

ANDRA DELEN

# Trä vs. Betong

## Biologisk mångfald i livscykelanalyser för byggmaterial

Sveafastigheter

ivl SVENSKA MILJÖINSTITUTET

**Rapportnummer:** B11039
**I samarbete med:** Sveafastigheter och Plant an idea AB
**Författare:** Eskil Mattsson, Stina Dellås, Anna Wallander, Emke Vrasdonk, Theodor Roos, Henrik Johansson, Tomas Rydberg

**Medel från:** Stiftelsen IVL, Sveafastigheter och Plant

**ISBN:** 978-91-7883-770-0
**Fotograf:** Andrea Hallencreutz/IVL

*[Biologisk mångfald, byggmaterial, LCA, markanvändning, skog]*

# Sammanfattning

Bygg- och fastighetssektorn påverkar biologisk mångfald både direkt genom markanvändning och indirekt genom materialval, energianvändning och utsläpp av växthusgaser. Samtidigt som sektorn står för omkring 20 procent av Sveriges koldioxidutsläpp och har gjort stora framsteg i klimatarbetet, finns det fortfarande begränsad kunskap om hur olika byggmaterial påverkar biologisk mångfald ur ett livscykelperspektiv.

Syftet med denna andra del av studien Trä vs. Betong är att bidra till kunskapsutvecklingen och stärka möjligheterna att integrera biologisk mångfald i livscykelanalys (LCA) inom byggsektorn. Detta görs genom att kombinera tre ansatser: (1) kvantifiering av potentiell påverkan på biologisk mångfald via LCA-metoden ReCiPe 2016, (2) separat redovisning av byggprodukters påverkan på markanvändning och markomvandling samt (3) En kvalitativ jämförelse mellan hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk, med fokus på hur de båda metoderna påverkar biologisk mångfald och klimat.

Studien omfattar livscykelanalyser (LCA) som jämför två likvärdiga hus med olika bärande stommar, en i trä och en i betong samt 3 alternativa scenarier där standardbetong byts mot klimatförbättrad betong med olika grad av klimatprestanda. Den föreslagna metoden för markanvändning möjliggör att markanvändning och markomvandling integreras med övriga EPD-data, så att materialens bidrag blir jämförbara på ekosystemnivå.

Resultaten visar att träbyggnaden i standardutförande har den högsta totala påverkan på biodiversitet, framför allt till följd av markanvändning i skogsbruket. Betongbyggnaden uppvisar en lägre total påverkan, men resultaten varierar beroende på ambitionsnivå för klimatförbättrad betong. I det mest ambitiösa scenariot, där både platsgjutna och prefabricerade element ersatts med tekniskt möjliga klimatförbättrade alternativ, uppnås den lägsta samlade påverkan av alla scenarier. Detta visar att klimatförbättrad betong kan vara ett konkurrenskraftigt alternativ ur ett biodiversitetsperspektiv.

Det är viktigt att ha med sig att metoden bygger på ett antal antaganden, och att resultaten kan förändras med dessa. Bland annat ingår ekotoxicitet ännu inte som påverkanskategori (dvs. drivare av biodiversitetsförlust), även om det kan vara

betydande. Resultaten bör därför tolkas som jämförande indikatorer för beslutsstöd, snarare än exakta mått på faktisk påverkan.

När olika skogsbruksmetoder jämförs visar studien att hyggesfria skogsbruksmetoder generellt har bättre förutsättningar att främja biodiversitet, medan valet mellan hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk har begränsad inverkan på klimatnytta. Jämförelser mellan dessa skogsbruksmetoder med nyckeltal som indata till LCA-analyser är i dagsläget förenat med stor osäkerhet, då resultaten varierar beroende på marktyp och skogsförhållanden.

Delstudierna pekar samstämmigt på behovet av bättre data och mer exakta mätmetoder för att nå tillförlitliga resultat. Metodutveckling är därför central, liksom tydligare vägledning och standardisering för byggsektorn. Samtidigt visar denna studie att biologisk mångfald redan idag kan inkluderas i LCA-arbetet.

# Summary

The construction and real estate sectors affect biodiversity both directly through land use and indirectly through material choices, energy consumption, and greenhouse gas emissions. Despite this, there is currently a significant lack of knowledge about how different building materials affect biodiversity from a life cycle perspective.

The purpose of this study is to contribute to knowledge development and strengthen opportunities to integrate biodiversity into life cycle assessment (LCA) in the construction sector. This is done by combining three approaches: (1) quantification of potential impacts on biodiversity using the ReCiPe 2016 LCA method, (2) separate reporting of the impact of construction products on land use and land change and (3) a qualitative comparison between continuous cover forestry and clear-cut forestry, focusing on how both methods affect biodiversity and climate.

The study includes life cycle assessments (LCA) comparing two equivalent houses with different load-bearing frames, one in timber and one in concrete, along with three alternative scenarios in which standard concrete is replaced by climate-improved concrete at differing levels of ambition. The proposed land-use method allows land use and land-use change to be integrated with other EPD-based data so that material contributions are comparable at the ecosystem level.

The results show that, in the standard design, the timber-frame building has the highest total impact on biodiversity, primarily due to land use in forestry. The concrete-frame building exhibits a lower total impact, although the level depends on the ambition of the climate-improved concrete. In the most ambitious scenario, where both cast-in-place and prefabricated elements are replaced with technically feasible, climate-improved alternative, the lowest combined impact of all scenarios is achieved. This indicates that climate-improved concrete can be a competitive option from a biodiversity perspective, provided that climate benefits are not offset by increases in other impact categories.

It is important to note that the method rests on several assumptions, and results may change accordingly. Among other things, ecotoxicity is not yet included as an impact pathway (i.e., a driver of biodiversity loss), even though it can be significant. The results should therefore be interpreted as comparative indicators for decision support, rather than exact measurements of actual biodiversity loss.

When comparing different forestry methods, both the impact on biodiversity and climate are included to enable a more comprehensive environmental assessment. The study shows that continuous cover forestry methods generally have better conditions for promoting biodiversity, while the choice between continuous cover forestry and clear-cut forestry has a limited impact on climate benefits. Comparisons between these forestry methods using key figures as input data for LCA analyses are currently associated with considerable uncertainty, as the results vary depending on soil characteristics and forest conditions.

The sub-studies highlight the need for improved data and more precise measurement methods to ensure reliable results. Advancing methodological development, along with clearer guidance and standardization for the construction sector, is therefore essential. At the same time, the study demonstrates that biodiversity can already be pragmatically integrated into LCA work today.

# Begreppslista

**LCA -** livscykelanalys

**LCIA -** livscykelpåverkansbedömning

**ReCiPe -** metod för konsekvensbedömning i en livscykelanalys. Metoden använder karakteriseringsfaktorer för att omvandla de inventerade flödena till miljökonsekvenspoäng, såsom global uppvärmning, försurning, och övergödning.

**Endpoint -** representerar en slutlig konsekvens av miljöpåverkan på en högre aggregerad nivå, till exempel effekter på människors hälsa, ekosystem eller naturresurser. Det är det sista steget i orsakskedjan efter flera sammanlänkade midpointkategorier**.**

**EPD -** Environmental Product Declaration, eller på svenska: Miljövarudeklaration. Ett standardiserat dokument som redovisar en produkts miljöpåverkan under hela eller delar av dess livscykel, baserat på en livscykelanalys.

**Karakteriseringsfaktor -** används för att omvandla data från livscykelinventeringen till uttryck för miljöpåverkan.

**Kontinuitetsskogsbruk -** ett brukande med mål att hålla marken kontinuerligt bevuxen med träd och där brukandet underhåller eller utvecklar skogens skiktning. Kontinuitetsskogsbruk är en form av hyggesfritt skogsbruk.

**Hyggesfritt skogsbruk -** innebär att skogen sköts så att marken alltid är trädbevuxen utan att det uppstår några större kalhuggna ytor.

**Markanvändning (land use) -** avser hur marken används - till exempel som jordbruksmark, skogsmark, bebyggd mark eller våtmark.

**Markomvandling (Land use change)** - avser förändringar i hur mark används, där markens karaktär, struktur eller funktion förändras - exempelvis från jordbruksmark till stadsbebyggelse eller väg, eller från skog till åkermark.

**Midpoint -** En kategori i LCA som representerar en potentiell miljöeffekt innan den påverkar slutpunkter som människors hälsa eller ekosystem.

**PEF -** Product Environmental Footprint. Standardiserad metod som utvecklats av Europeiska kommissionen för att mäta och redovisa en produkts miljöpåverkan under hela dess livscykel, från råvaruutvinning till avfallshantering.

**Species.yr -** måttenhet inom livscykelanalys som beskriver potentiell förlust av arter per $m^2$ och år. Enheten kommer från begreppet Potentially Disappeared Fraction of species (PDF)

**Trakthyggesbruk -** kalhyggesbaserad skogsbruksmetod där skogen avverkas i ett större sammanhängande område när träden är mogna, och därefter återplanteras eller föryngras naturligt.

# Innehållsförteckning

**Sammanfattning** **3**

**Summary** **5**

**Begreppslista** **7**

**1 Inledning** **11**

Projektbeskrivning 12

Syfte och mål 14

Angreppssätt för att inkludera biologisk mångfald i LCA 15

**2 Markanvändning för byggprodukter** **19**

Metod, antaganden och avgränsningar 19

Systemgränser 19

Markpåverkan 20

Trä 22

Betong 24

Stål 26

Gips 28

Resultat 29

**3 Trä vs. Betong - jämförande livscykelanalys av byggstommar** **31**

Inledning och studiens omfattning 31

Metodologiska överväganden 32

Allmän metod 32

Materialsystem och scenarieupplägg 32

Tillämpning av ReCiPe och omvandling av EPD-indikatorer 34

Resultat 38

Ekotoxikologiska effekter, reflektion och uppskattning 43

**4 Skogsbruksmetoders påverkan på biologisk mångfald och klimat** **45**

Introduktion och bakgrund 45

Syfte och mål 47

Skogsbruksmetoder och dess miljöpåverkan 47

Trakthyggesbruk 48
Hyggesfritt skogsbruk 48
Klimatpåverkan 50
Biologisk mångfald 51
Hållbart producerad träråvara - möjligheter och utmaningar 52
Vart går skogsprodukterna idag? 52
Potentiella nyckeltal för LCA beräkningar 54
Vilken roll spelar miljöcertifieringar? 55
Vägar framåt 56
Slutsatser 58
**5 Slutsatser och rekommendationer för framtida studier 60**
Framtidsutsikter: framtida utveckling av EPD-standarder och bedömning av biologisk mångfald 62
**6 Referensförteckning 64**
**Bilagor 72**
Bilaga 1: Materiallista 72
Bilaga 2: EPD:er använda för beräkningarna 75

# 1 Inledning

Att hejda förlusten av biologisk mångfald är en av vår tids största samhällsutmaningar (Jones et al., 2018; Keck et al., 2025). Bygg- och fastighetsbranschen har en direkt påverkan på den biologiska mångfalden genom att mark tas i anspråk vid byggnation och genom förvaltning av naturmiljöer och andra markområden i anslutning till befintliga fastighetsbestånd. Bygg- och fastighetsbranschen har även en indirekt påverkan på biologisk mångfald genom till exempel inköp av material, energiförbrukning eller genom utsläpp av klimatpåverkande växthusgaser.

Många företag inom bygg- och fastighetsbranschen arbetar idag aktivt för att minska sitt klimatavtryck. Detta är avgörande då sektorn står för ca 20 procent av Sveriges koldioxidutsläpp, varav tillverkningen av byggmaterial utgör en betydande andel (Malmqvist et al., 2021). En annan viktig hållbarhetsutmaning är påverkan på biologisk mångfald. Till skillnad från klimatpåverkan, som kan mätas och rapporteras relativt enhetligt i form av koldioxidekvivalenter, är biodiversitet svårare att kvantifiera och påverkan är mer platsspecifik. Detta kräver utveckling av nya indikatorer och metoder, särskilt i ett livscykelperspektiv. För närvarande finns en begränsad kunskap om hur olika byggnadsmaterial påverkar den biologiska mångfalden sett ur ett livscykelperspektiv.

I denna kontext blir det tydligt varför gemensamma ramverk och riktlinjer är viktiga. Att inkludera påverkan på biologisk mångfald i livscykelanalys (LCA) är både en metodologisk utmaning och en viktig möjlighet för byggsektorn. Inom det internationella ramverket Science Based Targets for Nature, som hjälper företag att sätta vetenskapligt baserade mål för att skydda och återställa naturen, kan LCA användas som ett stöd i vissa steg. Inom EU:s nya standard för hållbarhetsrapportering, CSRD, pekas LCA ut som en viktig metod och trots att standarden är under kraftig revidering bedöms LCA även framöver vara ett centralt och rekommenderat verktyg för kvantifiering av miljödata. I detta projekt är detta särskilt relevant, då målet är att jämföra byggmaterialens påverkan på biologisk mångfald ur ett livscykelperspektiv.

Genom att integrera biodiversitetsaspekter i befintliga LCA-ramverk kan aktörer fatta mer informerade beslut om materialval, design och lokalisering. Det möjliggör konkret uppföljning, tydligare kravställning och bidrar till att byggsektorn kan bli

en aktiv del av lösningen för att nå nationella och internationella miljö- och biodiversitetsmål.

# Projektbeskrivning

Sveafastigheter har initierat studien *Trä versus Betong* för att jämföra två likvärdiga flerbostadshus, ett med trästomme och ett med betongstomme, ur ett livscykelperspektiv. Sveafastigheter är en del av hållbarhetsnätverket HS30 där syftet är att öka kunskapen om byggmaterialens hållbarhetsegenskaper och bidra till mer välgrundade beslut vid framtida byggnation.

Studien består av fem delar. Den inleds med en nulägesanalys som beskriver miljöpåverkan och biodiversitet i trä- respektive betongstommar, framtagen av Plant (Berglund m.fl. 2025). Därefter följer en denna rapport som fördjupar analysen med fokus på biologisk mångfald, genomförd av IVL Svenska Miljöinstitutet. I den tredje delen undersöks hur arbetsmiljön skiljer sig mellan de två byggarbetsplatserna, medan den fjärde delen följer upp de faktiska utsläppen från de båda husen. Slutligen behandlar den femte delen hur hyresgästernas trivsel skiljer sig i de två byggnaderna.

Denna rapport, del 2, angriper biologisk mångfald ur tre perspektiv:

- en kvantitativ metod baserad på markanvändning och markanvändningsförändringar;
- en kvantitativ aggregerad biodiversitetsindikator från ReCiPe, samt;
- en kvalitativ bedömning av skogsbruksmetoder

De båda byggnaderna inom studien *Trä versus Betong* är del av Sveafastigheters projekt Skogselvan i Vallentuna. De har utformats för att vara funktionellt likvärdiga, med samma antal lägenheter, lika stor ljus bruttoarea (BTA) och motsvarande energiprestanda. Valet av byggnader motiveras av att de representerar kommersiellt gångbara flerbostadshus i dagens byggande. En sammanställning av de huvudsakliga likheter och skillnaderna mellan husen återges i Tabell 1 och Figur 1 nedan, för att underlätta tolkningen av studiens resultat.

*Tabell 1 Huvudsakliga likheter och skillnader mellan byggnaderna i studien.*

| ***Funktion*** | ***Skogselvan, trähus (Hus 3-5)*** | ***Skogselvan, betonghus (Hus 3-3)*** |
|---|---|---|
| ***Stomtyp och byggsystem*** | KL-träbjälklag<br>Bärande yttervägg i KL-trä<br>Bärande innerväggar i KL-trä | BJL: plattbärlag<br>Bärande YV: halvsandwich<br>Bärande IV: prefab massiv |
| ***Antal lägenheter*** | 16 lägenheter<br>13 st 2 rok<br>3 st 3 rok | 16 lägenheter<br>13 st 2 rok<br>3 st 3 rok |
| ***BOA (kvm)*** | 826 | 866 |
| ***Ljus BTA (kvm)*** | 1 051 | 1 051 |
| ***Atemp (kvm)*** | 1 023 | 1 332 |
| ***Formfaktor*** | 1,28 | 1,37 |
| ***Energikrav*** | Energiklass C<br>Miljöbyggnad 3.2, Silver | Energiklass C<br>Miljöbyggnad 3.2, Silver |
| ***Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (Um) [W/m$^2$K]*** | 0,33 | 0,28 |



*Figur 1 Översiktsbild av de studerade byggnaderna. Trähuset till vänster och betonghuset till höger. Från Berglund m.fl. 2025.*

# Syfte och mål

Syftet och målen med del två av studien trä vs betong är att bidra till ökad kunskapsutveckling och tillämpning av metoder för att bedöma påverkan på biologisk mångfald inom LCA genom att:

- Visa på hur LCA-utövare på ett praktiskt sätt kan inkludera markanvändning i LCA-studier för byggprodukter samt ta fram värden på markanvändning för ett antal byggprodukter.

- Jämföra och analysera påverkan på biologisk mångfald ur ett livscykelperspektiv i ett husbyggnadsprojekt, där två funktionellt lika hus; ett -med trästomme och -ett med betongstomme, utgör studieobjekt i fem scenarier med varierande materialval.

- Validera och tillämpa en förenklad metod för att uppskatta biodiversitetspåverkan i LCA, med utgångspunkt i ReCiPe-modellen och tillgänglig data från EPD:er.

- I en delstudie analysera hur klimatpåverkan och biologisk mångfald varierar beroende på vilken typ av skogsbruk träet kommer från, med fokus på hyggesfritt skogsbruk jämfört med det traditionella trakthyggesbruket.

Rapporten har följande upplägg och struktur:

Kapitel 2 ”Markanvändning för byggprodukter” visar praktiskt hur påverkan på biologisk mångfald från råvaruutvinningen på utvalda byggmaterial kan bedömas utifrån ett LCA-perspektiv.

Kapitel 3 ”Trä vs. Betong - jämförande livscykelanalys av byggstommar” jämför påverkan på biologisk mångfald ur ett livscykelperspektiv i ett husbyggnadsprojekt, där två funktionellt lika hus i trä respektive betong används som studieobjekt

Kapitel 4 ”Skogsbruksmetoders påverkan på klimat och biologisk mångfald” analyserar hur klimatpåverkan och biologisk mångfald varierar beroende på vilken typ av skogsbruk träprodukten kommer från, med fokus på hyggesfritt skogsbruk jämfört med trakthyggesbruk.

I kapitel 5 sammanfattar vi kort resultaten från varje delstudie och rekommendationer för fortsatta studier ges.

# Angreppssätt för att inkludera biologisk mångfald i LCA

Forskning visar att den biologiska mångfalden minskar till följd av flera samverkande faktorer förändringar i markanvändning, klimatförändringar, föroreningar, försurning, överexploatering och invasiva arter (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Många LCA modeller som används idag fångar påverkan på biologisk mångfald främst genom markanvändning och markomvandling, där kvalitet på livsmiljöer kopplas till artrikedom (Semenchuk m.fl., 2022). För att LCA ska vara relevant för biologisk mångfald behöver den omfatta fler faktorer än enbart markanvändning. Detta är särskilt viktigt vid jämförelser mellan olika byggmaterial. Vissa material är mer markanvändningsintensiva, medan andra har låg påverkan på markanvändning men bidrar till påverkan på biologisk mångfald genom till exempel klimatförändringar. En rättvis jämförelse är endast möjlig om man beaktar fler typer av påverkan än enbart mark. Att omsätta denna förståelse i LCA är dock komplext.

Miljöpåverkansbedömningen inom LCA kan behandla påverkan på olika nivåer: midpoint, mid-to-endpoint eller endpoint, där varje nivå speglar olika steg i orsak-verkan-kedjan. Midpoint-indikatorer fokuserar vanligtvis på enskilda miljöpåverkanskategorier såsom markanvändning, klimatförändringar, försurning och toxicitet. Endpoint-modeller syftar till att uppskatta den samlade skadan på

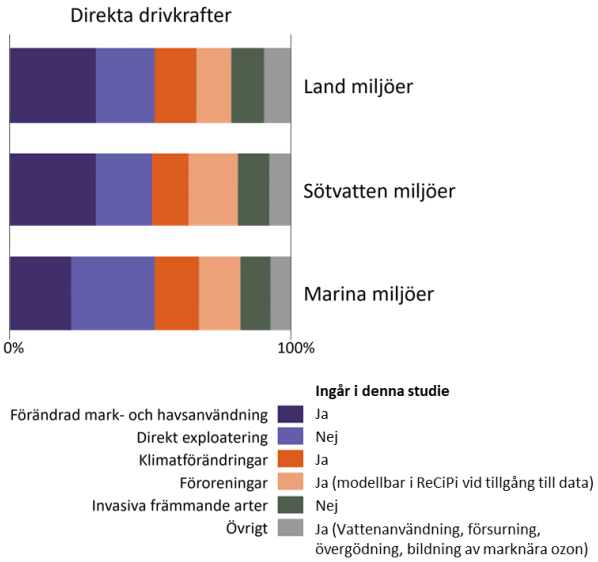
ekosystemens kvalitet, som är ett av de tre definierade skyddsområdena (Area of Protection, AoP) inom LCA, tillsammans med mänsklig hälsa och resursanvändning (Verones m.fl., 2017).

Operationella Life Cycle Impact Assessment (LCIA) metoder som ReCiPe 2016, LC-Impact och Impact World+ har börjat adressera dessa olika typer av påverkan samtidigt. Dessa metoder går bortom midpoint-indikatorer genom att omvandla flera påverkansvägar till ett gemensamt mått, vanligtvis Potential 'Disappeared Fraction (PDF) of species per year' or 'species.yr', som representerar (den andel) arter som sannolikt förloras på grund av miljöförändringar längs flera påverkansvägar.

Även om dessa metoder utvecklas snabbt kvarstår utmaningar. Påverkan på biologisk mångfald är svår att isolera och modellera, vilket medför betydande osäkerheter. Samtidigt ger integrerade modeller värdefulla insikter vid jämförelser av mycket olika produktionskedjor. Detta är avgörande för att kunna besvara frågor som den som behandlas i detta projekt, där vi undersöker vilket av två specifika byggnader med trä- respektive betongstomme, som har störst påverkan på den biologiska mångfalden utifrån en gemensam funktionell enhet.

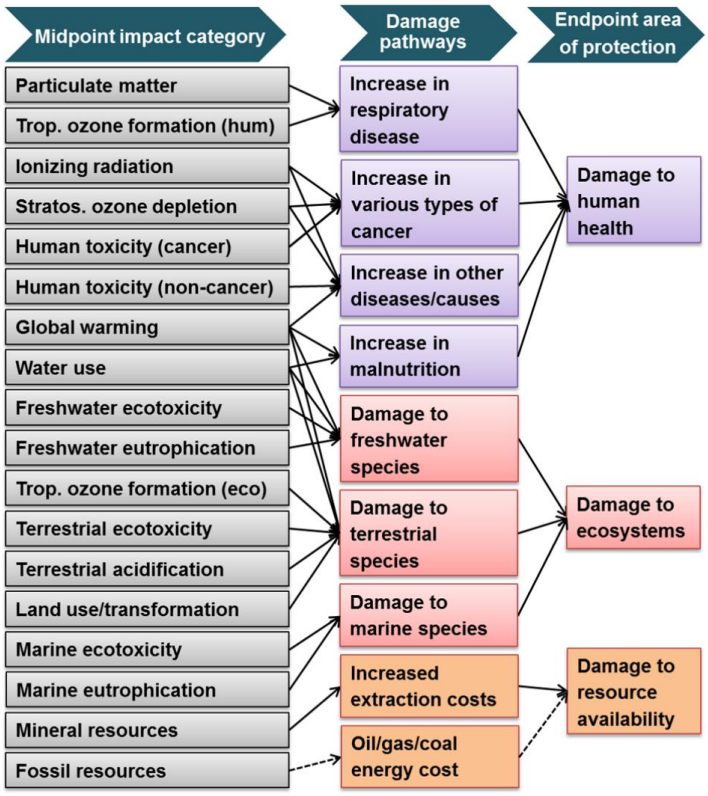
Projektet tillämpar en förenklad ReCiPe-baserad metod, som bygger på data från miljövarudeklarationer (EPD:er, eng. Environmental Product Declarations) och inkluderar flera typer av påverkan på den biologiska mångfalden utöver markanvändning, såsom klimatförändringar, försurning och andra relevanta faktorer. Eftersom markanvändning inte rapporteras systematiskt i EPD:er har dessa data kompletterats med hjälp av en separat analys enligt den metodik som beskrivs i avsnitt 2.

I Figur 2 visas vilka direkta drivkrafter för biologisk mångfald som ingår i denna studie enligt den ReCiPe-baserade metodiken, jämfört med de antropogena drivkrafter och deras relativa betydelse som identifierats av IPBES (2019). Dessa drivkrafter speglar den samlade mänskliga påverkan på ekosystem globalt, men deras relevans varierar mellan sektorer; för byggsektorns materialflöden är till exempel invasiva arter och direkt exploatering av organismer mindre centrala.




*Figur 2. Figuren visar den globala påverkan från direkta drivkrafter på biologisk mångfald i terrestra, sötvattens- och marina ekosystem, baserat på en systematisk genomgång av studier sammanställda av IPBES (2019). De färgade banden representerar den relativa påverkan från sex huvudkategorier av direkta drivkrafter: förändrad mark- och havsanvändning, direkt exploatering av organismer, klimatförändringar, föroreningar, invasiva främmande arter samt övrig påverkan. Figuren är en bearbetning av IPBES SPM Figure 2, med svensk översättning och anpassning till denna studie. Här har vi inkluderat förändrad markanvändning, klimatförändringar samt vissa ytterligare tryck (vattenanvändning, försurning, övergödning och bildning av marknära ozon), baserat på data från EPD:er. Föroreningar ingår inte, på grund av begränsad datatillgång, men kan modelleras i ReCiPe. Drivkrafter som direkt exploatering och invasiva arter är av central betydelse för global förlust av biologisk mångfald, men de är inte direkt relevanta för byggsektorns materialflöden och omfattas inte av den metod som används här.*

Figur 3 visar konkret hur ReCiPe hanterar aggregering från flera midpoint-kategorier till en gemensam endpoint för 'Damage to ecosystems', och därmed hur dessa påverkanstyper samverkar i den biodviersitetsbedömning vi utgår ifrån.




*Figur 3: ReCiPe 2016-modellens orsak-verkan-kedjor som kopplar miljöbelastningar (midpoint-kategorier) till förlust av ekosystemkvalitet via endpointen 'Damage to ecosystems'. Figuren visar även relationen till övriga skyddsområden inom LCA (Areas of Protection 'Damage to resource availability' och 'Damage to human health'. (Huijbregts et al., 2017).*

Detta angreppssätt balanserar praktisk genomförbarhet och robusthet. Å ena sidan undviker det att begränsas till enbart markanvändningsbaserade indikatorer för biologisk mångfald. Å andra sidan är det förenligt med de data och LCA-verktyg som för närvarande används i byggsektorn.

Slutligen inkluderar projektet även en jämförelse mellan två skogsbruksmetoder: kontinuitetsskogsbruk och trakthyggesbruk. Detta är en aspekt som ännu inte fångas väl i typiska LCIA-modeller för biologisk mångfald, men som är mycket relevant för det framtida träbyggandet i Sverige och som kan komma att vara till nytta för framtida studier och metodutveckling.

Detta arbete ger således praktiska exempel på hur påverkan på biologisk mångfald kan beaktas inom LCA för byggmaterial, tillsammans med andra miljöaspekter. I kommande kapitel fördjupas metodutvecklingen för beräkning av markanvändning, som utgör en central komponent i den samlade bedömningen.

# 2 Markanvändning för byggprodukter

Påverkan på marken beskriver hur användning och omvandling av mark påverkar miljön och, i detta fall, en kvantifiering av dess påverkan på den biologiska mångfalden. EPD:er saknar generellt indata för markanvändning, därför undersöks denna påverkanskategori i mer detalj för ett antal byggmaterial. Detta kapitel beskriver en metodik för kvantifiering och bedömning av påverkan på biologisk mångfald från markanvändning samt presenterar specifika värden kopplad till tillverkningen av byggprodukterna.

Påverkan på markanvändning har tagits fram för trä, betong, stål och gipsskivor. Betong, stål och trä är material som typiskt används i stommen och gipsskivor används för att komplettera stommens konstruktion. Det är ofta stommen som, tillsammans med grunden, viktmässigt står för de största delarna i en byggnad och det är även dessa byggdelar som står för en betydande del av klimatpåverkan. Utifrån detta kan vi anta att stommen (och grunden) även har en stor påverkan på biologisk mångfald. I de två husen som utvärderas i kapitel 3 står betong, stål, trä och gipsskivor för runt 95 procent av byggnadernas vikt. Genom att undersöka dessa material kan vi utgå från att vi fångar upp majoriteten av byggmaterialens markpåverkan.

Nedan beskrivs övergripande metod, antaganden och avgränsningar för bedömningen av markpåverkan. Därefter redovisas metod och beräkningsunderlag för respektive material i separata avsnitt. Avslutande sammanfattas resultaten med markpåverkan per material och hur denna indata kan användas för vidare kvantifiering av påverkan av biologisk mångfald i LCA genom LCIA metoden ReCiPe. Den bedömda markpåverkan i detta kapitel används sedan i kapitel 3 som del av en mer heltäckande bedömning av byggmaterialens påverkan på biologisk mångfald.

## Metod, antaganden och avgränsningar

### Systemgränser

Enligt Standarden EN 15804 Hållbarhet hos byggnadsverk - Miljödeklarationer - Produktspecifika regler (Svenska institutet för standarder, 2019), delas livscykeln av en byggnad upp i fyra faser: konstruktionsfas (A), användningsfas (B), slutfas (C) och potentiella fördelar från återanvändning och återvinning (D) (Figur 4). I detta

projekt fokuserar vi endast på tillverkningsfasen av byggmaterialet (A1-A3) och när det kommer till markpåverkan ligger fokus på råvaruvinningen (A1) där påverkan på markanvändningen uppskattas vara störst. Påverkan från A2-A3 antas vara försumbart liten och inkluderas inte i bedömningen för markpåverkan.

| Livscykelinformation byggnad | | | | | | | | | | | | | | | Övrigt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1-A3 Material produktion | | | A4-A5 Byggfas | | B1-B7 Drift | | | | | | | C1-C4 Slutskede | | | | D Fördelar och belastningar utanför system-gränsen |
| A1 - Råmaterial | A2 - Transport | A3 - Tillverkning | A4 - Transport | A5 - Uppförande av byggnaden | B1 - Användning | B2 - Underhåll | B3 - Reparation | B4 - Utbyte | B5 - Renovering | B6 - Energianvändning | B7 - Vattenanvändning | C1 - Rivning | C2 - Transport | C3 - Avfallshantering | C4 - Sluthantering | |

*Figur 4. Figuren visar livscykelstadier för byggnadsverk enligt EN 15804, uppdelat i produkt-, bygg-, användnings- och slutskede samt modul D för återvinning utanför systemgränsen.*

Analysen utgår från att råvaruutvinning och produktion av de olika materialen sker i Sverige, vilket innebär att markanvändningen speglar svenska produktionsförhållanden. Markpåverkan från råvaruutvinning sker endast vid utvinning av nya råvaror, dvs. på nytillverkat material. Enligt EN 15804 allokeras miljöpåverkan från byggmaterialens tillverkning till den första användaren, vilket innebär att återbrukade eller återvunna material inte belastas med någon ny påverkan - denna del av livscykeln anses då ha noll miljöpåverkan i systemgränsen för A1.

## Markpåverkan

Markpåverkan inom livscykelanalys innefattar oftast både användning och omvandling. Markomvandling (LUC) fångar påverkan av att omvandla ett ursprungstillstånd, ex. orörd skog, till ett annat, ex. jordbruksmark eller industri. Denna typ av förändring innebär ofta långvariga effekter på markens ekologiska funktion (Koellner et al., 2013; Vrasdonk et al., 2020). Markanvändning (LU) beskriver hur marken fortsätter att användas, där marken hålls i ett förändrat

tillstånd och återgången till ett naturligt eller semi-naturligt tillstånd skjuts upp, som en gruva, odlingsmark eller brukad skog som hålls i drift. Tillsammans ger dessa två komponenter en helhetsbild av påverkan från att ta mark i anspråk för ett visst material.

Markåverkan i ReCiPe-metoden innefattar både omvandling och användning och karaktäriseringsfaktorer erhålls för båda. Metoden inkluderar indikatorer för nio olika markomvandlingstyper (omvandling från naturlig gräsmark, från primär skog, från sekundär skog, från buskmark, från våtmark, till buskmark, till sekundär skog, till våtmark, och till naturlig gräsmark) och fem olika markanvändningstyper (betesmark, permanenta grödor, årliga grödor, skött skog och konstgjord yta) (Huijbregts et al., 2017). Vilken typ markanvändning och markomvandling som antas bestäms av den verksamhet som marken används till, vilket i sin tur avgör vilka karakteriseringsfaktorer som tillämpas. Då syftet med denna studie är att undersöka påverkan på biologisk mångfald från markytan som används, alltså skadan på ekosystemens kvalitet, används ReCiPes endpoint faktorer. En djupgående beskrivning av denna metod och framtagandet av endpoint faktorer återfinns i metodbeskrivningen av Huijbregts et al. (2017).

Ekvationen för markpåverkan presenteras nedan och bygger på summan av markanvändning och markomvandling.

$$ILU_x = \left(KF_{LU,x} * A_x\right) + \left(KF_{LUC,x} * \frac{A_x}{r_x}\right) \quad (1)$$

För att bedöma påverkan (ILU) av material x, behövs information om area som tas i anspråk per kg material (A) samt tidsaspekt för hur länge marken brukas (r). $KF_{LUC}$ och $KF_{LU}$ är karakteriseringsfaktorer för markomvandling och markanvändning som översätter markanvändningen till påverkan.

I beräkningen av påverkan från markomvandlingen används primär skog som ursprungstillstånd för alla material. Detta då råvaruutvinning och tillverkning antas ske enbart Sverige och då användes svensk natur som utgångspunkt. Enligt Skogforsk dominerar skogen i Sverige där tre av fem vegetationsregioner är skogsregioner (Skogforsk, 2024a). I beräkningen av påverkan från markanvändningen används konstgjord yta som användningstyp för betong, stål och gips, detta för att den typen innefattar gruvor enligt ReCiPe 2016 metoden och för trä användes skött skog.

Tiden *r* som marken tas i anspråk antas vara en standardiserad tilldelningsperiod på 20 år. Detta är i linje med riktlinjer från UNEP-SETAC (Koellner et al., 2013),

Standarden EN ISO14067:2018 Växthusgaser -- Klimatpåverkan från produkter - Krav och vägledning för beräkning (Svenska institutet för standarder, 2018) samt Greenhouse Gas Protocols utkast på vägledning för redovisning och rapportering Land Sector and Removals Guidance (Greenhouse Gas Protocol, 2022). Motivet bakom detta är bland annat att undvika att hela påverkan tillskrivs det första året, vilket kan förminska långsiktiga effekter, samtidigt som en för lång tidsperiod riskerar att späda ut effekten så pass att den blir försumbar.

## Trä

Sveriges landyta är 41 miljoner hektar och av den ytan är ungefär 69 procent skogsmark där 84 procent av den skogsmarken är produktiv skogsmark lämpad för skogsproduktion (SCB, 2023). Sveriges stora skogsytor har gjort oss till en av världens största exportörer av massa, papper och sågade trävaror. Mer än hälften av timmer från svenska skogarna går vidare till sågverken för att sedan bearbetas till olika slags virke, däribland byggvirke. Byggvirke kan innefatta bärande strukturer, konstruktion av möbler, takmaterial, dörr- och fönsterkarmar och luckor med flera. Ambitionen är att ta fram en metod och ett snittvärde på markanvändningen av träproduktion baserat på svenska skogsindustrin som sedan kan optimeras utifrån produktspecifika faktorer som delges i EPDer.

För att beräkna markanvändningen av träprodukter inom byggindustrin används bonitet. Bonitet är ett mått inom skogsbruket som beskriver den potentiella tillväxttakten för skog under idealiska förhållanden (Roberge m.fl., 2024). Den utgör ett standardiserat sätt att uttrycka den svenska skogsindustrins produktionsförmåga och anges i skogskubikmeter per hektar och år ($m^3$sk/hektar.år). Detta mått är vanligt förekommande i skogsbruksplaner och skoglig statistik, och beskriver ett träds eller ett skogsområdes virkesvolym. Volymen omfattar hela stammens volym ovan stubbhöjd inklusive bark och topp, men exklusive grenar och rötter. Medelboniteten för svensk produktiv skogsmark var mellan 2019 och 2023 5.4 $m^3$sk/hektar.år (Roberge m.fl., 2024). Då studien utgår från svenska produktionsförhållande så antas ett snittvärde för hela Sverige. Detta är ett antagande som medför generalisering och osäkerheter ty det tar inte hänsyn till skillnader i skogsproduktion i olika delar av landet.

Vid avverkning eller försäljning av virke används andra volymmått exempelvis fastkubikmeter på bark ($m^3$fpb), fastkubikmeter under bark ($m^3$fub) eller toppmätt volym ($m^3$to) (Skogforsk, 2024c). Av dessa är $m^3$fub - vilket avser vedvolymen exklusive bark och topp - det vanligaste måttet vid handel med avverkat virke. För

att möjliggöra jämförelser och beräkningar av markanvändning krävs därför en konvertering från bonitetens m³sk/ha till m³fub/ha. Omräkningen görs genom användning av omräkningstal som tar hänsyn till skillnader i mått och trädslag, se Tabell 2. För markanvändningsberäkningen antogs medel i stockdimension.

$$\frac{m^3\text{fub}}{\text{ha}} = \frac{m^3\text{sk}}{\text{ha}} * \text{omräkningstal}$$

*Tabell 2: Beräkningstal för vad 1 m³sk/hektar motsvarar i m³fub/hektar för tall, gran och björk (Skogforsk, u.å.).*

| | Omräkningstal | m3fub/ha |
|---|---|---|
| Tall | 0,82 | 4,43 |
| Gran | 0,81 | 4,37 |
| Björk | 0,78 | 4,21 |

För en snittberäkning, då man inte har kännedom av träslag, antas ett snitt av de tre, 0,803. Nästa steg i beräkningen innebär att omvandla volymen från m³fub/ha till kgfub/ha, då slutvärdena ska uttryckas i viktenhet (kg) för träprodukter. Denna omvandling kräver kännedom om densiteten för det aktuella träslaget eller träprodukten.

$$\frac{\text{kgfub}}{\text{ha}} = \frac{m^3\text{fub}}{\text{ha}} * \text{densitet } [\text{kg}/m^3]$$

Densiteten hos träråvara varierar stort, både mellan träslag och inom ett och samma träslag. Detta beror på flera olika saker såsom anatomisk byggnad, tillväxthastighet, årstid, fuktighet, temperatur etc. I syfte att erhålla värde på kg/ha så rekommenderas det att utgå från densiteten hos träprodukten. Detta redovisas ofta i miljövarudeklarationer (EPD:er), och i sådana fall bör det värdet användas för att säkerställa hög precision i beräkningarna. I de fall specifik densitet saknas rekommenderas det att använda schablonvärden på träslag (Skogforsk, 2024b), se Tabell 3 nedan. För en snittberäkning, då man inte har kännedom av träslag antas ett snittvärde på 700kg/m³.

*Tabell 3. Snittdensitet på lätta, medeltunga och tunga träslag baserade på en fuktkvot på 12% (Skogforsk, 2024b).*

| Klass | Träslag |
|---|---|
| Lätta träslag, 400-600kg/m³ | Lind, gran, tall |
| Medeltunga träslag, 600-800kg/m³ | Alm, ask, bok, ek, fågelbär, lönn, björk |
| Tunga träslag, >800kg/m³ | Avenbok |

Densiteten i detta fall utgör en osäker faktor i ekvationen då det är svårt att generalisera, detta bör undersökas vidare för att möjliggöra noggrannare bedömning. Skogsproduktion är en så kallad multi-output-process, vilket innebär att flera olika produkter genereras från samma råvaruflöde. För att hantera denna komplexitet så allokeras markanvändningen baserad på fysiska parametrar, i detta fall vikt. Enligt Svenskt Trä så blir ungefär 31 procent av timmerstocken sågverksflis, så kallad råflis, då stocken sågas till plank och brädor (Svenskt Trä, 2021). Denna råflis går sen vidare in i massaindustrin. Utifrån beskrivningen som getts så kan det tas fram en snittmarkanvändning för trä på 4,7 $m^2$/kg.

## Betong

Betong är ett av världens mest använda byggmaterial och återfinns i allt från infrastruktur som vägar, kajer, och bostäder tillvattenhantering och elförsörjning (Sveriges Geologiska Undersökning, 2023). Under 2020 uppgick den totala betongproduktionen i Sverige till cirka 14-15 miljoner ton, vilket motsvarar omkring 277 kg cement per person. Betong består huvudsakligen av tre komponenter: cement, vatten och ballast - där ballasten vanligtvis utgörs av krossat berg, sten eller grus. Materialet hårdnar till ett fast och hållbart byggmaterial genom en kemisk reaktion som uppkommer när vatten blandas med cement och binds samman. Förhållandet mellan dessa tre komponenter varierar beroende på vilka tekniska egenskaper som eftersträvas i betongen. I modern betong används även ytterligare tillsatser för att ge betongen förbättrade och önskade egenskaper.

Cementen fungerar som ett hydrauliskt bindemedel som hårdnar i kontakt med vatten. Cement består huvudsakligen av kalciumoxid (bränd kalk), som framställs genom att kalksten upphettas till höga temperaturer. När cementen blandas med vatten stelnar den till kalciumhydroxid eller släckt kalk. I Sverige sker kalkstensbrytning i både dagbrott och gruvor och under 2020 levererades kalksten för cementtillverkning främst från Västra brottet och Filehajdar i Slite och Våmb i Skövde.

Ballast är volymmässigt den största råvaran som utvinns i landet enligt Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) (Sveriges Geologiska Undersökning, 2024a). Historiskt sett har naturgrus varit den huvudsakliga källan till ballast, men eftersom naturgrus är en ändlig resurs som också är viktig för grundvattentillgångarna, har alternativa material prioriterats. Omställning till alternativa material, vanligen krossat berg, har därför pågått en längre tid och nu används även restprodukter från

gruv- och stenindustrin samt återanvänd ballast ökar generellt varje år (Sveriges Geologiska Undersökning, 2024b).

Eftersom förhållandet mellan cement, ballast och vatten i hög grad styr betongens egenskaper, har markyta som krävs för att producera 1 kg cement och 1 kg ballast tagits fram. Dessa data används sedan för att ta fram markanvändningen för olika betongtyper anpassade för olika användningsområden. Viktförhållandet mellan de olika beståndsdelarna anges vanligtvis i miljövarudeklarationer (EPD) och följer standardiserade värden enligt ISO.

## Kalksten

Som tidigare nämnts är det optimalt att få fram både den yta som tas i anspråk och den årliga produktionen. Tillgången till utförliga data för kalkstensutvinning i Sverige är begränsad. Av den anledningen har ett antal täktspecifika data använts för att representera Sverige vilket innebär att det föreligger en viss generalisering i de värden som används. Datan för kalkstenen har tagits fram baserat på information hämtad från godkända miljökonsekvensbeskrivningar för godkända täkttillstånden från File hajdar-täkten, Klinthagentäkten på Gotland samt Gåsgruvan (Bergh & Bokenstrand, 2022; Lindblom m.fl., 2023; Länsstyrelsen Värmland, 2003). Markanvändningen togs fram genom att dela den godkända storleksomfattningen av verksamhetsområdet med godkänd total mängd utvunnet. Markanvändningen från kalkstensframställning antas vara ett medelvärde av de tre gruvorna (Tabell 4).

*Tabell 4. Godkända storleksomfattningen av verksamhetsområdet, godkänd total mängd utvunnen kalksten samt beräknad mark per kg material för File, Gåsgruvan och Lärbro socken. Vidare medelvärdet av de tre som värde på markarealen som krävs för 1 kg kalksten.*

| Gruva | Area [ha] | Kalksten (kton) | m2/kg |
|---|---|---|---|
| **File Hajdar, Gotland** | 87 | 6 100 | 0,000143 |
| **Gåsgruvan, Värmland** | 104 | 7 800 | 0,000133 |
| **Lärbro socken, Gotland** | 260 | 21 000 | 0,000124 |
| **Markanvändning kalksten (Medelvärde)** | | | 0,00013 |

## Ballast

Även tillgången till generella data om ballastmaterial är begränsad. För att kunna göra en bedömning användes information från Stockholms län som en representativ modell för hela Sverige. Underlaget kom från SGU och omfattade antalet tillståndsgivna täkter samt totala leveranser i länet för naturgrus, berg samt kombinationer av grus, berg och morän (Sveriges Geologiska Undersökning,

2024a). För att kunna utföra beräkningar uppskattades en genomsnittlig täktyta, baserat på mätningar från ett urval av täkter i länet. Utifrån detta antas en typisk täkt vara omkring 30 hektar stor. Slutgiltiga markanvändningen per kg ballast beräknades genom att multiplicera totala antal tillståndsgivna täkter med den antagna täktarean. Detta dividerades sedan med den totala årliga leveransen från Stockholms län 2023 (Tabell 5).

*Tabell 5 Bakgrundsdata och uträknat värde för markanvändning för 1 kg ballast (Sveriges Geologiska Undersökning, 2024a.*

| **Gruva** | |
|---|---|
| Antal tillståndsgivna täkter för ballast i Stockholms län 2023 | 24 st |
| Totala leveransen från alla 24 täkterna i Stockholms län 2023 | 6 168 275 ton |
| Antagen täktarea | 30 ha per täkt |
| **Markanvändning** | **0,00117 $m^2$/kg** |

Markanvändningen för andra tillsatser som används i betong har inte inkluderats. Efter undersökning av ett antal EPD:er på prefabricerade betongprodukter sågs att dessa utgör i snitt ca 1% av massan och valdes därför att uteslutas.

För att minska miljöpåverkan förknippat med produktionen av betong har klimatförbättrad betong utvecklats. En åtgärd i klimatförbättringen är att ersätta det traditionella bindemedlet, cement, med alternativa bindemedel såsom flygaska eller GGBS (granulerad masugnsslagg). Eftersom dessa alternativa bindemedel till stor del utgör restprodukter från andra industriprocesser så ska de inkluderas i linje med föreskrifterna om sekundära material i EN 15804. Detta beskrevs i metodbeskrivningen ovan.

## Stål

Stål är ett av de mest använda konstruktionsmaterialen i Sverige och spelar en central roll i byggsektorn, särskilt i större byggnader, infrastruktur och bärande konstruktioner. Samtidigt är stålproduktionen energiintensiv och bidrar till betydande klimat- och miljöpåverkan. Stål tillverkas genom att järnmalm eller återvunnet skrot smälts och förädlas i en process som syftar till att reglera kolhalten och tillsätta eventuella legeringsämnen. Det finns huvudsakligen två metoder för ståltillverkning i Sverige:

1. **Malm- eller masugnsbaserad process:** Järnmalm reduceras till råjärn i en masugn med hjälp av koks. Råjärnet förs sedan vidare till en syreugn (LD-konverter) där kolhalten sänks och stål bildas.

2. **Skrotbaserad process:** Återvunnet stålskrot smälts i en ljusbågsugn (EAF). Denna metod är betydligt mer energieffektiv, dock är den begränsad till tillgänglighet av skrotbaserat stål.

Efter smältningen formas stålet genom gjutning, valsning och andra efterföljande bearbetningssteg beroende på den slutliga användningen.

Järn och skrot utgör de huvudsakliga komponenterna i stål medan kol och andra legeringsämnen utgör endast en liten andel. Hur stor andel legeringsämnen som tillsätts beror på vilken typ av stål som produceras.

För att undersöka stålets påverkan på mark har fokus varit på utvinning av järnmalm. Skrotbaserat stål antas inte ha någon påverkan vid återanvändning till stålproduktion i linje med EN 15804. Markanvändningen för andra tillsatser som används i stålet har inte inkluderats. Efter undersökning av ett antal EPD på konstruktionsstål sågs det att dessa utgör i snitt ca 3 procent av massan och valdes därför att uteslutas.

Sverige är EU:s största producent av järnmalm varav en stor andel används för att producera stål till byggindustrin (Sveriges Geologiska Undersökning , 2023). Brytning av järnmalm sker huvudsakligen i fyra gruvor i norra Sverige. Tre av dessa gruvor har inkluderats i denna analys: Kirunagruvan, Tapuligruvan och Levenäimigruvan. Geografiskt informationssystem (GIS) använts som verktyg för att mäta ytan som gruvbrytningen tar i anspråk. I ytan inkluderas både den yta ovan mark som själva gruvan tar i anspråk, samt omkringliggande infrastruktur som har skapats för gruvdriften.

Årlig utvinning av järnmalm per gruva hämtas från SGU rapport "Bergverksstatistik 2023" (Sveriges Geologiska Undersökning, 2024c). I utvinningen ingår både direktmalm och anrikningsmalm. Järnmalmen består av järn och inkluderar ofta även andra metaller. Under produktionsprocessen till råjärn, är det andelen järn som används till ståltillverkningen. Enligt SGU (Sveriges Geologiska Undersökning, 2022) består bruten järnmalm i Sverige till cirka 70 procent av järn. Förenklat utgår denna analys från att 70 procent av den utvunnen järnmalmen används till tillverkningen av stålet.

Utifrån yta och årlig produktion av järn framgår det markanvändning (m2) som tas i anspråk per 1 kg järn, se Tabell 6. Utifrån denna data beräknas en genomsnittlig markanvändning (m2/kg) genom att dela summan av gruvornas ytor med 70% av den totala utvinningen av järnmalm och räkna om detta från ha/ton till m2/kg.

Beroenden på hur stor andel järn som en stålprodukt innehåller kan markanvändning per kg stål tas fram. Exempelvis så kan man, något förenklat1, utgå ifrån att konstruktionsstål som produceras med 100 procent primär råvara (dvs. järn) har en markpåverkan på 0,00204 kvm. Består stålet däremot av 80% primär råvara och 20% skrot är markpåverkan 0,00163 kvm.

*Tabell 6. Statistik Järnmalmsutvinning i svenska gruvor*

| | Kirunagruvan | Levenäimi gruvan | Tapuligruvan | Total |
|---|---|---|---|---|
| Utvinning järnmalm 2023 (ton) | 15 626 067 | 4 677 733 | 5 635 525 | 25 939 325 |
| Varav järn (70% av utvinningen) (ton) | 10 938 247 | 3 274 413 | 3 944 868 | 18 157 528 |
| Yta gruva (ha) | 2 152 | 853 | 705 | 3 710 |
| Markanvändning (m2 per kg järn) | 0,00197 | 0,00261 | 0,00179 | 0,00204 |

## Gips

Gipsskivor utgör en betydande del av den totala materialvikten i byggnader, särskilt i träbaserade stommar, och inkluderas därför i bedömningen för markpåverkan.

Materialsammansättning av gipsskivor har undersökts utifrån ett antal EPD:er från Gyproc (2024). Gyrpoc är en stor tillverkare i Norden och anses därmed vara representativ för den svenska marknaden. Gipsskivor består av gipskartongskivor, där gipset i dagsläget huvudsakligen utgörs av naturligt gips, kompletterat med en mindre andel återvunnet gips (från bygg- och rivningsavfall) och FGD-gips (flue gas desulphurisation gypsum) som är en biprodukt från koleldade kraftverk i Europa (Aakriti m.fl., 2023).

EPD:erna visade att cirka 60—80 procent av gipset i gipsskivorna generellt består av mineralgips. I Sverige används idag huvudsakligen importerat gips, framför allt från Spanien där all brytning sker i dagbrott (Escavy m.fl., 2012). Eftersom detaljerade uppgifter om markanvändning för dessa spanska täkter saknas, och då

[1] OBS! Vi bortse från övriga legeringsämnen och över estimerar andelen järn, dvs vi förenklar det till att stålet består av 100 %järn och/eller skrot. Legeringsämnen är ofta under 5%, och anses därmed vara försumbara i jämförelse.

brytningsmetoden är mycket lik den för kalksten, har vi i denna studie valt att använda samma markanvändningsfaktor för gips som för kalksten (0,00013 m²/kg). Detta bedöms vara ett rimligt antagande, i linje med internationella LCA-databaser.

Markanvändning för andelen återvunnet gips har inte inkluderats, i enlighet med EN 15804 riktlinjer för sekundära material. Andra komponenter och tillsatsmedel har ej tagits med i bedömningen då dessa varierar samt endast är en liten andel av gipsskivan. Bedömningen görs endast på gips.

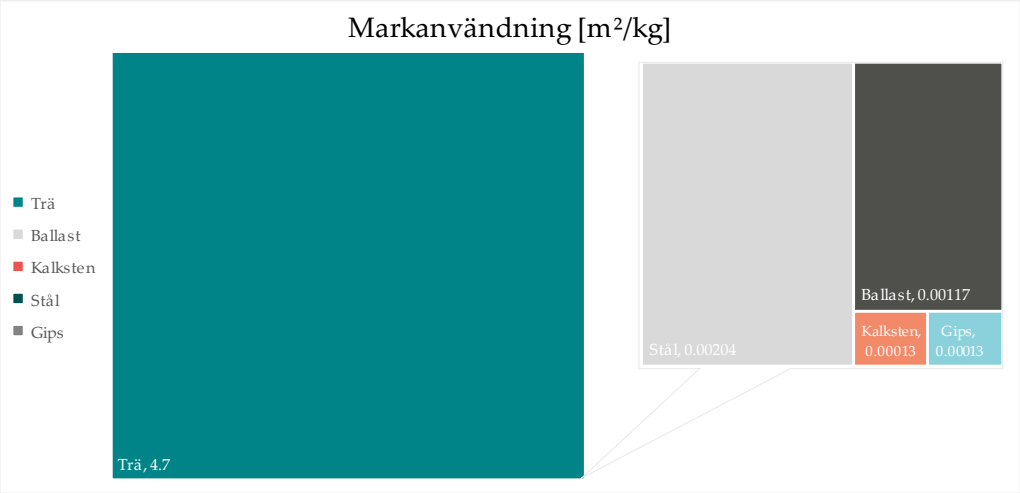
# Resultat

Tabell 7 nedan sammanfattar den beräknade markytan (m²/kg material) för ballast, cement, stål/järn, trä och gips. Värdena i tabellen kan användas i LCA:er för att komplettera EPD:er där markpåverkan saknas. För sammansatta material som betong, kan man kombinera ingående komponenters markyta. För stål kan man anpassa påverkan utifrån andel primär råvara och andelen återvunnen, t.ex. för stål som består till 80 procent av primär råvara (järn) och 20 procent av återvunnet stål, är markpåverkan 0,00163 m²/kg.

*Tabell 7. Markyta som tas i anspråk vid framställning av 1kg trä, ballast, kalksten, stål, och gips.*

| Material | | m²/kg |
|---|---|---|
| Trä | | 4,7 |
| Betong | *Ballast* | 0,00117 |
| | *Kalksten* | 0,00013 |
| Stål (100% primär råvara/järn) | | 0,00204 |
| Gips | | 0,00013 |

Resultaten visar att trä har den i särklass största markanvändningen per kg material, vilket beror på att skogsbruk kräver stora arealer för produktion (Figur 5). Jämförelsevis har ballast, cement och gips låg markanvändning.




*Figur 5. Visualisering av mark som krävs för framställning av 1 kg trä, stål, ballast, k*alksten och gips.

Kvantifieringen av marken som tas i anspråk möjliggör översättning till påverkan på biologisk mångfald. Detta görs genom ekvation 1 som presenterades i avsnitt Markpåverkan tillsammans med relevanta antaganden, däribland val av faktorer och antagna antal år som marken tas i anspråk. För markanvändning ($KF_{LU}$) antas konstgjort yta som marktyp för ballast, kalksten, stål och gips med en karakteriseringsfaktor ($KF_{LU}$) på 6,4824E-08 species/m². För trä antas skött skog med en karakteriseringsfaktor ($KF_{LU}$) på 2,664E-08 species/m². Vidare, för markomvandling ($KF_{LUC}$), antas marken omvandlas från primär skog för alla material och detta har en karakteriseringsfaktor på 3,2634E-06 species.yr/m². Beräknade värden för påverkan på biologisk mångfald enligt ReCiPe 2016 i species.yr/kg presenteras i Tabell 8.

*Tabell 8. Beräknade värden för påverkan på biologisk mångfald enligt ReCiPe 2016 i endpoint värdet species.yr/kg.*

| Material | | species.yr/kg |
|---|---|---|
| Trä | | 8,92E-07 |
| Betong | *Ballast* | 2,67E-10 |
| | *Kalksten* | 2,96E-11 |
| Stål (100% primär råvara/järn) | | 4,65E-10 |
| Gips | | 2,96E-11 |

Detta antyder att trots att skött skog har lägre karakteriseringsfaktor $KF_{LU}$, är total påverkan hög på grund av den stora areella omfattningen. Jämförelsevis framställs ballast, cement och gips på "artificiell mark" med högre $KF_{LU}$ men lägre markyta.

# 3 Trä vs. Betong - jämförande livscykelanalys av byggstommar

## Inledning och studiens omfattning

Detta kapitel presenterar en fördjupad analys av hur olika byggmaterial påverkar biologisk mångfald i ett livscykelperspektiv. Studien bygger vidare på tidigare arbete av Christiansson och Roos (2023) som även beskrivs i Del 1 *Trä vs. Betong: En nulägesanalys av miljöpåverkan och biodiversitet i trä- och betongstommar*, men har förfinats och utökats i omfattning för att öka dess praktiska tillämpbarhet och jämförbarhet mellan byggsystem.

Följande uppdateringar har genomförts:

- Materialförteckningarna har utökats till att omfatta i princip hela byggnaderna, vilket möjliggör en mer rättvisande och heltäckande analys. Se Bilaga 1 för inkluderade material.

- Två likvärdiga referensbyggnader har analyserats som skiljer sig i material av stomme: en byggnad med trästomme (nedan kallad träbyggnad) och en byggnad med betongstomme i standardutförande (nedan kallad betongbyggnad. Se kapitel *1. Inledning* (sida 10) för beskrivning av byggnaderna. Utifrån dessa har tre alternativa scenarier modellerats med fokus på olika tillämpningar av klimatfrämjande material.

- Samtliga scenarier har analyserats med hjälp av ReCiPe 2016-metoden (Huijbregts m.fl., 2017), som tillämpats på tillgängliga EPD-data. Jämfört med den tidigare studien har en viktig justering gjorts: indikatorn för vattenpåverkan har ändrats från *WDP* (water deprivation potential) till *Resource use, net use of fresh water*, som är i direkt överensstämmelse med ReCiPes metodstruktur och mittpunktsindikatorer. Den fullständiga metodbeskrivningen återfinns i avsnitt 3.3.

Den här rapporten ger en översikt av hur studien genomförts och vilka huvudsakliga resultat som framkommit. En mer utförlig redovisning av metodval, osäkerheter och fördjupade resultatdiskussioner planeras att publiceras som en separat vetenskaplig publikation. Därför presenteras resultaten här i något

förenklad form, med fokus på jämförande insikter som är mest relevanta för byggsektorns praktiska tillämpning.

# Metodologiska överväganden

## Allmän metod

Analysen omfattar livscykelmodulerna A1–A3, det vill säga råvaruutvinning, transport till tillverkningsanläggningar samt produktion av byggprodukter. En jämförande, attributionsbaserad LCA-ansats har använts, som bygger på EPD data och är i enlighet med etablerad praxis för byggsektorn. Studien inkluderar byggnadernas klimatskärm, bärande konstruktionsdelar och innerväggar (dvs. byggdel 2–6) och är därmed i linje med den gällande lagen om klimatdeklarationer (Boverket, 2024). I Bilaga 1 listas de material som har använts och inkluderats för de två byggnaderna.

## Materialsystem och scenarieupplägg

Studien jämför två flerbostadshus med en bruttoarea på 1051 kvadratmeter. Den funktionella enheten definieras som försörjning av 1 m² bruttoarea i ett flerbostadshus. De två huvudbyggnaderna har likvärdig funktion, men skiljer sig i stommaterial:

- Träbyggnaden är uppförd med en träkonstruktion av korslimmat trä (CLT)
- Betongbyggnaden använder en betongstomme och inkluderar prefabricerade betongelement, inklusive betongväggar, betongtrappor och balkonger.

I syfte att analysera hur klimatförbättrad betong påverkar den totala miljöpåverkan, har tre alternativa scenarier modellerats utöver referensbyggnaderna i trä respektive betong. Dessa scenarier fokuserar på möjliga materialval för klimatförbättrad betong enligt den svenska vägledningen (Svensk Betong, 2023), och tillämpas på ett sätt som speglar vanliga tekniska förutsättningar och tillgängliga styrmedel.

För varje betonghållfasthetsklass definieras idag upp till fyra nivåer av klimatförbättrad betong på den svenska marknaden, enligt ett branschavtal utvecklat av Svensk Betong och partners (Svensk Betong, 2023). Dessa nivåer representerar olika grader av $CO_2$-reduktion jämfört med konventionell

referensbetong i samma klass. Valet av nivå beror på de strukturella och beständighetsmässiga krav som ställs för det specifika användningsområdet. Dessa krav definieras i den europeiska standarden EN 206 (Betong - Specifikation, prestanda, produktion och överensstämmelse) och den svenska tillämpningsstandarden SS 137003.

Standarderna specificerar både betongens hållfasthetsklass (t.ex. C30/37, C35/45) och exponeringsklass (t.ex. XC1, XC4, XF3), vilka påverkar valet av cementtyp, tillsatsmaterial och därmed potentialen för klimatförbättring. Högre nivåer av klimatförbättrad betong kräver ofta anpassningar som kan vara mer eller mindre genomförbara beroende på exponering mot fukt, frost, eller bärförmåga.

I scenario 1, **'betongbyggnad, klimatförbättrad betong, lätt'**, som representerar ett mer konservativt alternativ, har endast den platsgjutna betongen (fabriksbetong) ersatts med klimatförbättrade varianter. Materiallistan innehåller främst hållfasthetsklassen C30/37, angiven för flera konstruktionsdelar såsom grundplatta, mellanbjälklag och yttertak, utan närmare uppdelning av exponeringsklass. I praktiken används ofta ett gemensamt betongrecept på byggarbetsplatsen för flera delar av stommen, baserat på den högsta exponeringsklass som krävs. Detta antagande har därför legat till grund för modelleringen. C30/37 har i detta scenario modellerats som nivå 1 klimatförbättrad betong med exponeringsklass XC1-XC4, enligt Vägledning för klimatförbättrad betong (Svensk Betong, 2023). Förekommande C35/45 har modellerats med motsvarande nivå 1. Prefabricerade betongelement har inte justerats i detta scenario.

I scenario 2, **'betongbyggnad, klimatförbättrad betong, ambitiös'**, har även de prefabricerade betongelementen, såsom väggar, plattbärlag och balkonger, ersatts med klimatförbättrade varianter, anpassade efter relevant hållfasthetsklass och exponeringskrav. För den platsgjutna betongen har modelleringen också förfinats: mellanbjälklagen, som inte utsätts för frost, har antagits ha exponeringsklass XC1, vilket möjliggör användning av en högre nivå klimatförbättrad betong än i övriga konstruktionsdelar. För grundplatta och yttertak, där kraven är högre, har vi behållit nivå 1 i exponeringsklass XC1-XC4, ett val som ligger inom ramarna för vad som bedöms tekniskt möjligt enligt tillgängliga specifikationer.

För att möjliggöra en mer rättvis jämförelse har även ett tredje scenario modellerats: **'träbyggnad, klimatförbättrad betong'**. Här har betongelementen i träbyggnadens grundplatta ersatts med klimatförbättrad betong, enligt samma antagande som i de två scenarierna för betongbyggnaden ('betongbyggnad, klimatförbättrad betong,

lätt' och 'betongbyggnad, klimatförbättrad betong, ambitiös', det vill säga nivå 1 i exponeringsklass XC1-XC4, på grund av de krav som ställs på exponeringen. En ytterligare uppdelning mellan ett 'lätt' och ett 'ambitiöst' träscenario är därför inte aktuell.

Syftet med detta scenario är att särskilja effekterna av byggsystemets huvudsakliga stommaterial (trä vs. betong), utan att resultaten påverkas av skillnader i betongkvalitet i de oundvikliga grundkonstruktionerna.

En översikt av scenarierna ges i Tabell 9.

*Tabell 9. Scenarioöversikt för jämförande analys av byggsystem*

| Scenario | Byggnads-typ | Typ av betong | Påverkade delar | Beskrivning |
|---|---|---|---|---|
| Träbyggnad | Trä | Konventionell (endast grund/ grundplatta) | - | Standardreferens för träbyggnad med konventionell betong i grund |
| Betongbyggnad | Betong | Konventionell | - | Standardreferens för betongbyggnad |
| Betongbyggnad, klimatförbättrad betong, lätt | Betong | Klimatförbättrad, nivå 1 | Platsgjuten betong (fabriksbetong) | Enkel förbättring, fabriksbetong ersatt med nivå 1 |
| Betongbyggnad, klimatförbättrad betong, ambitiös | Betong | Klimatförbättrad, nivå 1–4 | Platsgjuten betong + prefab | Ambitiös förbättring, även prefab ersatt, nivå upp till 4 där möjligt |
| Träbyggnad, klimatförbättrad betong | Trä | Klimatförbättrad, nivå 1 | Grund/ grundplatta | För rättvis jämförelse: Klimatförbättrad betong även i träbyggnaden |

## Tillämpning av ReCiPe och omvandling av EPD-indikatorer

Miljöpåverkansdata samlades in från EPD:er för varje relevant byggnadselement, främst med hjälp av produkter avsedda för den svenska byggmarknaden. I Bilaga 2 listas de EPD:er som har använts som referenser. EPD:erna följer den gällande

europeiska standarden EN 15804:2012+A2:2019, som definierar en obligatorisk uppsättning kärnindikatorer. Dessa indikatorer och deras relation till midpoint kategorierna i ReCiPe som används för beräkning av påverkan på den biologiska mångfalden sammanfattas i Tabell 10.

Denna kartläggning klargör vilka EPD-indikatorer som kan användas direkt i ReCiPe, vilka som kräver enhetsomvandling och vilka kategorier som saknas och därför inte ingår i denna studie (t.ex. ekotoxicitet).

*Tabell 10. Kartläggning av obligatoriska EPD-indikatorer (EN 15804+A2:2019) till ReCiPe-medelvärdesindikatorer som används i denna studie.*

| **Indikatorer, obligatoriska enligt EN15804+A2:2019** | **Enhet** | **Relaterade midpoint indikatorer som ingår i ReCiPe** | **Enhet** |
|---|---|---|---|
| Global warming potential (GWP)<br>*fossila, biogena och markanvändningsförändringar* | Kg $CO_2$ eq. | GWP- terrestrial ecosystems<br>GWP-freshwater ecosystems | kg CO2 eq. |
| Acidification potential (AP)<br>*uttryckt som ackumulerad överskridning* | mol $H^+$ eq | AP - terrestrial ecosystems | kg SO2 eq. |
| Eutrophication potential, freshwater (EP,f)<br>*andel näringsämnen som når sötvatten* | kg P eq./ kg $PO_4$ eq (äldre standard) | EP,f | kg P eq. |
| Eutrophication potential, marine (EP,m)<br>*andel näringsämnen som når havsvatten* | kg N eq. | EP,m | kg N eq. |
| Eutrophication potential, terrestrial (EP,t)<br>*uttryckt som ackumulerad överskridning* | mol N eq. | Ingår inte | - |
| Formation potential of tropospheric ozone (POCP) | kg NMVOC eq. | POCP- terrestrial ecosystems | kg NOx eq. |
| Water deprivation potential (WDP)<br>*bristvägd vattenförbrukning* | $m^3$ | Inte rätt enhet | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depletion Potential of the Stratospheric Ozone Layer (ODP) | kg CFC-11 eq. | Ingår inte | - |
| Abiotic Depletion Potential for Fossil Resources (ADP-fossil) | MJ | Ingår inte | - |
| Abiotic Depletion Potential for Non-fossil Resources<br>- minerals and metals (ADP-minerals & metals) | kg Sb eq. | Ingår inte | - |
| Resource use, net use of fresh water (FW) | $m^3$ | Water consumption potential | $m^3$ förbrukad per $m^3$ utvunnen |
| Ingår inte (lagt till manuellt) | - | Land use - occupation and transformation | $m^2$·annual crop eq |
| Ingår inte | - | Toxicity potential - Terrestrial ecosystems<br>Toxicity potential- Freshwater ecosystems<br>Toxicity potential- marine ecosystems | 1,4-DBC eq. |

Vissa EPD-indikatorer rapporteras i andra enheter än de som ReCiPe kräver. I dessa fall har omräkningsfaktorer tillämpats enligt vedertagen metodik (Heijungs, 1994; Huijbregts m.fl., 2017; Christiansson & Roos, 2023), enligt följande:

- Försurningspotential: omräknad från mol $H^+$ eq. till kg $SO_2$ eq.
- Fotokemisk ozonbildning: från kg NMVOC till kg $NO_x$ eq.
- Eutrofiering sötvatten: från kg $PO_4$ eq (enligt äldre EPD standard). till kg P eq.

Tabell 11 sammanfattar de omvandlingsfaktorer som använts i denna studie.

*Tabell 11. Omvandlingsfaktorer som använts i denna studie.*

| Indikator | Enhet (EPD) | Enhet (ReCiPe) | Omräknings faktor | Källa |
|---|---|---|---|---|
| Acidification potential (AP) | mol $H^+$ eq. | kg $SO_2$ eq. | 0,032 | Heijungs (1994); Christiansson & Roos (2023) |
| Photochemical ozone formation (POCP) | kg NMVOC eq. | kg $NO_x$ eq. | 0,18 | Huijbregts m.fl. (2017) |
| Eutrophication potential, freshwater (EP,f) | kg $PO_4$ eq. (äldre standard) | kg P eq. | 0,33 | Huijbregts m.fl. (2017) |

I tidigare arbete (Christiansson & Roos, 2023) har WDP (Water Deprivation Potential) använts som indikator för vattenpåverkan. Denna indikator är dock redan viktad mot regional vattenstress genom regionala vattenstressindexet (WSI; Pfister et al., 2009), vilket gör den inkompatibel med ReCiPe:s midpoint indikator *vattenförbrukning (m³)*. Användning av WDP riskerar dubbelräkning och att metoden blir inkonsekvent.

I denna studie har därför i stället indikatorn *Resource use, net use of fresh water* (FW; i m³), som är obligatorisk i EN15804+A":2019, använts som indata. Denna motsvarar direkt ReCiPe:s kategori *water consumption potential* och säkerställer metodmässig överenstämmelse.

Påverkan från markanvändning inkluderades separat med hjälp av den metod som utvecklats i kapitel 2. Detta gjorde det möjligt att införliva markanvändnings- och omvandlingseffekter för de viktigaste materialen timmer, betong, stål och gips, som tillsammans står för cirka 95 procent av den totala materialmassan som används i byggnaderna. Detta var ett nödvändigt steg, eftersom markanvändningen inte rapporteras på ett enhetligt sätt i EPD:er.

Ekotoxikologiska indikatorer, inklusive påverkan från kemikalieutsläpp till mark och vatten, ingick inte i denna studie, eftersom de vanligtvis inte finns tillgängliga i nuvarande EPD:er. Även om dessa effekter är uppenbart relevanta för den biologiska mångfalden, kommer det att krävas ytterligare metodutveckling och förbättringar av datatillgängligheten inom byggsektorn för att hantera dem.

# Resultat

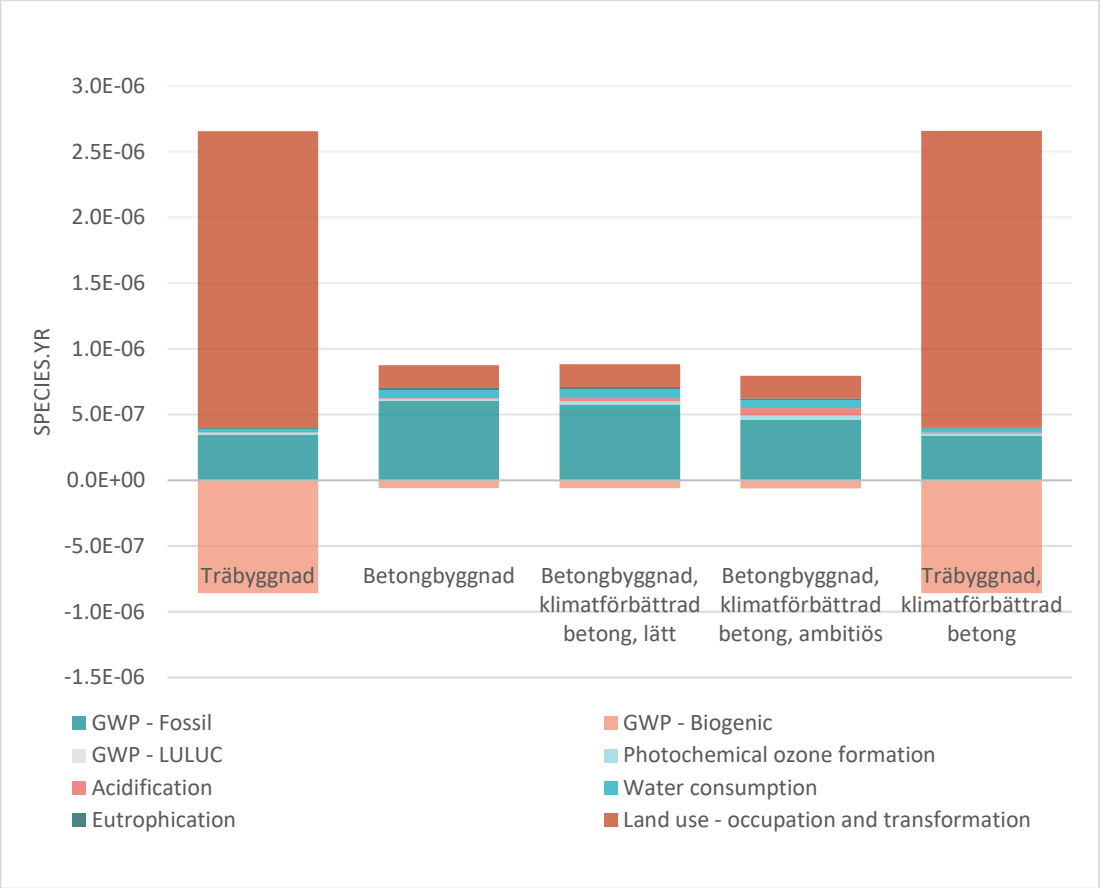
Resultaten från den jämförande livscykelanalysen sammanfattas i Tabell 12, som visar total påverkan på ekosystemens kvalitet, uttryckt i ReCiPes samlade endpoint-indikator (species.yr) per m² bruttoarea (BTA) för samtliga byggnadsscenarier. Figur 6 visar totalnivåer och hur olika miljöpåverkanskategorier bidrar till utfallet. De efterföljande figurerna ger en fördjupad inblick i nivåerna och hur påverkan är uppbyggd.

Träbyggnaden i standardutförande uppvisar den högsta totala påverkan på ekosystemkvalitet. Cirka 71 procent av totala påverkan kan hänföras till korslimmat trä, där markanvändningen i skogsbruket dominerar. Betongbyggnaden har väsentligt lägre total påverkan än träbyggnaden.

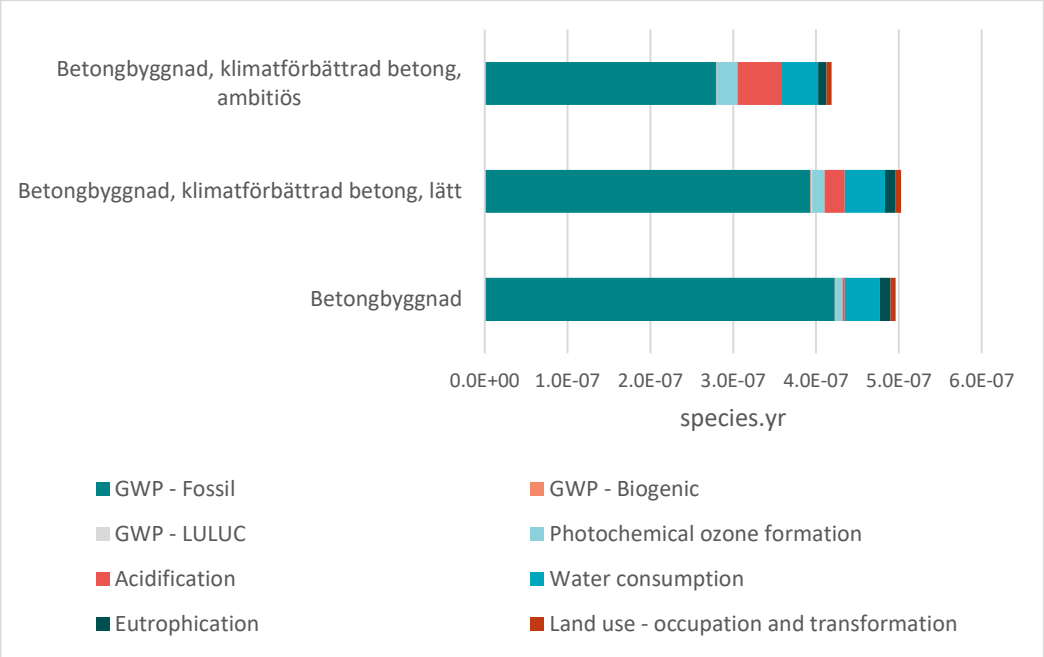
Skillnaderna mellan betongscenarierna är däremot mer nyanserade. Alternativet 'klimatförbättrade lätt' hamnar på en något sämre nivå än referensscenariet: den begränsade klimatvinsten uppvägs av ökningar i försurning och fotokemisk ozonbildning. I det ambitiösa alternativet är däremot klimatvinsten tillräckligt stor för att överstiga dessa negativa bieffekter, vilket ger en tydlig nettominskning i totalpåverkan på biodiversitet (se Tabell 12). Den här skillnaden mellan 'lätt' och 'ambitiös' framgår särskilt tydligt när vi isolerar betongdelarnas bidrag per m² BTA i Figur 7: En marginell klimatförbättring är inte tillräcklig om den samtidigt leder till ökningar inom andra miljöpåverkanskategorier.

*Tabell 12. Potentiell påverkan på ekosystemens kvalitet per byggnadsscenario*

| Scenario | Species.yr per BTA |
|---|---|
| Träbyggnad | 1.89E-03 |
| Betongbyggnad | 8.58E-04 |
| Betongbyggnad, klimatförbättrad betong, lätt | 8.65E-04 |
| Betongbyggnad, klimatförbättrad betong, ambitiös | 7.72E-04 |
| Träbyggnad, klimatförbättrad betong | 1.89E-03 |



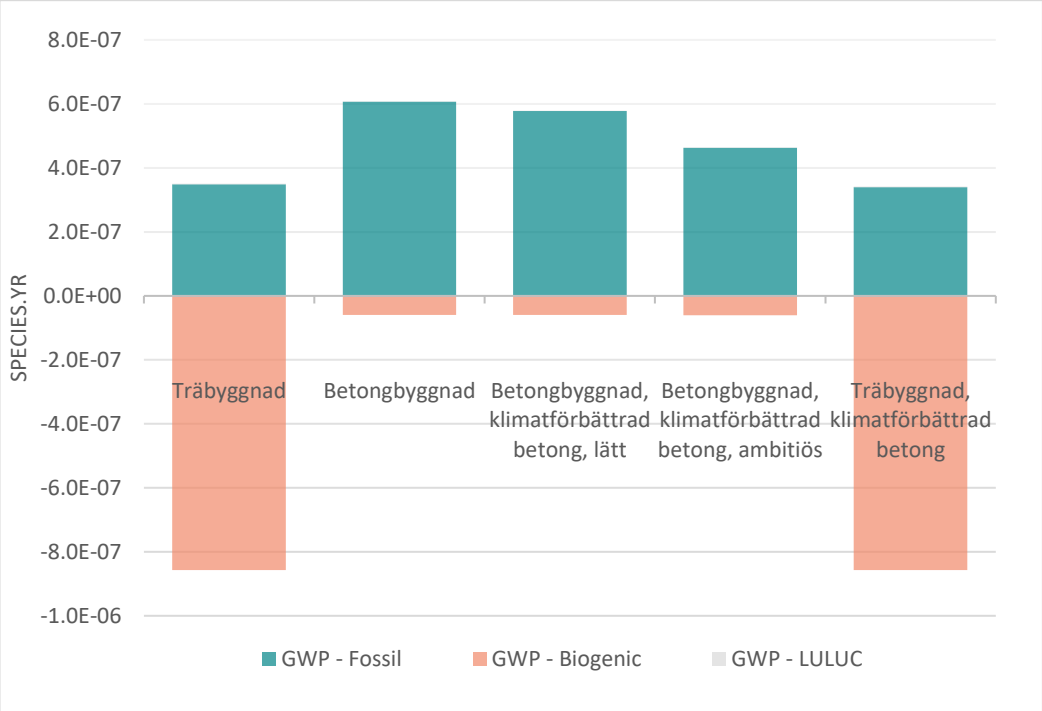

*Figur 6. Påverkansresultat på ekosystemens kvalitet per byggnadsscenario (per m² BTA) samt bidrag från respektive påverkanskategori. Notera att GWP-Biogenic i byggskede A1-A3 speglar lagrat biogent kol; återemissioner sker i byggskede C beroende på valt End-of-Life-scenario.*



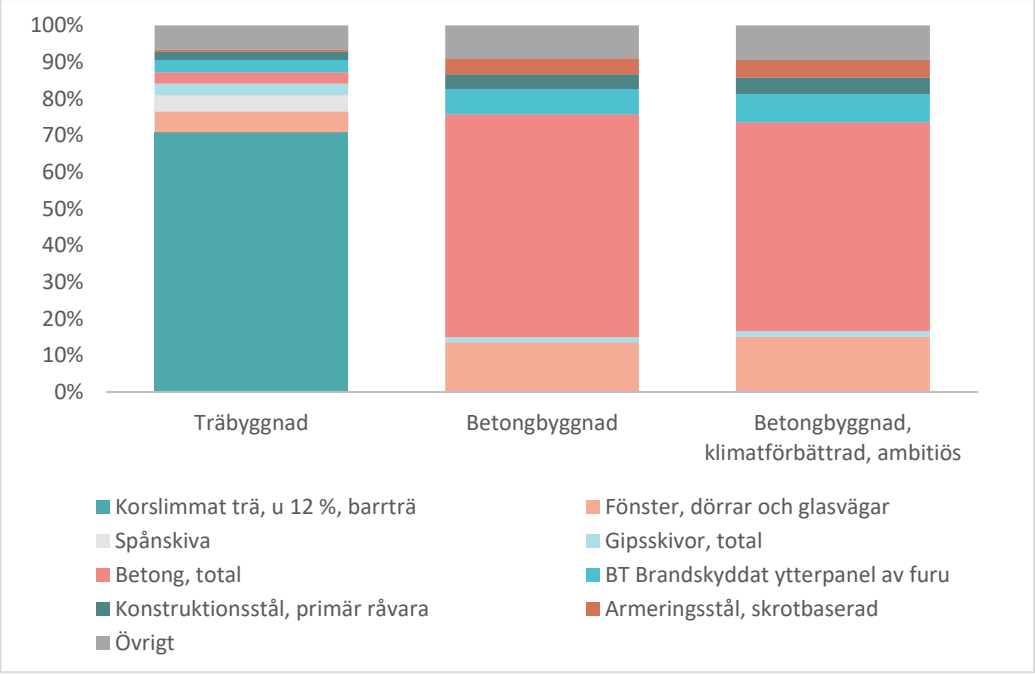

*Figur 7: Betongdelarnas bidrag i betongscenarierna (per m² BTA). Den marginella reduktionen i GWP i 'lätt' vägs upp av högre potentiell påverkan av försurning och fotokemisk ozonbildning, i 'ambitiös' ger klimatförbättringen netto lägre påverkan.*

Figur 8 visar utfallet när endast de klimatrelaterade kategorierna (GWP-fossil, GWP-biogenic, GWP-LULUC) beaktas. I detta snävare perspektiv har betongscenarierna högre klimatpåverkan, medan klimatförbättrad betong reducerar nivån och, i det ambitiösa alternativet, närmar sig träbyggnadens klimatprofil. För trä blir GWP-biogenic ofta negativt i A1–A3 (produktskede som redovisas i denna studie; se Figur 4) eftersom kol tillfälligt lagras i materialet. Detta är ingen permanent klimatnytta: kolet släpps i regel ut senare i livscykeln (C-modulerna), och den negativa posten försvinner. Det är därför viktigt att särskilja biogen och fossil klimatpåverkan (GWP-biogenic respektive GWP-fossil). Den övergripande bilden ändras dock när andra påverkanskategorier beaktas: i träscenarierna dominerar markanvändningen och klimatpåverkan spelar en mindre roll, medan klimatpåverkan utgör en större andel av biodiversitets avtrycket i betongscenarierna.

Både den fördjupade analysen av betongelementen (Figur 7) samt helhetsresultatet för samtliga fem scenarier (Figur 6) visar risken för bördesförskjutning: åtgärder som optimerar en kategori kan samtidigt leda till försämringar inom andra.




*Figur 8: Påverkansresultat på enbart Climate change categorier per byggnadsscenario (per m2 BTA)*




*Figur 9. Materialfördelning av ekosystempåverkan (%) i respektive scenario*

Det är viktigt att påpeka att det mest ambitiösa scenariot för klimatförbättrad betong inte nödvändigtvis speglar ett typiskt utförande. I praktiken görs materialval och receptval för betong i respektive konstruktionsdel av byggnadskonstruktör/ entreprenör/leverantör. Det ambitiösa scenariot syftar således till att belysa potentiella möjligheter, snarare än att utgöra en prognos för framtida tillämpning.

Jämfört med tidigare studien av Christiansson & Roos (2023) är totala ReCiPe-resultaten i denna studie avsevärt lägre för både trä- och betongbyggnaden, och skillnaden mellan byggnadstyperna har minskat. Detta kan främst förklaras av tre faktorer:

1. Den justerade vattenindikatorn, där . *Water deprivation potential* (WDP) har ersatts med *Freshwater use.* WDP-indikatorn gav i genomsnitt cirka 2 500 gånger högre utslag än den ReCiPe-kompatibla indikatorn som nu används.

2. Den utökade materialomfattningen, vilket innebär att, i princip, hela byggnader har analyserats. I träbyggnaden gäller detta exempelvis inkludering av gipsskivor och stenull, som visserligen bidrar marginellt till den totala påverkan, men som utgör en betydande del av materialmassan. I betongbyggnaden är det i stället skiljeväggar av glas och trä som förekommer i större omfattning och som därmed får större genomslag i resultaten. Se Figur 9.

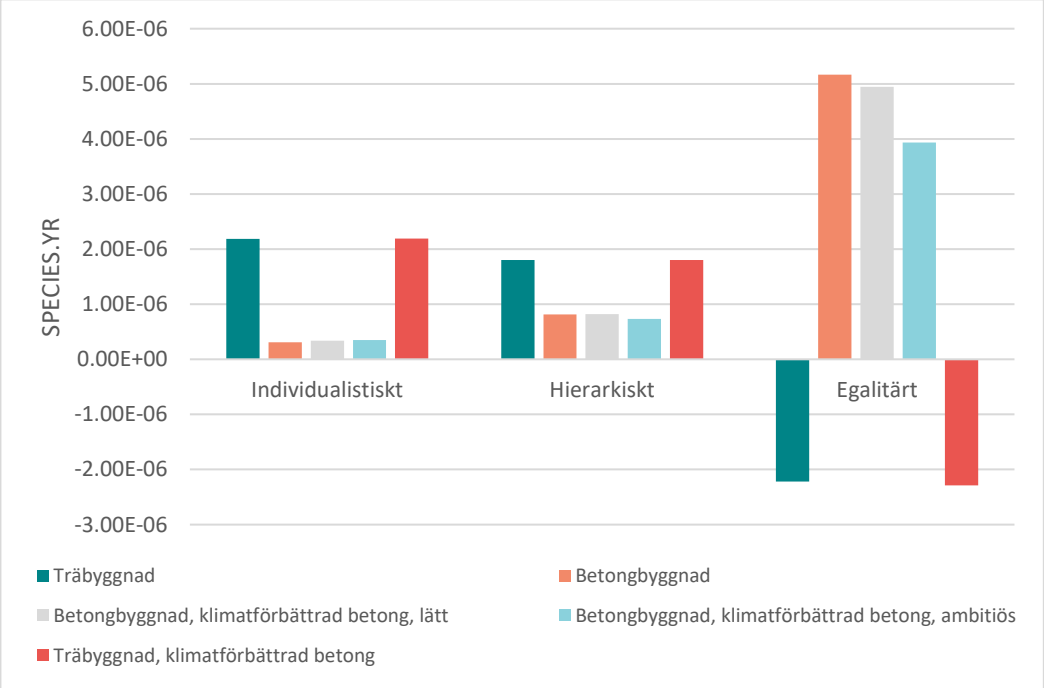
3. Den mer heltäckande behandlingen av markanvändning, där fler material än trä och betong nu omfattas. Detta ger en mer nyanserad bild och bidrar till att minska gapet mellan byggsystemen.

När det gäller tolkningen av resultaten bör det understrykas att betydande osäkerheter kvarstår, både vad gäller datakvalitet (t.ex. EPD-kvalitet, antaganden om markanvändning, bristen på toxikologiska indikatorer) och i själva modelleringen av påverkan på biologisk mångfald. I ReCiPe är endpoint-indikatorerna policy-relevanta men mer osäkra än midpoint-indikatorerna, eftersom komplexa orsak-verkan-kedjor sammanfattas till ett fåtal skadefaktorer (Huijbregts et al., 2017) Resultaten bör därför ses främst som jämförande indikatorer snarare än exakta mått på faktisk biodiversitetsförlust.

För att synliggöra hur normativa val påverkar rangordningen har vi dessutom redovisat resultaten enligt ReCiPe 2016:s tre perspektiv (Figur 10). Perspektiven beskriver olika värderingsperspektiv på hur miljöpåverkan ska bedömas över tid och med vilken grad av försiktighet. De påverkar alltså hur resultaten viktas och tolkas, särskilt i de så kallade endpoint-indikatorerna.

I redovisningen av denna studie används det hierarkiska perspektivet; ReCiPes standardval, som representerar ett konsensusbaserat synsätt (bl.a. ~100-årig tidshorisont för klimat). I figur 10 visas även individualistiskt och egalitärt perspektiv som en känslighetsanalys. Perspektivskiftena påverkar rangordningen, särskilt där långsiktiga och mer osäkra effekter (t.ex. markanvändningsrelaterade) ges högre vikt i det egalitära synsättet.

Detta understryker att resultaten inte bara är tekniska utan även normativt känsliga: transparens om antaganden och om hur viktning görs är därför avgörande vid policyöversättning och praktiska beslut.




*Figur 10: Scenarioresultat under ReCiPe 2016-perspektiv; individualistiskt, hierarkiskt (standard) och egalitärt. Skillnader i rangordning illustrerar känsligheten för värderingsantaganden (tidshorisont och hantering av långsiktiga effekter). Notera att det mycket låga värdena för träbyggnaderna i det egalitära perspektivet, drivs av temporär kolinlagring (GWP-biogenic) eftersom denna LCA avgränsas till produktskede A1-A3. När senare skeden inkluderas minskar effekten och jämförelsen blir mer livscykelmässigt rättvisande.*

## Ekotoxikologiska effekter, reflektion och uppskattning

Ekotoxikologiska indikatorer, det vill säga påverkan från kemikalieutsläpp till mark och vatten har inte inkluderats i denna studie. Den främsta orsaken är att sådana data normalt saknas i dagens EPD:er för byggmaterial, och harmoniserade testmetoder för rapportering fortfarande är under utveckling. Samtidigt är det uppenbart att dessa effekter är betydelsefulla för biologisk mångfald, särskilt med

tanke på det komplexa innehållet och de kemikalier som kan lakas ut från byggprodukter över tid.

Forskning visar att många vanliga byggmaterial kan avge ämnen med tydlig ekotoxisk påverkan. Heisterkamp m.fl. (2023) fann att två tredjedelar av testade byggprodukter gav utslag i minst ett ekotoxikologiskt test, ibland med hög toxicitet, även för material som ofta betraktas som 'naturliga'. Dessutom är sådana effekter svåra att förutsäga, då blandningar och tillsatser kan ge upphov till så kallade 'cocktaileffekter', där den kombinerade påverkan är större än summan av enskilda ämnens effekter.

Hur stor påverkan skulle ekotoxicitet kunna ha i denna studie? Svaret är osäkert, men potentiellt betydande, särskilt i system där plaster, färger, lim eller behandlat trä förekommer i större mängder (Bueno m.fl., 2016; Rey-Álvarez m.fl., 2024). Samtidigt är resultaten mycket beroende av antaganden, datakvalitet och val av metod, vilket gör jämförelser svåra.

Ur ett praktiskt perspektiv innebär detta att LCA-resultat utan toxicitetsbedömningar riskerar att underskatta miljöpåverkan från vissa byggsystem, särskilt där ytbehandlingar, sammansatta produkter och hög kemikalieinblandning förekommer. I takt med att nya testmetoder och rapporteringskrav utvecklas (t.ex. inom EU:s Chemicals Strategy for Sustainability), bör ekotoxikologisk påverkan därför inkluderas mer systematiskt i framtida miljöbedömningar av byggnader.

# 4 Skogsbruksmetoders påverkan på biologisk mångfald och klimat

Denna delstudie analyserar skillnaderna på biologisk mångfald och klimatpåverkan mellan träråvara från olika typer av skogsbruk, med särskilt fokus på hyggesfritt skogsbruk jämfört med det dominerade trakthyggesbruket, i folkmun kallat kalhyggesbruk. Studien bygger på en genomgång av forskningslitteratur och rapporter.

## Introduktion och bakgrund

Skogen är den mest utbredda naturtypen i Sverige. Skog täcker cirka 28 miljoner hektar, vilket motsvarar ungefär 69 procent av landets totala yta. Av denna skogsmark är 23,6 miljoner hektar produktiva skogar (SLU, 2024). Ungefär hälften av Sveriges skogsmark ägs av cirka 311 000 privata enskilda ägare, medan en fjärdedel tillhör privata aktiebolag. Resterande skogsmark ägs av staten samt andra offentliga och privata aktörer (Skogsstyrelsen, 2022).

I svenska skogar dominerar inhemska trädarter som tall, gran och björk. Trots att Sverige utgör mindre än en procent av världens skogstäckta mark, rankas landet som den fjärde största globala exportören av massa, papper och sågade trävaror (UNECE, 2020). Produktionsvolymerna för 2022 nådde 11,8 miljoner ton massa, 8,5 miljoner ton papper och 19 miljoner kubikmeter sågade trävaror (Skogsindustrierna, 2022).

Skogen bidrar på många sätt till att möta samhällsutmaningar och erbjuder lösningar på flera områden. Skogens och skogssektorns roll i samhället har blivit alltmer central i takt med att både sektorn och samhället i stort står inför stora och komplexa utmaningar som exempelvis att bidra till nationella och globala miljömål för klimat och biologisk mångfald och ökad efterfrågan på förnybara material.

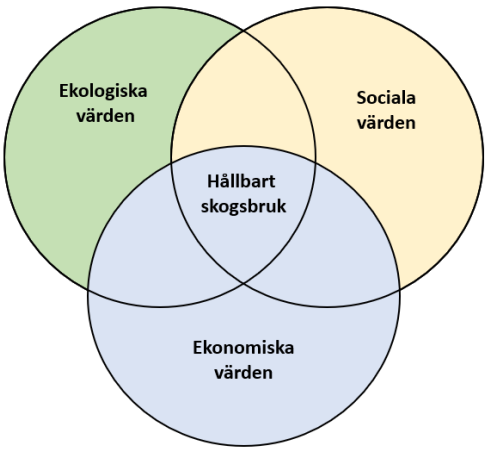
Skogsskötseln påverkar också vilka produkter som kan framställas av skogsråvaran, vilket kan bidra till att minska utsläpp genom att ersätta fossila alternativ eller begränsa utsläpp i andra sektorer. Den påverkar också mängden kol som lagras i skogen och dess produkter, samt mängden kol som tas upp genom skogens tillväxt.

I den aktuella debatten om svenskt skogsbruk råder starka meningsskiljaktigheter kring hur skogen bör skötas. Vissa förespråkar ett ökat skydd av skogarna för att

lagra mer kol i den stående biomassan och minska avverkningen. Andra argumenterar för att maximera kolinbindningen genom både ökad tillväxt och större uttag av virke, vilket skulle minska beroendet av fossila resurser och främja en utvecklad bioekonomi. Olika åsikter påverkas i hög grad av individernas perspektiv på system, tid och rum (Hannerz m.fl 2024; Schulte m.fl. 2024). I denna debatt ställs ofta skogsskötselmetoder som trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk mot varandra, där det görs jämförelser kring produktion, klimatnytta och biologisk mångfald (Rummukainen, 2024).

Samtidigt är många skogar viktiga livsmiljöer för en mångfald av arter, vilket gör hållbar skogsförvaltning avgörande för att bevara biologisk mångfald. Utöver detta tillgodoser skogen samhällets behov av en rad olika produkter där den inhemska såväl som globala efterfrågan på skogsprodukter förväntas öka på sikt som ett led i utfasningen av fossila bränslen och råvaror (SOU 2020:73; Bisaillon m.fl. 2021; Erlandsson m.fl. 2024). Skogen och valda skogskötselmetoder bidrar även med en rad sociala och kulturella värden och utgör utrymme för rekreation (Hansen & Malmaeus, 2017; Eggers m.fl. 2022; Bergkvist m.fl. 2024).

Skogen erbjuder således en mängd ekosystemtjänster som vanligtvis delas in i i) ekonomiska, ii) ekologiska och iii) sociala värden. Ett hållbart skogsbruk bör ta hänsyn till och förvalta alla skogens resurser, värden och nyttigheter på ett balanserat sätt (Figur 11).




*Figur 11. Ett hållbart skogsbruk tar hänsyn till och värnar om skogens ekologiska, sociala och ekonomiska värden. Modifierad efter Erson 2020.*

## Syfte och mål

Denna delrapport undersöker hur klimatpåverkan och biologisk mångfald skiljer sig åt för träråvara som kommer från olika former av skogsbruk, specifikt hyggesfritt skogsbruk, jämfört med traditionellt trakthyggesbruk. Studien baseras på en genomgång av forskningslitteratur och rapporter.

# Skogsbruksmetoder och dess miljöpåverkan

I Sverige används två huvudsakliga skogsskötselsystem: trakthyggesbruk och hyggesfritt. För närvarande är det nästan enbart trakthyggesbruk som tillämpas på den svenska skogen, där skogen efter 60 till 120 år slutavverkas och därefter återplanteras med träd.

Som alternativ till trakthyggesbruk finns hyggesfritt skogsbruk, eller kontinuitetsskogsbruk, vilket utgör ett samlingsbegrepp för en mångfald av metoder som syftar till att bevara skogens kontinuitet över tid. I det hyggesfria skogsbruket hålls marken aldrig helt bar, och det finns träd i alla storleksklasser. Träden skördas ett och ett när de är mogna. Intresset för hyggesfritt skogsbruk växer, men i jämförelse med trakthyggesbruk är kunskapsläget fortfarande begränsat (KSLA, 2024). År 2023 bedrevs hyggesfritt skogsbruk på totalt 778 000 hektar i Sverige, vilket motsvarar omkring 3,6 procent av den produktiva skogsmarken. Den största andelen, cirka 566 000 hektar, förvaltades av enskilda skogsägare, medan övriga ägare stod för ungefär 212 000 hektar (Skogsstyrelsen, 2023)

Valet av skötselmetoder och intensitet i skogsbruket har en betydande inverkan på både skogens förutsättningar, de ekosystemtjänster den kan erbjuda samt dess fysiska utformning, både på kort och lång sikt. Eftersom det tar lång tid för en växande skog att utvecklas och detta kan variera beroende på geografiska förhållanden, kan det dröja innan effekterna av vissa skötselåtgärder blir synliga.

I dagens svenska skogsbruk överstiger skogens tillväxt den mängd virke som årligen avverkas. Det innebär att det sker en nettotillväxt, vilket gör att det totala skogsbeståndet i Sverige ökar år för år. Dock har denna ökning avtagit på senare tid, främst till följd av högre avverkningstakt och minskad tillväxt (Naturvårdsverket, 2024). Utöver skogens naturliga kolcykel finns också en annan aspekt av kolbalansen som påverkas av skogsbruket. Alla skogliga insatser - från plantering, röjning och gallring till slutavverkning och transport - medför utsläpp av fossil koldioxid om fossila bränslen eller fossilbaserade material används i arbetet (Ågren m.fl. 2021).

Enligt en studie från Skogforsk ökar drivningskostnaden med 28 procent och dieselförbrukningen med 21 procent under en omloppstid vid hyggesfritt skogsbruk jämfört med trakthyggesbruk (Jonsson, 2015).

Idag finns bristfälliga uppskattningar av klimatnyttan från hyggesfritt skogsbruk, eftersom inga mätningar av koldioxidflöden har kunnat göras i befintliga bestånd som ofta är för små för sådana experiment (Skogsstyrelsen, 2022; Hannertz m.fl 2024). Det samma gäller biologisk mångfald, där det finns ett större kunskapsbehov för att utvärdera hur biologisk mångfald skiljer sig mellan skogsbrukssystemen (Ekholm m.fl. 2023).

Genom att kombinera anpassat trakthyggesbruk med hyggesfria metoder kan man oftast uppnå en bättre balans mellan skogens olika värden - där ekonomiska, ekologiska och sociala aspekter vägs samman. Detta arbetssätt främjar också variation i skogslandskapet, vilket i sin tur kan bidra till en högre måluppfyllelse för både skogsägare och samhället i stort (Peura m.fl. 2018; Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket, 2023; Widmark och Eggers, 2024)

## Trakthyggesbruk

Trakthyggesbruk är i dag det helt dominerande skogsskötselsystemet i Sverige och har tillämpats i stor skala sedan mitten av 1900-talet. Trakthyggesbruk kan ses som ett rotationsskogsbruk med tydliga faser där skogen genomgår en tydlig föryngringsfas med hjälp av plantering, sådd eller naturlig föryngring, följt av en ungskogs- och tillväxtfas för att sedan avverkas och ersättas med ett nytt bestånd (Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket, 2023). Trakthyggesbruk är ett skogsskötselsystem utformat för att möjliggöra en effektiv, storskalig och ekonomiskt lönsam virkesproduktion. Det liknar i många avseenden ett jordbrukssystem, där träd planteras, vårdas och slutligen skördas. I vardagligt språkbruk förknippas det ofta med kalhyggen och omfattande skogsplanteringar.

## Hyggesfritt skogsbruk

Skogsstyrelsen (2021) definierar av hyggesfritt skogsbruk på skogsmark med produktionsmål att ”skogen sköts så att marken alltid är trädbevuxen utan att det uppstår några större kalhuggna ytor. Luckorna får vara maximalt 0,25 ha. Det finns fler sätt att definiera hyggesfria skötselmetoder och flera definitioner kring begreppet leder ofta till begreppsförvirring. Enligt svenska certifieringsorganet FSC innebär kontinuitetsskogsbruk att skogen ska ha träd på marken vid alla tidpunkter,

samtidigt som dess skiktning utvecklas över tid. FSC skiljer mellan hyggesfria metoder i stort och kontinuitetsskogsbruk: metoder som frö- och timmerställning, luckhuggning och skärmträd räknas till hyggesfritt skogsbruk, men inte till kontinuitetsskogsbruk. Medan hyggesfria metoder kan ha flera olika syften, ligger fokus i kontinuitetsskogsbruk främst på att stärka natur- och sociala värden. Blädning är den vanligaste formen av hyggesfritt skogsbruk där träd tas ut för att glesa ut, och genom återkommande blädning uppnås en fullskiktad skog. Förutom blädning inkluderar hyggesfritt bruk flera olika metoder:

**Överhållen skärm:** innebär att tallskog föryngras genom att hålla tätare skärmar och skärmen avverkas sedan i steg, vilket resulterar i en fullskiktad skog.

**Luckhuggning:** innebär att avverka små ytor, max 0,25 ha så det uppstår luckor i skogen. Dessa luckor förväntas sedan beskogas med naturlig föryngring eller kan planteras.

**Plockhuggning:** *innebär att man avverkar spridda träd i skogen*. Ofta är avverkningen inriktad på träd med speciella efterfrågade egenskaper.

**Naturnära skogsbruk:** efterliknar naturliga störningsprocesser, skapar variationsrika skogar och stärker miljövärden i skogslandskapet.

Sverige möter ett växande krav att minska trakthyggesbruket och öka användningen av hyggesfria metoder**.** Kraven kommer från EU:s skogsstrategi, forskare, miljöorganisationer, opinionen och delar av marknaden, och handlar främst om att bevara biologisk mångfald, skydda kolsänkor och möta efterfrågan på hållbart producerat virke (Mason m.fl 2022; Hertog m.fl. 2022). Trots detta betraktas hyggesfria metoder och andra naturnära skogsbruksformer fortfarande som en marginell företeelse inom det svenska skogsbruket. I princip, förbjöds hyggesfritt skogsbruk i 1979 års skogsvårdslag och återkom inte i den offentliga debatten förrän i samband med uppdateringen av skogsvårdslagen i mitten av 1990-talet. I denna uppdatering gavs produktions- och miljöhänsyn lika stor vikt, vilket i praktiken upphävde förbudet mot hyggesfria metoder (Sténs m.fl 2019). Enligt Hertog m.fl. (2022) utgör de rådande kulturella, utbildningsmässiga och näringslivsrelaterade normerna inom skogsbruket idag ett hinder för aktörer som vill tillämpa hyggesfritt skogsbruk.

Hyggesfria skogsbruksmetoder är vanliga i många kommuner som ansvarar för förvaltningen av tätortsnära skogar. I dessa sammanhang prioriteras ofta rekreation och sociala värden högre än exempelvis virkesproduktion (Andersson & Appelqvist,

2020). Ett tydligt exempel är Göteborgs stad, som förvaltar cirka 11 000 hektar skog. På den mark som inte ingår i naturreservat tillämpas genomgående hyggesfria skogsbruksmetoder (Göteborgs Stad, 2014).

## Klimatpåverkan

Ett av de främsta argumenten för trakthyggesbruk är att det är en enkel och väl etablerad metod som ofta leder till högre virkesproduktion än hyggesfria metoder på lång sikt. Därtill är infrastrukturen anpassad för denna typ av skogsskötsel. Lundmark m.fl. (2016) jämförde trakthyggesbruk och blädning i en fiktiv, flerskiktad granskog i mellersta Sverige och fann att kolbalansen inte skiljde sig mellan metoderna. Det avgörande var i stället den långsiktiga tillväxtnivån. Blädad skog hade i genomsnitt cirka 20 % lägre tillväxt, vilket ledde till motsvarande minskning i kolinbindning. Med hjälp av simuleringsverktyget Heureka genomförde Schulte m.fl. (2024) simuleringar på granbestånd för typiska ståndorter i Västerbotten, Uppland och Halland för att öka kunskapen om hur skogen bör skötas för att uppnå största möjliga klimatnytta. Fyra olika skötselmetoder studerades för att utvärdera deras klimatprestanda, däribland hyggesfritt skogsbruk som simulerades genom kontinuerligt återkommande blädningsbruk. Resultaten visade att aktivt skogsbruk, med uttag och användning av de skogliga produkterna, bidrar till en klimatkylande effekt över tid. Detta gäller oavsett om det är trakthyggesbruk eller hyggesfritt, främst på grund av skogarnas förmåga att binda koldioxid. Ett hyggesfritt system med blädningsbruk leder till mindre, men också jämnare kolflöden över tid. Denna skötselmetod resulterar i den högsta procentuella andelen sågtimmer sett till produktutfallet.

Forskningen kring markens kolinlagring vid olika skogsbrukssystem är fortfarande begränsad, och befintliga studier är ofta svåra att jämföra eftersom de bygger på olika antaganden - exempelvis om graden av avverkningsintensitet (Mason m.fl., 2022). Vid kontinuitetsskogsbruk minskar risken för att skogens roll som kolsänka tillfälligt förloras. Till skillnad från kalhuggning, där skogen under en tid kan bli en nettokälla till koldioxidutsläpp, bibehålls kolförrådet i högre grad vid hyggesfria metoder (Rummukainen, 2024). På näringsrika, dikade torvmarker visar nuvarande kunskap att hyggesfritt skogsbruk kan ge betydande klimatfördelar jämfört med kalavverkning - särskilt när det gäller att bevara kolsänkan - samtidigt som virkesuttaget kan bibehållas (Korkiakoski m. fl 2023; Lehtonen m.fl. 2023)

Sammanfattningsvis finns det i dagsläget inget entydigt svar på vilken skogsskötselmetod som är mest effektiv ur ett klimatperspektiv. Klimatnyttan kan

variera mellan trakthyggesbruk med kalavverkning och hyggesfritt skogsbruk, beroende på flera faktorer. Dessa inkluderar skillnader i virkesproduktion och potentialen för substitution, det vill säga möjligheten att ersätta fossila material med biobaserade alternativ, samt skillnader i kolsänkan både i den levande biomassan och i marken.

## Biologisk mångfald

Kalhyggen i trakthyggesbruk efterliknar naturliga störningar (som storm eller brand) och kan skapa tillfälligt ljusöppna miljöer där pionjärväxter, insekter, fjärilar och fåglar som trivs i öppna landskap får en chans att etablera sig. Trakthyggesbruket gynnar därför främst generella och ljuskrävande arter, men det kan samtidigt missgynna skuggkrävande, kontinuitetsberoende och svårspridda arter, vilket är varför det ofta kritiseras i frågor om biologisk mångfald.

Forskning om hyggesfria metoders påverkan på biologisk mångfald fokuserar främst på kortsiktiga effekter i mogna, jämnåriga skogar, vanligtvis 10–15 år efter avverkning. Studier som täcker en hel omloppstid (60–100 år) saknas (Rautio m.fl. 2025).

Till skillnad från trakthyggesbruk ger hyggesfria brukningsmetoder dock glesare och mer ljusöppna skogar (Skogsstyrelsen, 2024). Dessa skogar blir alltmer sällsynta i det moderna skogslandskapet, men de utgör viktiga livsmiljöer för många skogsarter. Hyggesfritt skogsbruk bevarar en långsiktig kontinuitet utan avbrott. Kontinuitet är särskilt viktigt för svårspridda arter, som har svårt att hitta nya, lämpliga livsmiljöer. I ett skogslandskap som ständigt förändras får dessa arter svårare att etablera sig och frodas. Hyggesfria metoder bidrar dessutom till ett mer variationsrikt skogslandskap och skogsbestånd. Genom att kombinera olika brukningsformer och komplettera trakthyggesbruket med hyggesfritt skogsbruk skapas en större mångfald av skogsmiljöer på landskapsnivå. Jämfört med trakthyggesbruk ger hyggesfria metoder också ökad variation inom själva beståndet - med träd i olika åldrar, storlekar och höjder. Sådana skogar liknar i högre grad naturliga skogsmiljöer och kan därmed också hysa en rikare biologisk mångfald.

Genom att komplettera trakthyggesbruk med hyggesfria metoder kan större, sammanhängande skogsområden bevaras och värdefulla livsmiljöer länkas samman. Detta skapar förutsättningar för arter att sprida sig och överleva långsiktigt. Således minskar fragmenteringen i landskapet och den gröna infrastrukturen stärks

Eftersom markberedning och skyddsdikning sällan behövs i samma omfattning som vid trakthyggesbruk, minskar risken också för utlakning av näringsämnen och tungmetaller vid hyggesfritt skogsbruk. Detta gynnar både vattenkvalitet och biologisk mångfald i våra vattendrag och våtmarker.

Sammanfattningsvis visar flera studier att hyggesfritt skogsbruk generellt har bättre förutsättningar att bevara och främja biologisk mångfald jämfört med trakthyggesbruk. Hyggesfritt skogsbruk, oavsett vald metod, är mer gynnsamt för att bevara biologisk mångfald på beståndsnivå än konventionellt trakthyggesbruk. Detta beror på att hyggesfria metoder skapar ett stabilare mikroklimat med jämnare ljusförhållanden, fuktighet och temperatur (Skogsstyrelsen, 2025). Detta är dock beroende av vilka specifika aspekter av biodiversitet som studeras, samt av skogstyp, geografisk kontext och tidsperspektiv.

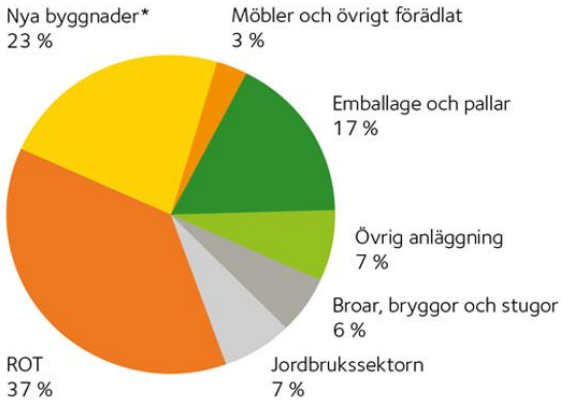
# Hållbart producerad träråvara - möjligheter och utmaningar

## Vart går skogsprodukterna idag?

Det virke som tas från de svenska skogarna kan delas upp i tre huvudsakliga flöden: 47 procent går till sågverken, 45 procent till massabruken och 8 procent används som brännved, stolpar med mera. Förutom timret tas även bark, samt grenar och toppar (GROT), som används som skogsbränsle för energiproduktion.

Cirka 20 procent av en timmerstock från skogen går att använda till förädlat trä. Vid sågning av timmerstockar blir 31 procent sågverksflis, även kallad råflis, som sedan går vidare till massaindustrin. Ungefär två tredjedelar av den sågade träråvaran som produceras i Sverige exporteras till andra länder (Svensk Trä, 2024). Resten blir plank, bräder, olika byggprodukter, massa och pellets.

År 2018 konsumerades cirka 5,7 miljoner kubikmeter barrträvaror i Sverige. Nästan all denna mängd kom från svenska sågverk, med en import på mindre än 180 000 kubikmeter. Virket används för ett brett spektrum av ändamål (Figur 12).




*Figur 12. Fördelning på inhemsk konsumtion av sågverkens produktion av barrträvaror (Skogsindustrierna, 2018)*

Sveriges årliga skogsavverkning uppgår till cirka 90 miljoner skogskubikmeter, medan den årliga tillväxten ligger på cirka 120 miljoner. Under optimala förhållanden under sommarhalvåret producerar skogen ungefär 700 kubikmeter per minut. Denna tillväxttakt innebär att råvaran till ett modernt trähus i flera våningar genereras på bara några få minuter.

Därtill har intresset för att bygga flervåningshus i trä ökat de senaste åren. Den extra avverkning av sågtimmer som krävs för att nationellt ersätta betongstomme i flerfamiljhus med trästomme är endast cirka 1 procent av den årliga svenska avverkningen av sågtimmer (Schulte, 2022). Ungefär tio procent av nybyggnationen i Sverige har en stomme i trä i stället för betong. De senaste åren har korslimmat trä (KL-trä) kraftigt underlättat byggandet av medelhöga trähus i Sverige. KL-trä och limträ är förädlade produkter som kräver stora mängder skogsråvara. En analys av IVL Svenska Miljöinstitutet visade att klimatpåverkan från byggandet av ett flervåningshus i trä bara var hälften så stor jämfört med ett motsvarande hus i konventionell betong. Schulte (2022) visade att användning av trästomme i stället för betongstomme för flerfamiljshusbyggandet i Sverige skulle medföra en liten klimatnytta, såvida inte storleken på bostäderna i trä ökar och korslimmat trä används som stommaterial. Användning av korslimmat trä i flerfamiljshus skulle kräva mer trä per kvadratmeter bostadsyta. Samtidigt finns det fördelar, som möjligheten att bygga högre byggnader, vilket kan minska markanvändningen och bevara fler grönytor, som i sin tur indirekt kan bidra till ökad biologisk mångfald. Korslimmat träd innehåller lim och behöver upphettas för att tryckas till skivor, vilket ger upphov till klimatutsläpp. Samma studie kom fram till att den största klimatnyttan och minsta påverkan på de svenska skogarna uppnås genom att behålla den nuvarande dominerande byggtypen med lätt stomme av trä i Sverige och minska de framtida bostadsstorlekarna.

## Potentiella nyckeltal för LCA beräkningar

Det finns en utbredd förhoppning om att hyggesfritt skogsbruk - där man inte avverkar hela områden utan i stället plockar enstaka träd eller skapar små luckor - kan bidra till ett ökat kolupptag i skogen. En av huvudorsakerna är att man undviker hyggesfasen. Under denna hyggesfas inom trakthyggesbruket minskar fotosyntesen kraftigt, eller upphör helt, samtidigt som markens nedbrytning fortsätter att släppa ut koldioxid. Dessutom uppstår en extra ökning av utsläpp vid avverkning, då stora mängder dött material, som till exempel hyggesrester, rötter och svamphyfer börjar brytas ner, vilket leder till ytterligare utsläpp. Det tar tid innan en ny skog vuxit upp och börjar ta upp mer koldioxid än den avger.

I hyggesfritt skogsbruk undviks som sagt dessa initiala kolförluster, och eftersom skogen ofta behåller ett tätare trädtak med stor bladyta kan den också upprätthålla ett kontinuerligt kolupptag. Samtidigt kräver hyggesfritt skogsbruk att skogen hålls glesare för att nya träd ska få tillräckligt med ljus, vilket begränsar möjligheten till maximalt kolupptag.

Det innebär att hyggesfritt skogsbruk generellt inte når samma toppnivåer i kolupptag som det traditionella trakthyggesbruket. Däremot undviks de stora kolförlusterna som uppstår under hyggesfasen. Resultatet blir en jämnare, mer stabil kolsänka över tid, även om det inte finns några garantier för att detta innebär ett större eller mindre ackumulerat kolupptag på längre sikt, till exempel över en hel omloppstid (Lundmark m.fl. 2016).

Om man ser till ett helt landskap där skogar av olika åldrar är jämnt fördelade, blir skillnaderna i kolupptag och koldioxidutsläpp mellan hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk mindre. Frågan blir då vilket skogsskötselsystem som på kort och lång sikt binder mest kol och fungerar som den starkaste kolsänkan?

Den nuvarande forskningen ger ännu inget entydigt svar, då underlaget hittills är begränsat till ett fåtal studier. Det finns endast en fältstudie som undersökt detta på ett sätt som kan överföras till ett landskapsperspektiv eller en hel omloppstid. Den studien visar att kolinbindningen i ekosystemet är något lägre vid hyggesfritt skogsbruk, medan markens kolförråd inte förändrades nämnvärt (Skogforsk, 2024).

De finns också ett antal modellstudier gjorda med planeringsverktyget Heureka som finns visar olika resultat - beroende på vilka antaganden som gjorts samt vilket tidsperspektiv och geografiskt område som analyserats. För att få mer tillförlitliga svar krävs fler studier, särskilt i fält.

Dessa variationer gör det utmanande och mycket svårt att jämföra olika skogsbruksmetoder med varandra, samt att ta fram tillförlitliga nyckeltal som visar kolförlust eller emissioner vid avverkning eller på beståndsnivå. Sådana nyckeltal är nödvändiga som ingångsvärden i LCA-analyser längre ned i byggsektorns värdekedja, exempelvis för att jämföra skillnader i klimatpåverkan eller påverkan på biologisk mångfald från träbaserade byggstommar.

## Vilken roll spelar miljöcertifieringar?

Att certifiera sitt skogsbruk är ett sätt för skogsägare att på frivillig väg visa marknad och allmänhet att den egna skogen brukas på ett hållbart sätt, enligt en standard som beskriver vilka krav som ska uppfyllas i brukandet av skogen. Certifieringen är ett extra åtagande från skogsägarens sida då certifieringsstandardena i vissa avseenden kräver mer hänsyn till skogens olika värden än vad lagstiftningen kräver. Certifieringar utgörs också ett bevis på att skogarna förvaltas på ett hållbart sätt, med både miljön och ursprungsbefolkningen i åtanke.

Idag förekommer olika typer av certifieringar när det kommer till träbaserade produkter. Dessa certifieringar varierar beroende på var träet i fråga odlas men även var det bearbetas inklusive huruvida träden används vid producering av pappersmassa eller träbaserade produkter.

I Sverige används idag två huvudsakliga miljöcertifieringar för skogsbruk: PEFC och FSC. Båda certifieringssystemen har likartade krav när det gäller skogsbruksstandard, miljöstandard och den sociala standarden. 66 procent av all produktiv skogsmark utanför formellt skydd i landet är certifierad och 76 procent av den certifierade arealen är dubbelcertifierad (Skogsstyrelsen, 2023). I FSC:s nya skogsbruksstandard finns krav på en anpassad skötsel, där bland annat kontinuitetsskogsbruk eller luckhuggning med naturlig föryngring kan tillämpas. I sin standard skiljer FSC mellan hyggesfritt skogsbruk, som beskrivs som bredare och ha flera olika syften, och kontinuitetsskogsbruk som i huvudsak ska bidra till utveckling av naturvärden och/eller sociala värden (FSC, 2020). Även PEFC-standarden nämner att olika former av hyggesfria skogsbruksmetoder kan tillämpas under förutsättning att metoderna är ståndortsanpassade och dokumenterade i skogsbruksplanen (PEFC, 2024). För att en byggnad exempelvis ska kunna Svanenmärkas krävs att minst 70 % av träråvaran kommer från certifierat hållbart skogsbruk. I miljöcertifieringssystem som LEED och BREEAM uppmuntras användningen av träprodukter som är PEFC- eller FSC-certifierade.

Både FSC och PEFC ställer krav på skogsägaren att lämna vissa träd kvar vid skogsavverkning. Inom båda certifieringarna kommer majoriteten av allt virke från trakthyggesbruk. En ny internationell tredjepartscertifiering för hyggesfritt skogsbruk är under utveckling med större miljöhänsyn än de PEFC och FSC. Det finns för närvarande en standard i Sverige för hyggesfritt skogsbruk samt en andrapartsgranskning av efterlevnaden, där skogsrevisorer genomför granskningen. En tredjepartsgranskning enligt standarden är under utveckling. Spårbart hyggesfritt virke börjar bli tillgängligt, men det finns ännu inte i alla virkesformer eller i alla delar av landet.

Det finns också ett ökat intresse att inkludera hyggesfria metoder inom miljöcertifieringar för byggnader. Sweden Green Building Council (SGBC) har utvecklat ett certifieringssystem för byggnader kallat NollCO2. Certifieringen syftar till att redovisa klimatpåverkan från en byggnads hela livscykel och balansera den med klimatåtgärder för att uppnå nettonoll klimatpåverkan. NollCO2 är en tilläggscertifiering för byggnader som redan använder Miljöbyggnad, BREEAM-SE, LEED eller Svanen som grund.

Enligt NollCO2 definieras klimatåtgärder som insatser som genomförs och finansieras av projektet eller den ansvariga organisationen, och som har klimatnytta över tid. Ett exempel på en sådan åtgärd är användning av långlivat trämaterial från hyggesfritt skogsbruk.

SGBC (Sweden Green Building Council) framhåller att långlivade träprodukter från hyggesfritt skogsbruk fungerar som en kolsänka under hela sin livslängd, förutsatt att denna är minst 30 år (SGBC, 2023). För att träprodukter från hyggesfritt skogsbruk ska kunna räknas som en giltig klimatåtgärd inom ramen för ett NollCO2-projekt, krävs att materialets ursprung kan styrkas genom inköp av ett CCF-certifikat (Continuous Cover Forestry). Ett CCF-certifikat måste köpas från en organisation som är godkänd av SGBC. Certifikatet säkerställer att skogsägaren följer fastställda kriterier för hyggesfritt skogsbruk enligt organisationens riktlinjer (Stoll, 2022).

## Vägar framåt

Träprodukter, oavsett om de kommer från hyggesfritt eller trakthyggesbruk, behöver vägas mot den klimatnytta som uppstår när skogen får stå kvar. På kort sikt binder träden mest koldioxid när de lämnas orörda, vilket gör det viktigt att noggrant överväga avvägningen mellan avverkning och bevarande. Det näst bästa

alternativet ur klimatsynpunkt är att använda träråvaran till långlivade produkter, exempelvis genom att bygga hus och därigenom lagra koldioxid över tid, i stället för till massa och energi. Att använda andra förnybara och återvunna material med låg miljöpåverkan bidrar också till bäst klimatnytta. Genom att kombinera ett mer varsamt uttag av träråvara från skogen med fortsatt produktion av träråvara, kan man alltså få både kolbindning i skogen och klimatnytta i form av träprodukter som ersätter mer klimatbelastande material i byggsektorn, som stål och betong.

Intresset för ekologiskt hållbara produkter och investeringar, särskilt de som främjar biologisk mångfald, växer. Efterfrågan på långlivade träprodukter och specialsortiment med hög kundanpassning ökar, särskilt inom kulturbyggnad, offentliga miljöer och bland specialvirkesproducenter (Skogsstyrelsen, 2023). Hyggesfria eller naturnära skogsskötselmetoder kan spela en viktig roll i denna utveckling men detta behöver åtföljas av utveckling av värdekedjor med entreprenörer som kan ta tillvara på värdefullt virke, där kvalitet är viktigare än volym. Små, kundanpassade sortiment är ofta kostsamma att hantera för större skogsföretag, vilket gör det svårt för markägare med virke utanför standardsortimentet att få betalt efter dess värde. För hyggesfritt skogsbruk vore fungerande marknader för specialsortiment en tydlig fördel (Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket, 2023). Nya maskiner och markberedningsmetoder behöver också tas fram. I dagsläget finns endast få större sågverk i Sverige som specialiserar sig på att såga virke från denna typ av skogsbruk, vilket påverkar den redan begränsade tillgången på virke från hyggesfritt skogsbruk.

Tydligare styrning från EU i form av nya hållbarhetsdirektiv, i kombination med ökade marknadskrav, ökad medvetenhet och en växande efterfrågan på hållbara produkter, kan i framtiden bidra till en ökad efterfrågan på råvara från hållbart brukade hyggesfria skogar. Detta kan samtidigt leda till en större betalningsvilja för hyggesfria sortiment bland aktörer såsom byggföretag, arkitekter, anläggningskonsulter och byggvaruhandeln. För att skapa förutsättningar för ett mer diversifierat skogsbruk finns därför ett behov av att utveckla affärsmodeller för fler skogliga produkter och för tjänster kopplat till skogliga resurser (Skogsstyrelsen, 2023). Samma studie visar att det finns aktörer som idag baserar hela sin affärsmodell på hyggesfritt skogsbruk, eller där det är en del av modellen. Dessa företag har ett brett kundsegment, trots att många är specialiserade. Flera företag visar ett ökat intresse för hyggesfritt skogsbruk, men också ett behov av ökad kompetens och kunskapsutveckling. En utmaning för många aktörer var att hitta kompetenta entreprenörer för att genomföra skogsskötselåtgärder inom hyggesfritt skogsbruk.

Denna delstudie visar sammanfattningsvis att klimatnyttan är ungefär likvärdig för träråvara som kommer från hyggesfria metoder och trakthyggesbruk. Hyggesfritt skogsbruk kan dock bidra till förbättrade förutsättningar för bland annat biologisk mångfald, rekreation och rennäring jämfört med trakthyggesbruk. Eftersom dessa ekosystemtjänster saknar ett marknadspris har skogsägare dock sällan privatekonomiska incitament att välja hyggesfria metoder för att investera i de betydande samhällsnyttiga värden som dessa tjänster genererar för allmänheten (Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket, 2023). Så länge träråvara från hyggesfritt skogsbruk är en nischprodukt har denna skogsbruksmetod en begränsad roll att bidra till minskad klimatpåverkan från bygg- och fastighetssektorn. För att kunna bedöma den fulla klimatnyttan krävs ytterligare forskning om koldioxidbalansen i hyggesfria skogsbestånd, hållbara nivåer för virkesuttag samt hur träråvaran från dessa system bäst kan användas i långlivade byggprodukter.

## Slutsatser

Studien visar att trakthyggesbruket ger högst ekonomisk avkastning från virkesproduktion men att hyggesfria skogsbruksmetoder kan vara bättre för biologisk mångfald och ger förutsättningar att ge fler ekosystemtjänster än trakthyggesbruk. Valet mellan hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk har mindre betydelse för klimatnyttan. Det som avgör är i stället hur mycket skogen växer på en landskapsnivå, eftersom tillväxten binder koldioxid och därmed skapar klimatnytta.

En kombination av anpassat trakthyggesbruk och hyggesfria metoder ger oftast den bästa balansen mellan ekonomiska, ekologiska och sociala värden. En övergång till mer hyggesfria metoder kan däremot leda till lägre tillväxt och produktion i jämförelse med dagens situation.

Allt fler stora byggföretag, fastighetsägare och kommunala bostadsbolag uttrycker en ambition att höja hållbarheten i det material de använder - särskilt i takt med att andelen träbyggnader ökar inom samhällsbyggnadssektorn. Denna ökade efterfråga har lett till ett växande intresse för trämaterial från hyggesfritt skogsbruk, då det bedöms kunna ge bättre biodiversitetsprestanda jämfört med virke som enbart uppfyller dagens etablerade hållbarhetscertifieringar. Forskning visar också att hyggesfria skogsbruksmetoder ger fler långlivade produkter som kan användas till träbyggnation.

Det finns idag en omfattande kunskap om tillväxt och produktion inom trakthyggesbruket. Däremot är kunskapsläget inom hyggesfritt skogsbruk betydligt

mer begränsat. Skogsbruket har långa tidshorisonter och de fältförsök som hittills gjort för att bedöma klimatpåverkan och påverkan på biologisk mångfald från denna skogsbruksmetod är ännu i sin linda.

Det finns ett stort behov av standardisering av bedömningsmetoder och för att beräkna hållbarhet för svenskt skogsbruk och då behövs kvantitativa underlag som kan användas för att jämföra hållbarheten mellan exempelvis olika skogsbruksmetoder (Mattsson m.fl. 2024). Ambitionen med denna delstudie har delvis varit att ge förslag på nyckeltal såsom kolförlust eller emissioner vid avverkning eller på beståndsnivå som jämför klimat och biodiversitetspåverkan mellan hyggesfria skogsbruksmetoder och trakthyggesbruk. Eftersom det för tillfället saknas upprepade fältförsök i olika delar av Sverige går det idag inte att ge förslag på några tillförlitliga nyckeltal eller beräkningsunderlag som kan användas för att jämföra klimat- eller biodiversitetspåverkan mellan skogsbruksmetoderna, osäkerheterna är helt enkelt för stora. I den mån detta finns tillgängligt är det endast studerat för enstaka bestånd i olika delar av landet baserat på experimentella fältförsök, modelleringar eller genom analys av framtida skogsscenarier. Att tillhandahålla uppskattningar av sådana nyckeltal skulle ge stora felkällor eftersom variationen styrs exempelvis av klimat, bördighet, rumsliga skillnader och vilket tidsperspektiv som ansätts.

Även om kunskapen om hyggesfria skogsbruksmetoder, deras klimatpåverkan och påverkan på biologisk mångfald fortfarande är begränsad inom själva skogsbruket, är kunskapen om miljöpåverkan från olika skogsbruksmetoder längre nedströms i värdekedjan - ur ett produktperspektiv - ännu mer bristfällig. Det finns därför ett tydligt behov av ökad kunskap kring framtagande av nyckeltal för att bedöma skogsråvarans eller skogsproduktens hållbarhet nedströms värdekedjan, liksom hur alternativa värdekedjor kan utformas, hur spårbarhet kan säkerställas inom dessa, samt hur dessa faktorer i sin tur påverkar klimatnytta och biologisk mångfald.

# 5 Slutsatser och rekommendationer för framtida studier

### Övergripande slutsatser

Denna studie har påvisat att byggsektorn har en betydande potential att minska sin påverkan på biologisk mångfald genom medvetna materialval och förbättrade metoder. Genom att systematiskt integrera biodiversitetsaspekter i LCA kan sektorn ta konkreta steg mot ett mer hållbart byggande. Att enbart fokusera på klimatpåverkan riskerar att osynliggöra andra viktiga drivare för biologisk mångfald, som markanvändning och försurning, vilka fångas i andra påverkanskategorier.

Det är tydligt att ingen enskild lösning är universell. Varje material och metod har sina egna styrkor och svagheter ur ett biodiversitetsperspektiv. Betong kan förbättras betydligt genom klimatoptimerade alternativ, medan träets fördelar måste balanseras mot dess stora krav på markanvändning. Samtidigt visar granskningen av skogsbruksmetoderna att ytterligare kunskapsutveckling behövs kring hyggesfria metoders effekter på biologisk mångfald och deras långsiktiga klimatnytta, samt utveckling av praktiska nyckeltal för att jämföra hållbarheten hos skogsråvara.

Framtiden kräver kreativitet och nytänkande: sektorn kan gå bortom dagens praxis och börja integrera biologisk mångfald som en naturlig parameter i beslutprocesser. Utvecklingen av tydliga, användarvänliga verktyg, lättillgängliga, högkvalitativa data kring markanvändning och ekotoxicitet kommer att vara nycklar till framgång. När rapporteringen av biologisk mångfald blir vanligare, skapas dessutom starkare incitament för att ytterligare förbättra data och metoder, vilket kan ge en positiv spiral av hållbarhetsförbättringar inom sektorn.

Byggsektorn, har därmed chansen att inte bara följa hållbarhetstrenden, utan leda den. Genom att proaktivt arbeta med biologisk mångfald kan sektorn skapa byggnader och städer som inte bara minimerar negativ påverkan, utan bidrar till ekosystemens hälsa, stärker naturens motståndskraft och ger en rikare miljö till kommande generationer.

### Markanvändning

Delstudien om markanvändning av byggprodukter visar att trä har den största markanvändningen per kilogram material, följt av stål (baserat på 100 % jungfruligt

material) och därefter betong och gips. Det är dock viktigt att belysa att resultaten ska tolkas som en första uppskattning. Det finns behov av förbättrad datakvalitet och mer precisa mätningar för att säkerställa full tillförlitlighet. Trots det, utgör detta en möjlighet att inkludera markanvändning i miljöbedömningar av byggprodukter och byggnader med betong, trä, stål och gips samt ger möjlig metod på hur denna data kan tas fram även för andra produkter.

Det är också viktigt att lyfta fram att påverkan på biologisk mångfald i regel är lokal eller regional snarare än nationell, vilket betonar vikten av att beakta den geografiska kontexten vid miljöbedömningar. Vidare är tidsaspekten av användningen av marken en viktig parameter som kräver ytterligare data, särskilt avseende brukstid för utvinningsområde samt metodik för hur denna dimension ska hanteras i analyser.

### Jämförande LCA av byggstommar

Den jämförande analysen visar tydligt att val av byggmaterial har stor inverkan på byggnaders totala påverkan på biologisk mångfald.

Träbyggnaden visar den högsta påverkan på biodiversitet, där markanvändningen vid produktion av virke var den mest betydande drivkraften. Betongbyggnaden uppvisar en väsentligt lägre total påverkan än träbyggnaden och här är det klimatpåverkan som är avgörande. Resultaten varierar beroende på klimatambitionsnivå. Scenariet där lättare klimatförbättrade betongåtgärder inkluderas visar en begränsad klimatnytta som motverkas av ökningar i försurning och fotokemisk ozonbildning, vilket ger en total påverkan på biodiversitet som är något sämre än referensfallet. I det ambitiösa alternativet, där både prefabricerade och platsgjutna element ersatts med klimatförbättrade recept, blir klimatvinsten tillräckligt stor för att ge en tydlig nettominskning av den totala biodiversitets påverkan.

Skillnaderna mellan scenarierna understryker vikten av att beakta flera miljöaspekter samtidigt och att utvärdera klimatåtgärder i ett bredare ekosystemperspektiv för att undvika bördesförskjutning mellan olika miljöpåverkanskategorier.

Det är även viktigt att ha med sig att metoden bygger på ett antal antaganden, och att resultaten kan förändras beroende på vilka antaganden som görs. Det saknas dessutom påverkan från ekotoxicitet vilket kan vara betydande. Resultaten bör därför ses som indikativa och jämförande, snarare än exakta mått på faktisk påverkan.

Trots dessa osäkerheter visar studien att livscykelanalys med fokus på biologisk mångfald är ett värdefullt verktyg redan idag. Genom att börja använda metoden kan byggsektorn ta viktiga steg mot mer heltäckande miljöbedömningar, där både klimat och ekosystem beaktas. Samtidigt krävs fortsatt forskning och metodutveckling för att förbättra datakvaliteten, inkludera fler påverkningskategorier och stärka tillförlitligheten i framtida analyser.

### Skogsbruksmetoder

Delstudien om skogsbruksmetoders påverkan på klimat och biologisk mångfald visar att valet mellan hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk har mindre betydelse för klimatnyttan, men att hyggesfria skogsbruksmetoder kan vara mer gynnsamma ur biologisk mångfald jämfört med trakthyggesbruk. Att ge förslag på nyckeltal såsom påverkansfaktorer eller indikatorer som beskriver klimatpåverkan eller påverkan på biologisk mångfald mellan skogsbruksmetoderna för användning för utvärdering av exempelvis en byggnadsstommes miljöavtryck, är i nuläget förknippande med stora osäkerheter, då värdena är starkt beroende av klimatförhållanden, markens bördighet, rumslig heterogenitet samt det valda tidsintervallet för analys.

För att kunna bedöma den totala klimatnyttan och påverkan på biologisk mångfald mellan olika skogsbruksmetoder krävs ytterligare forskning kring koldioxidbalansen i hyggesfria skogsbestånd, hållbara nivåer för virkesuttag samt optimal användning av träråvara i långlivade byggprodukter. Därtill finns ett tydligt behov av ökad kunskap om utveckling av nyckeltal för att bedöma hållbarheten hos skogsråvara och skogsprodukter nedströms i värdekedjan. Detta inkluderar analyser av alternativa värdekedjors utformning, möjligheter till spårbarhet inom dessa samt hur dessa faktorer samverkar och påverkar klimatnytta och biologisk mångfald.

# Framtidsutsikter: framtida utveckling av EPD-standarder och bedömning av biologisk mångfald

Denna studie visar på ett praktiskt tillvägagångssätt för att integrera effekter som är relevanta för den biologiska mångfalden i jämförande livscykelanalyser av byggmaterial, med hjälp av ReCiPe och data som anpassats från aktuella EPD:er. Vid tidpunkten för skrivandet är EN 15804:2012+A2:2019 fortfarande den tillämpliga

standarden för EPD:er i Europa, och de metodologiska valen i denna studie återspeglar detta.

Framöver är nästa revidering av standarden, EN 15804+A3, under utveckling, med antagande förväntat 2025–2026 (CEN, 2025). En viktig motivation för denna revidering är att förbättra anpassningen till EU:s politik, såsom Green Deal, taxonomiförordningarna och metoden för produkters miljöavtryck (PEF). Även om det slutgiltiga tillämpningsområdet fortfarande diskuteras, kan detta leda till en större betoning på transparent rapportering av markanvändning och därmed uppmuntra en mer systematisk beaktande av effekter relaterade till biologisk mångfald.

De metoder som utvecklats i denna studie, särskilt det uttryckliga inkluderandet av markanvändning, ligger väl i linje med denna förväntade inriktning. Fortsatt metodutveckling kommer att vara viktig för att hantera nuvarande begränsningar, såsom bristen på ekotoxicitetsdata och den förenklade behandlingen av rumsliga och taxonomiska aspekter av biologisk mångfald. Det behövs också metodutveckling för att kunna inkludera olika intensitetsnivåer från skogsbruk. Byggsektorn kommer att gynnas av ytterligare vägledning och standardisering på detta område, men redan idag kan LCA-praktiker börja integrera hänsyn till biologisk mångfald på ett pragmatiskt sätt, såsom illustreras här.

# 6 Referensförteckning

Aakriti, Maiti, S., Jain, N., & Malik, J. (2023). A comprehensive review of flue gas desulphurized gypsum: Production, properties, and applications. Construction and Building Materials, 393, 131918. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131918

Andersson R & Appelqvist C (2020) Hyggesfritt skogsbruk https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/bruka-skog/olika-satt-attskota-din-skog/hyggesfritt/broschyr-om-hyggesfritt-skogsbruk.pdf

Bisaillon M, Sköldberg H (Red.) Berndes G, Börjesson P, Egnell G, Fagerström A, Gunnarsson J, Hagberg M, Hansson J, Hellsten S, Johnsson F, Lönnqvist T, Rootzén J, Rydberg T, Unger T 2021: Konkurrensen om den svenska skogsråvaran - syntesrapport. Energiforsk, Rapport 2021:820.

Bergkvist, J. m fl 2024. Maintenance and enhancement of forest ecosystem services: a non-industrial private forest owner perspective. European Journal of Forest Research 143, 169-185. Doi10.1007/s10342-023-01616-2

Bergh, A., & Bokenstrand, A. (2022, april 17). *MKB för tillståndsansökan för kalkbrytning i Slite*. Cementa AB.

Berglund A, Jakobsson A, Dahlgren F. Trä vs. Betong. Nulägesanalys över miljöpåverkan och biodiversitet i trä och betongstommar. https://corporate.sveafastigheter.se/sv/wp-content/uploads/sites/4/2021/10/tra-vs-betong-del-1-aug-2025.pdf

Boverket (2024) Byggdelar som ingår. Tillgänglig på: https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/byggdelar-som-ingar/

Bueno, C., Hauschild, M. Z., Rossignolo, J. A., Ometto, A. R., & Crespo Mendes, N. (2016). Sensitivity analysis of the use of Life Cycle Impact Assessment methods: a case study on building materials. Journal of Cleaner Production, 112, 2208-2220. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.006

CEN (2025). CEN/TC 350 Workshop on Core Product Category Rules (CPCR). Presentation 24 februari 2025. Tillgänglig på: https://experts.cen.eu/media/Experts/Trainings/2025/2025-02-24_workshop_cpcr_final.pdf

Christiansson, M., & Roos, T. (2023). *Building materials and their impacts on biodiversity: A comparison of wood and concrete building frames* (Magisteruppsats, Institutionen för Teknisk Design och Management, Chalmers tekniska högskola). Göteborg: Chalmers University of Technology. Hämtad från Chalmers ODR

Eggers, J., Lundström, J., Snäll, T., & Öhman, K. (2022). Balancing wood production and biodiversity in intensively managed boreal forest. Scandinavian Journal of Forest Research, 37(3), 213-225. https://doi.org/10.1080/02827581.2022.2066170

Ekholm, A., L. Lundqvist, E. Petter Axelsson, G. Egnell, J. Hjältén, T. Lundmark, and J. Sjögren. 2023. Long-term yield and biodiversity in stands managed with the selection system and the rotation forestry system: a qualitative review. Forest Ecology and Management 537: 120920.

Erlandsson M, Rönnbäck S, Mattsson E, Karlsson PE, Holmström H. 2024. Metoder för att bedöma substitutionseffekten av skogsråvara och skogliga produkter — Förslag på metodik för BioMapp. IVL Rapport C863.

Escavy, J.I., Herrero, M.J., & Arribas, M.E. (2012). Gypsum resources of Spain: Temporal and spatial distribution. Ore Geology Reviews, 46, 82-93. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2012.09.001

Greenhouse Gas Protocol. (2022). *Land Sector and Removals Guidance Part 1: Accounting and Reporting Requirements and Guidance DRAFT FOR PILOT TESTING AND REVIEW (SEPTEMBER 2022)*.

Gyproc, Saint-Gobain Sweden AB (2024). EPD Gyproc® Normal - Standard Plasterboard, Bålsta. EPD International, EPD no. S-P:00388, Version 2024-02-22.

Göteborgs Stad. 2014. Skogspolicy med fokus på skogens natur- och sociala värden genom ansvarsfull skogsskötsel utan kalhyggen. https://goteborg.se/wps/wcm/connect/75be1b73-0510-4136-b6191bc5dd6efa1d/Fastighetskontorets_skogspolicy.pdf?MOD=AJPERES,

Hansen, K., & Malmaeus, M. (2016). Ecosystem services in Swedish forests. Scandinavian Journal of Forest Research, 31(6), 626-640. https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1164888

Heijungs R. (1994): Life Cycle Impact Assessment - A brief survey with some ideas on radiation. Paper presented at the Technical Committee meeting on Development and use of environmental impact indicators for comparative risk assessment of different energy sources. Vienna, 3-6 May, IAEA headquarters, Vienna, Austria

FSC 2020. FSC-standard för skogsbruk i Sverige FSC-STD-SWE-03-2019 SW

Hannerz, M., Arnesson Ceder, L., Eriksson, A. & Lundmark, T. Skogen och klimatet - vad säger forskningen? Rapport Skog 2024:1. Ver. 2. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. 56 sidor. DOI: https://doi.org/10.54612/a.5tsq9vkb4t

Heisterkamp, I., Gartiser, S., Schoknecht, U. *et al.* Investigating the ecotoxicity of construction product eluates as multicomponent mixtures. *Environ Sci Eur* **35**, 7 (2023). https://doi.org/10.1186/s12302-023-00711-w

Hertog, I. M., Brogaard, S., & Krause, T. (2022). Barriers to expanding continuous cover forestry in Sweden for delivering multiple ecosystem services. Ecosystem Services, 53, 101392. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101392

Huijbregts, M. A. J., Steinmann, Z. J. N., Elshout, P. M. F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A., & van Zelm, R. (2017). ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *22*(2), 138-147. https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y

IPBES (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages

Jonsson R. 2015. Prestation och kostnader i blädning med skördare och skotare. Arbetsrapport Skogforsk nr. 863-2015.

Jones, K. R. et al. (2018) One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science* **360**, 788-791.

Keck, F., Peller, T., Alther, R., et al. (2025). Global human impact on biodiversity. *Nature*, 641, 395-400. https://doi.org/10.1038/s41586-025-08752-2

Korkiakoski, M. m fl. 2023. Partial cutting of a boreal nutrient-rich peatland forest causes radically less short-term on-site CO2 emissions than clear-cutting. Agricultural and Forest Meteorology 332, 109361. doi:10.1016/j.agrformet.2023.109361

KSLA. (2024). Forest and Forestry in Sweden. https://www.ksla.se/wp-content/uploads/2024/06/Forests-and-Forestry-in-Sweden-2024.pdf

Lehtonen A, Eyvindson K, Härkönen K, Leppä K, Salmivaara A, Peltoniemi M, Salminen O, Sarkkola S, Launiainen S, Ojanen P, Räty M (2023) Potential of continuous cover forestry on drained peatlands to increase the carbon sink in Finland. Sci Rep 13:15510. https://doi. org/10.1038/s41598-023-42315-7

Lindblom, E., Robjin, A., Volwes, T., & Backlund, A. (2023). *Miljökonsekvensbeskrivning av Klinthagentäkten expansion III - fortsatt kalkstensbrytning och vattenverksamhet* (No. U 6721).

Lundmark, T., Bergh, J., Nordin, A., Fahlvik, N., & Poudel, B. C. (2016). Comparison of carbon balances between continuous-cover and clear-cut forestry in Sweden. Ambio, 45(S2), 203-213. https://doi.org/10.1007/s13280-015-0756-3

Länsstyrelsen Värmland. (2003, april 28). *Meddelande om kungörelsegivning*.

Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J., & Erlandsson, M. (2021). Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader. KTH Royal Institute of Technology.

Mattsson, E., Karlsson, P. E., Erlandsson, M., Nilsson, Å., & Holmström, H. (2024). Indicators of Sustainable Forestry: Methodological Approaches for Impact Assessments across Swedish Forestry. *Sustainability*, *16*(8), 3331. https://doi.org/10.3390/su16083331

Mason, W.J. m fl 2022. Continuous cover forestry in Europe: usage and the knowledge gaps and challenges to wider adoption. Forestry 95, 1-12. doi:10.1093/forestry/cpab038

Naturvårdsverket, 2024. Tillväxt och avverkningar i skogen. https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/skog/skog-tillvaxt-och-avverkningar/

PEFC, 2024. PEFC SWE 002:5 Skogsbruksstandard https://cdn.pefc.org/pefc.se/media/2024-06/89f087d4-ec5b-4581-9c5a-337013124a2e/d39e5c1a-7a0b-565d-8d91-ff22b2cfb37f.pdf

Peura, M., Burgas, D., Eyvindson, K., Repo, A., & Mönkkönen, M. (2018). Continuous cover forestry is a cost-efficient tool to increase multifunctionality of boreal production forests in Fennoscandia. Biological Conservation, 217, 104-112. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.10.018

Pfister, S., Koehler, A., & Hellweg, S. (2009). Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. *Environmental Science & Technology*, *43*(11), 4098-4104. https://doi.org/10.1021/es802423e

Pukkala, T. (2017). Does management improve the carbon balance of forestry? Forestry, 90(1), 125-135. https://doi.org/10.1093/forestry/cpw043

Rautio P et al. (eds.), Continuous Cover Forestry in Boreal Nordic Countries, Managing Forest Ecosystems 45, https://doi.org/10.1007/978-3-031-70484-0_11

Rey-Álvarez, B., Silvestre, J., García-Martínez, A., & Sánchez-Montañés, B. (2024). A comparative approach to evaluate the toxicity of building materials through life cycle assessment. Science of The Total Environment, 912, 168897. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168897

Roberge, C., Dahlgren, J., Nilsson, P., Wikberg, P.-E., & Fridman, J. (2024). Skogsdata 2024 (s. 107). SLU Institutionen för skoglig resurshållning. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2024_web.pdf

Rummukainen, M. (2024) Skogens klimatnytta 2.0 - klimatomställning nästa. CEC Syntes nr 8. Centrum för miljö- och klimatvetenskap, Lunds universitet.

SCB. (2023, juni 1). Marken i Sverige. SCB. https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/marken-i-sverige/

Schulte M, Eriksson A, Ågren K, Möller J, Sonesson J, Fahlvik N, Strömgren M, Johansson F, Rönnbäck S, Hansson PA. 2024. Klimateffektiv skogsskötsel - En jämförelse mellan tre trakthyggesbaserade skötselprogram och en hyggesfri metod utifrån ett klimatperspektiv. Arbetsrapport 1204-2024

Schulte, M., Jonsson, R., Eggers, J., Hammar, T., Stendahl, J., Hansson, P-A. 2023. Demand-driven climate change mitigation and trade-offs from wood product substitution: The case of Swedish multi-family housing construction. *Journal of Cleaner Production* (421), 138487

SGBC, 2023. NollCO2 - Nettonoll Klimatpåverkan - Manual 1.2. Sweden Green Building Council.

Skogforsk 2024. Skötselsystemens påverkan på kolinlagring. *https://www.skogforsk.se/kunskapsbanken/kunskapsartiklar/2024/skogsskotselsystemens-paverkan-pa-kolinlagring/*

Skogforsk. (u.å.). Måttenheter—Omräkningstal. Skogskunskap.

Skogforsk. (2024a, oktober 17). Naturmiljöer från norr till söder. Skogskunskap. https://www.skogskunskap.se/hansyn/naturhansyn/naturmiljoer-fran-norr-till-soder/

Skogforsk. (2024b, oktober 17). Virkesegenskaper och tillredning. Skogskunskap.

Skogforsk. (2024c, oktober 17). Volymmått. Skogskunskap. https://www.skogskunskap.se/aga-skog/matt-och-matning/volymmatt/

Skogsindustrierna (2018). Träguiden, www.traguiden.se, https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/skogsbruk/skogsbruk/skogsindustri/

Skogsindustrierna, 2022. Facts and Figures. https://www.forestindustries.se/forest-industry/statistics/facts-and-figures/

Skogsstyrelsen 2019. Klimatanpassning av skogen och skogsbruket - mål och förslag på åtgärder. Rapport 2019/23.

Skogsstyrelsen 2021. Hyggesfritt skogsbruk: Skogsstyrelsens definition. Rapport 2021/8.

Skogsstyrelsen, 2024. Fastighets- och ägarstruktur i skogsbruket 2021. JO1405. https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/statistikfaktablad/jo1405-fastighets-och-agarstruktur-i-skogsbruket-2021.pdf

Skogsstyrelsen, 2023 Små förändringar av frivilligt avsatt och certifierad areal under 2023. https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/sma-forandringar-av-frivilligt-avsatt-och-certifierad-areal-under-2023/

Skogsstyrelsen, 2024. Skogsgödsling fortsatt låg under 2023. https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/skogsgodsling-fortsatt-lag-under-2023

Skogsstyrelsen, 2023. Förutsättningar för hyggesfritt skogsbruk och definition av naturnära skogsbruk i Sverige. Rapport 2023-16.

Skogsstyrelsen 2024. Faktablad Hyggesfritt Skogsbruk och Biologisk mångfald. https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/miljo-och-klimat/gron-infrastruktur/faktablad-hyggesfritt-skogsbruk-och-biologisk-mangfald.pdf

Skogsstyrelsen, 2025. Hur hyggesfritt skogsbruk påverkar biologisk mångfald: en jämförelse med konventionellt trakthyggesbruk i Sverige. Rapport 2025/11.

SLU, 2024. Skogsdata 2024. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2024_web.pdf

SOU 2020:73. *Stärkt äganderätt, flexibla skyddsformer och naturvård i skogen. https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2020/11/sou-202073/*

Sténs, A., Roberge, J.M., Löfmarck, E., Beland Lindahl, K., Felton, A., Widmark, C., Rist, L., Johansson, J., Nordin, A., Nilsson, U., Laudon, H., & Ranius, T. (2019). From ecological knowledge to conservation policy: a case study on green tree retention and continuous-cover forestry in Sweden. Biodiversity and Conservation, 28(13), 3547-3574. https://doi.org/10.1007/s10531-019-01836-2

Stoll P (2022). Continuous Cover Forestry (CCF) certificates as climate action in Sweden Green Building Council's Net Zero Carbon Future certification system "NollCO2" for new buildings. Stockholm: Sweden Green Building Council.

Svensk Betong (2023). Vägledning Klimatförbättrad betong. Utgåva 2. Svensk Betong, i samarbete med Fossilfritt Sverige och Betonginitiativet. Tillgänglig på: https://www.svenskbetong.se/hallbarhet/klimatforbattrad-betong

Svenska institutet för standarder. (2018). Växthusgaser - Klimatpåverkan från produkter - Krav och vägledning för beräkning (No. EN ISO 14067:2018).

Svenska institutet för standarder. (2019). Hållbarhet hos byggnadsverk — Miljödeklarationer—Produktspecifika regler (No. SS-EN 15804:2012+A2:2019).

Svenskt Trä. (2021, maj 5). Skogsindustri. Träguiden. https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/skogsbruk/skogsbruk/skogsindustri/?previousState=1

Sveriges Geologiska Undersökning. (2023, juni 20). Cement och betong. SGU. https://www.sgu.se/samhallsplanering/bergmaterial-for-byggande/svensk-ballastproduktion/

Sveriges Geologiska Undersökning. (2024a). Grus, sand och krossberg 2023 (No. 2024:3).

Sveriges Geologiska Undersökning. (2024b, december 20). Svensk ballastproduktion. SGU. https://www.sgu.se/samhallsplanering/bergmaterial-for-byggande/svensk-ballastproduktion/

Sveriges Geologiska Undersökning. (2022). Hämtat från https://www.sgu.se/mineralnaring/svensk-gruvnaring/geologi-och-gruvdrift/

Sveriges Geologiska Undersökning. (2023). Hämtat från https://www.sgu.se/mineralnaring/svensk-gruvnaring/

Sveriges Geologiska Undersökning. (2024a). *Grus, sand och krossberg 2023* (No. 2024:3).

Sveriges Geologiska Undersökning. (2024b, december 20). *Svensk ballastproduktion*. SGU. https://www.sgu.se/samhallsplanering/bergmaterial-for-byggande/svensk-ballastproduktion/

Sveriges Geologiska Undersökning. (2024c). Statistics of the Swedish Mining Industry 2023.

UNECE. Forest Products Annual Market Review 2019-2020; FAO: Rome, Italy, 2020: https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/2020/SP-50.pdf

Widmark C, Eggers, J. 2024. Bilaga 3 i Svenska kyrkans utredningar 2024:2: Kyrkan och skogen - Ansvar, handling och hopp. https://www.svenskakyrkan.se/filer/1374643/SKU%202024%202%20Kyrkan%20och%20skogen%20-%20ansvar,%20handling%20och%20hopp.pdf

Ågren, K., Högbom, L., Johansson, M., och Wilhelmsson, L. Datainsamling till underlag för livscykelanalyser (LCA) av det svenska skogsbruket. Skogforsk. Arbetsrapport 1086-2021

# Bilagor

## Bilaga 1: Materiallista

Lista på de material som har inkluderats i ReCiPe beräkningen av biodiversitetspåverkan för respektive hus.

**Hus 1 - trästomme**

| Placering | Råmaterial |
|---|---|
| 1B Grund övrigt | Fabriksbetong, husbyggnad C35/45 |
| 1B Grund övrigt | Armeringsstål, obearbetad, 100 % skrotbaserad exkl legering |
| 2A Grundplattor | Armeringsstål, obearbetad, 100 % skrotbaserad exkl legering |
| 2A Grundplattor | EPS, expanderad polystyren |
| 2A Grundplattor | Fabriksbetong, husbyggnad C30/37 |
| 2A Grundplattor | Plastfolie, ångspärr |
| 2B Mellanbjälklag | Gipsskiva, golvskiva |
| 2B Mellanbjälklag | Gipsskiva, standardskiva |
| 2B Mellanbjälklag | Konstruktionsstål, alla sorter, primär råvara (exkl. objektsanpassningar) |
| 2B Mellanbjälklag | Korslimmat trä, u 12 %, barrträ |
| 2B Mellanbjälklag | Lättreglar av stål, primär |
| 2B Mellanbjälklag | Spånskiva |
| 2B Mellanbjälklag | Stenull, lösull, golvbjälklag |
| 2B Mellanbjälklag | Sågat virke, u 16 %, barrträ |
| 2C Yttertak | Gipsskiva, standardskiva |
| 2C Yttertak | Korslimmat trä, u 12 %, barrträ |
| 2C Yttertak | Lättreglar av stål, primär |
| 2C Yttertak | Polyisocyanurat (PIR) värmeisolering |
| 2C Yttertak | Sågat virke, u 16 %, barrträ |
| 2C Yttertak | Takspapp, enskiktstätning |
| 2C Yttertak | Tunnplåt för beklädnad, primär |
| 2C Yttertak | Underlagspapp |
| 2D Balkonger | Korslimmat trä, u 12 %, barrträ |
| 2D Balkonger | Konstruktionsstål, alla sorter, primär råvara (exkl. objektsanpassningar) |
| 2E Trappor | Korslimmat trä, u 12 %, barrträ |
| 2E Trappor | Konstruktionsstål, alla sorter, primär råvara (exkl. objektsanpassningar) |
| 3A Yttervägg bärande | BT Brandskyddat ytterpanel av furu, vattenfast brandskyddsimpregnering - Moelven Industrier ASA |
| 3A Yttervägg bärande | Fenolbaserad isolering |
| 3A Yttervägg bärande | Gipsskiva, brandskiva |
| 3A Yttervägg bärande | Korslimmat trä, u 12 %, barrträ |

| | |
|---|---|
| 3A Yttervägg bärande | Sågat virke, u 16 %, barrträ |
| 3C Innervägg bärande | Gipsskiva, brandskiva |
| 3C Innervägg bärande | Gipsskiva, standardskiva |
| 3C Innervägg bärande | Korslimmat trä, u 12 %, barrträ |
| 3C Innervägg bärande | Lättreglar av stål, primär |
| 3C Innervägg bärande | Stenull, skivor och rullar |
| 3D Innervägg icke bärande | Gipsskiva, standardskiva |
| 3D Innervägg icke bärande | Gipsskiva, våtrumskiva |
| 3D Innervägg icke bärande | Lättreglar av stål, primär |
| 3D Innervägg icke bärande | Plywood |
| 3D Innervägg icke bärande | Stenull, skivor och rullar |
| 4B Pelare | Limträ, u 12 %, gran |
| 5A Fönster yttre | Fönster, trä/aluminium, fast, 3-glas |
| 5A Fönster yttre | Fönster, trä/aluminium, sidhängt, 3-glas |
| 5B Fönster inre | Partition wall. glass with wooden frame |
| 5C Ytterdörrar | Fönsterdörr, trä/aluminium, helglasad, 3-glas |
| 5D Innerdörrar | Innerdörr, laminerat trä, massiv, ljud och brandklassad |
| 5D Innerdörrar | Partition wall. glass with wooden frame |
| 5D Innerdörrar | Tamburdörr, trä, massiv |

### Hus 2 - betongstomme

| Placering | Råmaterial |
|---|---|
| 1B Grund övrigt | Fabriksbetong, husbyggnad C35/45 |
| 1B Grund övrigt | Armeringsstål, obearbetad, 100 % skrotbaserad exkl legering |
| 2A Grundplattor | Armeringsstål, obearbetad, 100 % skrotbaserad exkl legering |
| 2A Grundplattor | EPS, expanderad polystyren |
| 2A Grundplattor | Fabriksbetong, husbyggnad C30/37 |
| 2A Grundplattor | Plastfolie, ångspärr |
| 2B Mellanbjälklag | Armeringsstål, obearbetad, 100 % skrotbaserad exkl legering |
| 2B Mellanbjälklag | Fabriksbetong, husbyggnad C30/37 |
| 2B Mellanbjälklag | Plattbärlag, PLE |
| 2B Mellanbjälklag | Konstruktionsstål, alla sorter, primär råvara (exkl. objektsanpassningar) |
| 2C Yttertak | Armeringsstål, obearbetad, 100 % skrotbaserad exkl legering |
| 2C Yttertak | Fabriksbetong, husbyggnad C30/37 |
| 2C Yttertak | Lättreglar av stål, primär |
| 2C Yttertak | Plattbärlag, PLE |
| 2C Yttertak | Polyisocyanurat (PIR) värmeisolering |
| 2C Yttertak | Takspapp, enskiktstätning |
| 2C Yttertak | Tunnplåt för beklädnad, primär |
| 2C Yttertak | Underlagspapp |
| 2D Balkonger | Balkonger och trappor |

| | |
|---|---|
| 2D Balkonger | Konstruktionsstål, alla sorter, primär råvara (exkl. objektsanpassningar) |
| 2E Trappor | Balkonger och trappor |
| 2E Trappor | Konstruktionsstål, alla sorter, primär råvara (exkl. objektsanpassningar) |
| 3A Yttervägg bärande | BT Brandskyddat ytterpanel av furu, vattenfast brandskyddsimpregnering - Moelven Industrier ASA |
| 3A Yttervägg bärande | Fenolbaserad isolering |
| 3A Yttervägg bärande | Sågat virke, u 16 %, barrträ |
| 3A Yttervägg bärande | Vägg/Ytterskiva |
| 3C Innervägg bärande | Innervägg, V |
| 3D Innervägg icke bärande | Gipsskiva, standardskiva |
| 3D Innervägg icke bärande | Gipsskiva, våtrumskiva |
| 3D Innervägg icke bärande | Lättreglar av stål, primär |
| 3D Innervägg icke bärande | Plywood |
| 3D Innervägg icke bärande | Stenull, skivor och rullar |
| 5A Fönster yttre | Fönster, trä/aluminium, fast, 3-glas |
| 5A Fönster yttre | Fönster, trä/aluminium, sidhängt, 3-glas |
| 5B Fönster inre | Partition wall. glass with wooden frame |
| 5C Ytterdörrar | Fönsterdörr, trä/aluminium, helglasad, 3-glas |
| 5D Innerdörrar | Innerdörr, laminerat trä, massiv, ljud och brandklassad |
| 5D Innerdörrar | Partition wall. glass with wooden frame |
| 5D Innerdörrar | Tamburdörr, trä, massiv |

# Bilaga 2: EPD:er använda för beräkningarna

| Produktnamn | Tillverkare / EPD-ägare | EPD-ID / Nummer | Program & Standard | Publicerad / Giltigt t.o.m. |
|---|---|---|---|---|
| 34-T40 laminated/painted with wooden frame | Daloc Tradorrar AB | S-P-13616 | EPD International, EN15804+A2 | 2024-05-01/ 2029-04-30 |
| Armeringsstål 100 % skrotbaserad | Celsa Steel Service | NEPD-2345-EN | EPD Norge, EN15804+A2 | 2021-04-01 / 2026-04-01 |
| Brandskiva | Gyproc AB | S-P-01423 | EPD International, EN15804+A2 | 2020-03-01 / 2025-03-01 |
| Brandskyddad ytterpanel av furu | Moelven Industrier ASA | NEPD-2783-EN | EPD Norge, EN15804+A2 | 2022-01-01 / 2027-01-01 |
| Cold Formed Steel Tubes and Profiles | HUS Ltd. | S-P-11635 | EPD International, EN15804+A2 | 2024-01-10 / 2029-01-09 |
| Construction plywood Ergo from pine | Saint-Gobain Building Distribution | EPD-IES-0012169 | EPD International, EN15804+A2 | 2024-07-31 /2029-07-31 |
| EPS Super 80 | BEWI | EPD-DK-2023-001 | EPD Danmark, EN15804+A2 | 2023-09-01 / 2028-09-01 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fabriksbetong C30/37 | Heidelberg Materials | NEPD-5036-4376 | EPD Norge, EN15804+A2 | 2021-06-01 / 2027-06-01 |
| Fabriksbetong C35/45 | Heidelberg Materials | S-P-07490 | EPD International, EN15804+A2 | 2022-11-01 / 2027-11-01 |
| Fenolbaserad isolering | Kingspan Insulation | EPD-K15C2023EN | EPD Norge, EN15804+A2 | 2023-01-01 / 2028-01-01 |
| Flush Front malt | Moelven Modus AS | NEPD-8643-8314-NO | EPD Norge, EN15804+A2 | 2025-01-08 / 2030-01-08 |
| Glued laminated timber | UAB „JŪRĖS MEDIS“ | NEPD-2764-1460-EN | EPD International, EN15804+A2 | 2021-04-07 / 2026-04-07 |
| Golvskiva | Gyproc AB | S-P-01424 | EPD International, EN15804+A2 | 2020-03-01 / 2025-03-01 |
| INTELLO X | pro clima / MOLL bauökologische Produkte GmbH | EPD-IES-0017288 | EPD International, EN15804+A2 | 06-12-2024 / 06-12-2029 |
| Interior Unclassified Doors, glazed | JELD-WEN | HUB-3430 | EPD Hub / EN 15804+A2:2019 | 06-06-2025 /06-06-2030 |
| Kingspan Therma™ TR26 / TT46 | Kingspan Insulation B.V. | EPD-KSI-20220298-LT2-EN | Institut Bauen und Umwelt e.V. / EN 15804+A2 | 2022-11-25 / 2027-11-24 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lindab Profilerad Plåt | Lindab A/S | EPDHUB-0192 | EPD Hub / EN 15804+A2:2019 | 2022-11-18 / 2027-11-18 |
| Massiv vägg | UBAB Ulricehamns Betong AB | NEPD-7051-6436-SE | EPD International, EN15804+A2 | 2024-07-03 / 2029-07-03 |
| Mataki Haloten PRO | Nordic Waterproofing AB | HUB-3283 | EPD Hub / EN 15804+A2:2019 | 2025-05-09 / 2030-05-09 |
| Mataki Power FR | Nordic Waterproofing AB | HUB-3297 | EPD Hub / EN 15804+A2:2019 | 2025-05-09 / 2030-05-09 |
| Paroc Building Insulation | Paroc Group | NEPD-4340-3565-EN | EPD Norge / EN 15804+A2:2019 | 2023-04-05 / 2028-04-05 |
| Paroc Building Insulation (Poland) | Paroc Group | NEPD-4337-3565-EN | EPD Norge / EN 15804+A2:2019 | 2023-04-05 / 2028-04-05 |
| Particle board products P3, P5 and P7 | Byggelit Sverige AB | S-P-09540 | EPD International, EN15804+A2 | 2023-06-16 / 2028-06-16 |
| Precast Concrete Filigree Slabs | AS BMGS | EPD-BMGS-210-EN | Kiwa-Ecobility Experts / EN 15804+A2:2019 | 2022-05-24 / 2027-05-23 |
| Prefab betongelement | Strängbetong AB | S-P-07489 | EPD International, EN15804+A2 | 2022-11-01 / 2027-11-01 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sandwichvägg | Thomas Betong AB | NEPD-3796-2757-SE | EPD Norge / EN 15804+A2:2019 | 2022-10-12 / 2027-10-12 |
| Standardskiva | Gyproc AB | S-P-01421 | EPD International, EN15804+A2 | 2020-03-01 / 2025-03-01 |
| Stålspont | SSAB | S-P-02243 v1.0 | EPD International, EN15804+A2 | 2020-09-14 / 2025-08-28 |
| Swedish sawn dried timber of spruce or pine | Swedish wood | S-P-02537 | EPD International, EN15804+A2 | 2021-01-22 / 2026-01-22 |
| Trä/Aluminium, fast, 3-glas | NorDan AB | S-P-01419 | EPD International, EN15804+A2 | 2021-05-01 / 2026-05-01 |
| Trä/Aluminium, helglasad, 3-glas | NorDan AB | S-P-01418 | EPD International, EN15804+A2 | 2021-05-01 / 2026-05-01 |
| Trä/Aluminium, sidhängt, 3-glas | NorDan AB | S-P-01420 | EPD International, EN15804+A2 | 2021-05-01 / 2026-05-01 |
| Våtrumsskiva | Gyproc AB | S-P-01422 | EPD International, EN15804+A2 | 2020-03-01 / 2025-03-01 |

EPD:er använda för betong i scenarierna med klimatförbättrad betong

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Thomagrön 1 C30/37 | Thomas Betong AB | NEPD-3819-2775-SE | The Norwegian EPD Foundation, EN 15804+A2 | 12.10.2022 / 12.10.2027 |
| Thomagrön 4 C30/37 XC4 | Thomas Betong AB | NEPD-3814-2766-SE | The Norwegian EPD Foundation, EN 15804+A2 | 12.10.2022 / 12.10.2027 |
| Plattbärlag Thomagrön | Thomas Betong AB | NEPD-4439-3717-SE | The Norwegian EPD Foundation, EN 15804+A2 | 08.05.2023 / 08.05.2028 |
| Balkongplatta nivå 3 | Tranemo Prefab AB | NEPD-8159-7813-SE | The Norwegian EPD Foundation, EN 15804+A2 | 19.11.2024 / 19.11.2029 |
| Skanska Anläggning 20 Frystestad C35/45 XF4 | Skanska Industrial Solutions AB | NEPD-4430-3694-SE | The Norwegian EPD Foundation, EN 15804+A2 | 02.05.2023 / 02.05.2028 |

**STOCKHOLM**
Box 21060, 100 31 Stockholm

**GÖTEBORG**
Box 53021, 400 14 Göteborg

**MALMÖ**
Nordenskiöldsgatan 24
211 19 Malmö

**KRISTINEBERG**
**(Center för marin forskning och innovation)**
Kristineberg 566
451 78 Fiskebäckskil

**SKELLEFTEÅ**
Kanalgatan 59
931 32 Skellefteå

**BEJING, CHINA**
Room 612A
InterChina Commercial Building No.33
Dengshikou Dajie
Dongcheng District
Beijing 100006
China

**© IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB | Tel: 010-788 65 00 | www.ivl.se**

*Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem*