

MILJÖPÅVERKANSANALYS AV BÄRANDE TRÄBYGGNADSSYSTEM

Magisterutbildning i byggt teknik
Hållbart samhällsbyggande

Hanna Askemar



HÖGSKOLAN I BORÅS

Program: Magisterutbildning i byggt teknik – Hållbart samhällsbyggande

Svensk titel: Miljöpåverkansanalys av bärande träbyggnadssystem

Engelsk titel: Environmental impact analysis of load bearing wooden building systems

Utgivningsår: 2019

Författare: Hanna Askemar

Handledare: Agnes Nagy

Examinator: Staffan Svensson

Nyckelord: hållbar utveckling, hållbart samhällsbyggande, livscykelanalys, LCA, trästomme, träkonstruktioner, träbyggnad, miljödeklaration, EPD, konstruktionsvirke, LVL, korslimmat trä, KL-trä

Sammanfattning

Klimatpåverkan från bygg- och fastighetssektorn står för ungefär en femtedel av det totala utsläppet av växthusgaser i Sverige. I och med att utsläppen från energianvändningen i användningsskedet av en byggnad minskar behöver fokus flyttas till bland annat byggskedet. I byggskedet står den bärande stommen för en betydande del av en byggnads klimat- och miljöpåverkan.

Inom Lokalförvaltningen i Göteborgs innovationsprojekt Hoppet syftar examensarbetet till att utreda olika träkonstruktioners klimatpåverkan och miljöprestanda. De stomkonstruktioner som kommer att jämföras är bärande ytterväggar med bärande element i LVL, konstruktionsvirke, lättviktsregel och KL-trä. För bjälklag kommer konstruktioner med bärande element av LVL och lättviktsbalk att analyseras.

Metoden som används för att utreda träkonstruktionernas miljöprestanda är livscykelanalys. Livscykelanalysen genomförs på tvärsnitt av de olika träkonstruktionerna som är framtagna i dialog med leverantörer av träteknikerna, för att uppfylla den funktionella enheten i analysen.

Resultatet av livscykelanalysen indikerar att för bärande ytterväggar har tvärsnittet med KL-trä lägst miljöpåverkan i flest kategorier. Tvärsnittet med KL-trä har även lägst klimatpåverkan. För bjälklag har tvärsnittet med lättviktsbalk lägst påverkan i flest miljöpåverkanskategorier.

Resultatet tyder även på att det framförallt är isolering och gips som står för majoriteten av tvärsnittens miljöpåverkan i samtliga miljöpåverkanskategorier. Efter en känslighetsanalys av tvärsnittet blir det även tydligt att om miljöpåverkan från isolering minskas, förändras fördelningen av resultatet i de olika miljöpåverkanskategorierna. Det vill säga andra träbyggnadstekniker får lägst respektive högst påverkan än vid tidigare jämförelse.

Slutsatsen i arbetet blev i enlighet med resultatet att tvärsnittet med KL-trä har lägst klimatpåverkan och även lägst påverkan i flest miljöpåverkanskategorier för bärande ytterväggar. För bjälklag är klimatpåverkan från LVL och lättviktsbalk mycket lika, lättviktsbalken har däremot lägst påverkan i flest miljöpåverkanskategorier. För att minska miljöpåverkan från ett tvärsnitt är det däremot framförallt isolering och gips som bör uppmärksammas. De livscykelstadiet som bidrar till störst miljöpåverkan är produktionen av material, därefter bidrar användningsskedet i form av utbyte av material till stor miljöpåverkan.

Abstract

In Sweden, the building sector is responsible for approximately one-fifth of the emissions contributing to climate change. Emissions from the use-stage have decreased the last 30 years and therefore the importance of reducing the emissions from the product and construction stage increases. The structural elements in a building contribute with a significant part of the emissions from the product and construction stage.

Within the local administration of the City of Gothenburg's innovation project "Hoppet" this thesis aims to investigate different wooden constructions impact on climate change and six other environmental impact categories. The wooden constructions that are included in the thesis are load-bearing walls with laminated veneer lumber (LVL), building timber, lightweight beam and cross-laminated wood (CLT). The investigated wooden constructions that are included for the floor construction are LVL and lightweight beam.

The method that is used to calculate climate- and environmental impacts is life cycle assessment (LCA). The LCA is performed on cross-sections of the different wooden constructions. The cross-sections have complied with the suppliers of each wood construction supplier to fit the functional unit.

The result of the LCA indicates that, for the load-bearing wall, the cross-section with CLT has the lowest environmental impact in most impact categories. The cross-section with CLT also has the lowest impact on climate change. For the floor construction, the cross-section with a lightweight beam has the lowest impact in most impact categories. Although the impact on climate change is very similar between the two cross-sections.

The result also indicates that it is mainly the insulation and gypsum that contributes with the majority of the environmental impact in all categories. After a sensitivity analysis, it is clear that the environmental impacts from the cross-sections vary depending on the environmental impact from insulation.

Förord

Det här examensarbetet är det avslutande momentet på magisterutbildningen i byggt teknik med inriktningen hållbart samhällsbyggande vid Högskolan i Borås. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och är utfört under våren 2019.

Jag vill börja med att tacka Derome, Masonite Beams, Metsä Wood och Stora Enso och de kontaktpersoner jag har haft på dessa företag som har ställt upp och svarat på frågor under hela arbetets gång. Jag vill också tacka projektgruppen på Lokalförvaltningen som har stöttat mig i arbetet under hela våren. Ett stort tack till min handledare Anderas Karlsson på Bengt Dahlgren som har väglett mig genom hela arbetet. Jag vill också rikta ett stort tack till Diego Peñaloza på IVL Svenska Miljöinstitutet som har varit till stor hjälp i livscykelanalysen. Slutligen vill jag också tacka min handledare på Högskolan i Borås, Agnes Nagy för stöd och kloka ord under arbetets gång.

Borås, juni 2019
Hanna Askemar

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställningar	1
1.3 Avgränsningar	2
2. METOD	3
2.1 Insamling och analys av data för livscykelanalys	3
3. TEORETISKT RAMVERK	5
3.1 Livscykelanalys av byggnader och byggnadsmaterial	5
3.1.1 Miljöpåverkanskategorier	6
3.1.2 Fossilfritt byggande	8
3.2 Byggnadsmaterials påverkan på en byggnads klimatavtryck	9
3.3 Träbyggnadstekniker	9
3.4.1 Konstruktionsvirke	11
3.4.2 Korslimmat trä – KL-trä	11
3.4.3 Laminated Veneer Lumber (LVL)	12
3.4.4 Sammansatta konstruktionselement - lättbalkar	13
4. LIVSCYKELANALYS	14
4.1 Livscykelanalysens omfattning	14
4.2 Bärande stomme med LVL – beskrivning av analyserat tvärsnitt	15
4.3 Bärande stomme med konstruktionsvirke – beskrivning av analyserat tvärsnitt	19
4.4 Bärande stomme med lättviktsbalkar – beskrivning av analyserat tvärsnitt	22
4.5 Bärande stomme med KL-trä – beskrivning av analyserat tvärsnitt	25
5. RESULTAT OCH ANALYS	28
5.1 Bärande ytterväggar	28
5.1.1 Klimatpåverkan – bärande ytterväggar	28
5.1.2 Nedbrytning av stratosfäriskt ozon – bärande ytterväggar	32
5.1.3 Förurningspotential i mark och vatten – bärande ytterväggar	33
5.1.4 Övergödningspotential – bärande ytterväggar	34
5.1.5 Bildning av troposfäriskt ozon – bärande ytterväggar	34
5.1.6 Förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser – bärande ytterväggar	35
5.1.7 Förbrukning av fossila abiotiska resurser – bärande ytterväggar	36
5.2 Bjälklag	37
5.2.1 Klimatpåverkan – bjälklag	37
5.2.2 Nedbrytning av stratosfäriskt ozon – bjälklag	37

5.2.3	Försurningspotential av mark och vatten – bjälklag	38
5.2.4	Övergödningspotential – bjälklag.....	38
5.2.5	Bildning av troposfäriskt ozon – bjälklag.....	39
5.2.6	Förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser – bjälklag	39
5.2.7	Förbrukning av fossila abiotiska resurser – bjälklag.....	40
5.3	Känslighetsanalys	41
6.	DISKUSSION	45
7.	SLUTSATS.....	50
	REFERENSER	51
	FIGURFÖRTECKNING	53
	BILAGA 1 – ANVÄNDA MILJÖDEKLARATIONER BÄRANDE YTTERVÄGGAR ...	1
	BILAGA 2 – ANVÄNDA MILJÖDEKLARATIONER BJÄLKLAG	5
	BILAGA 3 – TRANSPORTSTRÄCKOR FÖR BÄRANDE YTTERVÄGGAR	7
	BILAGA 4 – TRANSPORTSTRÄCKOR FÖR BJÄLKLAG	9

1. INLEDNING

Hållbar utveckling är en global utmaning som spänner över många samhällssektorer och branscher. Sveriges riksdag har beslutat att det inte är något som ska lämnas över till kommande generationer att lösa (Naturvårdsverket 2019a). I dagsläget har dock inte majoriteten av Sveriges miljömål uppfyllt en hållbar nivå, bland annat har de globala utsläppen av växthusgaser fortsatt att öka under 2018. Det krävs därmed kraftfulla globala insatser för att minska utsläppen av växthusgaser till en hållbar nivå.

1.1 Bakgrund

Under de senaste 30 åren har klimatpåverkan från bygg- och fastighetssektorn minskat (Boverket 2018). Det har gjorts genom att framförallt minska byggnaders energiförbrukning i användningsskedet, bland annat genom skärpta energikrav i Boverkets byggregler (BBR). År 2016 motsvarade dock bygg- och fastighetssektorns utsläpp hela 21 % av det totala utsläppet av växthusgaser i Sverige (Boverket 2019a). Allteftersom utsläppen från användningsskedet minskar är det därför viktigt att lägga fokus på andra faser i en byggnads livscykel (Boverket 2018). En av de faser i en byggnads livscykel som står för den största delen av en byggnads klimatpåverkan är byggskedet (Erlandsson, Malmqvist, Francart & Kellnar 2018). Byggskedet omfattar både produktskede och byggproduktionsskede. Det medför att valet av material är viktigt för en byggnads totala klimatpåverkan.

Göteborgs Stad har som mål att minska utsläppen av växthusgaser till en ”hållbar och rättvis nivå” till och med år 2050 (Miljöförvaltningen 2014). Ett led i att uppnå målet är Lokalförvaltningen i Göteborgs projekt Hoppet (Göteborgs Stad 2019). Projektet är ett innovationsprojekt för att utreda möjligheterna att bygga en fossilfri förskola. Målsättningen fossilfri ska tillämpas både vid projektering, materialval och materialproduktion, transporter samt byggproduktion av förskolan. Dessutom ska klimatpåverkan från förskolan vara så låg som möjligt.

Den bärande stommen i byggnader har stor betydelse för både klimat- och miljöpåverkan från byggnaden (Larsson, Erlandsson, Malmqvist & Kellner 2016). Tidigare analyser av bärande stommars miljöprestanda jämför framförallt olika material med varandra. Resultaten är varierande och beror inte sällan på val av analysperiod. Träprodukter har inget fossilt innehåll och är därmed av intresse för projektet Hoppet (Göteborgs Stad 2018b).

För förskolan i projektet Hoppet ska en konstruktionslösning i trä användas. Examensarbetet syftar till att undersöka olika träbyggnadsteknikers klimatpåverkan och miljöprestanda. De träbyggnadstekniker som omfattas i arbetet är för bärande ytterväggar: regelstomme med LVL, regelstomme med konstruktionsvirke, regelstomme med lättviktsregel och massivträstomme med KL-trä. LVL och lättviktsregel/balk analyseras både för bärande yttervägg och bjälklag medan övriga konstruktioner endast analyseras för bärande ytterväggar.

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med examensarbetet var att utreda och jämföra fyra olika typer av träkonstruktioner och framförallt deras ekologiska miljöpåverkan. Även sociala aspekter har beaktats till viss del, huvudfokus ligger på den ekologiska miljöpåverkan. Med ekologisk miljöpåverkan avses i detta arbete träkonstruktionernas miljöprestanda i sju miljöpåverkanskategorier. Dessa kategorier är

klimatpåverkan, nedbrytning av stratosfäriskt ozon, försurning av mark och vatten, övergödning, bildning av troposfäriskt ozon, förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser och förbrukning av fossila abiotiska resurser. De träkonstruktioner som har jämförts är de som projektet i dagsläget har som alternativ för projektering: regelstomme med LVL, regelstomme med konstruktionsvirke, regelstomme med lättviktsregel och massivträstomme med KL-trä. Det är däremot endast LVL och lättviktsbalk som omfattas i analysen för bjälklag.

Den frågeställning som ska besvaras är följande:

- Hur skiljer sig olika träbyggnadstekniker åt gällande dess miljöprestanda, med tyngdpunkt på klimatpåverkan men inkluderande övriga hållbarhetsaspekter så som användningen av skogen som resurs?

1.3 Avgränsningar

Analysen i examensarbetet inkluderar indata från utvinning av råvara till färdigställd produkt redo att lämna fabrik. En tilläggsanalys görs även av transportens miljöpåverkan från fabrik till referensobjektet i Göteborg. Vidare har även effekten på miljöprestanda beräknats efter utbyte av material som nått sin tekniska livslängd inom 100 år, som är byggnadens beräknade livslängd. Däremot är energianvändningen från byggnadens brukstid exkluderad i och med att det är materialens miljöprestanda som är centralt i arbetet. Slutligen har miljöprestanda i produkternas slutskede beräknats. Analysen har baserats på principskisser av tvärsnitt av bjälklag och bärande ytterväggar som har arbetats fram i dialog med leverantörer av träprodukter. Resultatet är därför inte direkt applicerbart på andra leverantörers produktionsdata eller konstruktionslösningar.

På grund av tidsbrist och problematik med att ta fram tillförlitligt material har endast träkonstruktion med LVL och lättviktsbalk omfattats i analysen av bjälklagen.

Vid applikation av resultatet på andra typer av byggnader måste hänsyn även tas till att denna analys har utförts på lokalbyggnad i två våningar.

Ekonomiska hållbarhetsaspekter kommer inte att inkluderas i analysen på grund av komplexiteten att beräkna livscykelkostnader för de olika ingående materialen.

2. METOD

Arbetet använder en kvantitativ metod för att besvara frågeställningen. Metoden presenteras vidare i kapitel 2.1. Vidare stäcker den metodologiska ansatsen i arbetet mot induktiv metod. Detta eftersom inga hypoteser om utfallet av analysen fanns vid studiens början (Jacobsen 2017). Istället har empiriska undersökningar lett till den teori som presenteras i arbetets slutsats.

2.1 Insamling och analys av data för livscykelanalys

Frågeställningen besvarades genom att utföra livscykelanalyser på de bärande träkonstruktionerna som omfattades i arbetet. Inom projektet Hoppet är huvudfokus klimatpåverkan från byggnaden. Livscykelanalysen och detta arbete omfattar däremot samtliga miljöpåverkanskategorier som presenteras i miljödeklarationer enligt EN 15804. Det gjordes för att säkerställa att en problemförskjutning inte uppstod mellan miljöpåverkanskategorierna.

Beräkningen av träkonstruktionernas miljöprestanda genomfördes på tvärsnitt av bärande ytterväggar och bjälklag. Att genomföra livscykelanalysen på en hel byggnad är mycket tidskrävande och har därför inte kunnat genomföras inom ramen för arbetet. Istället kan tvärsnitten skalas upp till en viss yttervägg- eller bjälklagsyta för att ge en indikation om hur resultatet för en hel byggnad kan se ut. Livscykelanalysen förenklades även på det sätt att monteringen av material till tvärsnitten samt monteringen av hela tvärsnitt till byggnaden exkluderades. De bedömdes inte ha en avgörande påverkan på träkonstruktionernas miljöprestanda.

Konstruktionen av tvärsnitten togs fram i dialog med leverantörer för de olika träbyggnadsteknikerna. Samtliga tvärsnitt dimensionerades för att uppfylla den funktionella enheten för livscykelanalysen. Den funktionella enheten baserades på kravställningar från referensförskolan ”Grönskan” till projektet Hoppet och presenteras i kapitel 4 Livscykelanalys. I kapitel 4 beskrivs även tvärsnitten och de antaganden som har gjorts för respektive tvärsnitt i beräkningarna.

Efter kommunikation med leverantörerna om dimensionering av tvärsnitten för att uppfylla den funktionella enheten uppskattades mängden material i tvärsnitten. Detta för att sedan kunna beräkna miljöprestanda från respektive tvärsnitt.

Indata till livscykelanalyserna har uteslutande hämtats från miljödeklarationer för de byggnadsmaterial, eller likartade byggnadsmaterial som används i tvärsnitten. Samtliga miljödeklarationer som har använts följer den europeiska standarden EN 15804. Det möjliggör jämförelser mellan materialen i och med att de genom standarden är bundna till samma beräkningsmetod och avgränsningar. Med hjälp av uppskattad mängd material per tvärsnitt har miljöprestandan beräknats med indata från miljödeklarationerna. Samtliga av dessa beräkningar ha genomförts i Microsoft Excel.

Förskolan Hoppet ska dimensioneras för att användas i 100 år. Livscykelanalysen genomfördes på byggnadens hela livslängd och omfattar därmed 100 år. I de fall då produkter och material har en kortare livslängd än 100 år inkluderades ett utbyte av materialen i beräkningarna.

Vid livscykelanalyser av träprodukter blir hänsynstagande till biogent kol en komplex och viktig fråga att ta ställning till. Komplexiteten kommer från att upptaget och utsläppet av kol inte sker vid samma tillfälle i livscykeln vilket bidrar till att det finns flera sätt att se på

klimatpåverkan från träprodukter (Peñaloza, Erlandsson & Falk 2016). Den stora skillnaden mellan biogent kol och fossilt kol är att det biogena kolet inte ökar koncentrationen av koldioxid i atmosfären, till skillnad från fossilt kol (Larsson et al. 2016).

I arbetet har inte biogent kol inkluderats på grund av komplexiteten och osäkerheten i att beräkna den. De miljödeklarationer som redovisar klimatpåverkan inklusive biogent kol har justerats för att exkludera biogent kol och därmed endast inkludera fossilt kol.

För en del material har tillämpning av miljödeklarationer från andra tillverkare behövts för att komplettera en miljödeklaration som inte deklarerar utsläppen över hela materialets livscykel. På grund av vikten att omfatta hela byggnadens och materialens livscykel för att undvika eventuella problemförskjutningar över livscykeln ansågs antagandet om likvärdiga material vara nödvändigt. I övrigt bör analysen kunna upprepas med liknande resultat i de fall då liknande tvärsnitt och material omfattas i analysen. Miljödata från olika leverantörer kan ha vissa variationer men så länge produktionssätt och energimix är lika bör dessa inte vara avgörande.

Målet med analysen var att fastställa vilken träkonstruktion som har lägst respektive högst miljöprestanda sett över byggnadens hela livslängd. Med vald metod för att beräkna miljöpåverkan från de olika tvärsnitten är det inte möjligt att avgöra vilken konstruktion som har lägst total miljöpåverkan så vida en av konstruktionerna inte har lägst miljöpåverkan i samtliga miljöpåverkanskategorier. I och med att det inte är möjligt att avgöra vilken miljöpåverkanskategori som har störst påverkan i miljön så som den uppfattas och kan mätas. I och med projektet Hoppets fokus på klimatpåverkan kommer resultatet kunna utvisa vilken av konstruktionerna som har lägst klimatpåverkan. Det går även att belysa eventuella problemförskjutningar till andra miljöpåverkanskategorier.

3. TEORETISKT RAMVERK

I följande delkapitel presenteras relevant teori för arbetet. Livscykelanalysens grund beskrivs tillsammans med de miljöpåverkanskategorier som inkluderas i studiens analys. Även de träbyggnadsteknikerna som omfattas i analysen beskrivs principiellt.

3.1 Livscykelanalys av byggnader och byggnadsmaterial

Livscykelanalys (LCA) är ett verktyg för att analysera miljöpåverkan från produkter och tjänster (Tillman & Baumann 2004). I en LCA analyseras en produkt eller en tjänst från ”vagg till grav”. Uttrycket syftar till att produkten eller tjänsten analyseras från råvaruuttag till avfallshantering, vilket omfattar dess hela livscykel.

Första steget i en livscykelanalys är att definiera *mål och omfattning* av analysen (Tillman & Baumann 2004). En fullständig analys av en produkt eller tjänst blir mycket omfattande. Det är därför viktigt att i detta steg redovisa de avgränsningar och antaganden som görs i analysen. Nästa steg är *inventeringsanalysen*. Under denna registreras samtliga emissioner som produktframställning, användning och avfallshantering ger upphov till. Det tredje steget i en LCA är *påverkansanalysen*. I denna klassificeras och karaktäriseras emissionerna. Klassificeringen innebär att emissionerna sorteras i olika miljöpåverkanskategorier, bland annat finns kategorier för global uppvärmning, giftighet för människor, giftighet för ekosystem, försurning och eutrofiering (övergödning). Karaktäriseringen innebär vidare att emissionernas enheter omvandlas från till exempel massa eller energi till kategoriindikatorer. Ett exempel på en kategoriindikator är koldioxidekvivalenter för kategorin global uppvärmning. Det innebär att samtliga emissioner i en miljöpåverkanskategori får samma enhet. Emissionerna i miljöpåverkanskategorierna kan då summeras inom varje kategori. Det sista steget i livscykelanalysen är att tolka resultaten.

För byggnader finns framtagna guider och standarder för hur arbetet med livscykelanalyser ska genomföras. Bland annat har Boverket (2019b) tagit fram en ”Vägledning om LCA för byggnader”. Vidare finns en svensk standard för hur en byggnads livscykel kan beskrivas och även hur en livscykelanalys för en byggnad ska genomföras (SIS 2011). En byggnads livscykel delas in i fyra olika skeden som sedan består av olika delprocesser, se figur 1 (SIS 2011). De olika skedena summerar en byggnads hela livscykel och är de områden som ska beaktas vid livscykelanalyser av byggnader enligt standarden.

A1–5 Byggskede		
A1–3 Produktskede	A1	Råvaruförsörjning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
A4–5 Byggproduktionsskede	A4	Transport
	A5	Bygg- och installationsprocess
B1–7 Användningsskede	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftsenergi
	B7	Driftens vattenanvändning
C1–4 Slutskede	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktsbehandling
	C4	Bortskaffning
D Fördelar och belastningar utanför systemgränsen		

Figur 1: Byggnaders livscykelkedan i enlighet med europeisk standard (Boverket 2018, s. 22).

Miljöpåverkan från byggprodukter kan beskrivas i miljödeklarationer (Environmental Product Declaration, EPD) (Manzini, Noci, Ostinelli & Pizzurno 2006). En miljödeklaration är baserad på en livscykelanalys av produkten och beskriver de utsläpp som produkten genererar under hela livscykeln. För byggprodukter finns en standard för framtagande av miljödeklaration, denna benämns vanligen till ”EN 15 804” (SIS 2012).

3.1.1 Miljöpåverkanskategorier

De miljöpåverkanskategorier som ska inkluderas i byggnadsmaterials miljödeklarationer är enligt EN 15804: klimatpåverkan, försurning av mark och vatten, övergödning, nedbrytning av stratosfäriskt ozon, bildning av troposfäriskt ozon, förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser och förbrukning av fossila abiotiska resurser (SIS 2013). Det är även dessa miljöpåverkanskategorier som kommer att inkluderas i arbetets analys av träbyggnadstekniker. I kommande delkapitel beskrivs miljöpåverkanskategorierna.

Klimatpåverkan

Sedan 1800-talet har koldioxidhalten i luften ökat och under dessa 200 år har även jordens klimat blivit varmare i en allt snabbare takt (Bernes 2016). Koldioxid och andra växthusgaser fångar värmestrålningen från jordytan. Delar av denna uppfångade värmestrålning strålar tillbaka från atmosfären till jordytan, som värms upp. De växthusgaser som tillförs till atmosfären idag ökar värmestrålningen till jordytan vilket resulterar i ett varmare klimat. Olika växthusgaser har olika stort bidrag till klimatpåverkan. För att beräkna total klimatpåverkan relateras därför växthusgasernas bidrag till klimatpåverkan till koldioxid. Klimatpåverkan mäts i kilogram koldioxidekvivalenter (kg CO₂ ekv) (SIS 2013). Klimatpåverkan kan även skrivas som GWP vilket är en förkortning av engelskans ”global warming potential”.

Nedbrytning av stratosfäriskt ozon

Stratosfäriskt ozon är det ozon som finns 10–50 km ovan jordytan (Nationalencyklopedin 2019c). Där skyddar ozonet mot solstrålning. Nedbrytningen till följd av utsläpp av långlivade

klorerade ämnen medför att en större mängd strålning når jordytan. Nedbrytning av stratosfäriskt ozon mäts i freon-ekvivalenter (kg CFC-11 ekv) (SIS 2013). Nedbrytning av stratosfäriskt ozon förkortas ofta till ODP vilket står för ”ozone depletion potential”.

Försurning av mark och vatten

Försurning av mark och vatten orsakas av utsläpp av försurande luftföroreningar (Nationalencyklopedin 2019b). Exempel på denna typ av luftföroreningar är svaveldioxid och kväveoxider som omvandlas till svavelsyra och salpetersyra i atmosfären. Syrorna återförs till jordytan via nederbörd och gas- eller partikelform och orsakar lägre pH-värde i mark och vatten. Försurning mäts i kilogram svaveldioxidekvivalenter (kg SO₂ ekv) (SIS 2013). Försurning förkortas ofta till AP vilket kommer från engelskans ”acidification potential”.

Övergödning

Onaturligt stora mängder näringsämnen, som kväve och fosfor orsakar övergödning (Nationalencyklopedin 2019e). Övergödning framkallar algbloomning i sjöar och hav och kan orsaka igenväxt av sjöar och vattendrag. Övergödning mäts i kilogram fosfatekvivalenter (kg PO₄ ekv) (SIS 2013). Vanligen förkortas övergödning till EP från engelskans ”eutrophication potential”.

Bildning av troposfäriskt ozon

Troposfäriskt ozon är det ozon som finns inom cirka 10 km höjd från jordytan (Nationalencyklopedin 2019c). Det kallas därför även för marknära ozon. Marknära ozon bildas vid elektiska urladdningar och fotokemiska reaktioner. Marknära ozon är väldigt giftigt för en del växter och har därmed en negativ miljöpåverkan. Bildning av troposfäriskt ozon mäts i kilogram etenekvivalenter (kg C₂H₄ ekv) och kallas vanligen för POCP som står för ”photochemical ozone creation potential” (SIS 2013).

Förbrukning av icke-fossila och fossila abiotiska resurser

Abiotiska resurser är sådana resurser som inte skapas av levande varelser (Nationalencyklopedin 2019a). Exempel på detta är till exempel vind, sol och sten. Fossila abiotiska resurser är således abiotiska resurser med fossilt ursprung. Förbrukning av abiotiska resurser förkortas ofta till ADP-elements och ADP-fossil fuels då ADP står för ”abiotic resources depletion potential”.

Hållbart skogsbruk

Hållbart skogsbruk finns inte som en enskild miljöpåverkanskategori med beräknade miljödata i miljödeklarationer. Framförallt på grund av att det är en komplex fråga som är svår att beräkna för en enskild produkt. Arbetet ämnar dock belysa denna viktiga fråga.

Skogen har värden som är viktiga för både ekologisk och social hållbarhet. Vilket gör hållbar skogsavverkning väsentligt för ett hållbart utnyttjande av skogen.

Med hänsyn till klimatpåverkan har skogen en mycket viktig roll i upptaget av koldioxid. Genom fotosyntes binder träd och växter koldioxid, vilket bidrar till minskade halter av koldioxid i atmosfären (Olsson 2010). Under skogens livstid ökar upptaget av koldioxid med dess ålder. Till en början i hög takt men som sedan avtar med skogens ålder till att finna sig i ett jämviktsläge för mycket gammal skog. Den koldioxid som ett träd har bundit under den tid det har växt i skogen kommer så småningom att avges i trädets slutskede. När trä från skogen används till olika typer av produkter och material sker återföringen av koldioxid då produkten eller materialet kasseras, ofta vid förbränning. Konstruktionsmaterial är en användning av trä

med lång livslängd vilket innebär att återföringen av koldioxid kan fördröjas i upp till 100 år, beroende på träproduktens livslängd. Medan exempelvis koldioxid i pappersprodukter återförs inom cirka tio år.

Med detta faktum i ryggen kan det vara fördelaktigt att använda träbaserade produkter i stället för produkter som enbart bidrar till en ökning av koldioxid vid framställning. Användningen av trä och skog måste däremot ske på ett hållbart sätt för att denna nytta ska kunna bestå. Avverkning och återplantering måste vara i balans för att uttaget inte ska bli större än nyttan (Olsson 2010). I dagsläget finns därför krav på återbeskogning efter avverkning (Nationalencyklopedin 2019d), vilket är positivt för de svenska skogarna. Problematiken med dagens skogshållning är dock att återplanteringen efter avverkningen resulterar i en enförmig skog (Kuuluvainen, Tahvonen & Aakala 2012). Det innebär att träden som planteras efter avverkning ofta är av samma sort och ålder vilket skapar ett enförmigt ekosystem i skogen. Enförmigheten påverkar den biologiska mångfalden i svenska skogar negativt och skapar känslighet mot yttre påverkan så som skadeinsekter och vind (Nevalainen 2017).

Vidare är biologisk mångfald även centralt för social hållbarhet i skogen (Naturvårdsverket 2019b). Enligt en preferensstudie som naturvårdsverket har genomfört föredrar människor gles skog med variation och ljus framför en högproduktiv tät skog som ofta är resultatet efter återbeskogning. Skogen har en central roll för friluftsliv och även dessa värden bör beaktas vid skogsbruk.

Virkesproduktionen är central för att skapa hållbara skogar där biologisk mångfald bevaras, ekosystemen är stabila och varierande enligt Naturvårdsverkets (2019b) uppföljning av miljömålen år 2019. Ett skogsbruk med hyggesfria metoder skulle med stor sannolikhet gynna flera organismer. Ett hyggesfritt skogsbruk innebär att olika träsorter växer tillsammans, i spridda åldrar (Kuuluvainen, Tahvonen & Aakala 2012). Avverkningen sker sedan selektivt av de träd som har uppnått önskad ålder eller kvalitet.

Trots att påverkan på biologisk mångfald är mycket centralt vid användandet av trä som material finns idag inga bra metoder för att mäta påverkan på biologisk mångfald. Skogsstyrelsen arbetar däremot med hållbart skogsbruk för att nå det svenska miljömålet ”Levande skogar” (Naturvårdsverket 2019b).

3.1.2 Fossilfritt byggande

År 2015 lanserade Sveriges regering initiativet Fossilfritt Sverige (Miljö- och energidepartementet 2016). Initiativet grundar sig i att regeringen anser att ”Sverige ska bli ett av världens första fossilfria välfärdsländer”. Bygg- och anläggningssektorn har därefter upprättat en färdplan för att minska klimatpåverkan från sektorn (Fossilfritt Sverige 2018). Till år 2045 är målet att sektorn ska ha ett nettonollutsläpp av växthusgaser. Att bygga fossilfritt, utan förekomst av fossila ämnen, är ett steg i att nå målet.

Lokalförvaltningen i Göteborg har tagit fasta på den fossila förbrukningen inombyggsektorn i och med projektet Hoppet. Deras definition av fossilfritt byggande som gäller inom projektet innebär att inga material, produkter eller transporter ska innehålla fossila ämnen och inte heller processerna för att utvinna materialet eller produkten (Göteborgs Stad 2018a). Att bygga fossilfritt i projektet Hoppet innebär även att bygga med så låg klimatpåverkan som möjligt.

I projektet ligger störst fokus på utsläppen uppströms förskolan (A1-A5) eftersom det är i de skedena projektgruppen tror att de kan göra störst skillnad och också bidra till störst utveckling

(Göteborgs Stad 2019). För de produkter där fossilfria alternativ inte existerar eller är möjliga att använda görs en bedömning i varje individuellt fall vilken produkt som är mest lämplig i projektet. Bedömningen görs med framtida utveckling av produkten i åtanke för att främja hållbar produktutveckling.

3.2 Byggnadsmaterials påverkan på en byggnads klimatavtryck

Byggskedet (A1-A5) står för en stor del av en byggnads klimatpåverkan både då stommen byggs i trä och i betong (Larsson et al. 2016) (Liljenström et al. 2015). Vidare utgör produktskedet (A1-A3) upp till ca 80 % av klimatpåverkan från byggskedet (A1-A5), beroende på analysperiodens längd. I och med att klimatpåverkan från byggnadsprodukter är så pass stor är det av vikt att se över produktvalen vid byggnation.

Att klimatpåverkan från just byggnadens stomme är av stor vikt blir tydligt när Swedish Green Building Council (SGBC) lanserade en uppdatering av miljöklassningssystemet Miljöbyggnad 2017 (Sweden Green Building Council 2017). I den nya manualen adderades indikatorn ”Stommens och grundens klimatpåverkan” för att fånga upp just detta vid projektering av byggnader inom Miljöbyggnad.

Olika stomalternativ har jämförts i flera olika studier. Ett exempel på en sådan studie är inför Riksbyggens stora satsning Positive footprint housing (Kurkinen, Norén, Peñaloza, Al-Ayish & During 2015). Livscykelanalysen utfördes på projektet brf. Viva. De stomalternativ som jämförs i analysen är en massivträstomme med KL-trä samt prefabricerad och platsgjuten betongstomme. Betongen och armeringen som användes vid beräkningarna för båda betongstommarna eftersträvade låg klimatpåverkan.

Resultatet från livscykelanalyserna för brf. Viva var att trästommen hade lägre klimatpåverkan i byggskedet än betong, men högre klimatpåverkan i driftskedet (Kurkinen et al. 2015). Det resulterade i att den totala klimatpåverkan under hela byggnadens livscykel från trästommen var något högre. Trästommen kräver även större resurser i form av underhåll och utbyte under byggnadens livscykel än betong vilket ytterligare ökar trästommens klimatpåverkan.

För projektet Hoppet ligger fokus på att minska klimatpåverkan i framförallt produktionsfasen vilket motiverar valet av trästomme, trots resultatet för brf. Viva.

3.3 Träbyggnadstekniker

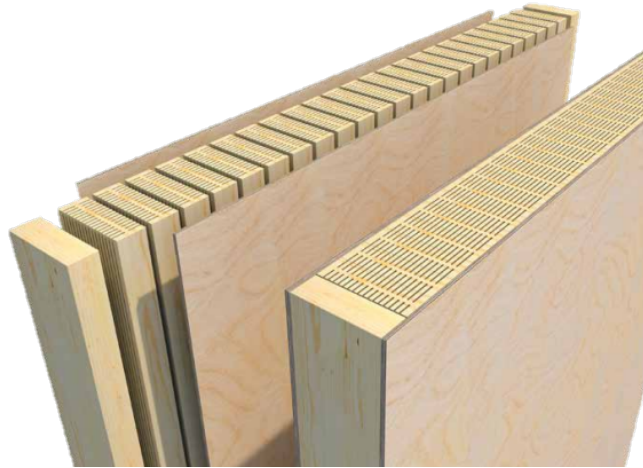
Det finns flera olika tekniker för att bygga i trä. Inom examensarbetet kommer bärande stommar i KL-trä, konstruktionsvirke, LVL-element och lättviktsregel/balk i trä att analyseras. Nedan följer en beskrivning av var och en av dessa träbyggnadstekniker.

Isotimbers byggblock

Till att börja med presenteras en lösning från IsoTimber. Denna träbyggnadsteknik har inte kunnat omfattas i arbetet men är av intresse och kommer därför att presenteras nedan.

IsoTimber har utvecklat en unik byggt teknik där bärande och isolerande ytterväggar endast består av trä och luft (IsoTimber 2019), se figur 2. Träblock sågas i flera spår vilka är tätade från alla håll och isolerförmågan hos byggblocken uppstår då luften i de sågade spåren står helt stilla (IsoTimber 2018).

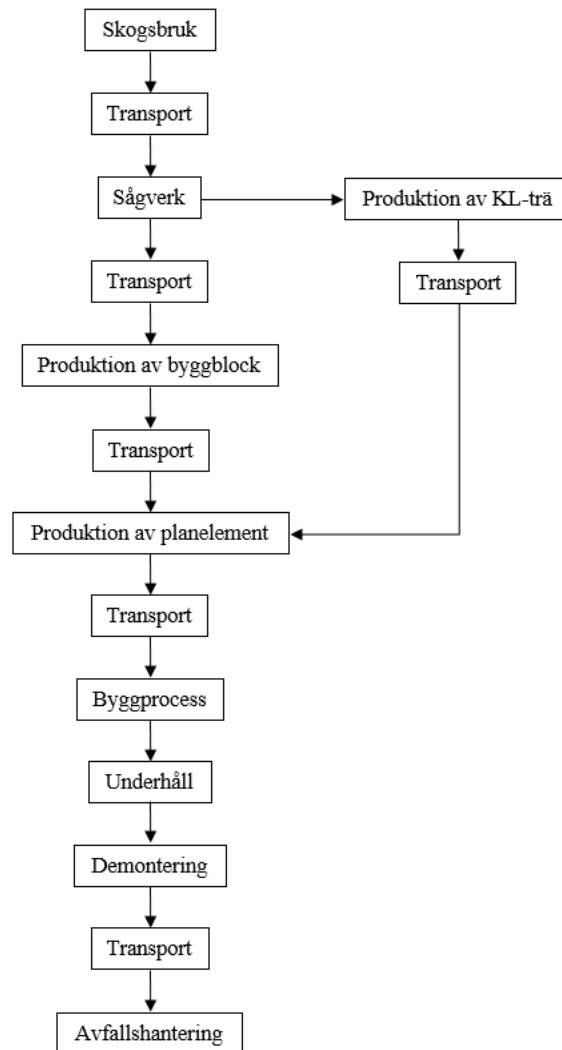
Med hjälp av en plywood på insidan av väggen skapas en helt lufttät konstruktion. Byggblocken är däremot diffusionsöppna, vilket möjliggör fukttransport genom väggarna, något som inte är möjligt i traditionella byggsystem eftersom fukten förr eller senare fastnar i något av väggens skikt.



Figur 2: Principskiss av IsoTimbers byggblock, återgiven med tillstånd (IsoTimber 2017, s. 4).

För byggnader med flera våningar eller med större laster kan de isolerade byggblocken kombineras med en bärande del i KL-trä.

Tekniken möjliggör ett tvärsnitt med i princip endast trä vilket blir tydligt i flödesschemat i figur 3. Till skillnad från tvärsnitt med fler materialskikt ingår för denna typen av lösning endast trä.



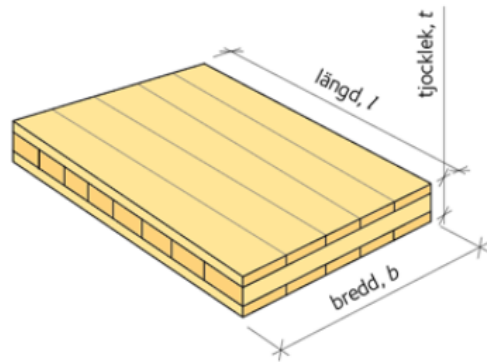
Figur 3: Flödesschema för IsoTimbers byggblock.

3.4.1 Konstruktionsvirke

Konstruktionsvirke är det trä som kan sorteras in i en viss virkesklass (Al-Emrani, Engström, Johansson & Johansson 2011). Det görs genom en hållfasthetssortering som sorterar virket i olika hållfasthetsklasser. Konstruktionsvirke används i bärande delar av trä.

3.4.2 Korslimmat trä – KL-trä

Korslimmat trä (KL-trä) är en träprodukt bestående av tre eller fler skikt med brädor som har limmats ihop med varje skikt i 90 graders vinkel till föregående skikt (Gustafsson 2017), se figur 4. Metoden utjämnar variationer i träet och minskar egenskapsskillnader. I Sverige är virket framförallt från furu och gran men även andra träslag förekommer.



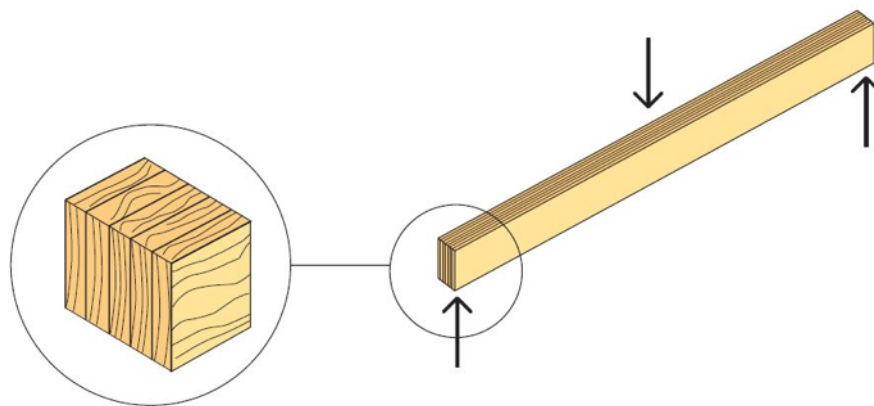
Figur 4: KL-träets principuppbyggnad (TräGuiden 2017b).

Virket i KL-träskivorna byggs upp av brädor i samma hållfasthetsklass i huvud-bärriktningen och förstärks med virke i högre hållfasthetsklasser där lastpåkänningarna är som störst (Gustafsson 2017). Tvärsnitten kan göras stora och tekniken resulterar i en produkt som har hög bärförmåga i förhållande till sin vikt med möjlighet till stora variationer av form och storlek. Den lätta konstruktionen är fördelaktig vid både transport och montage. Montaget underlättas ytterligare av hög prefabriceringsgrad av planelementen.

En konstruktion i KL-trä består ofta av prefabricerade planelement av väggar och bjälklag (Gustafsson 2017). Träbyggnadstekniken lämpar sig för bland annat flerbostadshus, skolor, industrilokaler och småhus.

3.4.3 Laminated Veneer Lumber (LVL)

Laminated Veneer Lumber (LVL) eller fanerträ på svenska, är en träprodukt som är uppbyggd av tunna fanerskikt av virke (Johansson 2016). Fanerskikten limmas ihop med varje skikt i samma fiberriktning, se figur 5. När LVL-elementen härdat sågas de till önskade balkstorlekar. LVL-balkarna anses ha hög tillförlitlighet i och med att variationer i trät fördelas. LVL har både hög relativ hållfasthet och hög styvhet.



Figur 5: Balk i fanerträ, principuppbyggnad (TräGuiden 2017a).

3.4.4 Sammansatta konstruktionselement - lättbalkar

Träbalkar med I-tvårsnitt kan tillverkas genom att kombinera sågat virke eller LVL med ett skivmaterial, exempelvis plywood (Johansson 2016). Balkarna kallas lättbalkar och det sågade virket eller LVL utgör flänsarna medan skivmaterialet används för balkens liv, se figur 6.



Figur 6: Exempel på lättviktsbalkar, återgiven med tillstånd (Masonite Beams 2011).

4. LIVSCYKELANALYS

För att besvara frågeställningen har livscykelanalyser genomförts för de olika träkonstruktionerna. Nedan presenteras tillvägagångssättet och förutsättningarna för livscykelanalysen.

4.1 Livscykelanalysens omfattning

Livscykelanalyserna som har genomförts inom examensarbetet har haft som mål att fastställa de olika träbyggnadsteknikernas miljöprestanda inom miljöpåverkanskategorierna klimatpåverkan, nedbrytning av stratosfäriskt ozon, försurning av mark och vatten, övergödning, bildning av troposfäriskt ozon, förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser samt förbrukning av fossila abiotiska resurser. Samtliga data om mängden utsläpp i dessa kategorier från respektive materialskikt är hämtade ur miljödeklarationer. I bilaga 1, tabell 8–11 finns hänvisning till de miljödeklarationer som har använts för tvärsnitt av bärande ytterväggar. I bilaga 2, tabell 12–13 finns hänvisning till de miljödeklarationer som har använts för bjälklagstvårsnittet.

För att kunna genomföra analysen på likställda villkor har ett antal egenskaper beaktats som samtliga tekniker ska uppfylla för att kunna ingå i analysen. Det är den funktionella enheten i analysen. Den funktionella enheten tar hänsyn till de krav som har ställts i underlaget för referensförskolan Grönskan för att förankra den funktionella enheten i något som är aktuellt för förskolan Hoppet. Utav de krav som har ställts på referensförskolan har de som är mest väsentliga för byggnadsdelens uppgift valts ut. För bärande ytterväggar valdes brandtekniska egenskaper, akustiska egenskaper, värmeisolerade egenskaper och lastkapacitet. För bjälklaget valdes brandtekniska egenskaper, akustiska egenskaper och lastkapacitet. I tabell 1 beskrivs den funktionella enheten för bärande ytterväggar respektive bjälklag.

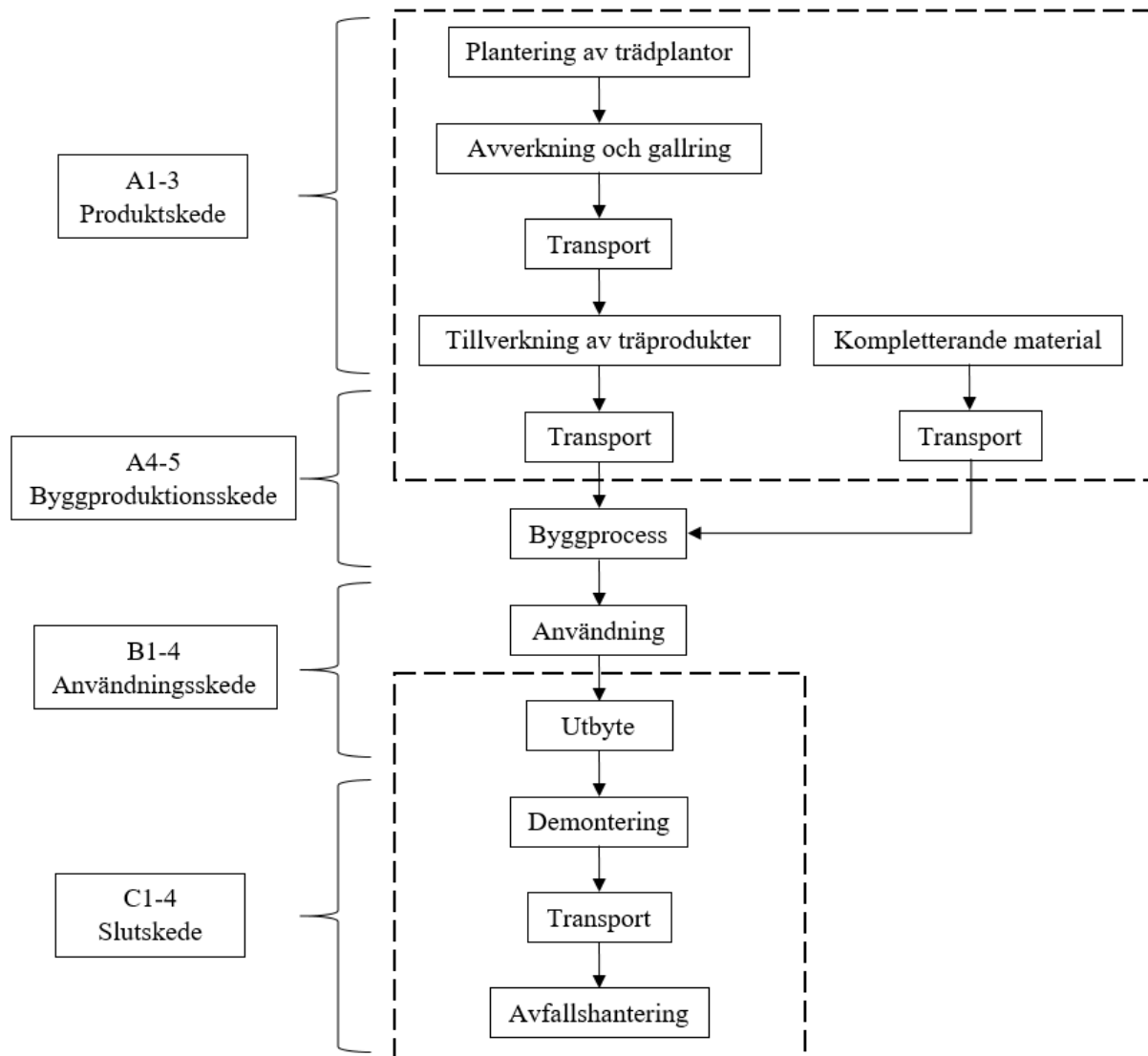
Tabell 1: Definition av funktionell enhet.

Egenskaper	Bärande ytterväggar	Bjälklag
Brandtekniska egenskaper	REI 60	REI 60
Akustiska egenskaper	25 dB reduktion	Ljudklass C
Lastkapacitet	75 kN/m	2,5 kN/m ²
Värmeisoleringsförmåga	0,12 W/m ² K	-
Storlek på analyserat tvärsnitt	0,6*0,6 m ²	0,6*0,6 m ²

För att underlätta analysen har den begränsats till att omfatta tvärsnitt av de aktuella träkonstruktionerna. Tvärsnittsstorleken har valts med hänsyn till s-avstånd mellan reglar och balkar för att underlätta upprepning av efterföljande funktionella enheter och på så sätt kunna skala upp resultatet.

Samtliga material som utgör respektive vägg- och bjälklagssnitt ingår i livscykelanalysen bortsett från fasadbeklädnad och målning av insida vägg för bärande ytterväggar samt golvbeläggning för bjälklaget. Dessa exkluderas med hänsyn till att de antogs vara lika för samtliga konstruktioner och därmed inte skulle ha någon inverkan på resultatet. Vidare har även infästning av materialen till varandra och till byggnaden ansetts ha ett litet bidrag till den slutliga miljöpåverkan. Med hänsyn till arbetets omfattning har det därför exkluderats ur analysen.

I figur 7 presenteras ett förenklat flödesschema för vägg- och bjälklagselement i trä. Processer inom markerade rektanglar ingår i analysen.



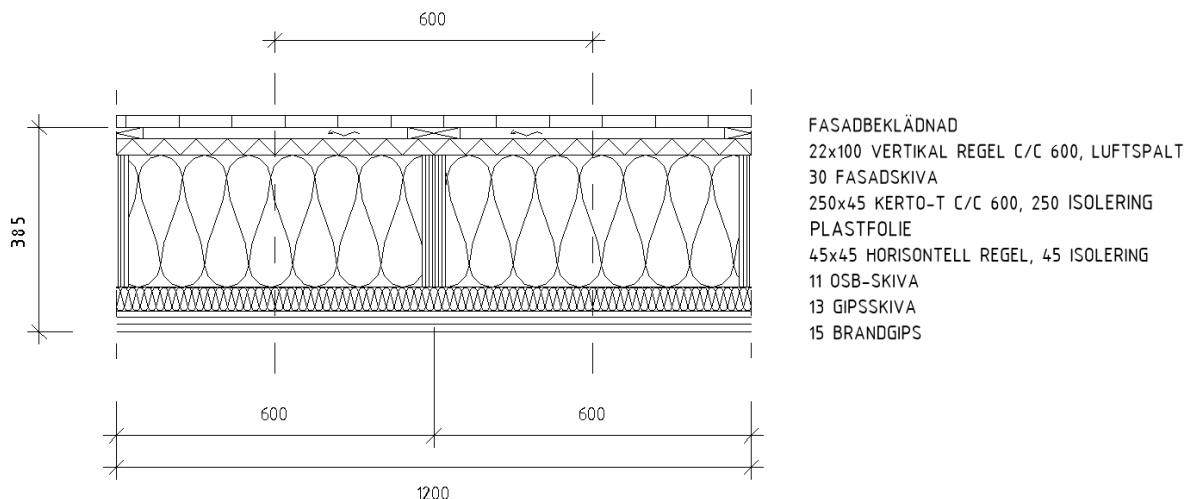
Figur 7: Förenklat flödesschema för träkonstruktioner.

Byggprocessen är exkluderad ur analysen på grund av osäkerhet kring uppförandet av vägg- och bjälklagselement på byggarbetsplatsen som inte har hunnit omfattas inom arbetet. Vidare är även användningen av byggnaden exkluderad ur analysen i och med att fokus i arbetet är byggnadsmaterialens miljöpåverkan.

4.2 Bärande stomme med LVL – beskrivning av analyserat tvärsnitt

I följande avsnitt redovisas indata till beräkningen av en träkonstruktion med LVL som bärande element. Ytterväggskonstruktionen är framtagen i dialog med LVL leverantören Metsä Wood. Bjälklagskonstruktionen är framtagen i dialog med Derome Hus.

Den bärande ytterväggen med LVL-element i livscykelanalysen är konstruerad enligt figur 8.



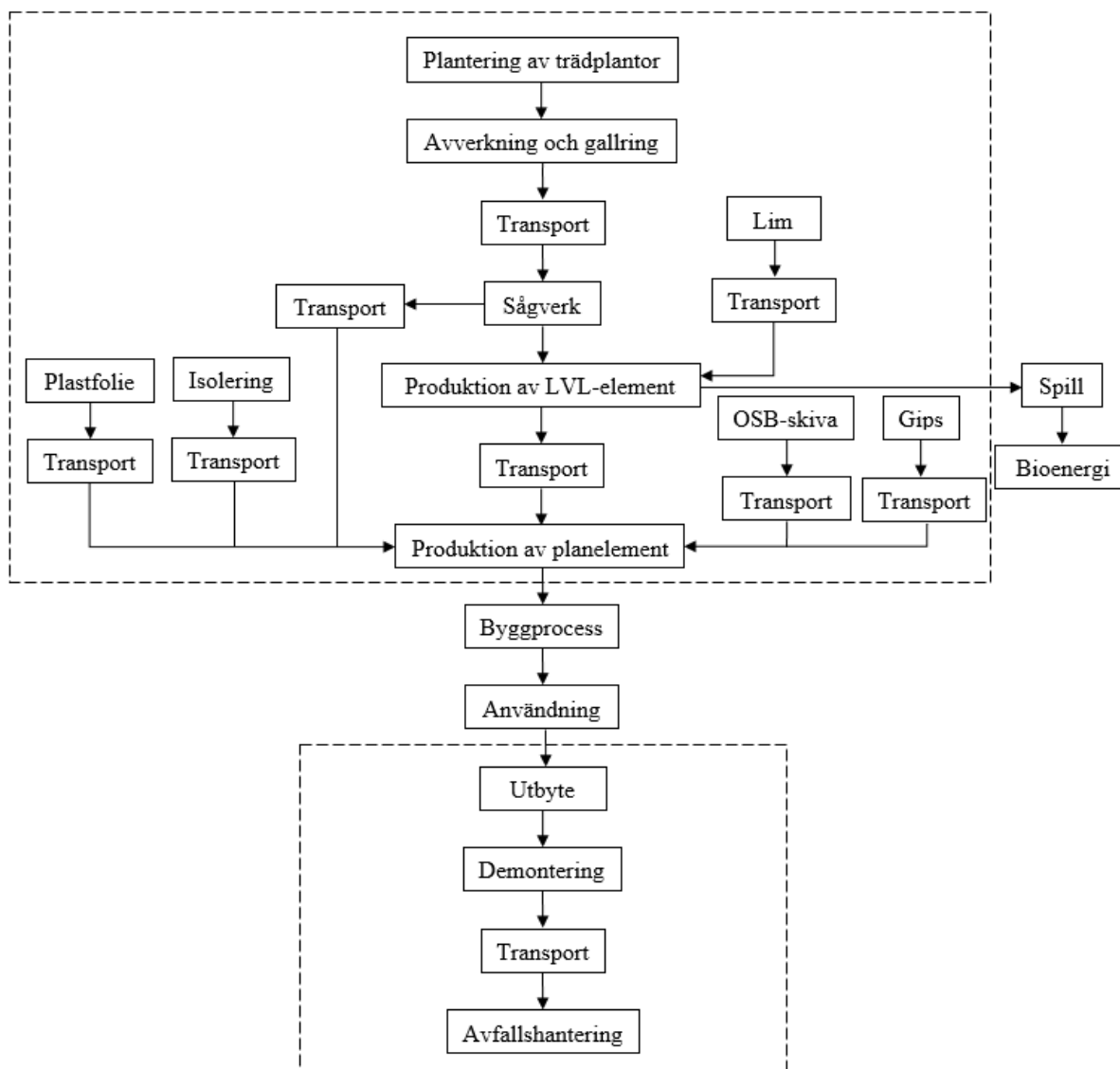
Figur 8: Ytterväggskonstruktion med LVL. Alla mått är angivna i millimeter.

I tabell 2 framgår att ytterväggskonstruktionen med LVL har de egenskaper som efterfrågas i den funktionella enheten och tvärsnittet kan därför inkluderas i analysen.

Tabell 2: Ytterväggskonstruktion med LVL egenskaper i förhållande till funktionell enhet.

Egenskaper	Bärande yttervägg med LVL	Krav enligt funktionell enhet
Brandtekniska egenskaper	REI 60	REI 60
Akustiska egenskaper	25 dB reduktion	25 dB reduktion
Lastkapacitet	75 kN/m	75 kN/m
Värmeisoleringsförmåga	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K
Storlek	0,6*0,6 m ²	0,6*0,6 m ²

Figur 9 redovisar ett detaljerat flödesschema för en ytterväggskonstruktion med LVL samt vilka delar av dess livscykel som har ingått i analysen.



Figur 9: Detaljerat flödesschema för bärande yttervägg med LVL-element.

Produktionen av LVL-element sker i Finland. LVL-elementen transporteras därefter vanligen till en husfabrik där väggelement byggs ihop. Givet projekts storlek kan väggelementen monteras på byggarbetsplatsen, det bör ske i en skyddad miljö som till exempel i tält enligt leverantören. Efter det reses planelementen till byggnaden. Det innebär att väggelementen inte kräver någon transport utan endast de separata materialen.

Miljödeklarationen från LVL leverantören inkluderade endast modul A1-3. På grund av det har därför en miljödeklaration för limträ använts för övriga moduler då limträbalken anses likvärdig LVL balken. De miljödeklarationer som har använts finns specificerade i bilaga 1 tabell 8.

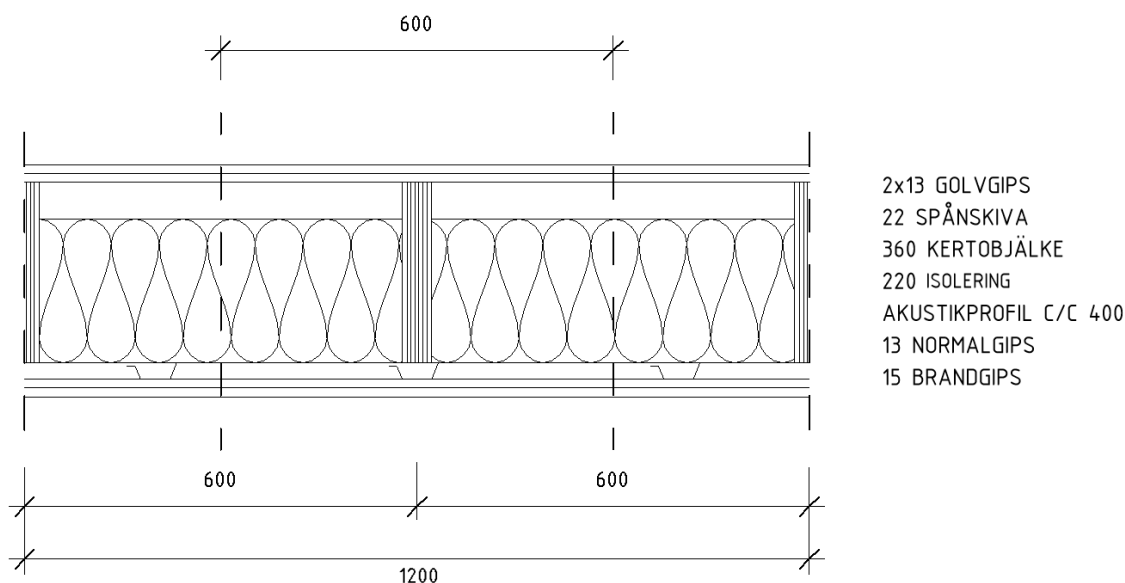
Vidare innehåller miljödeklarationen för svenskt trä, som används till reglarna endast modulerna A1-3. För övriga moduler har därför en miljödeklaration från norska träindustrin använts. Se specificerade miljödeklarationer i bilaga 1 tabell 8.

Även OSB-skivan saknar miljödata för fler moduler än A1-3. För resterande moduler har därför en miljödeklaration för spånskiva använts som anses likvärdig OSB-skivan, se bilaga 1 tabell 8.

Övriga miljödeklarationer som har använts för att beräkna tvärsnittets miljöprestanda finns givna i bilaga 1, tabell 8.

Transportsträckornas längd har framförallt hämtats från de generella sträckorna som finns angivna i miljödeklarationerna för respektive material. En del sträckor har ändrats i samråd med leverantör, dessa finns återgivna i bilaga 3, tabell 14.

Bjälklaget som har inkluderats i analysen är konstruerat enligt figur 10.



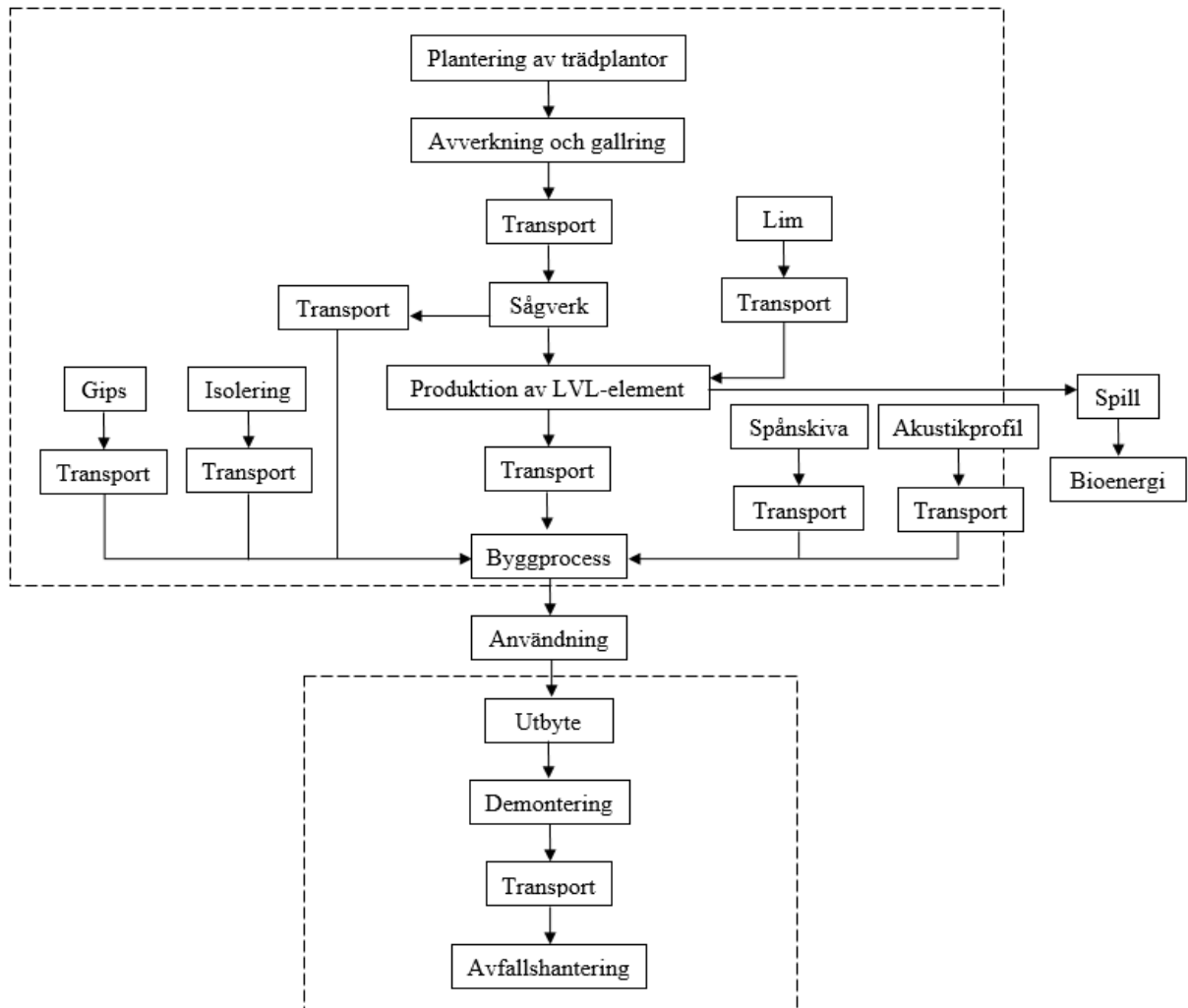
Figur 10: Bjälklagets konstruktion med LVL. Alla mått är angivna i millimeter.

I tabell 3 framgår att bjälklagskonstruktionen med LVL har samma egenskaper som de som efterfrågas i den funktionella enheten och den kan därför inkluderas i analysen.

Tabell 3: Bjälklagskonstruktion med konstruktionsvirke, egenskaper i förhållande till funktionell enhet.

Egenskaper	Bjälklag med LVL	Krav enligt funktionell enhet
Brandtekniska egenskaper	REI 60	REI 60
Akustiska egenskaper	Ljudklass C	Ljudklass C
Lastkapacitet	2,5 kN/m	2,5 kN/m ²
Storlek	0,6*0,6 m ²	0,6*0,6 m ²

Flödesschemat för bjälklaget liknar det för bärande yttervägg, om kompletterande material ersätts med de som förekommer i bjälklagets konstruktion, se figur 11. Det som skiljer tvärsnitten åt är att bjälklaget monteras på plats och kommer alltså inte som ett planelement till byggarbetsplatsen.



Figur 11: Flödesschema för bjälklagstvärsnitt med LVL.

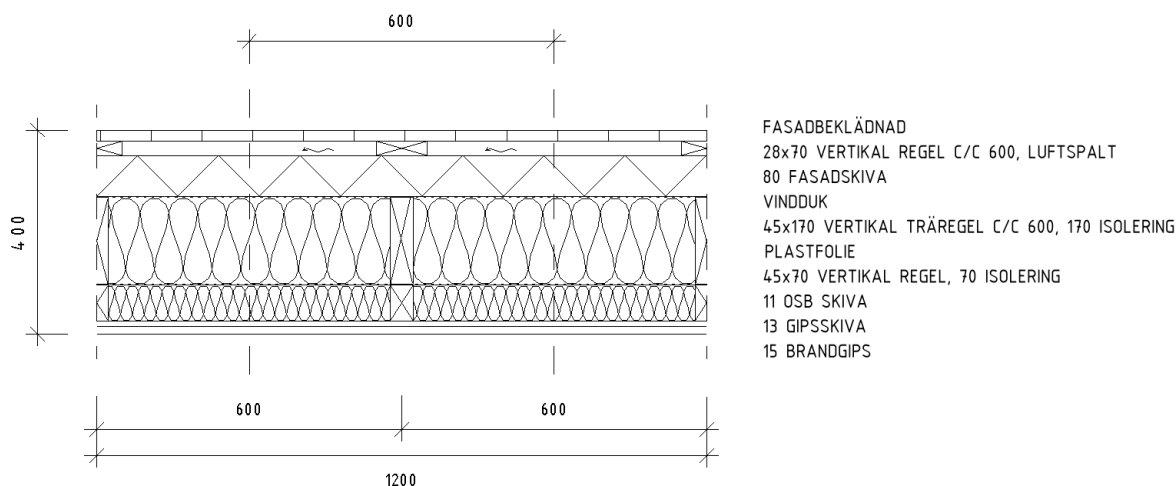
Samtliga miljödeklarationer som har använts för beräkning av miljöpåverkan från bjälklagstvärsnittet med LVL finns angivna i bilaga 2, tabell 12. Precis som för ytterväggen saknas information om livscykelstadiet utöver produktskedet, A1-3 för LVL-elementet. På grund av det har LVL-elementet även i beräkningarna för bjälklaget ersatts av en miljödeklaration för limträ som får anses likvärdig i de övriga livscykelstadierna.

De transportsträckor som har använts vid beräkning av transportmodulen A4 finns angivna i bilaga 4, tabell 18.

4.3 Bärande stomme med konstruktionsvirke – beskrivning av analyserat tvärsnitt

I följande avsnitt redovisas indata till beräkningen av en bärande stomme med konstruktionsvirke. Ytterväggskonstruktionen är framtagen i dialog med Derome Hus. Bjälklagskonstruktionen som Derome tog fram har en bärande stomme med LVL-element. Den har med anledning av detta presenterats i kapitel 4.2.

Den bärande ytterväggen med konstruktionsvirke som inkluderas i livscykelanalysen är konstruerad enligt figur 12.



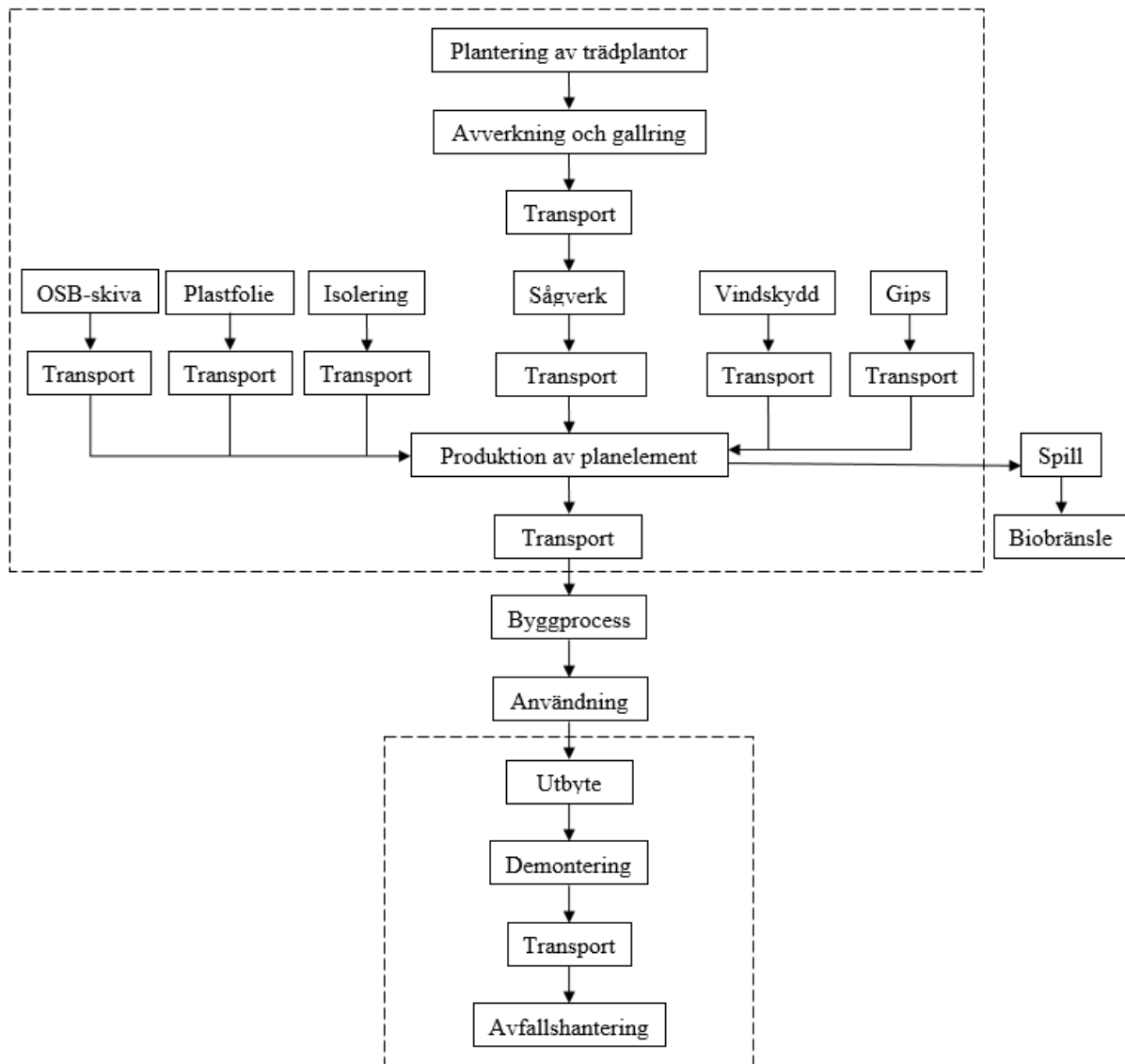
Figur 12: Ytterväggskonstruktion med konstruktionsvirke. Alla mått är angivna i millimeter.

Tabell 4 redovisas den bärande ytterväggs egenskaper i förhållande till den funktionella enheten. Egenskaperna stämmer väl överens med den funktionella enheten och möjliggör att väggsnittet inkluderas i analysen.

Tabell 4: Egenskaper i förhållande till funktionell enhet för ytterväggskonstruktion med konstruktionsvirke.

Egenskaper	Bärande yttervägg med konstruktionsvirke	Krav enligt funktionell enhet
Brandtekniska egenskaper	REI 60	REI 60
Akustiska egenskaper	25 dB reduktion	25 dB reduktion
Lastkapacitet	75 kN/m	75 kN/m
Värmeisoleringsförmåga	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K
Storlek	0,6*0,6 m ²	0,6*0,6 m ²

Det detaljerade flödesschemat för bärande yttervägg med konstruktionsvirke presenteras i figur 13.



Figur 13: Detaljerat flödesschema för bärande yttervägg med konstruktionsvirke.

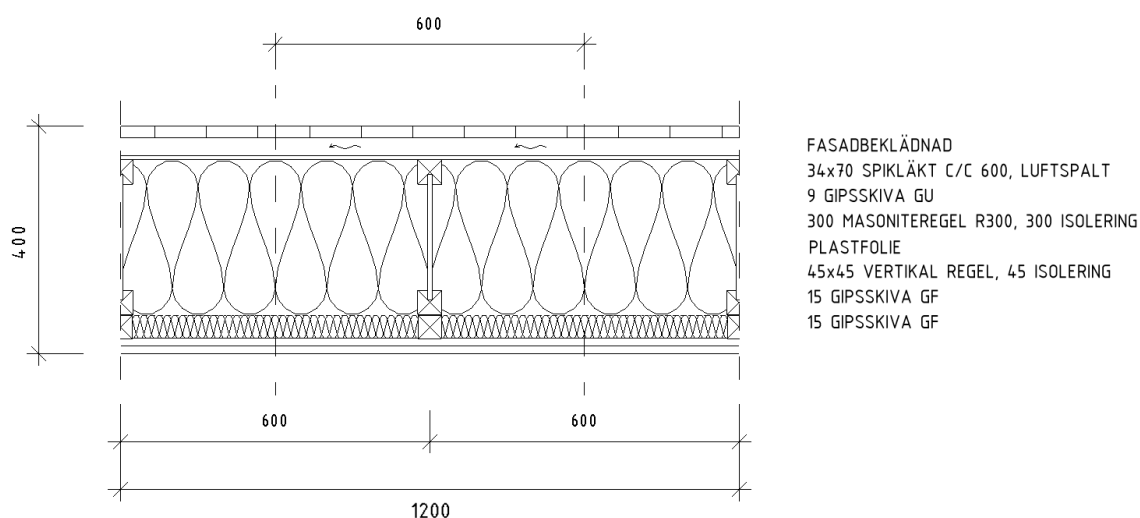
Transportsträckorna för mellan sågverk och produktion av panelement samt sträckan mellan produktion av panelement och byggprocessen är specifika för projektet Hoppet och uppskattade till 50 km respektive 34 km. Samtliga transportsträckor som har beräknats för tvärsnittet beskrivs i bilaga 3, tabell 15.

För tvärsnittet har samma miljödeklarationer bytts ut som för tvärsnittet med LVL. Det vill säga konstruktionsvirke och OSB-skiva har miljödeklarationer som endast redovisar modul A1-3 och har därför kompletterats med likvärdiga miljödeklarationer enligt bilaga 1, tabell 9. I bilaga 1, tabell 9 finns även hänvisning till samtliga miljödeklarationer som har använts för att beräkna tvärsnittets miljöprestanda.

4.4 Bärande stomme med lättviktsbalkar – beskrivning av analyserat tvärsnitt

Den bärande ytterväggskonstruktionen och bjälklagskonstruktionen är framtagen i dialog med lättbalksleverantören Masonite Beams. I följande kapitel redovisas dessa konstruktionslösningar så som de har inkluderats i livscykelanalysen.

Den bärande ytterväggen med lättviktsreglar är konstruerad enligt figur 14.



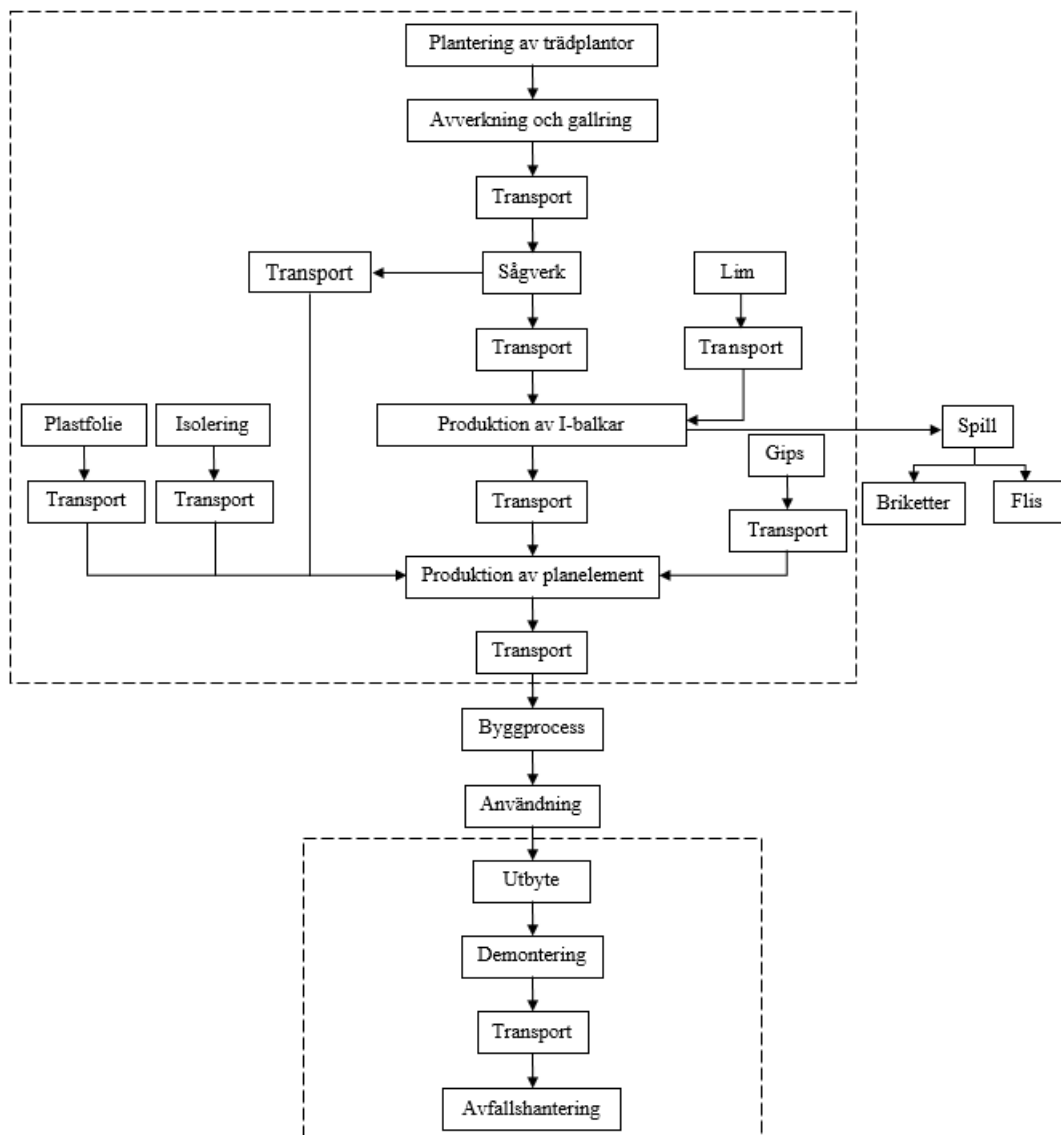
Figur 14: Ytterväggskonstruktion med lättviktsregel. Alla mått är angivna i millimeter.

I tabell 5 framgår tvärsnittet med lättviktsregeln egenskaper i förhållande till den funktionella enheten.

Tabell 5: Ytterväggskonstruktion med lättviktsregel, egenskaper i förhållande till funktionell enhet.

Egenskaper	Bärande yttervägg med lättviktsregel	Krav enligt funktionell enhet
Brandtekniska egenskaper	REI 60	REI 60
Akustiska egenskaper	49 dB reduktion	25 dB reduktion
Lastkapacitet	85,6 kN/0,6m	75 kN/m
Värmeisoleringsförmåga	0,11 W/m ² K	0,12 W/m ² K
Storlek	0,6*0,6 m ²	0,6*0,6 m ²

I figur 15 framgår det detaljerade flödesschemat ett tvärsnitt med lättviktsreglar.

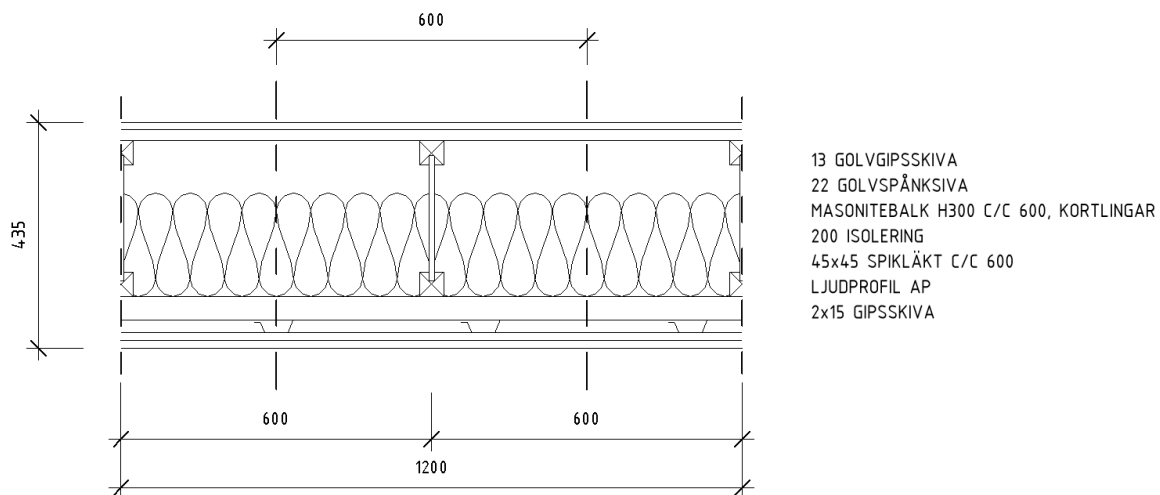


Figur 15: Detaljerat flödesschema för bärande ytterväggstvärsnitt med lättviktsregel.

I tvärsnittet har konstruktionsvirket kompletterats med miljödeklarationer som är likvärdiga och som täcker de delarna av livscykel som saknas från Svenskt Träs miljödeklaration. Se bilaga 1, tabell 10 för fullständig hänvisning till samtliga miljödeklarationer som har använts vid beräkning av tvärsnittets miljöprestanda i olika kategorier.

De transportsträckor som har använts vid beräkning av transportmodulen, A4 finns angivna i bilaga 3, tabell 16.

Bjälklagskonstruktionen med lättviktsbalk är konstruerad enligt figur 16.



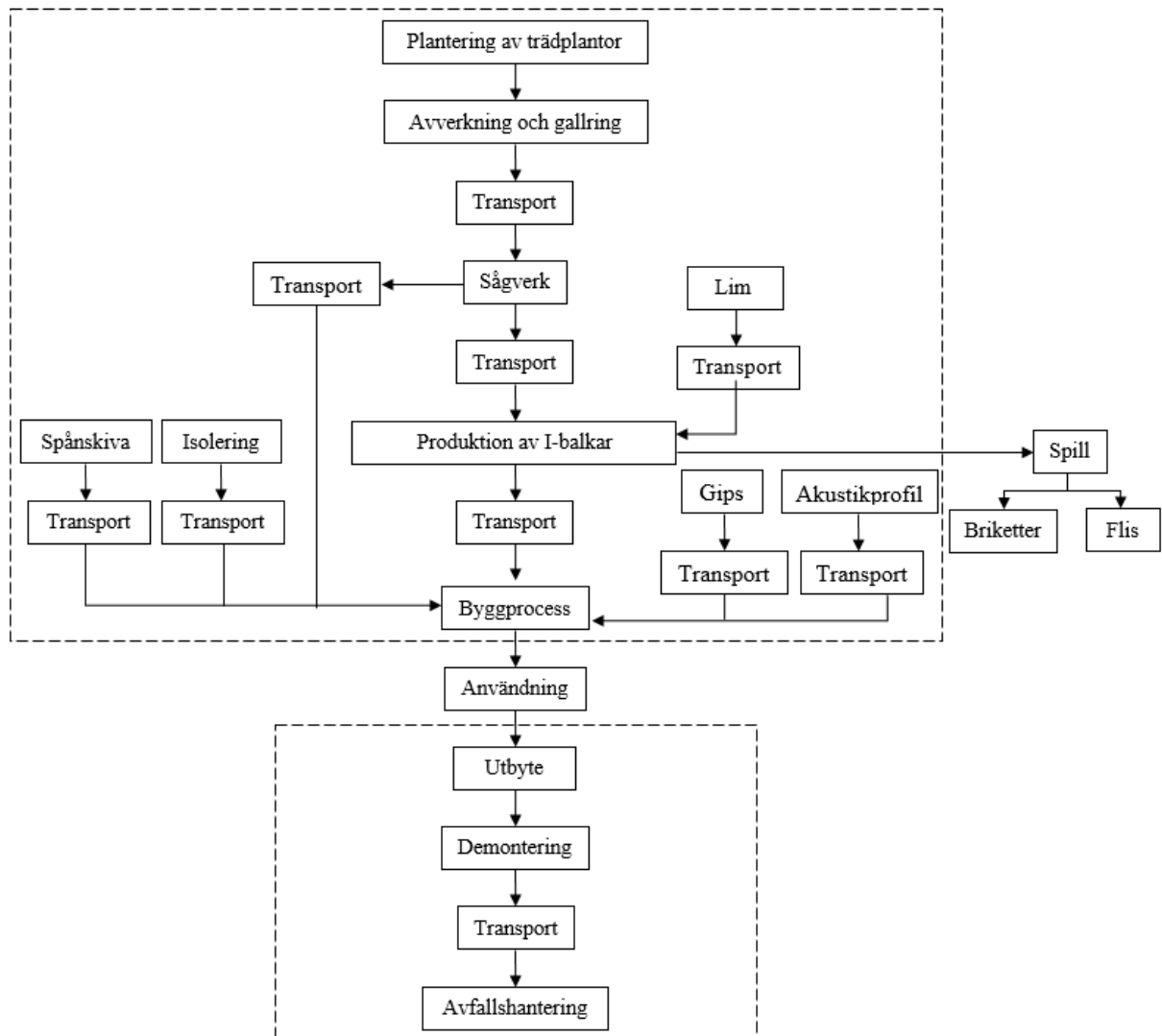
Figur 16: Bjälklagskonstruktion med lättviktsbalk. Alla mått är angivna i millimeter.

Bjälklagstvärsnittets egenskaper i förhållande till funktionell enhet stämmer väl vilket visas i tabell 6.

Tabell 6: Bjälklagskonstruktion med lättviktsbalkar, egenskaper i förhållande till funktionell enhet

Egenskaper	Bärande bjälklag med lättviktsbalk	Krav enligt funktionell enhet
Brandtekniska egenskaper	REI 60	REI 60
Akustiska egenskaper	Ljudklass C	Ljudklass C
Lastkapacitet	2,5 kN/m ²	2,5 kN/m ²
Storlek	0,6*0,6 m ²	0,6*0,6 m ²

Det detaljerade flödesschemat för bjälklagstvärsnitt med lättviktsbalkar redovisas i figur 17.



Figur 17: Flödesschema för bjälklagstvärsnitt med lättviktsbalk.

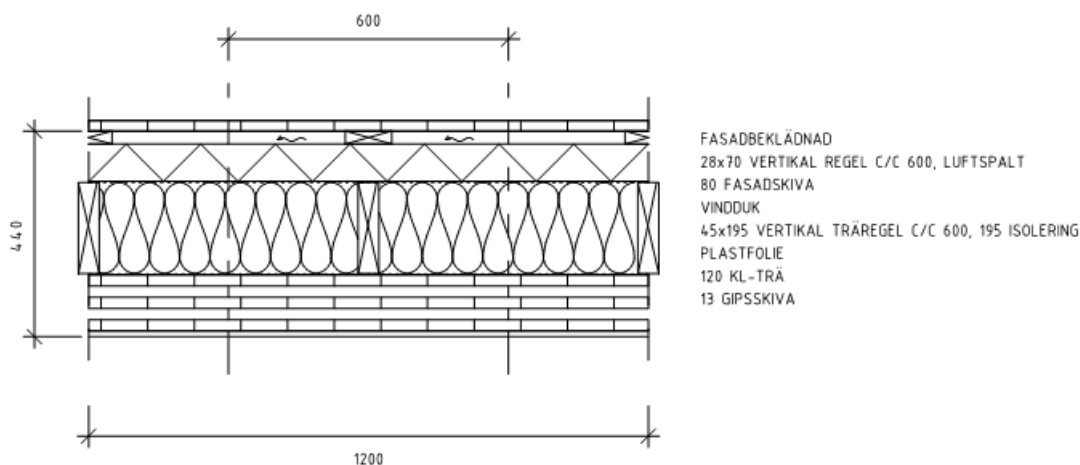
Precis som för ytterväggen har miljödeklarationen för konstruktionsvirke kompletterats med en miljödeklaration som täcker hela livscykeln, se bilaga 2, tabell 13.

Samtliga transportsträckor som har använts vid beräkning av transportmodulen A4 finns angiva i bilaga 4, tabell 19.

4.5 Bärande stomme med KL-trä – beskrivning av analyserat tvärsnitt

Bärande ytterväggskonstruktion med KL-trä som bärande element är framtagen i dialog med KL-trä leverantören Stora Enso. I detta kapitel kommer konstruktionslösningen att redovisas. Även tvärsnittets egenskaper i förhållande till funktionell enhet kommer att beskrivas.

I figur 18 presenteras tvärsnittet av ytterväggskonstruktionen som har använts i livscykelanalysen.



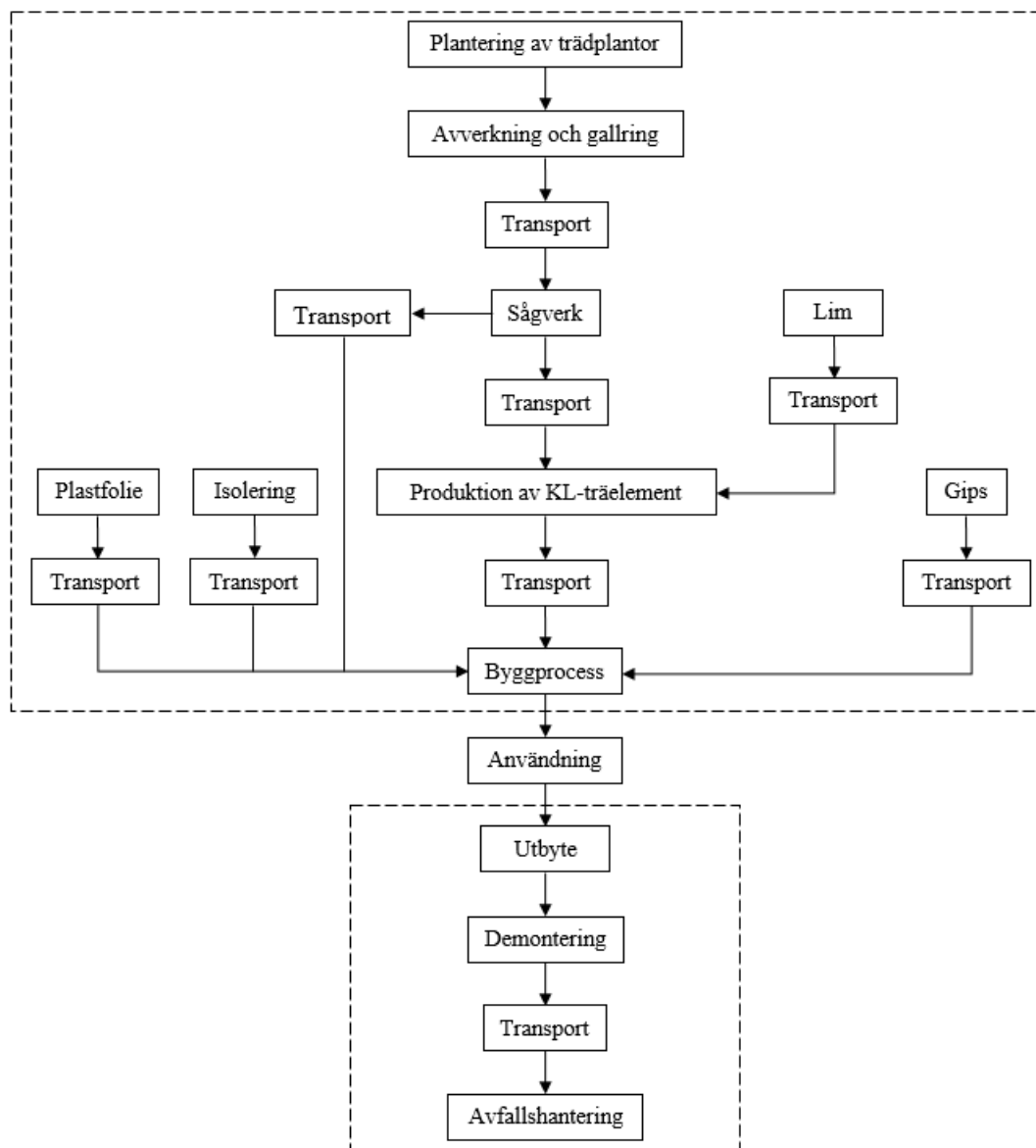
Figur 18: Tvärsnittskonstruktion för yttervägg med KL-trä. Alla mått är angivna i millimeter.

Bärande ytterväggskonstruktionens egenskaper i förhållande till funktionell enhet redovisas i tabell 7. Ytterväggskonstruktionen med KL-träs egenskaper stämmer väl med den funktionella enheten.

Tabell 7: Egenskaper för tvärsnitt för bärande yttervägg med KL-trä i förhållande till funktionell enhet.

Egenskaper	Bärande yttervägg med KL-trä	Krav enligt funktionell enhet
Brandtekniska egenskaper	REI 60	REI 60
Akustiska egenskaper	25 dB reduktion	25 dB reduktion
Lastkapacitet	75 kN/m	75 kN/m
Värmeisoleringsförmåga	0,12 W/m ² K	0,12 W/m ² K
Storlek	0,6*0,6 m ²	0,6*0,6 m ²

Det detaljerade flödesschemat som beskriver vilka delar av konstruktionens tvärsnitt som har inkluderats i analysen finns i figur 19.



Figur 19: Detaljerat flödesschema för bärande yttervägg med KL-trä.

För konstruktionsvirket i tvärsnittet har precis som i övriga tvärsnitt delar av livsnykeln kompletterats med en annan miljödeklaration. Hänvisning till denna miljödeklaration och övriga miljödeklarationer som har använts för att beräkna tvärsnittets miljöpåverkan finns angivna i bilaga 1, tabell 11.

De transportsträckor som har använts vid beräkning av transportmodulen A4 finns angivna i bilaga 3, tabell 17.

5. RESULTAT OCH ANALYS

I resultat och analys kommer livscykelanalysens resultat att presenteras och analyseras. Kapitlet börjar med en analys av tvärsnitten för bärande ytterväggar i samtliga miljöpåverkanskategorier och fortsätter sedan med att gå igenom bjälklagstvärsnitten på samma sätt. Kapitlet motsvarar både inventeringsanalysen och påverkansanalysen.

5.1 Bärande ytterväggar

I delkapitlet resultatet av livscykelanalyserna för tvärsnitten av bärande ytterväggar presenteras under respektive miljöpåverkanskategori.

Genomgående för analysen presenteras tvärsnittet med KL-trä två gånger. Det beror på att i det fall då KL-trä förbränns i slutskedet har det mycket stor miljöpåverkan i de olika miljöpåverkanskategorierna. I och med att det är osäkert hur avfallet kommer att hanteras vid slutet av byggnadens livslängd har därför även ett scenario då KL-trä återvinns inkluderats i analysen. Det påverkar endast tvärsnittets slutskede, modul C.

5.1.1 Klimatpåverkan – bärande ytterväggar

Klimatpåverkan från de olika träbyggnadsteknikerna presenteras i figur 20. Samtliga tekniker har ungefär lika stora utsläpp av koldioxidekvivalenter. Tvärsnittet med lättviktsregeln har dock något högre utsläpp än övriga analyserade tvärsnitt. Medan tvärsnittet med KL-trä där KL-träet återvinns i slutskedet har lägst klimatpåverkan.

I produktskedet, modul A1-3 är mängden utsläpp av koldioxidekvivalenter mycket lika mellan de olika tvärsnitten. Konstruktionsvirke har lägst utsläpp, 5,3 kg CO₂ ekvivalenter och lättviktsbalken högst, 5,8 kg CO₂ ekvivalenter. Tvärsnittet med LVL ligger mittemellan med ett utsläpp på 5,5 kg CO₂ ekvivalenter per funktionell enhet och strax över det ligger tvärsnittet med KL-trä med 5,6 kg CO₂ ekvivalenter per funktionell enhet.

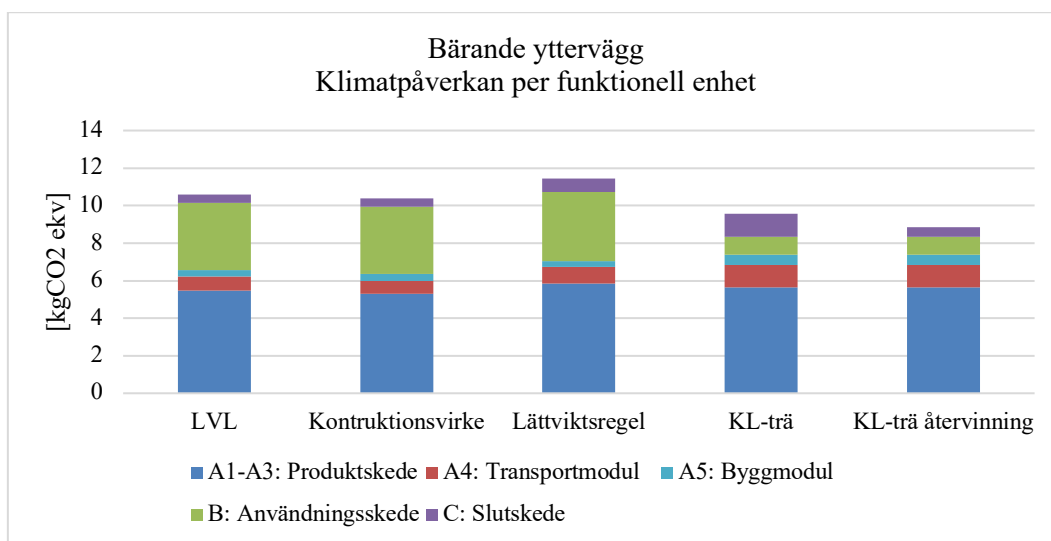
I transportmodulen A4 har tvärsnittet med konstruktionsvirke lägst klimatpåverkan. Det beror framförallt på att transportsträckorna av träet är korta för scenariot med Derome som virkesleverantör. Efter konstruktionsvirke har tvärsnittet med LVL lägst bidrag till klimatpåverkan, det beror framförallt på att planelementen inte behöver transporteras i och med att de monteras på byggarbetsplatsen. Tvärsnittet med KL-trä har högst påverkan i transportmodulen vilket sannolikt beror på de stora elementen som transporters.

I modulen för byggskedet, A5 är utsläppen i princip desamma. I modulen sker monteringen av material till element.

Modul B4 för utbyte av material inom användningsskedet för byggnaden är den modul där klimatpåverkan från de olika tvärsnitten skiljer sig mest. Tvärsnittet med lättviktsregeln är den träbyggnadsteknik som har högst utsläpp av koldioxidekvivalenter i modulen. Det beror framförallt på att tvärsnittet har något mer gips, jämfört med tvärsnittet med LVL och konstruktionsvirke. Tvärsnittet med KL-trä har lägst påverkan i denna kategori vilket sannolikt beror på att det är färre material i tvärsnittet som kräver utbyte.

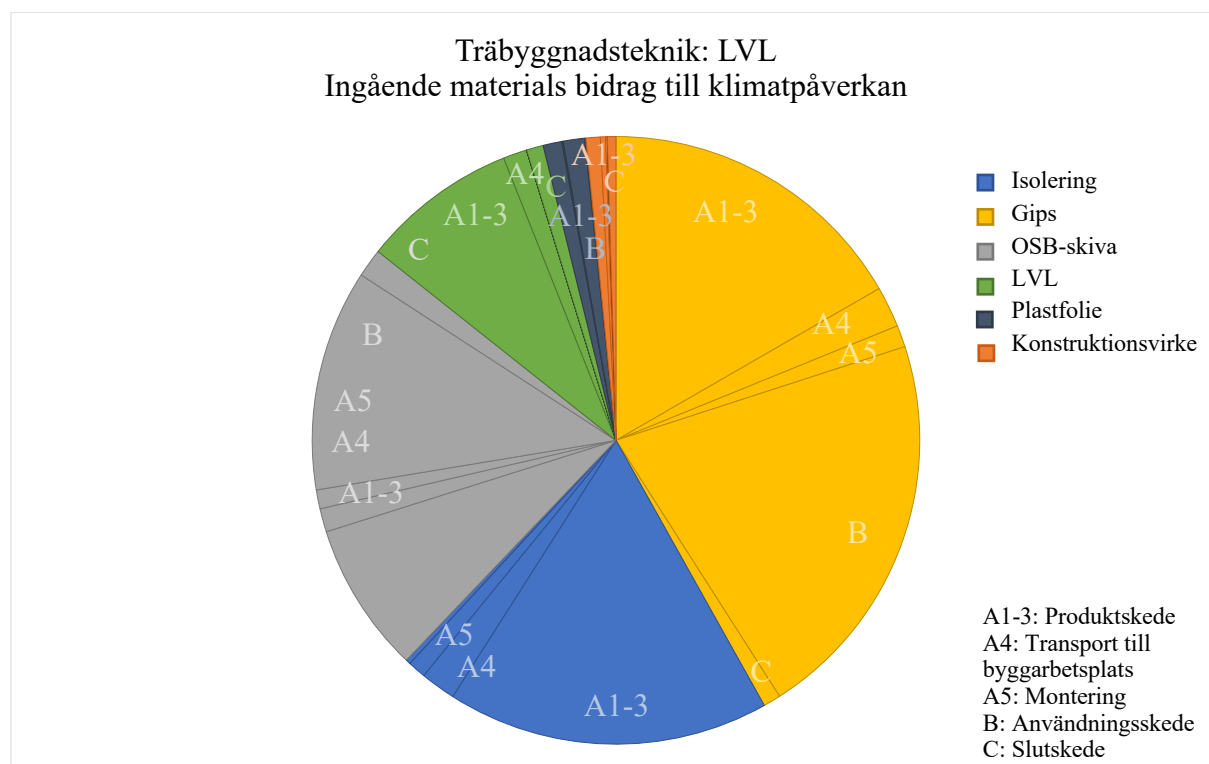
De material som kräver utbyte inom byggnadens livslängd är gips, plastfolie och OSB-skiva. Arbetet har däremot inte utrett huruvida det är genomförbart eller inte. Det gäller för samtliga miljöpåverkanskategorier.

I slutskedet, modulerna C1-C4 har tvärsnittet med KL-trä störst klimatpåverkan. Det beror på förbränningen av just KL-trä-elementet vid avfallshanteringen.

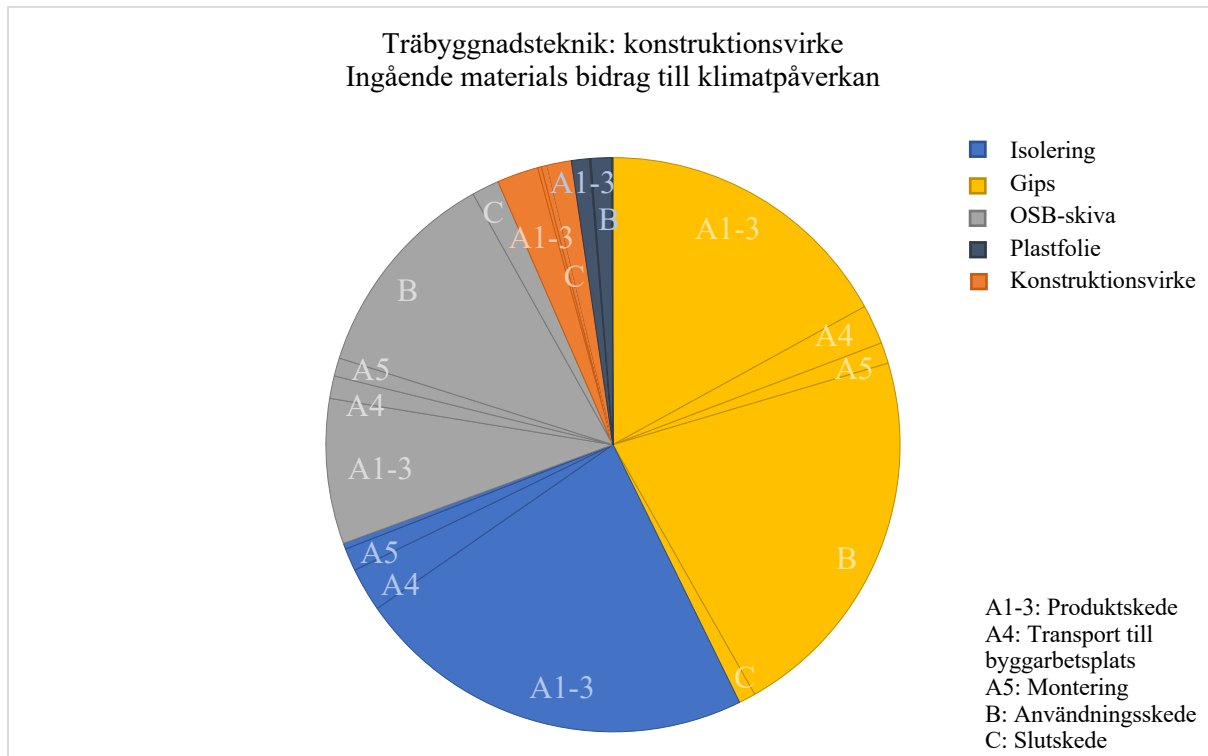


Figur 20: Klimatpåverkan från bärande ytterväggskonstruktioner per funktionell enhet

Fördelningen av klimatpåverkan mellan materialen i tvärsnitten skiljer sig något åt. De bärande ytterväggarna med LVL och konstruktionsregel har relativt lika fördelning av klimatpåverkan mellan materialen, se figur 21 och figur 22. Det som skiljer de tvärsnitt åt är framförallt den bärande elementen i tvärsnitten, vilket är LVL-regeln och regeln av konstruktionsvirke.

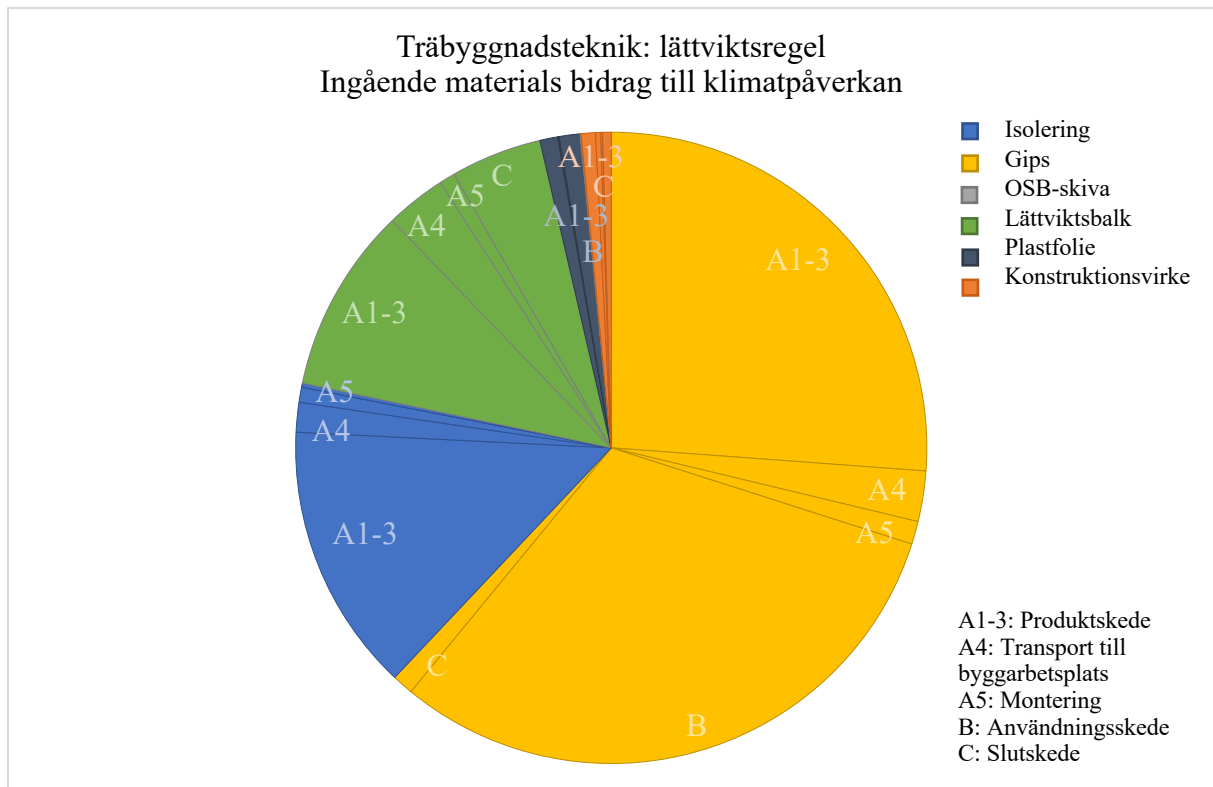


Figur 21: Klimatpåverkan från bärande ytterväggskonstruktion med LVL fördelat på material.



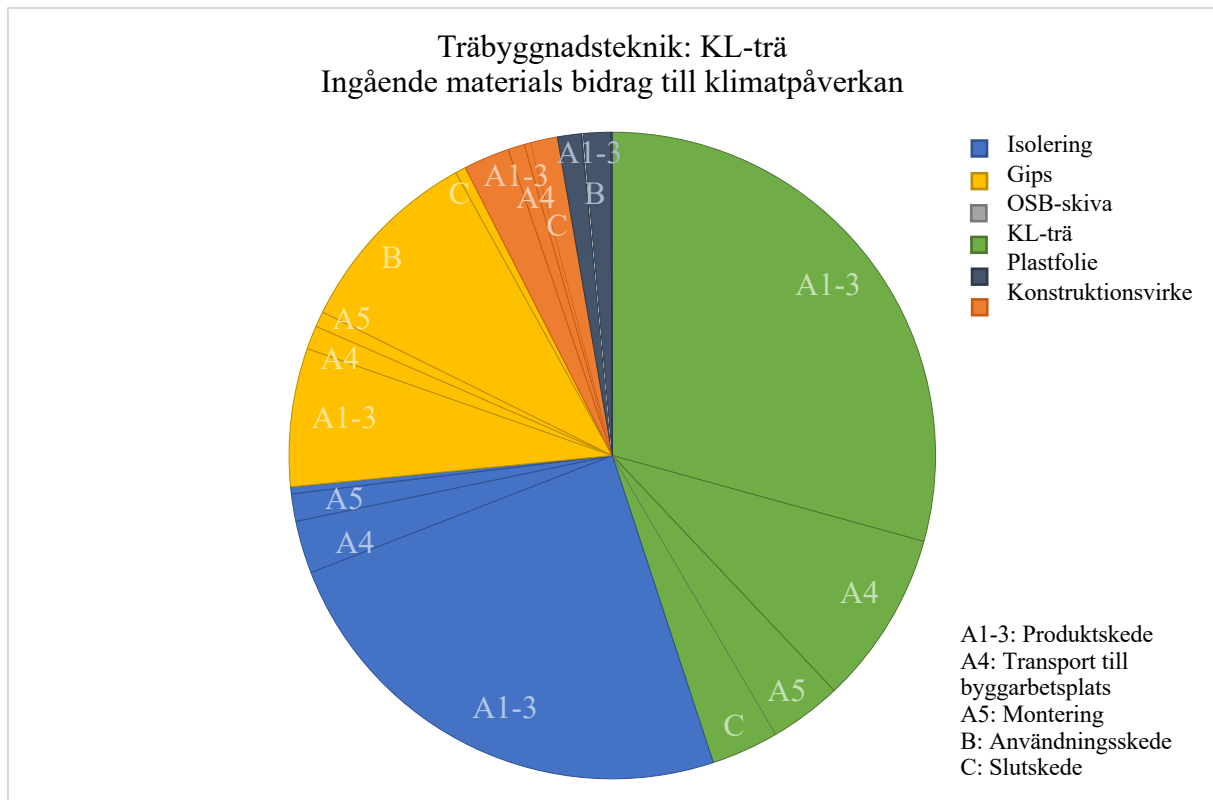
Figur 22: Klimatpåverkan från bärande ytterväggskonstruktion med konstruktionsvirke fördelat på material.

Fördelningen av klimatpåverkan mellan materialen i tvärsnittet med lättviktsregeln ser däremot annorlunda ut jämfört med de två tidigare presenterade tvärsnitten, se figur 23. Det beror framförallt på att tvärsnittet med lättviktsregeln har mer gips än de övriga två.



Figur 23: Klimatpåverkan från bärande ytterväggskonstruktion med lättviktsregel fördelat på material.

Slutligen ser fördelningen av klimatpåverkan från materialskikten i KL-träkonstruktionen även annorlunda ut, se figur 24. Det är tydligt att det bärande elementet här har större bidrag till klimatpåverkan än tidigare lösningar. Det beror framförallt på att mängden bärande element är så pass mycket större för ett planelement jämfört med en regel. I övrigt är det tydligt att precis som för övriga tvärsnitt har både isolering och gips stort bidrag till klimatpåverkan.



Figur 24: Klimatpåverkan från tvärsnitt med KL-trä fördelat över material.

5.1.2 Nedbrytning av stratosfäriskt ozon – bärande ytterväggar

Utsläpp med bidrag till nedbrytning av stratosfäriskt ozon skiljer sig en del mellan de analyserade tvärsnitten, se figur 25. Det tvärsnitt av bärande yttervägg som har störst utsläpp med bidrag till nedbrytning av stratosfäriskt ozon är tvärsnittet med lättviktsregeln. Därefter kommer tvärsnitten med KL-trä.

I produktskedet, modul A1-3, har KL-trä störst bidrag till nedbrytning av stratosfäriskt ozon vilket orsakas av den större mängden behandlat trä.

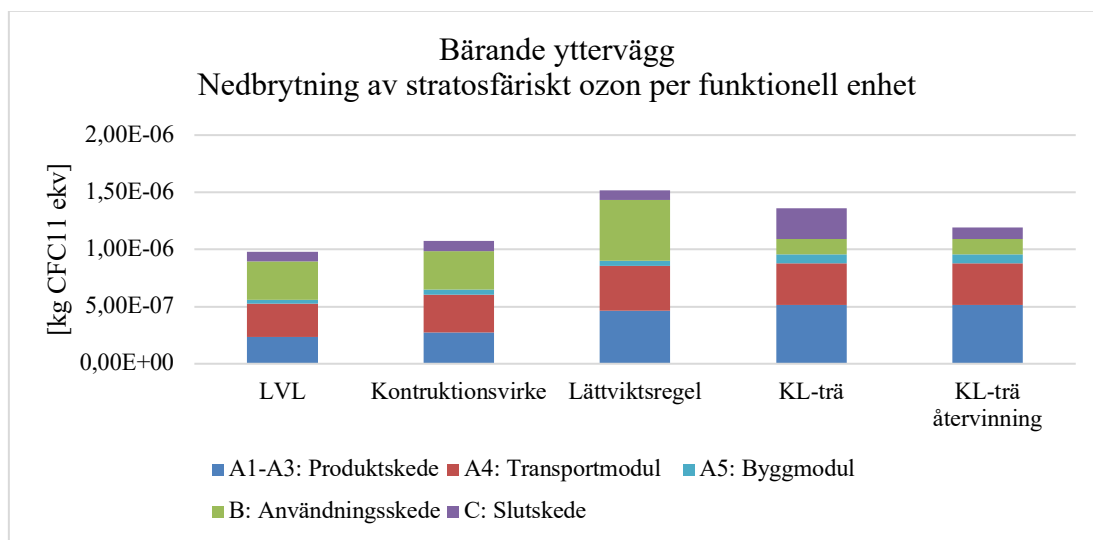
Av regelkonstruktionerna har tvärsnittet med lättviktsregel störst bidrag till nedbrytning av stratosfäriskt ozon. Det beror framförallt på att det bärande elementet, lättviktsregeln, har ett större bidrag till miljöpåverkanskategorin än de bärande elementen i andra tvärsnitt. Utöver det har tvärsnittet med lättviktsregel även något mer isolering jämfört med de övriga tvärsnitten samt mer brandgips. Det är båda material som har större bidrag till nedbrytning av stratosfäriskt ozon än övriga material i tvärsnitten.

I transportmodulen, A4 är fördelningen av utsläpp som bidrar till nedbrytning av stratosfäriskt ozon mycket lika för regelstommarna. Tvärsnittet med KL-trä har något högre påverkan i denna modul. Det gäller även för bygghjulen A5.

Under användningsskedet av byggnaden och utbyte av material, på grund av dess tekniska livslängd, har tvärsnittet med lättviktsregel störst utsläpp. Det beror framförallt på att tvärsnittet med lättviktsregel har två brandgipsskivor som kräver utbyte istället för en brandgipsskiva som de andra två tvärsnitten. Tvärsnittet med KL-trä har återigen lägst utsläpp i användningsskedet.

Utsläpp med bidrag till nedbrytning av stratosfäriskt ozon i slutskedet av tvärsnittens livscykel är mycket lika för regelstommarna samt det tvärsnitt med KL-trä där KL-trä återvinns. Vid förbränning av KL-trä är det i denna miljöpåverkanskategori tydligt att det är stor skillnad på utsläppsmängden beroende på avfallshantering.

Sammanfattningsvis är det framförallt utsläppen i produktskedet och användningsskedet som bidrar till att tvärsnittet med lättviktsregel har störst påverkan på nedbrytning av stratosfäriskt ozon av regelstommarna. Slutligen är det tvärsnittet med KL-trä som har störst total påverkan i det fall då KL-trä elementen förbränns i slutskedet.

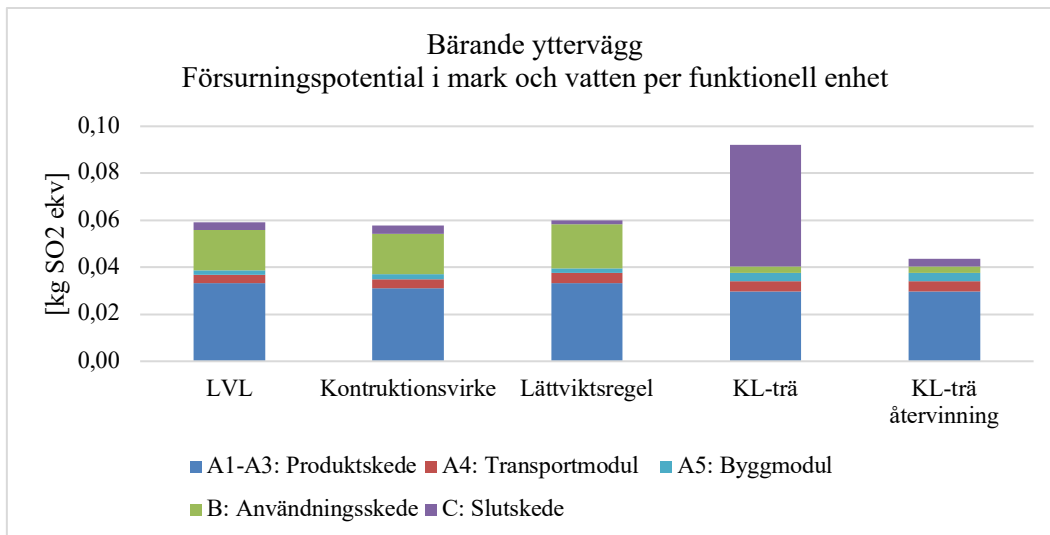


Figur 25: Nedbrytning av stratosfäriskt ozon per funktionell enhet för bärande yttervägg.

5.1.3 Försurningspotential i mark och vatten – bärande ytterväggar

Försurningspotentialen i mark och vatten för de olika träbyggnadsteknikerna är mycket lika över större delen av livscykeln, se figur 26. Det blir dock tydligt att färre utbyten av material krävs i tvärsnittet med KL-trä samt att det blir viss skillnad mellan de olika tvärsnitten i slutskedet, framförallt då KL-trä elementen förbränns.

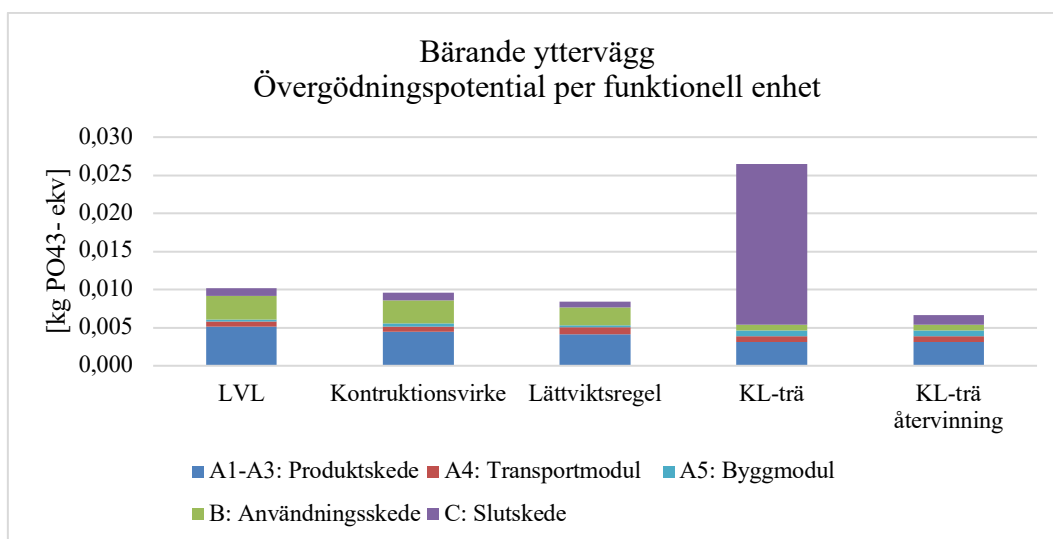
I modulen för slutskedet har tvärsnittet med lättviktsregel märkbart lägre försurningspotential än de övriga tvärsnitten. Orsaken är att tvärsnittet med konstruktionsvirke och tvärsnittet med LVL innehåller en OSB-skiva vilken har stor försurningspotential relaterat till övriga material i tvärsnitten. Samt att förbränningen av KL-trä har stor påverkan.



Figur 26: Försurningspotential i mark och vatten per funktionell enhet för bärande ytterväggar.

5.1.4 Övergödningspotential – bärande ytterväggar

Övergödningspotentialen hos de olika träbyggnadsteknikerna är mycket lika över i stort sett hela livsrykeln, se figur 27. Tvärsnittet med lättviktsregeln har dock märkbart lägre påverkan under användningsskedet. Det beror på att tvärsnittet inte har en OSB-skiva. I slutligen är det återigen tydligt hur förbränningen av KL-trä påverkar miljöpåverkanskategorin.



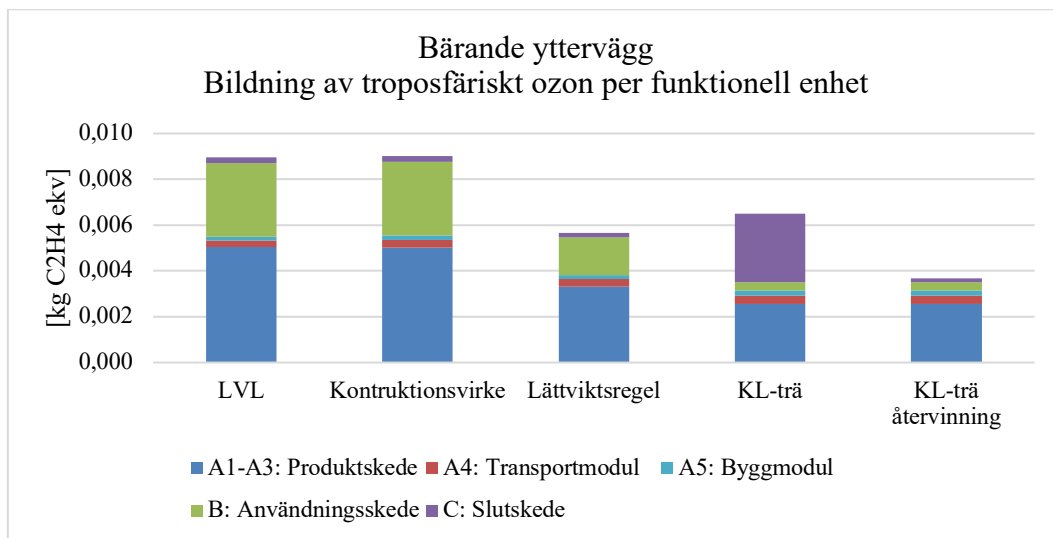
Figur 27: Övergödningspotential per funktionell enhet för bärande ytterväggar

5.1.5 Bildning av troposfäriskt ozon – bärande ytterväggar

Bärande yttervägg med LVL och konstruktionsvirke har mycket lika utsläpp som bidrar till bildning av troposfäriskt ozon, över hela livsrykeln, se figur 28. Medan tvärsnitten med lättviktsregel och KL-trä har märkbart lägre påverkan i denna kategori.

I produktskedet, modul A1-3 och i användningsskedet, modul B4 är skillnaden mellan tvärsnitten med LVL och konstruktionsvirke samt tvärsnitten med lättviktsregel och KL-trä stor. Det beror framförallt på att tvärsnitten med lättviktsregel och KL-trä inte innehåller en OSB skiva. Vilket de båda andra tvärsnitten gör.

Även i slutskedet, modul C har lättviktsregeln lägre utsläpp som bidrar till bildning av troposfäriskt ozon. Precis som i tidigare moduler är det OSB-skivan som bidrar till högre utsläpp i slutskedet för tvärsnitten med LVL och konstruktionsvirke.



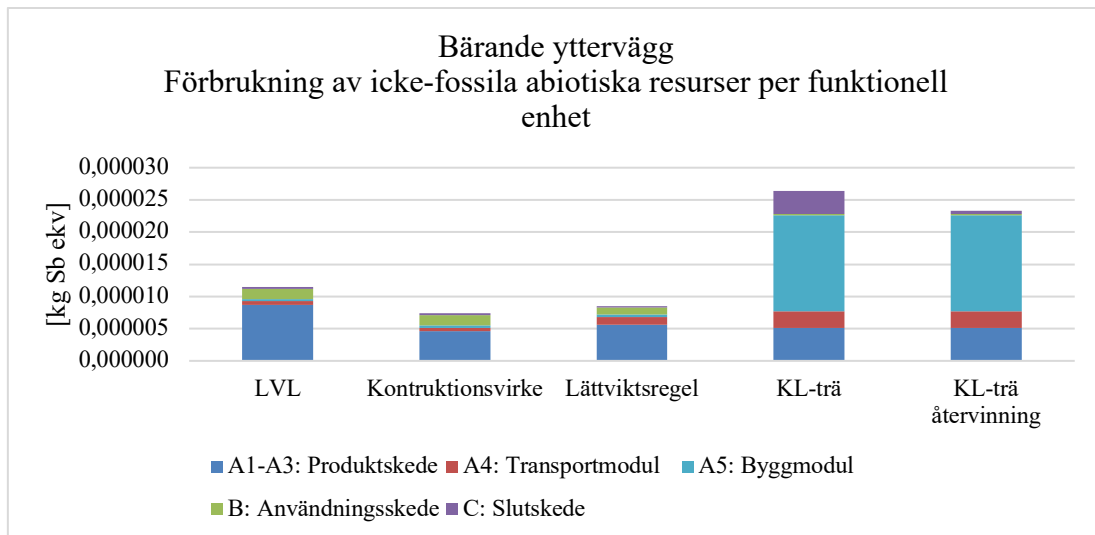
Figur 28: Bildning av troposfäriskt ozon per funktionell enhet för bärande ytterväggar.

5.1.6 Förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser – bärande ytterväggar

Över hela livsrykeln har tvärsnittet med konstruktionsvirke lägst förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser, se figur 29. Tvärsnittet med lättviktsregel har något högre förbrukning än konstruktionsvirke och tvärsnittet med LVL ytterligen något högre förbrukning. Medan KL-trä har betydligt större förbrukning än övriga tre tvärsnitt.

I produktskedet, A1-3 har tvärsnittet med LVL störst förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser. Det beror framförallt på LVL-elementets bidrag i denna miljöpåverkanskategori.

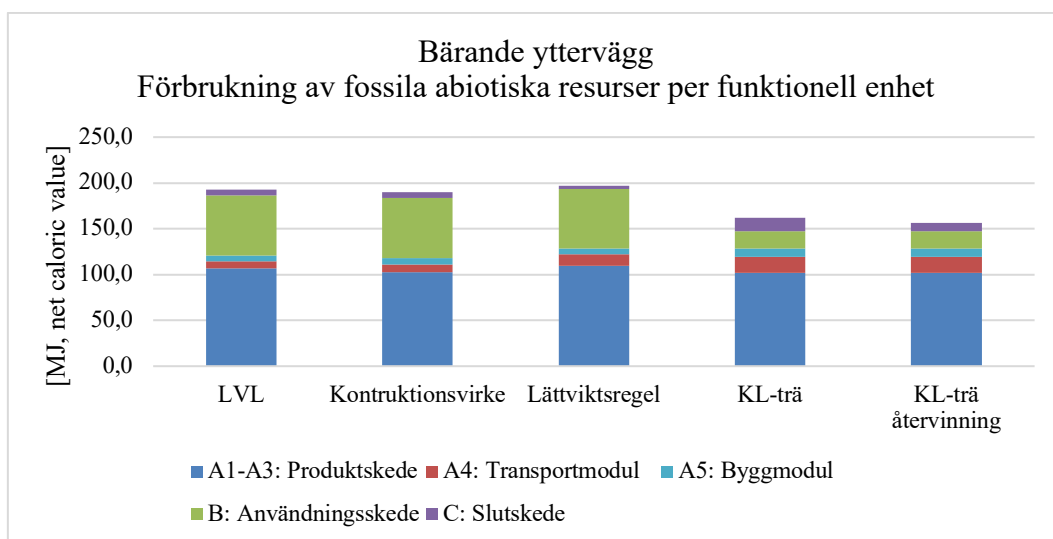
Det är i byggmodulen A5 som tvärsnittet med KL-trä har betydligt större förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser än övriga tvärsnitt. Förbrukningen härstammar från KL-trä elementen men det framgår inte varför utsläppen är så pass höga i denna miljöpåverkanskategori. I och med att beräkningarna är baserade på en annan miljödeklaration än den som var given av leverantören bör resultatet granskas med försiktighet.



Figur 29: Förbrukning av ickefossila abiotiska resurser per funktionell enhet för bärande yttervägg.

5.1.7 Förbrukning av fossila abiotiska resurser – bärande ytterväggar

Förbrukning av fossila abiotiska resurser är störst för tvärsnittet med lättviktsregel, se figur 30. Förbrukningen i modul A1-3 är det som skiljer lättviktsregeln från andra tekniker. Det beror på de dubbla brandgipsskivorna. Tvärsnittet med KL-trä har lägst förbrukning av fossila abiotiska resurser, vilket framförallt beror på låg påverkan i användningsskedet, modul B4.



Figur 30: Förbrukning av fossila abiotiska resurser per funktionell enhet för bärande yttervägg.

5.2 Bjälklag

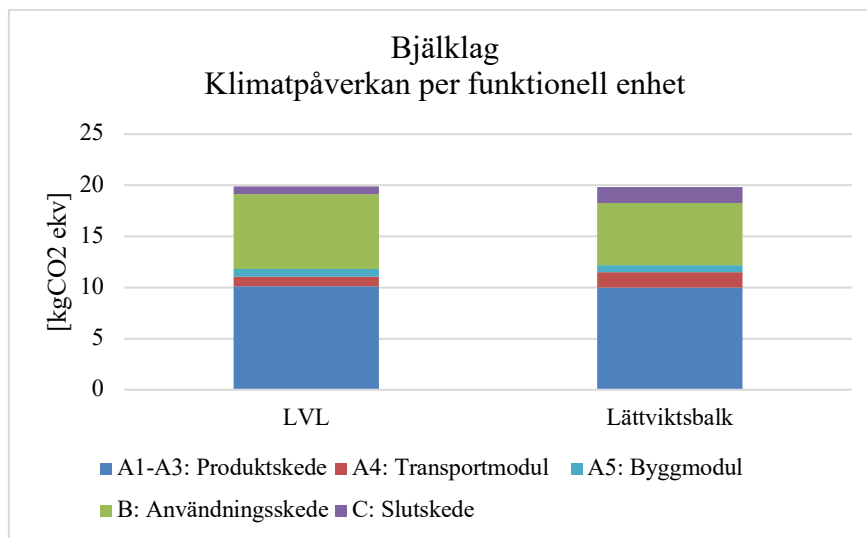
Miljöpåverkan från bjälklagstvårsnittet kommer i följande delkapitel att presenteras under respektive miljöpåverkanskategori.

5.2.1 Klimatpåverkan – bjälklag

Utsläpp som bidrar till klimatpåverkan är mycket lika för de båda tvärsnitten sett över livscykelns se figur 31. Tvärsnittet med LVL har något större påverkan men denna bör inte anses vara avgörande. De moduler där skillnaden mellan utsläppsmängderna är störst är under användningsskedet och slutskedet.

Under byggnadens användningsskede krävs utbyte av en del material, vilket ger upphov till utsläppen i modul B. I denna modul har tvärsnittet med LVL större klimatpåverkan. Det beror framförallt på att tvärsnittet har något mer gips som behöver bytas ut än tvärsnittet med lättviktsbalken.

Under slutskedet är det avfallshandlingen av lättviktsbalken som ger upphov till skillnaden i utsläpp med bidrag till klimatpåverkan.

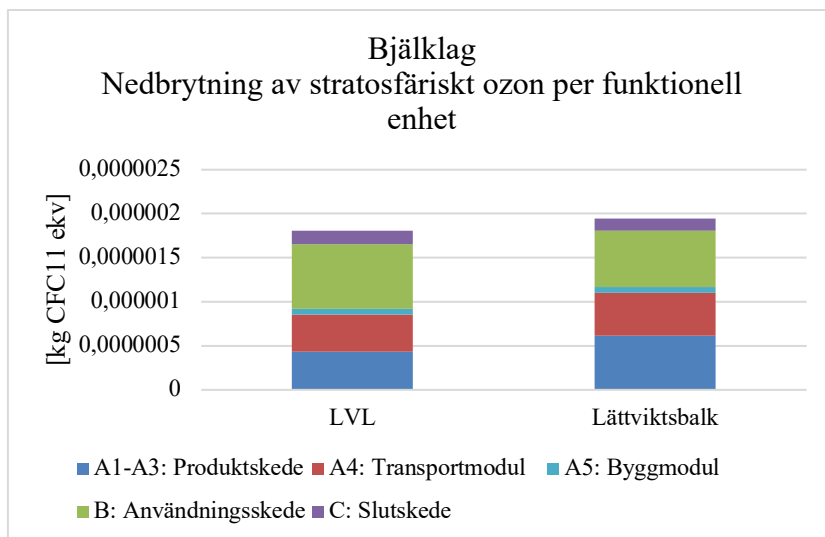


Figur 31: Klimatpåverkan per funktionell enhet för bjälklag.

5.2.2 Nedbrytning av stratosfäriskt ozon – bjälklag

Bjälklagens bidrag till nedbrytning av stratosfäriskt ozon är lägre för tvärsnittet med LVL, se figur 32. Tvärsnittet med LVL har dock större utsläpp som bidrar till nedbrytning av stratosfäriskt ozon i de tre sista livscykelstadierna jämfört med tvärsnittet med lättviktsbalk. Däremot har lättviktsbalken så pass mycket högre utsläpp i produktmodulen A1-3 att tvärsnittet med lättviktsbalk totalt har ett större utsläpp med bidrag till nedbrytning av stratosfäriskt ozon totalt.

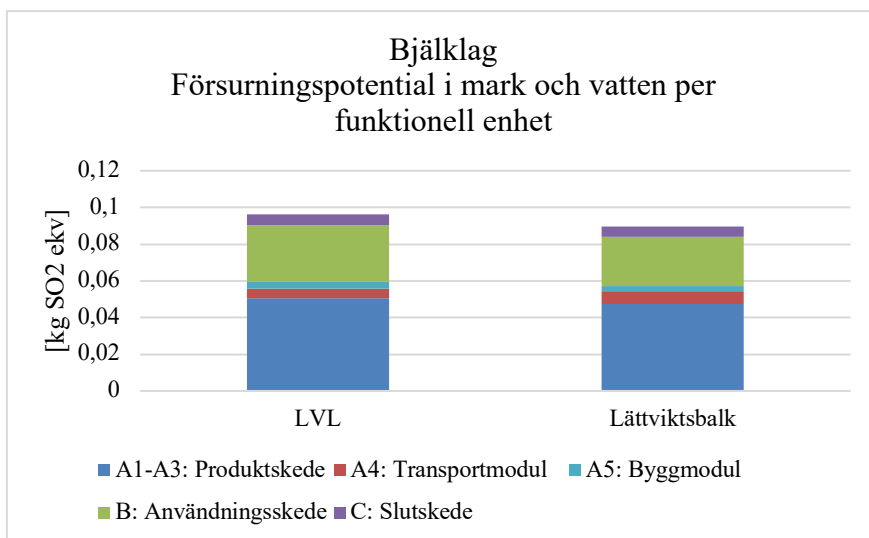
I produktmodulen, A1-3 beror tvärsnittet med lättviktsbalkens högre utsläpp framförallt på själva lättviktsbalken samt de två brandgipsskivorna.



Figur 32: Nedbrytning av stratosfäriskt ozon per funktionell enhet för bjälklag.

5.2.3 Försurningspotential av mark och vatten – bjälklag

Försurningspotentialen för bjälklagstvärsnitten är jämna över hela livscykel, se figur 33. Tvärsnittet med LVL har något högre utsläpp i produktskede, modulskede, användningsskede och slutskede. Vilket resulterar i störst total försurningspotential sett över hela livscykel.



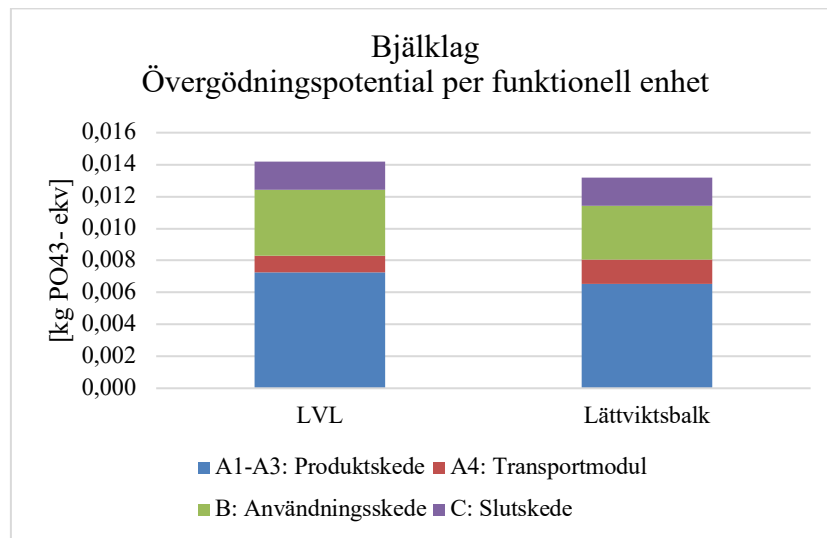
Figur 33: Försurningspotential i mark och vatten per funktionell enhet för bjälklag.

5.2.4 Övergödningspotential – bjälklag

Övergödningspotentialen från bjälklagstvärsnitten är störst för tvärsnittet med LVL, se figur 34. Tvärsnittet har framförallt högre utsläpp med övergödningspotential i modulerna för produktskede och användningsskede.

I produktskedet, modul A1-3 beror LVL-tvärsnittets högre utsläpp på mängden gips i tvärsnittet. Följaktligen beror även skillnaden utsläppsmängd i användningsskedet under

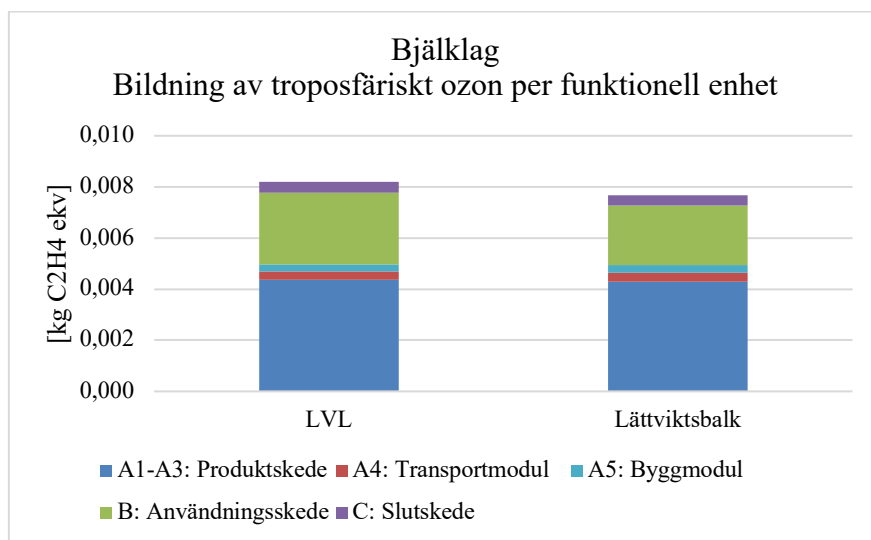
utbytet i modul B4 på att tvärsnittet med LVL innehåller mer gips än tvärsnittet med lättviktsbalk.



Figur 34: Övergödningspotential per funktionell enhet för bjälklag.

5.2.5 Bildning av troposfäriskt ozon – bjälklag

Utsläpp med bidrag till bildning av troposfäriskt ozon är störst för tvärsnittet med LVL, se figur 35. Den största skillnaden mellan mängden utsläpp sker i modul B och beror återigen på ökad mängd gips i tvärsnittet med LVL.

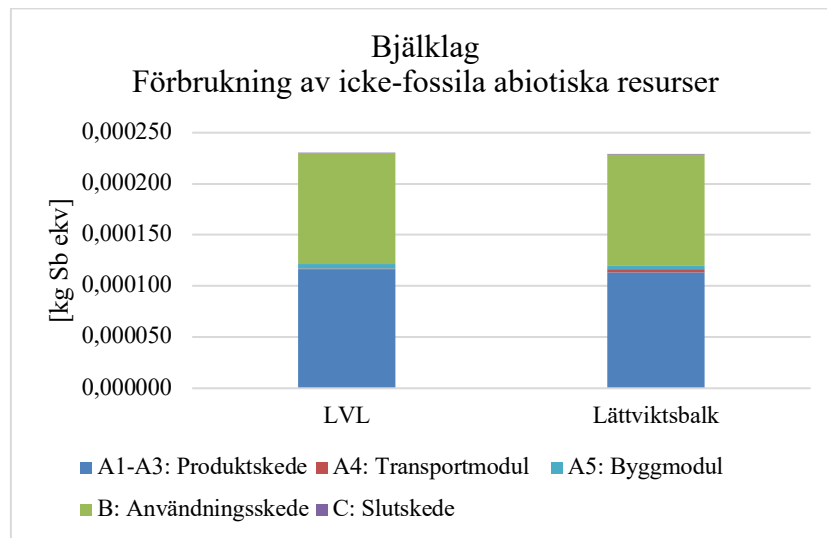


Figur 35: Bildning av troposfäriskt ozon per funktionell enhet för bjälklag.

5.2.6 Förbrukning av icke-fossila abiotiska resurser – bjälklag

Förbrukningen av icke-fossila abiotiska resurser för tvärsnitten är mycket lika över hela livscykeln, se figur 36. Tvärsnittet med lättviktsbalk har dock något högre förbrukning i

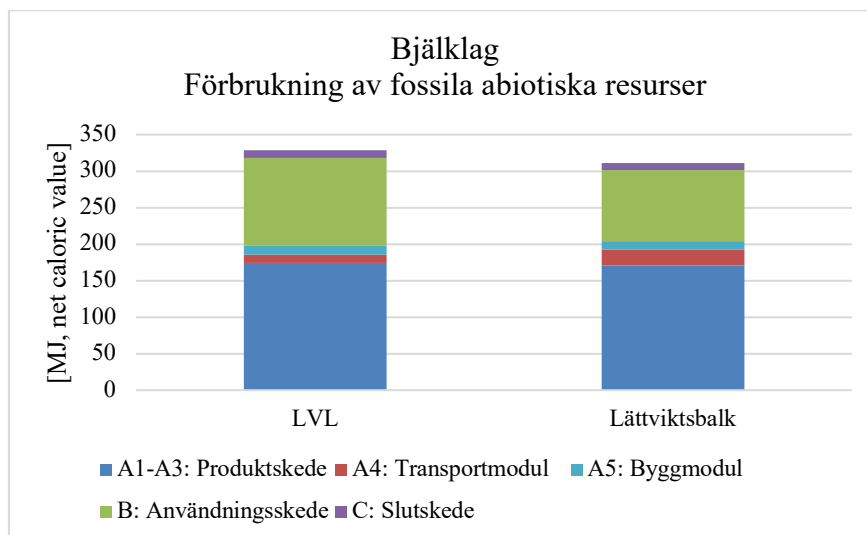
majoriteten av modulerna och det resulterar följaktligen i att tvärsnittet har högre förbrukning sett över hela livscykelns.



Figur 36: Förbrukning av ickefossila abiotiska resurser per funktionell enhet för bjälklag.

5.2.7 Förbrukning av fossila abiotiska resurser – bjälklag

Av bjälklagstvårsnittet har tvärsnittet med LVL störst förbrukning av fossila abiotiska resurser, se figur 37. Den tydligaste skillnaden mellan tvärsnitten uppstår under användningsskedet på grund av utbytet av material. Återigen är det mängden gips i tvärsnittet med LVL som bidrar till det.



Figur 37: Förbrukning av fossila abiotiska resurser per funktionell enhet för bjälklag.

5.3 Känslighetsanalys

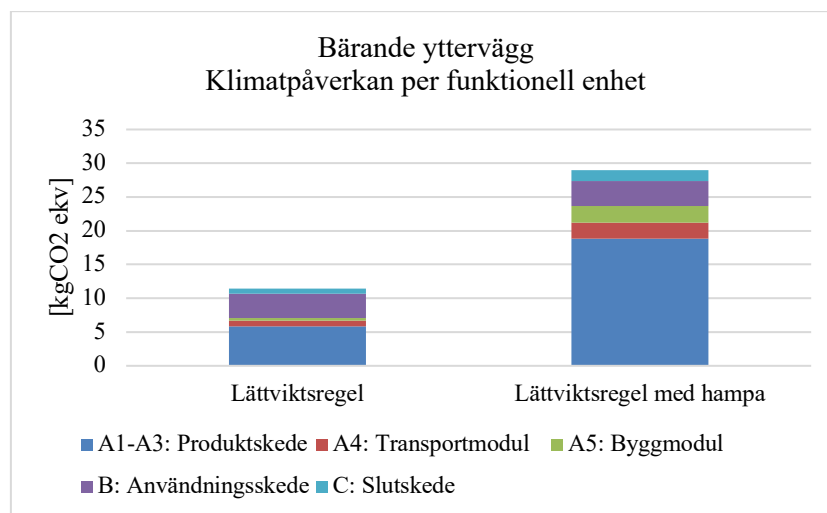
I majoriteten av de miljöpåverkanskategorier som har omfattats i livscykelanalysen står isolering och gips för de största bidragen till höga utsläpp. Det motiverar ett ökat medvetande vid val av dessa material.

Inom projektet Hoppet diskuteras användningen av mer naturliga material för att ersätta just isolering och gips. Dels för att minska klimatpåverkan men också för att uppnå målet om att bygga en fossilfri förskola. För att ersätta gips finns förslag om att använda lera och för att ersätta isolering har hampa och halm diskuterats (Göteborgs Stad 2018). Inom ramen för det här arbetet har det inte varit möjligt att få tag på miljödeklarationer för varken lera eller halm.

Vid användning av halm som isolering är det däremot viktigt att uppmärksamma en del försvårande parametrar. Framförallt är halm i många avseenden en väderberoende produkt vilket ger varierade skördar, framförallt under sommaren 2018 var detta tydligt. Halm är dessutom en restprodukt som lantbrukare återför till åkerjorden för att öka näringsinnehållet i jorden. Används inte halm behöver det ersättas av andra gödningsmedel, till exempel konstgödsel.

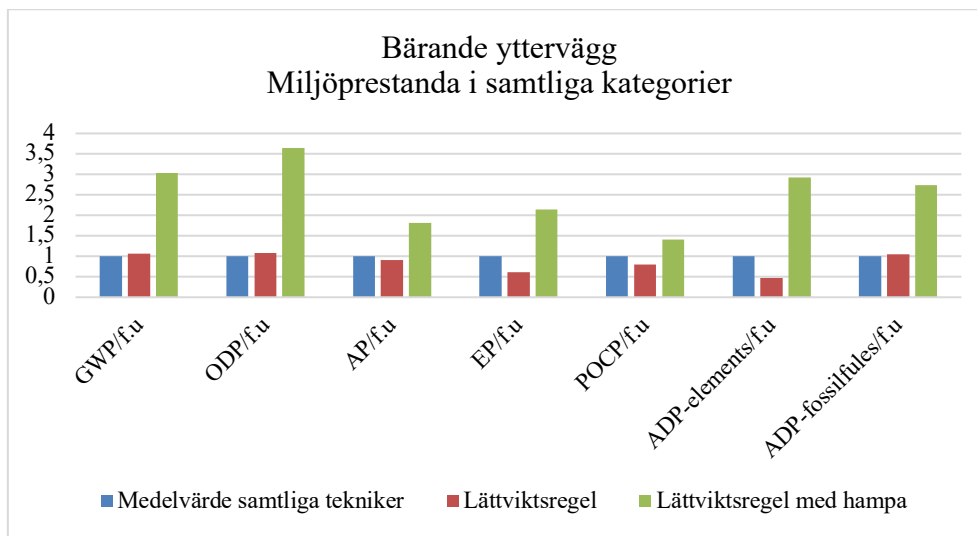
En miljödeklaration för hampakalk har kunnat omfattas i känslighetsanalysen. Den miljödeklaration för hampa som har använts kommer från ett företag med produktion i Frankrike. Hampablocken som företaget tillverkar är så kallad hampa-kalk-komposit vilket är en blandning av flisor av hampa, släckt kalk och bränd kalk. Värmekonduktiviteten för hampablocken är ca 0,076 W/m, K vilket är ungefär dubbelt så mycket än konventionell isolering. För att uppnå samma U-värde i konstruktionen krävs alltså ungefär dubbelt så tjockt lager med isolering.

För att se hur det påverkar klimatpåverkan för tvärsnitten har en överslagsberäkning gjorts för tvärsnittet med lättviktsregel. Isolerskikten i tvärsnittet är ersatta med dubbelt så tjocka isolerskikt med hampa. Resultatet presenteras i figur 38.



Figur 38: Klimatpåverkan från tvärsnitt med lättviktsregel med konventionell isolering och isolering med hampa per funktionell enhet.

Resultatet i figur 38 indikerar att användning av denna typ av isolering nästan fördubblar klimatpåverkan från tvärsnittet. Det är även stor skillnad i de flesta miljöpåverkanskategorier, se figur 39.



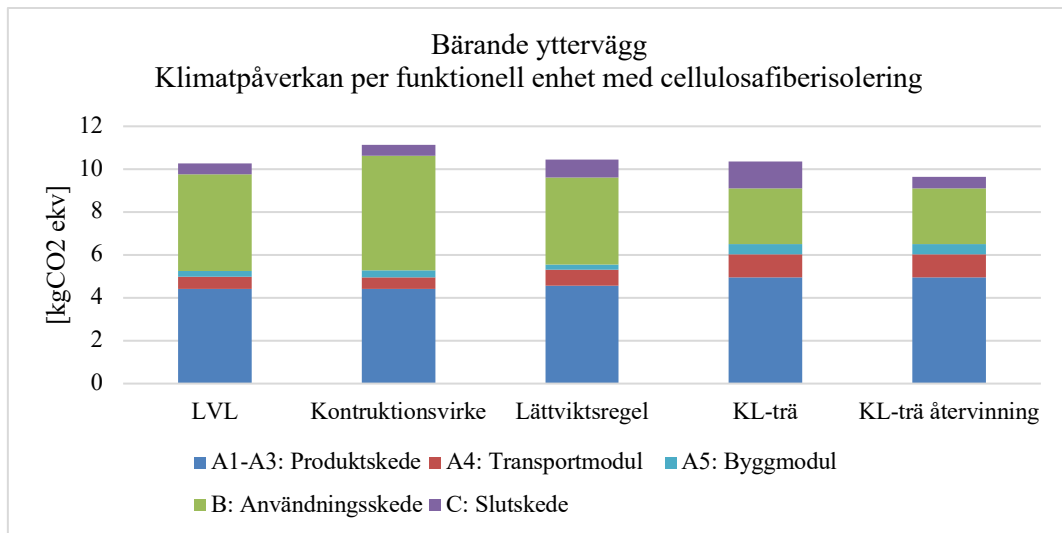
Figur 39: Miljöpåverkan från tvärsnitt av bärande ytterväggar i samtliga miljöpåverkanskategorier relaterat till medelvärdet av samtliga tvärsnitt.

Det finns dock en del osäkerheter kring det här resultatet. Säkerligen kan resultatet skilja sig från andra leverantörer. Troligtvis är det dock kalken som har stort bidrag till den ökade miljöpåverkan från hampaisoleringen. Vid övervägande av denna typ av isolering kan det därför vara värdefullt att se över hur den presterar jämfört med konventionell isolering.

Ett annat alternativt isolermaterial som har omfattats i känslighetsanalysen är cellulosafiberisolering som framställs av återvunna dagstidningar. Isolermågan är ungefär densamma som för konventionell isolering. Miljödeklarationen som legat till grund för beräkningarna för resultatet nedan är baserad på ett företag med produktion i Österrike. Både transportmodulen och byggmodulen är exkluderad för cellulosafiberisoleringen på grund av brist på indata, men då dessa moduler sällan har stor påverkan på resultatet anses det inte vara av större betydelse för känslighetsanalysen.

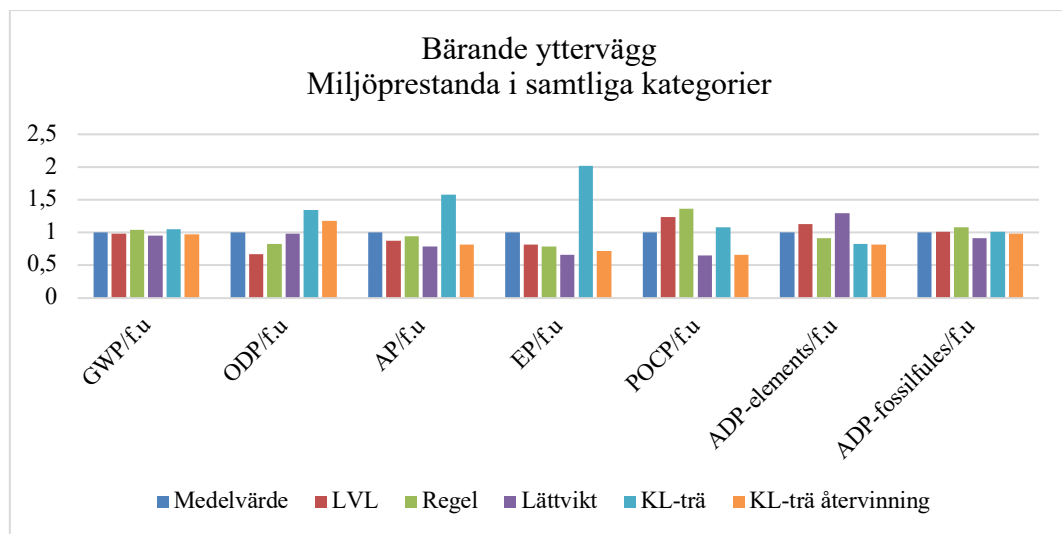
Cellulosafiberisoleringen har betydligt lägre utsläpp i produktskedet, A1-3 jämfört med konventionell isolering. Däremot är utsläppet något högre vid produktens slutskede jämfört med konventionell isolering. Minskningen i modul A1-3 är dock större än ökningen i modul C. I miljödeklarationen framgår inte heller isoleringens verkliga livslängd utan endast den kalkylerade i miljödeklarationen, vilket är 50 år. Det innebär att ett utbyte skulle krävas då cellulosaisolering används. Genomförs däremot inte utbytet utan om den faktiska livslängden är lika lång som byggnadens kommer miljöpåverkan att kunna minska ännu mer vid användning av cellulosaisolering.

För klimatpåverkan blir resultatet av användningen av cellulosaisolering enligt figur 40. Tvärsnittet med lättviktsregeln som tidigare hade näst högst klimatpåverkan av tvärsnittet har nu lägst klimatpåverkan.



Figur 40: Klimatpåverkan från samtliga träbyggnadstekniker med cellulosaisolering.

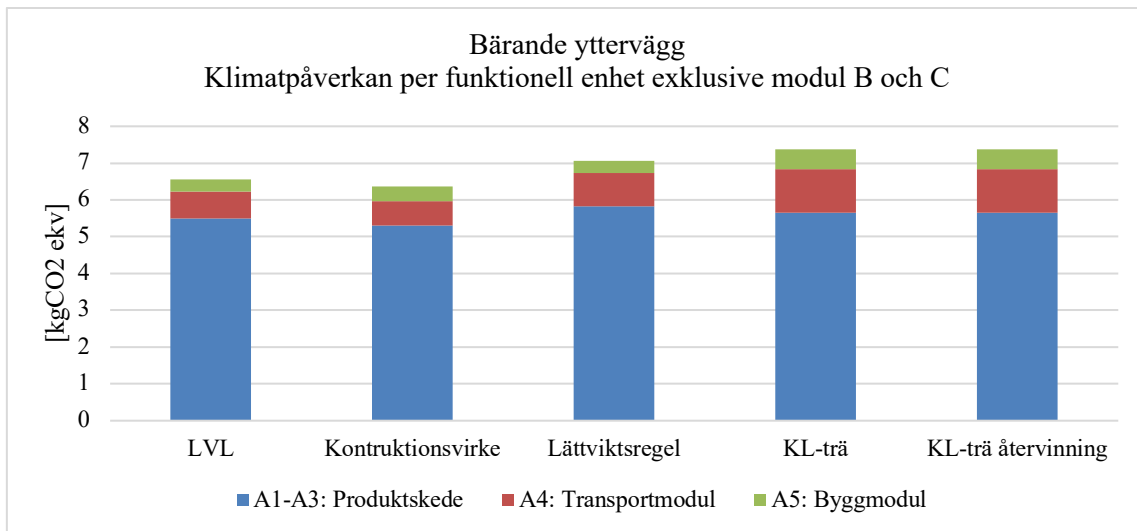
Fördelningen över samtliga miljöpåverkanskategorier med cellulosafiberisolering framgår i figur 41. Tvärsnittens miljöpåverkan i de olika kategorierna är mer varierande än för konventionell isolering. Tvärsnittet med lättviktsregeln är nu lägst i flest kategorier och tvärsnittet med KL-trä högst oavsett avfallshantering.



Figur 41: Miljöpåverkan från samtliga tvärsnitt med cellulosaisolering i alla analyserade miljöpåverkanskategorier

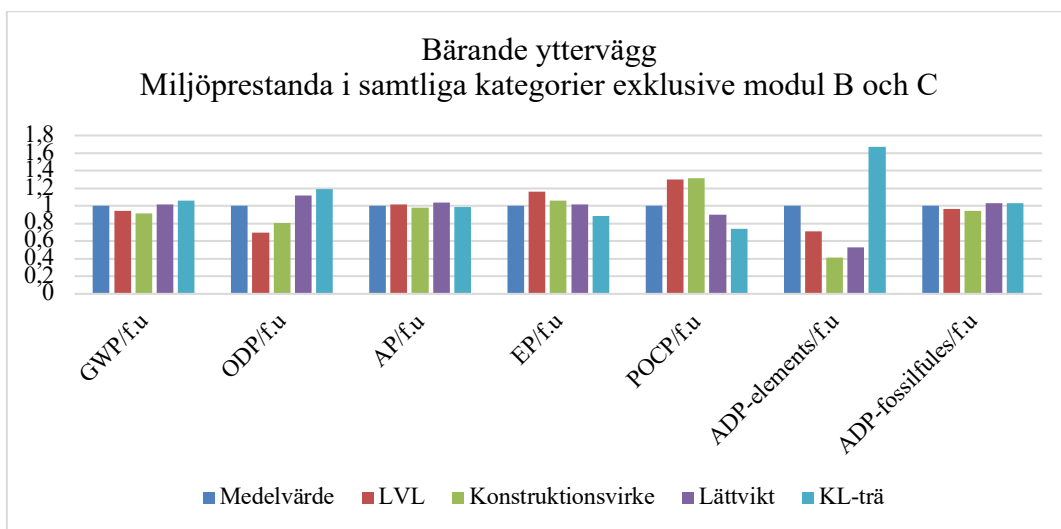
I och med att projektet Hoppet fokuserar på miljöpåverkan från modulerna i tidigt livscykelsskede kan det vara av intresse att se hur miljöpåverkan från tvärsnitten påverkas av att exkludera användningsskedet och slutskedet.

I figur 42 redovisas klimatpåverkan från respektive tvärsnitt exklusive modulerna användningsskede och slutskede, B samt C. Resultatet av att exkludera dessa blir att tvärsnittet med konstruktionsvirke har lägst klimatpåverkan. I tidigare analys hade KL-trä och LVL lägst klimatpåverkan.



Figur 42: Fördelning av klimatpåverkan från samtliga tvärsnitt då modul B och C exkluderas.

Efter exkludering av användningsskede och slutskede blir fördelningen av miljöpåverkan mellan tvärsnitten enligt figur 43. Skillnaden mellan denna analys och ordinarie analys är relativt stor. Tidigare hade KL-trä lägst påverkan i flest kategorier. I detta scenario har tvärsnittet med konstruktionsvirke lägst påverkan i flest kategorier.



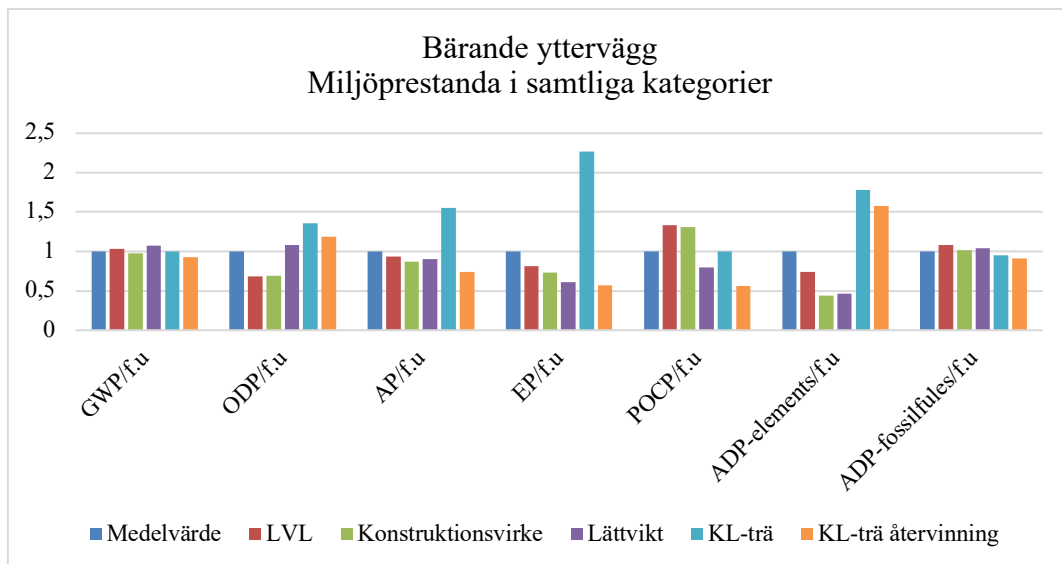
Figur 43: Miljöpåverkan i alla analyserade kategorier från samtliga tvärsnitt då modul B och C exkluderas.

6. DISKUSSION

Bärande ytterväggar

Resultatet av livscykelanalyserna indikerar att för bärande ytterväggar har tvärsnittet med KL-trä som återvinns i slutskedet lägst miljöpåverkan i flest miljöpåverkanskategorier, se figur 44. I figuren är samtliga träbyggnadstekniker relaterade till medelvärdet av tvärsnitten i varje miljöpåverkanskategori. Det är däremot inte möjligt att utan förbehåll anta att tvärsnittet med KL-trä har lägst total miljöpåverkan eftersom resultatet för tvärsnittet inte är lägst i samtliga miljöpåverkanskategorier.

I figur 44 framgår även att tvärsnittet med KL-trä har lägst påverkan i fyra av sju kategorier och tvärsnittet med konstruktionsvirke har lägst påverkan i två av sju kategorier. Slutligen har tvärsnittet med LVL lägst miljöpåverkan i en av sju kategorier. LVL och konstruktionsvirke har för det mesta relativt jämna utsläpp i de olika kategorierna medan lättviktsregeln varierar mer relaterat till de två andra teknikerna. Det bör bero på att tvärsnitten med LVL och konstruktionsvirke är mer lika varandra.



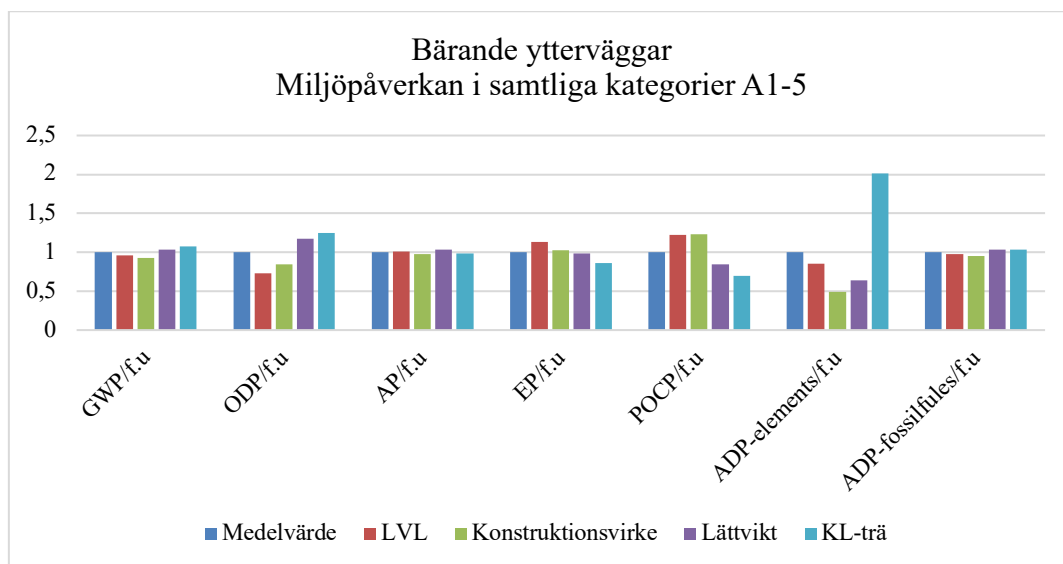
Figur 44: Miljöpåverkan i samtliga kategorier relaterade till medelvärdet i aktuell kategori.

Klimatpåverkan är en central miljöpåverkanskategori för projektet Hoppet och det är därmed av vikt för projektet vilken konstruktionslösning som har lägst påverkan i denna kategori. Resultatet indikerar att tvärsnittet med lägst klimatpåverkan är tvärsnittet med KL-trä. Det är däremot viktigt att belysa andra miljöpåverkanskategorier för att säkerställa att en problemförskjutning inte sker till andra miljöpåverkanskategorier. Resultatet för tvärsnittet med KL-trä tyder på att det inte finns tydliga problemförskjutningar i flera miljöpåverkanskategorier i och med att påverkan förhåller sig kring medelvärdet i de flesta miljöpåverkanskategorierna. Anledningen till den höga förbrukningen av icke-fossila abiotiska resurser skulle däremot kunna utredas vidare, eftersom KL-trä har märkbart större förbrukning än övriga träkonstruktioner i denna kategori.

Resultatet tyder dock inte på att tvärsnittet med KL-trä har överlägset lägst klimatpåverkan utan samtliga övriga tvärsnitt något högre klimatpåverkan. Utan mer exakt indata bör det därför inte vara möjligt att fastställa helt säkert vilken av de analyserade tvärsnitten som faktiskt har lägst

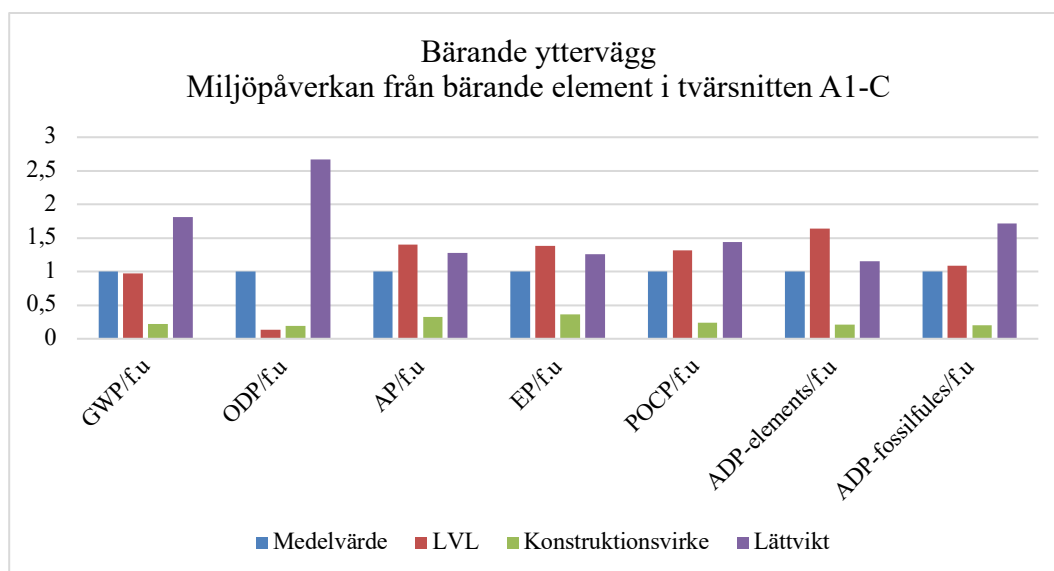
klimatpåverkan. Detta på grund av att delar av beräkningarna har gjorts på antagna värden för exempelvis transport och montering.

Utöver att klimatpåverkan ligger i fokus vid materialval inom projektet Hoppet är det även de tidiga skedena i produkters livscykel som är av stor vikt. I figur 45 visualiseras hur dessa moduler varierar mellan teknikerna. Figuren visar att resultatet skiljer sig något jämfört med när hela livscykeln inkluderas i figur 44. För detta scenario har tvärsnittet med konstruktionsvirke lägst klimatpåverkan samt lägst påverkan i flest kategorier.



Figur 45: Miljöpåverkan i samtliga miljöpåverkanskategorier relaterat till medelvärdet i aktuell kategori A1-5.

Tvärsnitten med regelstommar skiljer sig åt gällande dess konstruktion framförallt eftersom de har tagits fram av olika leverantörer. Tvärsnittens uppbyggnad skulle förmodligen kunna motsvara varandra i större grad än vad de gör idag. I ett sådant fall kan det vara av intresse att jämföra endast de bärande elementen i tvärsnitten. I figur 46 har de bärande elementens miljöpåverkan i de olika miljöpåverkanskategorierna relaterats till medelvärdet i varje miljöpåverkanskategori. I figuren blir det tydligt att konstruktionsvirke har lägst miljöprestanda i samtliga kategorier. Resultatet gäller för en lokalbyggnad i två våningar och skulle kunna variera då lasterna ökar samt dimensionerna på de bärande elementen förändras olika mycket. Vid denna analys är det även viktigt att komma ihåg att det framförallt är miljöpåverkan från isolering och gips som står för den största mängden utsläpp inom varje kategori, inte reglarna.



Figur 46: Miljöpåverkan från bärande element i tvärsnitt sett över hela livscykeln.

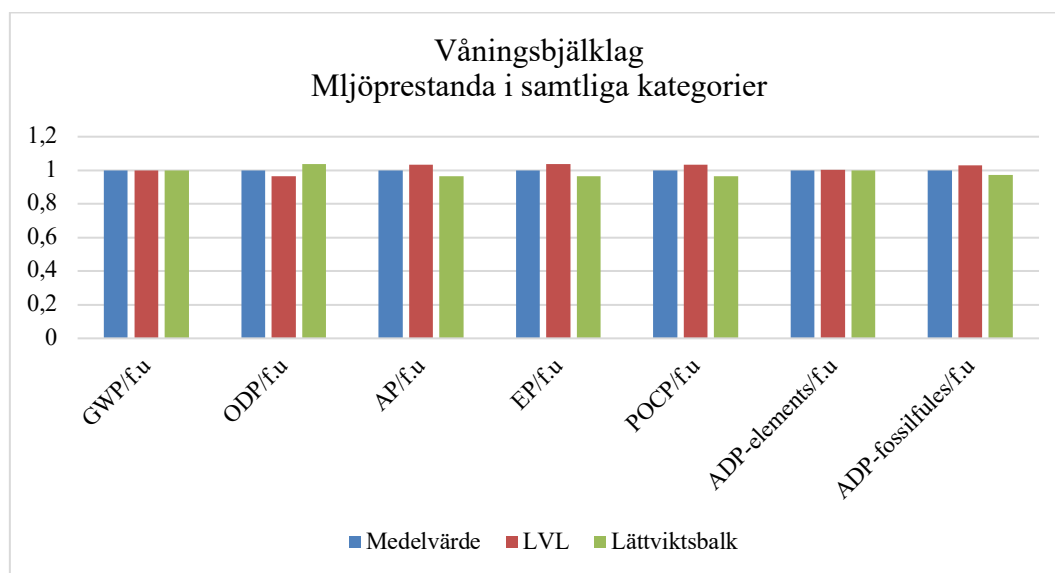
Val av isolering har stort bidrag till den totala miljöpåverkan från ett tvärsnitt. Det blir tydligt i känslighetsanalysen med cellulosafiberisolering att det påverkar fördelningen av miljöpåverkan mellan tvärsnitten då miljöpåverkan från andra material får större påverkan i relation till övriga. Känslighetsanalysen med hampa visar tydligt att en ökning av isolermängden för att kunna uppnå samma värmetekniska åtgärder, utan minskade utsläpp i de olika miljöpåverkanskategorierna, ger stort utslag på totala miljöpåverkan i de olika kategorierna. Det är dock viktigt att beakta att resultatet för hampa endast ger en indikation på hur utsläppen skulle kunna se ut i ett verkligt fall. Analysen är baserad på produktion i Spanien och det finns därmed flera parametrar som skulle kunna vara annorlunda för en svensk leverantör.

Med hänsyn till isolermängdens stora bidrag till total miljöpåverkan jämfört med trä, framförallt konstruktionsvirke blir IsoTimbers konstruktionslösning intressant. Trä har generellt haft lägre miljöpåverkan än både isolering och andra material i samtliga miljöpåverkanskategorier. Ett tvärsnitt med i princip endast trä skulle därför kunna ha potential att ha lägre miljöpåverkan än tvärsnitt med flera materialskikt. I vissa fall krävs en komplettering med KL-trä för att bära ned större laster. KL-trä har relativt stor miljöpåverkan i en del kategorier så det bör beaktas. Konstruktionslösningen innehåller även en spånskiva. OSB-skivorna som har ingått i de analyserade tvärsnitten har haft relativt hög miljöpåverkan i en del kategorier vilket också är bör beaktas. I miljöpåverkanskategorin klimatpåverkan har spånskivor störst klimatpåverkan per kubikmeter men är också det skikt som är tunnast. Det finns ingen EPD för IsoTimber i dagsläget så att det är möjligt att göra en överskådlig analys av miljöpåverkan från denna typ av tvärsnitt.

När det gäller isolering är det också intressant att beakta huruvida miljöpåverkan från isolering till en välisolerad byggnad med lågt energibehov presterar över livscykeln jämfört med en byggnad med högre energibehov och mindre mängd isolering. Det bör vara starkt sammankopplat med bland annat val av energislåg. Denna analys har inte genomförts inom arbetet men skulle kunna vara aktuell med tanke på isoleringens stora bidrag till miljöpåverkan. Var går gränsen mellan stor miljöpåverkan på grund av mycket isolering jämfört med stor miljöpåverkan på grund av stort energibehov under drift?

Bjälklag

För bjälklagstvårsnittet är det tvärsnittet med lättviktsbalk som har lägst miljöpåverkan i flest miljöpåverkanskategorier, enligt figur 47. Det beror framförallt på, likt tidigare nämnt i resultat och analys att tvärsnittet med LVL har mer gips än tvärsnittet med lättviktsregeln. I figuren är mängden utsläpp i varje miljöpåverkanskategori relaterat till medelvärdet i den aktuella kategorin.



Figur 47: Miljöpåverkan i samtliga miljöpåverkanskategorier för bjälklag.

Utbyte

Genomgående i livscykelanalysen är att materialens livslängd är av stor vikt. Utbytet i modul B4 i användningsskedet har relativt stor påverkan på den totala miljöpåverkan i samtliga kategorier. Vid byggnation av en byggnad bör det därför vara av stor vikt att välja material med lång livslängd för att eventuellt kunna undvika utbyte. Användning av endast en uppsättning av material minskar miljöpåverkan från både transporter och avfallshanteringen av materialen genom att processerna endast behöver genomföras för en uppsättning av material. Med det sagt är det ofta skillnad mellan teknisk livslängd och faktiskt livslängd. I och med att det både är praktiskt och ekonomiskt betungande att genomföra utbyte av materialskikt i en yttervägg kommer de sannolikt inte att bytas ut fullständigt under byggnadens livslängd, så vida det inte krävs för att upprätthålla byggnadens funktion. Ett utbyte av invändiga gipsskivor bör dock vara genomförbart. Huruvida material byts ut eller inte kan senare också påverka byggnadens energianvändning. Det är däremot något som är svårt att förutspå i och med att det idag är okänt hur framtidens energimix kan komma att se ut. Utbyte av material är också en fråga om risk. Risken för att ett material går sönder är svår att uppskatta och därmed svår att inkludera i analysen.

Tvärsnittens miljöpåverkan under livscykeln

Över tvärsnittens hela livslängd är det generellt produktskedet, modul A1-3 som har störst miljöpåverkan på resultatet i respektive miljöpåverkanskategori. Det stämmer väl överens med den litteratur som presenteras i det teoretiska ramverket i rapporten. Även användningsskedet har relativt hög miljöpåverkan. Det beror framförallt på att analysen beräknar ett utbyte av samtliga gips-skikt på grund av att miljödeklarationerna uppger en kortare livslängd för materialen än för byggnaden. Under arbetet har ingen kontakt tagits med leverantörer av gips

för att se om det är något som alltid är sant eller som kan undvikas för byggnader som planeras för en längre livslängd. Miljöpåverkan från transportmodulen är generellt låg och möjliggör eventuellt att överväga leverantörer som tidigare inte har varit aktuella på grund av avstånd till fabrik.

Även produkters slutskede kan ha stor påverkan på ett tvärsnitts miljöpåverkan beroende på hanteringen av avfallet. I dagsläget finns ingen etablerad marknad för återanvändning av byggprodukter men en sådan affärsmodell skulle kunna ha viss påverkan på miljöpåverkan från både produkters slutskede och även produktskedet. I och med att det i ett sådant fall inte alltid behöver produceras nya produkter.

Biologisk mångfald

Biologisk mångfald är viktigt att beakta. Det är inte möjligt att mäta biologisk mångfald på samma sätt som andra miljöpåverkanskategorier, vilket gör det svårt att uppskatta vilken effekt ett produktval har på biologisk mångfald. Det är däremot möjligt att resonera kring att användningen av trä som konstruktionsmaterial kan ha en direkt påverkan på biologisk mångfald i skogarna där träet avverkas. Att träd i skogen även har en viktig roll i upptag av koldioxid från atmosfären skulle därför kunna förespråka mindre användning av trä för att bevara den kolsänka som skogen utgör samt bevara biologisk mångfald. Det innebär att ett val av bärande konstruktion som använder så lite trä som möjligt är fördelaktigt. Däremot har tidigare studier påvisat att andra material som är vanligt förekommande i bärande konstruktioner har större klimatpåverkan än trä. Så länge uttag och återplantering är i balans bör trä kunna nyttjas som en hållbar resurs. Däremot kan det kanske vara fördelaktigt att försöka använda mindre trä per funktionell enhet för att inte påfresta uttaget.

Det är dock inte möjligt att avgöra om skyddet av biologisk mångfald ska ges högre prioritet än andra miljöpåverkanskategorier i och med att det är svårt att avgöra vilken miljöpåverkanskategori som har störst påverkan på miljön så som vi upplever den. Det medför att det inte finns något självklart svar på vilken miljöpåverkanskategori som bör prioriteras.

6.1 Fortsatta studier

I och med att isolering och gips stora bidrag till miljöprestandan i de olika miljöpåverkanskategorier kan det vara intressant att i fortsatta studier undersöka vidare vilka alternativ som finns till de konventionella valen. Under arbetet har det inte varit möjligt att hitta miljödata till de alternativa material som är kända för författaren. Vidare studier kan därför även innebära att utföra livscykelanalys på dessa alternativa material för att senare kunna inkludera dem i en livscykelanalys av exempelvis ett tvärsnitt.

Vidare studier som också kan vara intressant är att undersöka var gränsen går mellan stor miljöpåverkan på grund av mycket isolering jämfört med stort miljöpåverkan på grund av stort energibehov vid drift till följd av att mindre isolering används.

7. SLUTSATS

För bärande ytterväggar har tvärsnitt med träbyggnadsteknikerna regelstomme med LVL, regelstomme med konstruktionsvirke, regelstomme med lättviktsregel och massiv trästomme med KL-trä analyserats. För dessa tvärsnitt har tvärsnittet med KL-trä som återvinns i slutskedet lägst miljöpåverkan i flest miljöpåverkanskategorier för bärande ytterväggar då analysen utförs från uttag av råvara till slutskede, vagg till grav. Tvärsnittet med KL-trä har även lägst klimatpåverkan för bärande ytterväggar. Förbrukningen av icke-fossila abiotiska resurser bör däremot eventuellt uppmärksammas för att säkerställa att en problemförskjutning inte har uppstått. Görs livscykelanalysen däremot från råvara till byggarbetsplats är det tvärsnittet med konstruktionsvirke som har lägst miljöpåverkan i flest miljöpåverkanskategorier, inklusive klimatpåverkan.

För bjälklag har tvärsnitt med LVL och lättviktsbalk analyserats. Av dessa tvärsnitt har tvärsnittet med lättviktsbalk lägst påverkan i flest miljöpåverkanskategorier. Det finns ingen antydning till problemförskjutning i någon miljöpåverkanskategori för tvärsnittet med lättviktsbalk. Klimatpåverkan från bjälklagstväsningen är mycket lika.

Samtliga träbyggnadstekniker för bärande ytterväggar har dock relativt lika klimatpåverkan. Med hänsyn till användningen av trä som råvara är det möjligt att förespråka lösningar med mindre trä per funktionell enhet om vikt läggs vid låg påverkan på biologisk mångfald. Lägg tyngdpunkten på en annan miljöpåverkanskategori alternativt ett specifikt livscykelstadium kan en annan konstruktionslösning vara mer fördelaktig.

Det livscykelstadium som bidrar till störst miljöpåverkan är produktskedet, modul A1-3. Därefter har även användningsskedet stor miljöpåverkan i en del miljöpåverkanskategorier, vilket beror på utbyte av material. Detta till följd av byggnadens långa livslängd. Transportmodulen har däremot inte stor inverkan på den totala miljöpåverkan från tvärsnittet.

Valet av träbyggnadsteknik är inte det som är mest väsentligt för att minska miljöpåverkan från bärande ytterväggar och bjälklagskonstruktioner i samtliga miljöpåverkanskategorier. Störst miljöpåverkan i majoriteten av miljöpåverkanskategorierna har isolering och gips. Det bör därför vara av intresse att undersöka alternativ för isolering och gips för att minska miljöpåverkan från tvärsnittet. I känslighetsanalysen blir det även tydligt att minskning av miljöpåverkan från isolering kan resultera i en annorlunda fördelning av tvärsnittets miljöprestanda. Skulle en träbyggnadsteknik innebära mindre mängd isolering och gips bör denna kunna resultera i lägre miljöpåverkan och därmed vara ett fördelaktigt val ur denna aspekt.

REFERENSER

- Al-Emrani, M., Engström, B., Johansson, M. & Johansson, P. (2011). *Bärande konstruktioner del 1*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Bernes, C. (2016). *En varmare värld - Växthuseffekten och klimatets förändringar - Tredje upplagan*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Boverket (2018). *Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan* (rapportnummer: 2018:5). Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2019a). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> [2019-02-12]
- Boverket (2019b). *Vägledning om LCA för byggnader*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/> [2019-03-04]
- Erlandsson, M., Malmqvist, T., Francart, N. & Kellnar, J. (2018). *Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Fossilfritt Sverige (2018). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft - Bygg- och anläggningssektorn*. Stockholm: Fossilfritt Sverige.
- Gustafsson, A. (2017). *KL-trähandbok*. I Borgström, E. & Fröbel, J. (red.). Stockholm: Skogsindustrierna.
- Göteborgs Stad (2018a). *Hoppet - Vad har vi gjort hittills och var står vi nu?: Summering av utredningsskede 1 aug 2017 – dec 2018*. Göteborg: Göteborgs stad.
- Göteborgs Stad (2018b). *Hoppet - Vad har vi gjort hittills och var står vi nu? - Summering av utredningsskede 1 - maj 2017 – maj 2018*. Göteborg: Göteborgs stad.
- Göteborgs Stad (2019). *Om Hoppet - Hoppet - ett innovationsprojekt för fossilfri byggnation*. https://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/hoppet-ett-innovationsprojekt-for-fossilfri-byggnation/Om-Hoppet!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziTYzcDQy9TAy93S0tDAwC LYxCXs2Dg428vY31w8EKAgxdHA1NgAoMPAzdDBwDXc38g1xNDAx8TPWjiNFvgAlcDZyCjJyMDQzc_Y2I049HQRSG8cgW6RfkhaoGOioqAgDRFhBy/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/ [2019-02-12]
- IsoTimber (2017). *IsoTimber Byggsystem*. Östersund: IsoTimber Holding AB.
- IsoTimber (2018). *Mikael Östling, Innovatör och grundare*. <https://www.facebook.com/IsoTimber/videos/10156582372856122/> [2019-03-19]
- IsoTimber (2019). *Om IsoTimber*. <https://isotimber.se/fordelar-med-isotimber/> [2019-05-12]
- Jacobsen, D. I. (2017). *Hur genomför man undersökningar?: introduktion till samhällsvetenskapliga metoder*. 2 uppl. Lund: Studentlitteratur AB.
- Johansson, M. (2016). *Dimensionering av träkonstruktioner*. I Borgström, E. (red.). ISBN: 978-91-981922-6-1. Stockholm: Skogsindustrierna, Svenskt Trä.
- Kurkinen, E.-L., Norén, J., Peñaloza, D., Al-Ayish, N. & Daring, O. (2015). *Energi och climateffektiva byggsystem - Miljövärdering av olika stomalternativ* (rapportnummer: SP Rapport 2015:70). Borås: SP Sveriges tekniska forskningsinstitut
- Kuuluvainen, T., Tahvonen, O. & Aakala, T. (2012). *Even-Aged and Uneven-Aged Forest Management in Boreal Fennoscandia: A Review*. DOI: 10.1007/s13280-012-0289-y. Kungliga vetenskapsakademien.
- Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T. & Kellner, J. (2016). *Byggandets klimatpåverkan: Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä* (rapportnummer: B 2260). ISBN: 978-91-88319-03-6. Stockholm: IVL Svenska miljöinstitutet.

- Liljenström, C., Malmqvist, T., Erlandsson, M., Fredén, J., Adolfsson, I., Larsson, G. & Brogren, M. (2015). *Byggandets klimatpåverkan: Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong* (rapportnummer: B 2217). Stockholm: IVL Svenska miljöinstitutet.
- Manzini, R., Noci, G., Ostinelli, M. & Pizzurno, E. (2006). Assessing environmental product declaration opportunities: a reference framework. *Business Strategy and the Environment*, 15(2), ss. 118-134. doi:10.1002/bse.453
- Masonite Beams (2011). iBjelke_utvalg_2011.jpg. I: iBjelke_utvalg_2011.jpg. Rundvik: Masonite Bemas.
- Miljö- och energidepartementet (2016). Kommittédirektiv: Initiativet Fossilfritt Sverige. Stockholm. Dir. 2016:66.
- Miljöförvaltningen (2014). *Klimatstrategiskt program för Göteborg*. I: Miljö- och klimatanmännen (red.). Göteborg: Göteborgs Stad.
- Nationalencyklopedin (2019a). Abiotisk. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2019-05-21]
- Nationalencyklopedin (2019b). Förurning. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2019-05-19]
- Nationalencyklopedin (2019c). Ozon. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2019-05-21]
- Nationalencyklopedin (2019d). Återbeskogning. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2019-05-10]
- Nationalencyklopedin (2019e). Övergödning. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2019-05-19]
- Naturvårdsverket (2019a). *Fördjupad utvärdering av miljömålen 2019*. ISBN: 978-91-620-6865-3. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2019b). *Miljömålen: Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2019 – Med fokus på statliga insatser* (rapportnummer: 6880). ISBN: 978-91-620-6880-6. Stockholm: Naturvårdsverket
- Nevalainen, S. (2017). *Hyggesfritt skogsbruk: En kunskapssammanställning från Sverige och Finland*. I: Hannerz, M., Nordin, A. & Saksa, T. (red.) *Future Forests Rapportserie 2017:1*. ISBN: 978-91-576-9264-1. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet, enheten för skoglig fältforskning.
- Olsson, M. (2010). Kolets kretslopp och dess koppling till skog, skogsbruk samt samhällets användning av trä och fossila bränslen. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift (KSLAT)*. Gävle: Gävle Offset AB.
- Peñaloza, D., Erlandsson, M. & Falk, A. (2016). Exploring the climate impact effects of increased use of bio-based materials in buildings. *Construction and Building Materials*, 125, ss. 219-226. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.041
- Swedish Standards Institute (SIS) (2011). *SS-EN 15978:2011 Hållbarhet hos byggnadsverk – Värdering av byggnaders miljöprestanda – Beräkningsmetod*. Stockholm: SIS.
- Swedish Standards Institute (SIS) (2012). *SIS-CEN/TR 15941:2012 Hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklarationer för byggprodukter – Metodik och form för generiska data*. Stockholm: SIS.
- Swedish Standards Institute (SIS) (2013). *SS-EN 15804:2012+A1:2013 Hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklarationer – Produktspecifika regler*. Stockholm: SIS.
- Sweden Green Building Council (2017). *Miljöbyggnad 3.0 - Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader*. Stockholm: Sweden Green Building Council.
- Tillman, A.-M. & Baumann, H. (2004). *The Hitch Hiker's Guide to LCA - An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Lund: Studentlitteratur.
- TräGuiden (2017a). *Fanerträ med alla faner med samma fiberorientering*. Stockholm: Svenkst Trä.
- TräGuiden (2017b). *KL-träskiva*. Stockholm: Svenskt Trä.

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Byggnaders livscykelkedan i enlighet med europeisk standard (Boverket 2019a). ...	6
Figur 2: Principskiss av IsoTimbers byggblock, återgiven med tillstånd (IsoTimber 2017)...	10
Figur 3: Flödesschema för IsoTimbers byggblock.....	11
Figur 4: KL-träets principuppbyggnad (TräGuiden 2017b).....	12
Figur 5: Balk i fanerträ, principuppbyggnad (TräGuiden 2017a)	12
Figur 6: Exempel på lättviktsbalkar, återgiven med tillstånd (Masonite Beams 2011).	13
Figur 7: Förenklat flödesschema för träkonstruktioner.....	15
Figur 8: Ytterväggskonstruktion med LVL.....	16
Figur 9: Detaljerat flödesschema för bärande yttervägg med LVL-element.....	17
Figur 10: Bjälklagets konstruktion med LVL.	18
Figur 11: Flödesschema för bjälklagstvårsnitt med LVL.....	19
Figur 12: Ytterväggskonstruktion med konstruktionsvirke	20
Figur 13: Detaljerat flödesschema för bärande yttervägg med konstruktionsvirke	21
Figur 14: Ytterväggskonstruktion med lättviktsregel.....	22
Figur 15: Detaljerat flödesschema för bärande ytterväggstvårsnitt med lättviktsregel.....	23
Figur 16: Bjälklagskonstruktion med lättviktsbalk	24
Figur 17: Flödesschema för bjälklagstvårsnitt med lättviktsbalk.....	25
Figur 18: Tvårsnittskonstruktion för yttervägg med KL-trä	26
Figur 19: Detaljerat flödesschema för bärande yttervägg med KL-trä	27
Figur 20: Klimatpåverkan från bärande ytterväggskonstruktioner per funktionell enhet.....	29
Figur 21: Klimatpåverkan från bärande ytterväggskonstruktion med LVL fördelat på material.	29
Figur 22: Klimatpåverkan från bärande ytterväggskonstruktion med konstruktionsvirke fördelat på material.	30
Figur 23: Klimatpåverkan från bärande ytterväggskonstruktion med lättviktsregel fördelat på material.....	31
Figur 24: Klimatpåverkan från tvårsnitt med KL-trä fördelat över material	32
Figur 25: Nedbrytning av stratosfäriskt ozon per funktionell enhet för bärande yttervägg.....	33
Figur 26: Förbrukningspotential i mark och vatten per funktionell enhet för bärande ytterväggar	34
Figur 27: Övergödningspotential per funktionell enhet för bärande ytterväggar.....	34
Figur 28: Bildning av troposfäriskt ozon per funktionell enhet för bärande ytterväggar	35
Figur 29: Förbrukning av ickefossila abiotiska resurser per funktionell enhet för bärande yttervägg.....	36
Figur 30: Förbrukning av fossila abiotiska resurser per funktionell enhet för bärande yttervägg	36
Figur 31: Klimatpåverkan per funktionell enhet för bjälklag	37
Figur 32: Nedbrytning av stratosfäriskt ozon per funktionell enhet för bjälklag.....	38
Figur 33: Förbrukningspotential i mark och vatten per funktionell enhet för bjälklag	38
Figur 34: Övergödningspotential per funktionell enhet för bjälklag.....	39
Figur 35: Bildning av troposfäriskt ozon per funktionell enhet för bjälklag	39
Figur 36: Förbrukning av ickefossila abiotiska resurser per funktionell enhet för bjälklag	40
Figur 37: Förbrukning av fossila abiotiska resurser per funktionell enhet för bjälklag.....	40
Figur 38: Klimatpåverkan från tvårsnitt med lättviktsregel med konventionell isolering och isolering med hampa per funktionell enhet.....	41
Figur 39: Miljöpåverkan från tvårsnitt av bärande ytterväggar i samtliga miljöpåverkanskategorier relaterat till medelvärdet av samtliga tvårsnitt	42
Figur 40: Klimatpåverkan från samtliga träbyggnadstekniker med cellulosaisolering?.....	43

Figur 41: Miljöpåverkan från samtliga tvärsnitt med cellulosaisolering i alla analyserade miljöpåverkanskategorier	43
Figur 42: Fördelning av klimatpåverkan från samtliga tvärsnitt då modul B exkluderas.....	44
Figur 43: Miljöpåverkan i alla analyserade kategorier från samtliga tvärsnitt då modul B och C exkluderas.....	44
Figur 44: Miljöpåverkan i samtliga kategorier relaterade till medelvärdet i aktuell kategori..	45
Figur 45: Miljöpåverkan i samtliga miljöpåverkanskategorier relaterat till medelvärdet i aktuell kategori A1-5.....	46
Figur 46: Miljöpåverkan från bärande element i tvärsnitt sett över hela livscykeln.....	47
Figur 47: Miljöpåverkan i samtliga miljöpåverkanskategorier för bjälklag	48

INNEHÅLLSFÖRTECKNING BILAGOR

BILAGA 1 – ANVÄNDA MILJÖDEKLARATIONER BÄRANDE YTTERVÄGGAR ...	1
BILAGA 2 – ANVÄNDA MILJÖDEKLARATIONER BJÄLKLAG	5
BILAGA 3 – TRANSPORTSTRÄCKOR FÖR BÄRANDE YTTERVÄGGAR	7
BILAGA 4 – TRANSPORTSTRÄCKOR FÖR BJÄLKLAG	9

BILAGA 1 – ANVÄNDA MILJÖDEKLARATIONER BÄRANDE YTTERVÄGGAR

Tabell 8: Tabell över använda miljödeklarationer (EPD) i analyserat tvärsnitt med LVL.

Bärande yttervägg med LVL	EPD nummer	Funktionell enhet i EPD	m ³ / tvärsnitt	m ² / tvärsnitt	Livslängd i EPD [år]
22x100 mm vertikal regel	A1-3: S-P-01325 * A4, A5, C: NEPD-308-179-EN **	/m ³	0,00132	-	100
30 mm fasadskiva	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1435-457-EN **	/m ²	-	0,36	60
250x45 Kerto-T	A1-3, A4, B4: Metsä Wood **** A5, C: NEPD-1577-605-NO ** (EPD för limträ anses likvärdig)	/m ³	0,00675	-	100
250 mm isolering	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1437-457-EN **	/m ²	-	0,333	60
Plastfolie	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1230-387-EN **	/m ²	-	0,36	60
45x45 mm horisontell regel	A1-3, B4: S-P-01325 * A4, A5, C: NEPD-308-179-EN **	/m ³	0,001215	-	100
45 mm isolering	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1437-457-EN **	/m ²	-	0,331	60
11 mm OSB-skiva	A1-3, B4: EPD-EGG-20180107-IBD1-EN *** A4, A5, C: NEPD00274E **	/m ³	0,00396	-	50
13 mm gipsskiva	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1260-406-EN **	/m ²	-	0,360	60
15 mm brandgips	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00389 *	/m ²	-	0,360	50

*Programoperatör för miljödeklaration (EPD): EPD International AB. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://www.environdec.com/EPD-Search/>

**Programoperatör för miljödeklaration (EPD): The Norwegian EPD Foundation. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: https://www.epd-norge.no/?lang=en_GB

*** Programoperatör för miljödeklaration (EPD): IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://ibu-epd.com/en/published-epds/>

**** Miljödeklaration publicerat av enskilt företag. EPD:er hittas antingen via företagets hemsida eller efter kontakt med företaget.

Tabell 9: Tabell över använda miljödeklarationer (EPD) i analyserat tvärsnitt med konstruktionsvirke.

Bärande yttervägg med konstruktionsvirke	EPD nummer	Funktionell enhet i EPD	m ³ /tvärsnitt	m ² /tvärsnitt	Livslängd i EPD [år]
28x70 mm vertikal regel	A1-3: S-P-01325 * A4, A5, C: NEPD-308-179-EN **	/m ³	0,001176	-	100
80 mm fasadskiva	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1435-457-EN **	/m ²	0,0288	0,360	60
Vindduk					
45x170 mm vertikal regel	A1-3: S-P-01325 * A4, A5, C: NEPD-308-179-EN **	/m ³	0,00459	-	100
170 mm isolering	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1437-457-EN **	/m ²	0,05661	0,333	60
Plastfolie	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1230-387-EN **	/m ²	-	0,360	60
45x70 mm vertikal regel	A1-3: S-P-01325 * A4, A5, C: NEPD-308-179-EN **	/m ³	0,00189	-	100
70 mm isolering	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1437-457-EN **	/m ²	0,02331	0,333	60
11 mm OSB-skiva	A1-3, B4: EPD-EGG-20180107- IBD1-EN *** A4, A5, C: NEPD00274E **	/m ³	0,00396	-	50
13 mm gipsskiva	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1260-406-EN **	/m ²	-	0,360	60
15 mm brandgips	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00389 *	/m ²	-	0,360	50

*Programoperatör för miljödeklaration (EPD): EPD International AB. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://www.environdec.com/EPD-Search/>

**Programoperatör för miljödeklaration (EPD): The Norwegian EPD Foundation. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: https://www.epd-norge.no/?lang=en_GB

*** Programoperatör för miljödeklaration (EPD): IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://ibu-epd.com/en/published-epds/>

**** Miljödeklaration publicerat av enskilt företag. EPD:er hittas antingen via företagets hemsida eller efter kontakt med företaget.

Tabell 10: Tabell över använda miljödeklarationer (EPD) i analyserat tvärsnitt med lättviktsregel.

Bärande yttervägg med lättviktsregel	EPD nummer	Funktionell enhet i EPD	m/ tvärsnitt	m ³ / tvärsnitt	m ² / tvärsnitt	Livslängd i EPD [år]
34x70 mm spikläkt	A1-3: S-P-01325 * A4, A5, C: NEPD-308-179-EN **	/m ³	-	0,001428	-	100
9 mm gipsskiva GU	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00391 *	/m ²	-	-	0,360	50
300 mm Masoniteregul R300	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-311-186-EN ** (anses likvärdig R300)	/1 m löpande meter I-balk H300	0,6	-	-	60
300 mm isolering	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1437-457-EN **	/m ²	-	0,09954	0,3318	60
Plastfolie	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1230-387-EN **	/m ²	-	-	0,360	60
45x45 mm installationsskikt	A1-3: S-P-01325 * A4, A5, C: NEPD-308-179-EN **	/m ³	-	0,001215	-	100
45 mm isolering	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1437-457-EN **	/m ²	-	0,014985	0,333	60
15x2 mm gipsskiva GF	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00389 *	/m ²	-	-	0,720	50

*Programoperatör för miljödeklaration (EPD): EPD International AB. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://www.environdec.com/EPD-Search/>

**Programoperatör för miljödeklaration (EPD): The Norwegian EPD Foundation. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: https://www.epd-norge.no/?lang=en_GB

*** Programoperatör för miljödeklaration (EPD): IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://ibu-epd.com/en/published-epds/>

**** Miljödeklaration publicerat av enskilt företag. EPD:er hittas antingen via företagets hemsida eller efter kontakt med företaget.

Tabell 11: Tabell över använda miljödeklarationer (EPD) i analyserat tvärsnitt med KL-trä.

Bärande yttervägg med KL-trä	EPD nummer	Funktionell enhet i EPD	m ³ /tvärsnitt	m ² /tvärsnitt	Livslängd i EPD [år]
28x70 mm vertikal regel	A1-3: S-P-01325 * A4, A5, C: NEPD-308-179-EN **	/m ³	0,001176		100
80 mm fasadskiva	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1435-457-EN **	/m ²	0,0288	0,360	60
195x45 mm horisontell regel	A1-3: S-P-01325 * A4, A5, C: NEPD-308-179-EN **	/m ³	0,005265		100
195 mm isolering	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1437-457-EN **	/m ²	0,064935	0,333	60
Plastfolie	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1230-387-EN **	/m ²		0,360	60
120 mm CLT	A1-3, B, C: Stora Enso **** A4, A5: S-P-01314	/m ³	0,0432		100
12,5 mm gips	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1260-406-EN **	/m ²		0,360	60

*Programoperatör för miljödeklaration (EPD): EPD International AB. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://www.environdec.com/EPD-Search/>

**Programoperatör för miljödeklaration (EPD): The Norwegian EPD Foundation. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: https://www.epd-norge.no/?lang=en_GB

*** Programoperatör för miljödeklaration (EPD): IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://ibu-epd.com/en/published-epds/>

**** Miljödeklaration publicerat av enskilt företag. EPD:er hittas antingen via företagets hemsida eller efter kontakt med företaget.

BILAGA 2 – ANVÄNDA MILJÖDEKLARATIONER BJÄLKLAG

Tabell 12: Tabell över använda miljödeklarationer (EPD) i analyserat tvärsnitt med LVL.

Bjälklag med LVL	EPD nummer	Funktionell enhet i EPD	ton/tvärsnitt	m ³ /tvärsnitt	m ² /tvärsnitt	Livslängd i EPD [år]
2x13 mm golvgips	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00392 *	m ²			0,72	50
22 mm spånskiva	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD00274E **	m ³		0,0079		60
360 mm Kertobjälke	A1-3, A4, B4: Metsä Wood **** A5, C: NEPD-1577-605-NO ** (EPD för limträ anses likvärdig)	m ³		0,0097		100
220 mm glasull	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1437-457-EN **	m ²			0,333	60
Akustikprofil	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00782 *	1 ton	0,00052			50
13 mm normalgips	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1260-406-EN **	m ²			0,36000	60
15 mm brandgips	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00389 *	m ²			0,36000	50

*Programoperatör för miljödeklaration (EPD): EPD International AB. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://www.environdec.com/EPD-Search/>

**Programoperatör för miljödeklaration (EPD): The Norwegian EPD Foundation. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: https://www.epd-norge.no/?lang=en_GB

*** Programoperatör för miljödeklaration (EPD): IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://ibu-epd.com/en/published-epds/>

**** Miljödeklaration publicerat av enskilt företag. EPD:er hittas antingen via företagets hemsida eller efter kontakt med företaget.

Tabell 13: Tabell över använda miljödeklarationer (EPD) i analyserat tvärsnitt med lättviktsregel.

Bjälklag med lättviktsbalk	EPD nummer	Funktionell enhet i EPD	ton/ tvärsnitt	m/ tvärsnitt	m ³ / tvärsnitt	m ² / tvärsnitt	Livslängd i EPD [år]
13 mm golvgipsskiva	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00392 *	m ²				0,36	50
22 mm golvspånskiva	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD00274E **	m ³			0,00792		60
Masonitebalk H300	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-311-186-EN **	1 löpmeter I-balk H300		0,6			60
Kortlingar	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-311-186-EN **	1 löpmeter I-balk H300		0,6			60
200 mm isolering	A1-3, A4, A5, B4, C: NEPD-1437-457-EN **	m ²				0,3318	
45x45 mm spikläkt	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-01325 *	m ³			0,001215		100,000
Gyproc AP ljudprofil	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00782 *	1 ton	0,000522				50
2x15 mm gipsskiva GF	A1-3, A4, A5, B4, C: S-P-00389 *	m ²				0,720	50

*Programoperatör för miljödeklaration (EPD): EPD International AB. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://www.environdec.com/EPD-Search/>

**Programoperatör för miljödeklaration (EPD): The Norwegian EPD Foundation. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: https://www.epd-norge.no/?lang=en_GB

*** Programoperatör för miljödeklaration (EPD): IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V. Samtliga av dessa EPD:er hittas via: <https://ibu-epd.com/en/published-epds/>

**** Miljödeklaration publicerat av enskilt företag. EPD:er hittas antingen via företagets hemsida eller efter kontakt med företaget.

BILAGA 3 – TRANSPORTSTRÄCKOR FÖR BÄRANDE YTTERVÄGGAR

Tabell 14: Transportsträckor för beräkning av modul A4 för tvärsnitt med LVL.

Bärande yttervägg med LVL	Transport enligt EPD/leverantör	EPD-nummer	Transportsträcka [km]	Fordon
22x100 vertikal regel	EPD	NEPD-308-179-EN	100, 100	Lastbil 16–32 ton, lastbil > 32 ton
30 mm fasadskiva	EPD	NEPD-1435-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
250*45 Kerto-T	Leverantör	-		Lastbil, båt, lastbil
250 mm isolering	EPD	NEPD-1437-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
Plastfolie	EPD	NEPD-1230-387-EN	1033, 243	Lastbil 16–32 ton, båt
45*45 mm horisontell regel	EPD	NEPD-308-179-EN	100, 100	Lastbil 16–32 ton, lastbil > 32 ton
45 mm isolering	EPD	NEPD-1437-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
11 mm OSB-skiva	EPD	NEPD00274E	250, 50	Lastbil > 32 ton, lastbil 3,5–7,5 ton
13 mm gipsskiva	EPD	NEPD-1260-406-EN	257, 853	Lastbil 26 ton, båt
15 mm brandgips	EPD	S-P-00389	475, 434	Lastbil 26 ton, båt

Tabell 15: Transportsträckor för beräkning av modul A4 för tvärsnitt med konstruktionsvirke.

Bärande yttervägg med konstruktionsvirke	Transport enligt EPD/leverantör	EPD-nummer	Transportsträcka [km]	Fordon
28x70 mm vertikal regel	Leverantör	NEPD-308-179-EN	50	Lastbil
80 mm fasadskiva	EPD	NEPD-1435-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
Vindduk	-	-	-	-
45x170 mm vertikal regel	Leverantör	NEPD-308-179-EN	50	Lastbil
170 mm isolering	EPD	NEPD-1437-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
Plastfolie	EPD	NEPD-1230-387-EN	1033, 243	Lastbil 16–32 ton, båt
45x70 mm vertikal regel	Leverantör	NEPD-308-179-EN	50	Lastbil
70 mm isolering	EPD	NEPD-1437-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
11 mm OSB-skiva	EPD	NEPD00274E	250, 50	Lastbil > 32 ton, lastbil 3,5–7,5 ton
13 mm gipsskiva	EPD	NEPD-1260-406-EN	257, 853	Lastbil 26 ton, båt
15 mm brandgips	EPD	S-P-00389	475, 434	Lastbil 26 ton, båt
Transport av element	Leverantör	S-P-01255	34	Lastbil 32 ton

Tabell 16: Transportsträckor för beräkning av modul A4 för tvärsnitt med lättviktsregel.

Bärande yttervägg med lättviktsregel	Transport enligt EPD/leverantör	EPD-nummer	Transportsträcka [km]	Fordon
34x70 mm spikläkt	EPD	NEPD-308-179-EN	100, 100	Lastbil 16–32 ton, lastbil > 32 ton
9 mm gipsskiva GU	EPD	S-P-00391	347	Lastbil 26 ton
300 mm Masoniteregul R300	EPD	NEPD-311-186-EN	1200, 300	Lastbil > 32 ton, lastbil 16–32 ton
300 mm isolering	EPD	NEPD-1437-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
Plastfolie	EPD	NEPD-1230-387-EN	1033, 243	Lastbil 16–32 ton, båt
45x45 mm installationsskikt	EPD	NEPD-308-179-EN	100, 100	Lastbil 16–32 ton, lastbil > 32 ton
45 mm isolering	EPD	NEPD-1437-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
15x2 mm gipsskiva GF	EPD	S-P-00389	475, 434	Lastbil 26 ton, båt

Tabell 17: Transportsträckor för beräkning av modul A4 för tvärsnitt med KL-trä.

Bärande yttervägg med KL-trä	Transport enligt EPD/leverantör	EPD-nummer	Transportsträcka [km]	Fordon
28x70 mm vertikal regel	EPD	NEPD-308-179-EN	100, 100	Lastbil 16–32 ton, lastbil > 32 ton
80 mm fasadskiva	EPD	NEPD-1435-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
195x45 mm horisontell regel	EPD	NEPD-308-179-EN	100, 100	Lastbil 16–32 ton, lastbil > 32 ton
195 mm mineralull	EPD	NEPD-1437-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
Plastfolie	EPD	NEPD-1230-387-EN	1033, 243	Lastbil 16–32 ton, båt
120 mm CLT	EPD	S-P-01314	220	Lastbil 16–32 ton
12,5 mm gips	EPD	NEPD-1260-406-EN	257, 853	Lastbil 26 ton, båt

BILAGA 4 – TRANSPORTSTRÄCKOR FÖR BJÄLKLAG

Tabell 18: Transportsträckor för beräkning av modul A4 för bjälklagstvårsnitt med LVL.

Bjälklag med LVL	Transport enligt EPD/leverantör	EPD-nummer	Transportsträcka [km]	Fordon
2x13 mm golvgipsskiva	EPD	S-P-00392	1832, 470	Båt, lastbil 26 ton,
22 mm golvspånskiva	EPD	NEPD00274E	250, 50	Lastbil > 32 ton, lastbil 3,5–7,5 ton
360 mm Kertobjälke	Leverantör			Lastbil, båt, lastbil
220 mm isolering	EPD	NEPD-1437-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
Akustikprofil	EPD	S-P-00782	61, 13,7	Lastbil 27 ton, färja
13 mm normalgips	EPD	NEPD-1260-406-EN	257, 853	Lastbil 26 ton, båt
15 mm brandgips	EPD	S-P-00389	475, 434	Lastbil 26 ton, båt

Tabell 19: Transportsträckor för beräkning av modul A4 för bjälklagstvårsnitt med lättviktsbalk.

Bjälklag med lättviktsbalk	Transport enligt EPD/leverantör	EPD-nummer	Transportsträcka [km]	Fordon
13 mm golvgipsskiva	EPD	S-P-00392	1832, 470	Båt, lastbil 26 ton,
22 mm golvspånskiva	EPD	NEPD00274E	250, 50	Lastbil > 32 ton, lastbil 3,5–7,5 ton
Masonitebalk H300	EPD	NEPD-311-186-EN	1200, 300	Lastbil > 32 ton, lastbil 16–32 ton
Kortlingar	EPD	NEPD-311-186-EN	1200, 300	Lastbil > 32 ton, lastbil 16–32 ton
200 mm isolering	EPD	NEPD-1437-457-EN	500	Lastbil, 24 ton
45x45 mm spikläkt	EPD	NEPD-308-179-EN	100, 100	Lastbil 16–32 ton, lastbil > 32 ton
Ljudprofil	EPD	S-P-00782	61, 13,7	Lastbil 27 ton, färja
2x15 mm gipsskiva GF	EPD	S-P-00389	475, 434	Lastbil 26 ton, båt



HÖGSKOLAN I BORÅS

Besöksadress: Allégatan 1 · Postadress: 501 90 Borås · Tfn: 033-435 40 00 · E-post: registrator@hb.se · Webb: www.hb.se