



SAMHÄLLSBYGGNAD
TRÄBYGGANDE



Miljöbedömning av en påbyggnation med trästomme

Joakim Norén, Carmen Cristescu

RISE Rapport : 2022:60

ISBN: 978-91-89711-00-6

Miljöbedömning av en påbyggnation med trästomme

Joakim Norén, Carmen Cristescu

Omslagsbild: Glitne påbyggnaden i Umeå

Fotograf: Jonas Westling och Malin Grönborg för Martinsons

Abstract

Environmental benefits when building with timber structures as vertical extension

The aim of the study is to increase the understanding and knowledge of the climate impact of a timber construction built as a vertical extension of an existing building compared with corresponding timber building built on the ground. The purpose is to make a life cycle analyse of the construction phase and to investigate possibilities to improve the climate impact of future vertical extensions with interventions in the planning phase when decisions on material selection and constructive design are usually taken.

The system boundaries have been the same when comparing the vertical extension with the building on the ground, as a prerequisite for a robust comparison.

The results of the environmental calculation for the timber vertical extension show that what mainly contributed to the climate impact in the studied case was the steel reinforcement that distributes the load on the existing building.

The results of the environmental calculation of the building on the ground show that the basic structure, ie an insulated slab on ground with stiffening under dividing walls in this case entails most of the total climate impact during the construction phase.

An important conclusion of the study is that the choice of reinforcement measure is of great importance in an extension. Careful review of the existing building's condition and load-bearing capacity is required. Material, material quantity and structural design need to be evaluated so that the climate impact can be minimized while maintaining function.

Key words: timber building, vertical extension, LCA, climate impact, biogenic carbon

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport : 2022:60

ISBN: 978-91-89711-00-6

Stockholm och Skellefteå

Innehåll

Abstract	1
Innehåll	2
Förord	3
Sammanfattning	4
1 Inledning	5
1.1 Mål och syfte	5
2 Beskrivning av analyserade byggnadsobjekt	5
2.1 Påbyggnad.....	5
2.2 Byggnad på mark	7
3 Klimatberäkningar	7
3.1 Omfattning och avgränsningar	7
3.1.1 Funktionell enhet	11
3.1.2 Geografisk täckning.....	11
3.1.3 Miljöpåverkanskategorier	11
3.1.4 Datakvalitet	11
3.2 Inventering	11
3.2.1 Produktion (modul A1 och A3).....	12
3.2.2 Transporter (modul A2 och A4)	12
3.2.3 Maskiner på byggarbetsplats (modul A5)	12
4 Miljöpåverkansbedömning	12
4.1 Påbyggnad.....	12
4.2 Byggnad på mark	13
4.3 Jämförelse av påbyggnad och byggnad uppförd på mark	14
4.4 Inverkan av framtida återbruk av bärande element i påbyggnaden	15
4.4.1 Biogent kol.....	15
5 Diskussion och slutsatser	18
Referenser	20
Bilaga 1	21

Förord

Rapporten avser arbetspaket 7 ”Livscykelanalyser och cirkularitet” i projektet “Timber on Top”, del 2, finansierad av Vinnova, diarienummer 2019-0353, och koordinerat av Svenskt Trä.

Projektets mål är förtätning och förlängd livslängd för flexibelt nyttjande av befintliga byggnader med hjälp av på/vidbyggnader med återanvändbara biobaserade prefabricerade byggsystem.

Resultaten analyseras och rekommendationer för LCA för påbyggnationer tas fram för att bidra till Best Practice Guide.

Författarna tackar Annika Ljungblad, Balticgruppen, Daniel Wilded, Martinsons för underlag till beräkningar. Författarna tackar också Tomas Alsmarker, Svenskt Trä för givande diskussioner och Tora Råberg, RISE, för idéutbyte.

Tack till Marie Johansson, projektets ledare för RISE, för värdefulla kommentarer i granskningen.

Joakim Norén och Carmen Cristescu

Stockholm och Skellefteå, juni 2022

Sammanfattning

Målet med studien är att öka förståelsen och kunskaperna om vilken inverkan en påbyggnad med träbyggsystem har på klimatet jämfört med om motsvarande byggnad uppförs på mark. Syftet är att studera byggnadernas klimatpåverkan under byggskedet och undersöka möjligheter för klimatförbättrande åtgärder i detaljprojekteringen då bland annat materialval och konstruktiv utformning slutligen beslutas.

I denna studie har projektet Glitne i Umeå använts som case. Den studerade byggnaden är en tvåvånings radhuslänga med 8 lägenheter byggda ovanpå en galleria. Påbyggnaden är placerad ovanpå en kraftig balkrost i stål för att föra ned lasterna till de väggar som finns i köpcentrumet. Alternativet har varit att placera samma radhuslänga på mark på en betongplatta på mark, här ingår också del i väg framför byggnaden i jämförelsen.

Vid jämförelsen av påbyggnaden och byggnaden uppförd på mark har systemgränserna varit lika vilket är en förutsättning för en robust jämförelse.

Resultaten av miljöberäkningen för påbyggnaden med träbyggsystem visar att det som främst bidrar till klimatpåverkan för påbyggnaden är balkrosten av stål som fördelar lasten på befintlig byggnad. Dessa byggnadsmaterial har dock en bra potential för återbruk som kan ha en positiv inverkan på klimatet.

Resultaten av miljöberäkningen om byggnaden uppförs på mark visar att grundkonstruktionen, dvs en isolerad platta på mark med förstävning under lägenhetsskiljande väggar i detta fall medför mest av den totala klimatpåverkan under byggskedet.

En viktig slutsats av studien är att valet av förstärkningsåtgärd kan ha stor betydelse vid en påbyggnad. En noggrann genomgång av befintlig byggnads tillstånd och bärförmåga måste genomföras. Material, materialmängder, konstruktivt utförande och möjligheterna till framtida återbruk behöver utvärderas så att klimatpåverkan kan minimeras med bibehållen funktion.

1 Inledning

1.1 Mål och syfte

Målet med studien är att öka förståelsen och kunskaperna om vilken inverkan en påbyggnad med träbyggsystem har på klimatet jämfört med om motsvarande byggnad uppförs på mark. Syftet är att studera byggnadernas klimatpåverkan under byggskedet och undersöka möjligheter för klimatförbättrande åtgärder i detaljprojekteringen då bland annat materialval och konstruktiv utformning slutligen beslutas.

2 Beskrivning av analyserade byggnadsobjekt

Byggnaden som valts för LCA-analysen utgör en del av påbyggnaden av en galleria i projektet Glitne i centrala Umeå. Den valda byggnaden är en radhuslänga med åtta lägenheter i två plan, se markerad del i figur 2.1, och ingår i både analysen av en påbyggnad och en byggnad på mark.

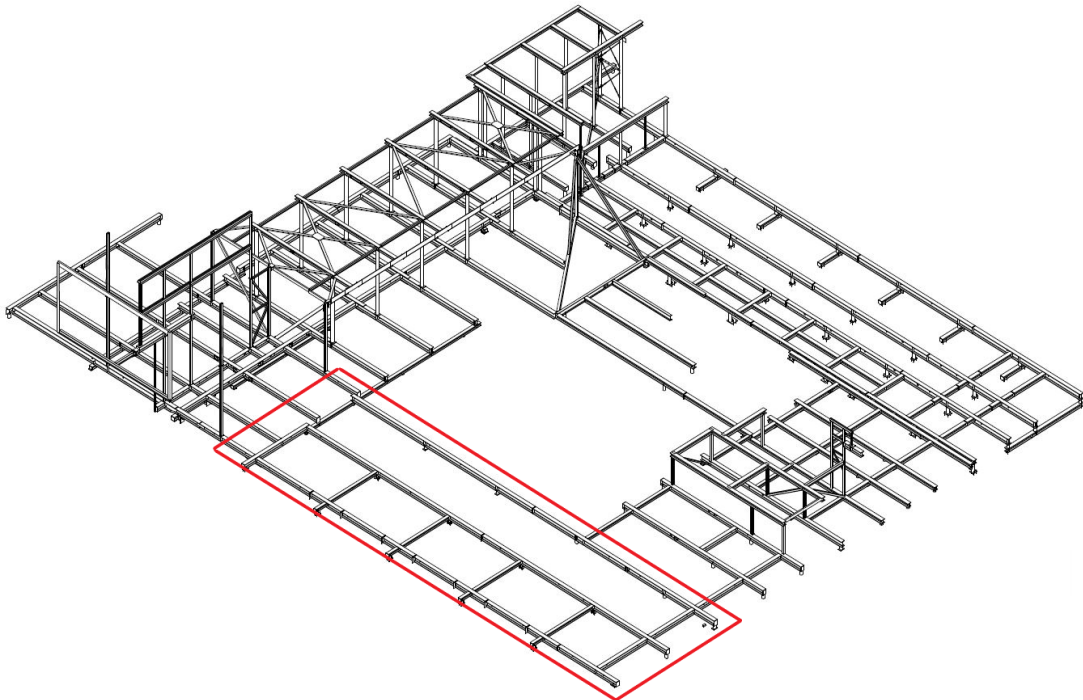
Byggnaden är byggd med en stomme av KL-trä i väggar, bottenbjälklag och våningsbjälklag. Takbjälklaget utgörs av isolerade takelement med lättbalkar.

2.1 Påbyggnad

Vid påbyggnaden av gallerian har befintlig byggnad varierande förutsättningar att ta upp last från påbyggnaden. En galleria innebär också att man har relativt stora öppna ytor i bottenplan vilket kan ge stora avstånd mellan bärande system och en relativt komplex fördelning av laster från ovanliggande strukturer. Utförandet av påbyggnaden är både unikt och relativt komplext. Detta har krävt förstärkningsåtgärder och valet blev en stomme av stål balkar som fördelar lasten ned i underliggande bärande väggkonstruktioner, se figur 2.2. För analysen av påbyggnaden ingår enbart balkarna som markerats i figuren.



Figur 2.1 Projekt Glitne med två våningar påbyggnad ovanpå en galleria. Den markerade delen är analyserad i denna studie. Arkitekt: BIG Arkitektur. Entreprenad: Martinsons/Contractor. ©Martinsons



Figur 2.2 Påbyggnadens stålstomme som fördelar laster till befintlig byggnad. Den markerade delen av stålstommen bär upp den analyserade delen av byggnaden och ingår därmed i LCA. Skiss. © Balticgruppen.

2.2 Byggnad på mark

Byggnaden på mark är uppförd på en traditionell grund som består av en isolerad betongplatta på mark med förstärkning under bärande väggar. Vid placering på platta på mark anses det bottenbjälklag som används vid påbyggnaden inte behövas och är således inte inräknat i analysen. I analysen ingår också en del i den väg som antas finnas framför fastigheten med anslutning av vatten och avlopp.

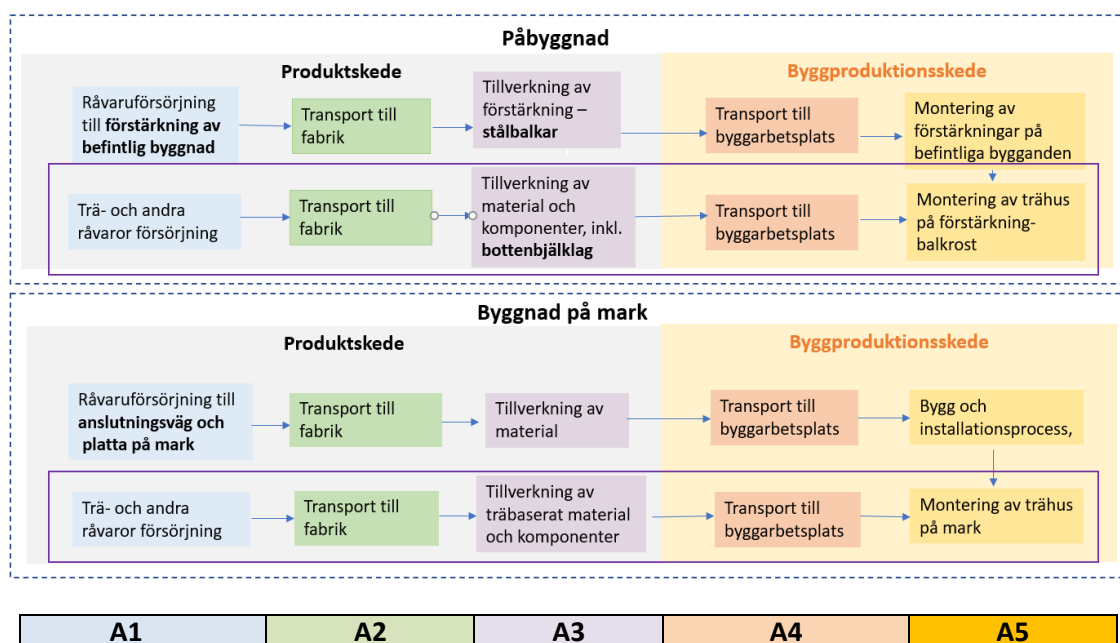
3 Klimatberäkningar

3.1 Omfattning och avgränsningar

Vid jämförelsen av påbyggnaden och byggnaden uppförd på mark har systemgränserna varit lika vilket är en förutsättning för en robust jämförelse, se figur 3.1. Inventeringen och analysen av byggnaden omfattar byggnadens byggske A1-A5.

Användningsfasen B som antas vara lika för påbyggnaden och byggnaden på mark har inte analyserats. Byggnadens slutfas C antas ligga långt fram i tiden och kan enbart analyseras med scenarier för sluthantering. Skillnaden i klimatpåverkan mellan de två fallen antas vara i stort sett lika avseende demontering/rivning och transporter varför denna del inte analyserats.

Redovisningen av miljöeffekterna i livscykeln följer uppdelningen i moduler enligt SS-EN 15978 [1] och SS-EN 15804 [2].



Figur 3.1 Flödet av etapper i byggskedet. Moduler som ingår i LCA beräkningen. Process och material markerade i rutan ingår i "träbyggnaden".

Följande byggnadsdelar ingår i inventeringen av båda versionerna av radhusen:

- Ytterväggar inklusive fasadmaterial och ytskikt
- Innerväggar, bärande och avskiljande
- Mellanbjälklag och takbjälklag
- Balkonger vid våningsbjälklag
- Limträbalkar

För påbyggnaden ingår också följande delar:

- Bottenbjälklag
- Förstärkningar av befintlig byggnad vid påbyggnad av radhus, utförd som en balkrost i stål

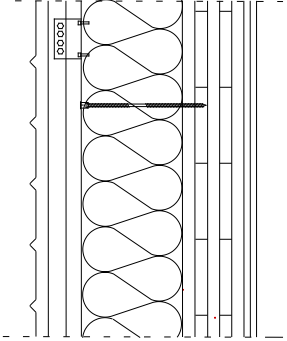
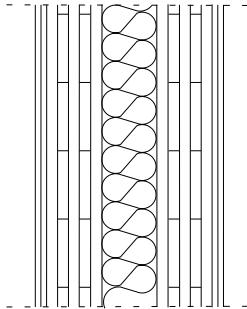
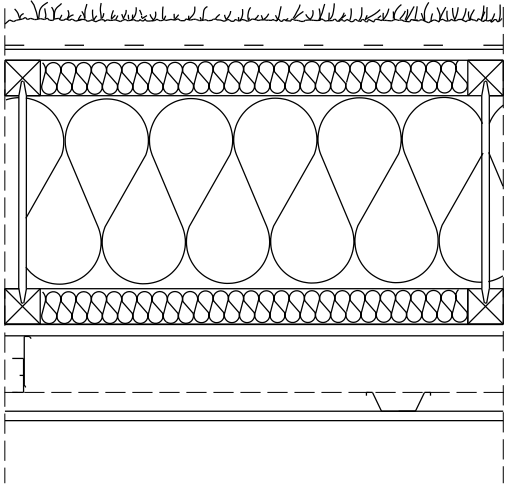
För byggnaden på mark ingår också följande delar:

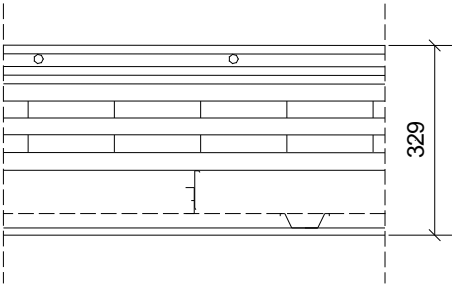
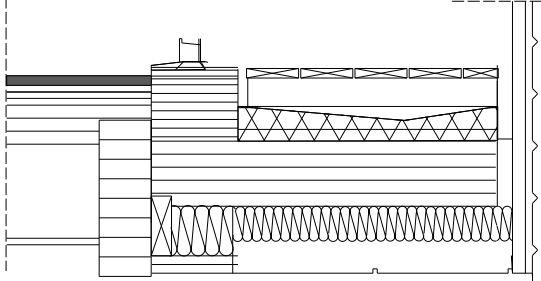
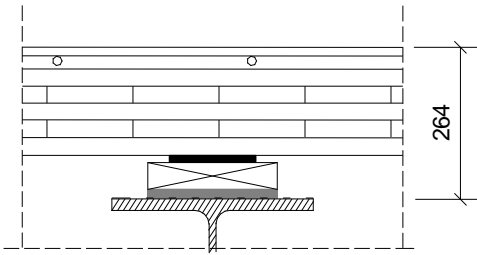
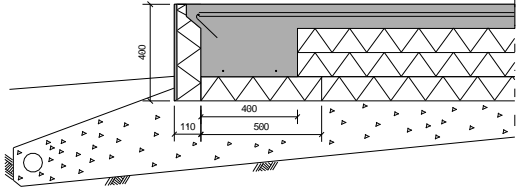
- Grund med platta för radhus byggt på mark inklusive dräneringsrör runt platta samt anslutning till gemensam dagvattenledning i gata
- Del av anslutningsväg och installationer framför radhus på mark
- Schaktarbete, utfyllnad med makadam, bortforsling av schaktmassor

Följande ingår inte i inventeringen:

- Glaspartier, fönster och dörrar
- Altan (tak hos befintlig byggnad)
- Invändiga ytskikt som färg, tapet och parkett
- Utvändigt grönt tak med växter
- Invändiga snickerier
- Installationer med undantag av en kortare anslutning mellan fastighet och gata vid byggnad på mark
- Slutligt markarbete t.ex. plattsättning med mera runt byggnad

Tabell 1 Konstruktioner och material som ingår i LCA beräkningen

Trästomme vid påbyggnad	Material
<p data-bbox="236 353 363 387">Yttervägg</p> 	<p data-bbox="815 450 1102 483">Plåtfasad, Aluminium</p> <p data-bbox="815 495 919 528">T-profil</p> <p data-bbox="815 539 1031 573">30 mm stålregel</p> <p data-bbox="815 584 1026 618">200 mm stenull</p> <p data-bbox="815 629 1086 663">120 mm KL-träskiva</p> <p data-bbox="815 674 1166 707">2x12,5 mm gipsskiva typ N</p>
<p data-bbox="236 810 371 844">Innervägg</p> 	<p data-bbox="815 880 1139 913">15,4 mm gipsskiva, typ F</p> <p data-bbox="815 925 1144 958">12,5 mm gipsskiva, typ N</p> <p data-bbox="815 969 1086 1003">120 mm KL-träskiva</p> <p data-bbox="815 1014 1144 1048">12,5 mm gipsskiva, typ N</p> <p data-bbox="815 1059 1139 1093">15,4 mm gipsskiva, typ F</p>
<p data-bbox="236 1227 392 1261">Takbjälklag</p> 	<p data-bbox="815 1283 1058 1317">Tätskikt YEP4000</p> <p data-bbox="815 1328 991 1361">14,5 Plywood</p> <p data-bbox="815 1373 1010 1406">H350 Lättbalk</p> <p data-bbox="815 1417 1161 1451">47 mm Mineralull, Stenull</p> <p data-bbox="815 1462 1177 1496">256 mm Mineralull, Stenull</p> <p data-bbox="815 1507 1161 1541">47 mm Mineralull, Stenull</p> <p data-bbox="815 1552 1050 1585">9,5 mm Plåt (stål)</p> <p data-bbox="815 1597 1145 1630">15,4 mm Gipsskiva Typ F</p> <p data-bbox="815 1641 1134 1675">45 mm Primärprofil P45</p> <p data-bbox="815 1686 1217 1720">85 mm Sekundärprofil S25/85</p> <p data-bbox="815 1731 1129 1765">12,5 Gipsskiva typ Hård</p>

<p>Mellanbjälklag</p> 	<p>15 mm Lamellparkett 22 mm spånskiva med golvvärme 15,4 mm gipsskiva, GF 150 mm KL-träskiva Primärprofil Gyproc P45 Sekundärprofil S25/85 Gipsskiva Hård Typ Habito</p>
<p>Balkong</p> 	<p>22 mm impregnerad trätrall 45x95 mm impregnerad regel Tätskikt 80 mm foamglas, T4 115 x 360 mm limträbalk 150 mm KL-trä</p>
Endast för påbyggnad	
<p>Bottenbjälklag</p> 	<p>15 mm Lamellparkett 22 mm spånskiva (spårad golvvärme) 150 mm KL-träskiva 12,5 mm elastomer under KL-trä 45 mm träsyll Stålbalk</p>
Endast för byggnad på mark	
<p>Platta vid byggnad på mark</p> 	<p>100 mm Kantelement, L-element 100 mm armerad betongplatta 300 mm cellplast under platta Armeringsnät, 8 mm, c 250 mm Armering kantbalk, 12 mm 250 mm dräneringsgrus 16/32 500 mm makadam, återfyllnad 100 mm dräneringsrör 110 mm anslutningsrör dagvatten Separationsduk 135 g/m²</p>

3.1.1 Funktionell enhet

Den funktionella enheten (FU) har i studien valts till 1 m² bruttoarea (BTA) under 50 år i ett flerbostadshus bestående av en radhuslänga i tvåplan där ingående byggnadsdelar uppfyller samma funktion med avseende på brand, ljud och energieffektivitet.

3.1.2 Geografisk täckning

Beräkningarna av påbyggnaden och motsvarande byggnad på mark är baserade på projektet Glitne i centrala Umeå. Byggnaden på mark har antagits vara uppförd i utkanten av Umeå ca en km från centrum. Material är desamma som ingår i påbyggnaden av Glitne och antas komma från samma leverantörer. Där uppgifter om materialtillverkare saknas har de mest troliga leverantörerna använts. Specifika transportavstånd har använts i de flesta fall.

3.1.3 Miljöpåverkanskategorier

Påverkanskategorierna som har valts till denna livscykelanalys är klimatpåverkan enligt IPCC GWP₁₀₀ med enheten kg CO₂-ekv/FU och biogent kol.

3.1.4 Datakvalitet

Värden som valts för miljöpåverkan är oftast specifika för valda konstruktionsdelar och representativa för den svenska marknaden. I första hand har specifika data från EPDer och miljödeklarationer använts. I andra hand har EPDer för motsvarande eller liknande produkter använts. EPDerna är tredjepartsgranskade, följer SS-EN 15804 och är representativa för den svenska marknaden. Där EPDer saknas har data från Ecoinvent använts. För el används data från svensk el justerad med handel av el med utlandet. Se bilaga 1 för en komplett lista över använda material.

3.2 Inventering

Inventeringen av påbyggnaden har baserats på ritningsunderlag som tillhandahållits av Balticgruppen AB. Ritningarna utgörs av arkitekt- och konstruktionsritningar vilka använts för att beräkna areor av väggar och bjälklag samt mängden material i den del av byggnaden som ingår i LCA-analysen. Mängden stålbalkar i förstärkningen av befintlig byggnad under radhuset har också beräknats från konstruktionsritningarna.

Detaljutförandet för ingående konstruktionslösningar avseende material, beslag och infästningar har hämtats från materialtillverkare för de olika byggsystemen.

3.2.1 Produktion (modul A1 och A3)

För beräkningen av betongens miljöpåverkan i grundplattan på mark används EPDer som är specifika för den svenska marknaden.

3.2.2 Transporter (modul A2 och A4)

Transportaktiviteterna i modulerna A2 och A4 beräknas med hjälp av data från Nätverket för transporter, NTM [3]. Eftersom ingen information om vägtransporterna finns tillgänglig används standardvärden för vägtransporter i Europa.

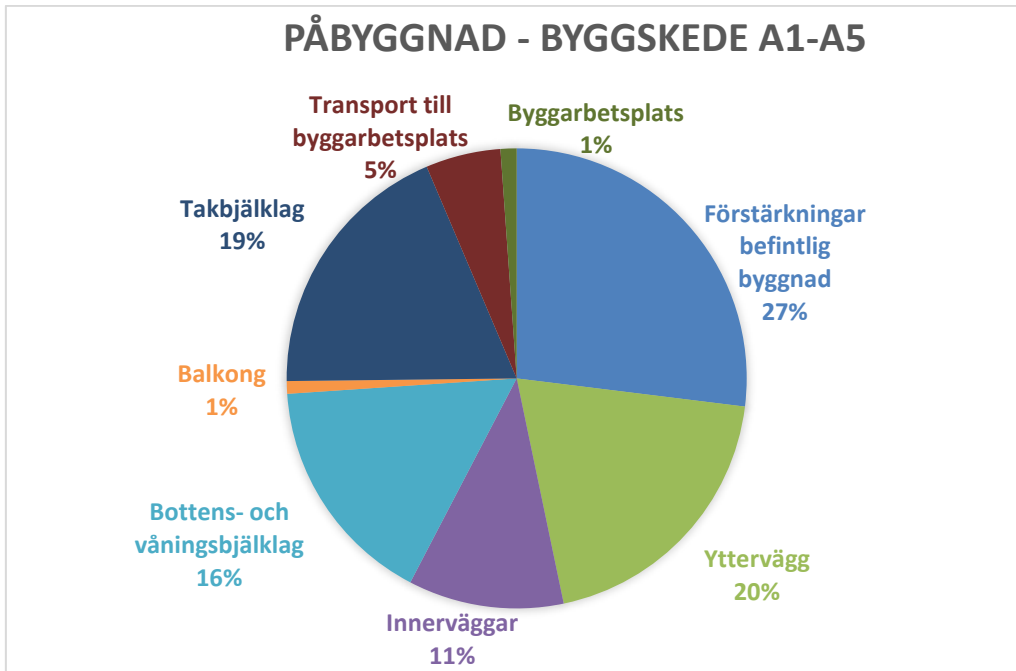
3.2.3 Maskiner på byggarbetsplats (modul A5)

För modellering av monteringar har användningen av byggmaskiner baserat på data om klimatpåverkan av kran från Erlandsson och Peterson (2015).

4 Miljöpåverkansbedömning

4.1 Påbyggnad

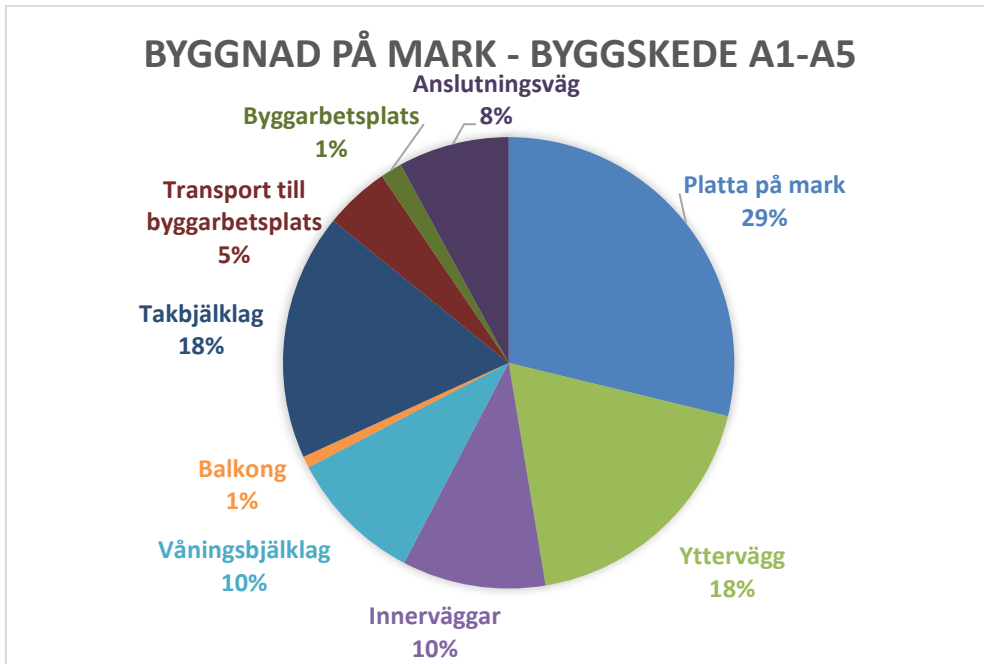
Resultaten av miljöberäkningen för påbyggnaden med träbyggsystem presenteras i figur 4.1 som visar den procentuella fördelningen för klimatpåverkan från samtliga konstruktionsdelar. Det som främst bidrar till klimatpåverkan för påbyggnaden är förstärkningen, dvs balkrosten av stål, som fördelar lasten på befintlig byggnad (27 %). Delar i träkonstruktionen som har ett stort bidrag är yttervägg (20%) och takbjälklag (19%). Arbetet på byggarbetsplats ger i detta fall endast ett litet bidrag.



Figur 4.1 Relativa bidraget från olika konstruktionsdelar till klimatpåverkan GWP-GHG för byggskedet (A1-A5) för analyserad påbyggnad.

4.2 Byggnad på mark

Resultaten av miljöberäkningen om byggnaden uppförs på mark presenteras i figur 4.2. Resultaten visar att grundkonstruktionen, dvs en isolerad platta på mark med förstyvning under lägenhetsskiljande väggar i detta fall medför 29% av den totala klimatpåverkan under byggskedet. Anslutningsvägens klimatpåverkan är beräknat med hjälp av verktyget Klimatkalkyl från Trafikverket. Den bidrar med 8% av den totala klimatpåverkan av konstruktionsdelarna i byggskedet.

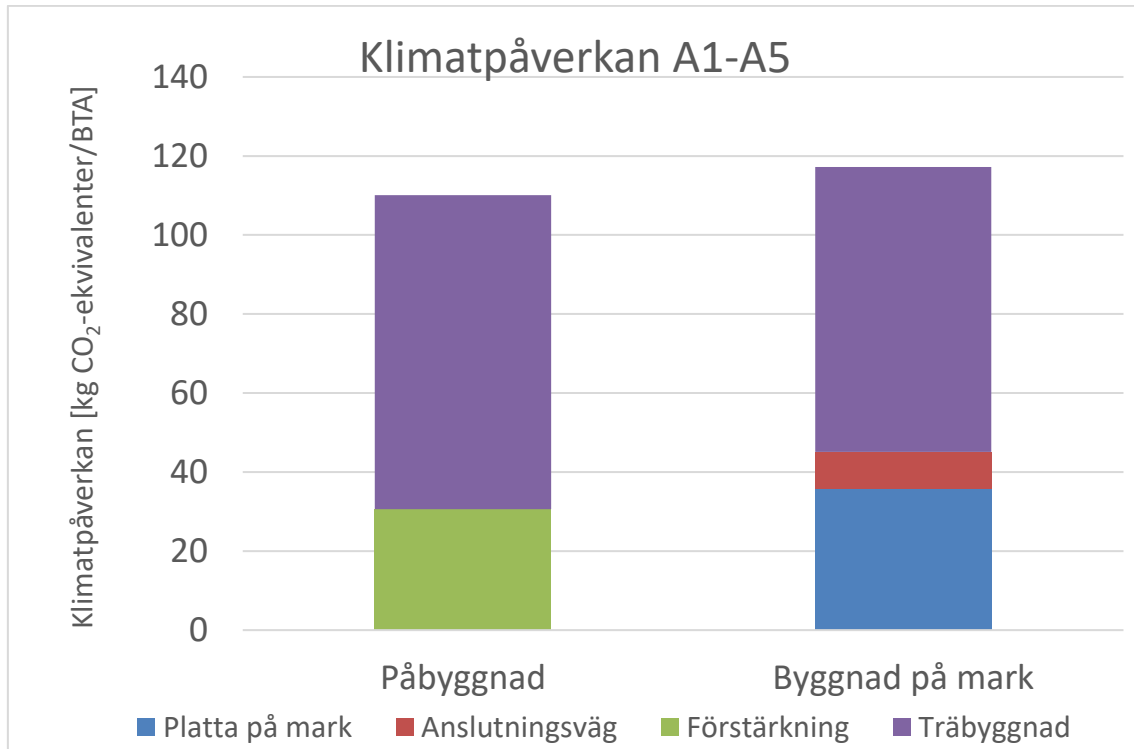


Figur 4.2 Relativa bidraget från olika konstruktionsdelar till klimatpåverkan GWP-GHG för byggskedet (A1-A5) för analyserad byggnad uppförd på mark.

4.3 Jämförelse av påbyggnad och byggnad uppförd på mark

Studien är baserad på hypotesen att den byggnad (som byggs ovanpå balkrosten) som placeras ovanpå befintlig byggnad och byggnaden som byggs på platta på mark i stort sett har samma utförande. Det som skiljer båda träbyggnaderna åt är att bottenbjälklaget i trä ersätts av betongplattan då byggnaden byggs på mark. För byggnaden på mark ingår även en anslutningsväg framför fastigheten med anslutning av vatten och avlopp. I beräkningen ingår också schaktning och utfyllnad med dräneringsmaterial under grunden som sträcker sig ca 1 m utanför betongplattan. Övrigt markarbete såsom stensättning etc ingår däremot inte i analysen.

Figur 4.3. presenterar den totala klimatpåverkan fördelad på byggskedets ingående delar A1-A5 för de två fallen: påbyggnad och byggnad på mark. Påbyggnaden har något mindre klimatpåverkan än byggnaden som uppförs på mark. Den har en total klimatpåverkan för byggskedet (A1-A5) 110 kg CO₂-ekv/m² BTA medan byggnaden som uppförs på mark har en total klimatpåverkan för byggskedet (A1-A5) 117 kg CO₂-ekv/m² BTA. Värdena är jämförbara med vad som framgår av liknande studier av byggnaders klimatpåverkan (Adolfsson et al., 2021, Malmqvist et al., 2021).



Figur 4.3 Klimatpåverkan per Bruttoarea (BTA) för en påbyggnad jämfört med om motsvarande byggnad som byggs på mark. I påbyggnad ingår förstärkningsåtgärder av befintlig byggnad och vid byggnad på mark ingår platta på mark, grundarbete och anslutningsväg utanför fastigheten.

Träbyggnaden vid påbyggnad har en något högre klimatpåverkan jämfört med träbyggnaden på platta på mark på grund av bottenbjälklagen som ingår i påbyggnaden. Bottenbjälklagens klimatpåverkan är 6,6 kg CO₂e /m² BTA (eller 657 kg CO₂e/lägenhet). Bottenbjälklagen innehåller dock trämaterial med stor potential för kolinlagring som medför en positiv effekt på klimatet förutsatt att biogent kol bundet i dem lagras under en lång tid.

4.4 Inverkan av framtida återbruk av bärande element i påbyggnaden

4.4.1 Biogent kol

Enligt Andersen et al., 2021, som har studerat miljöpåverkan av en KL-träbyggnad, resulterar användningen av biogent kol i netto-negativa koldioxidutsläpp under byggnadens livslängd eftersom biogent kol lagras i byggnaden och ytterligare kol tas upp under ny skogstillväxt. En förutsättning är att lagringen sker under tillräckligt lång tid.

Biogent kol inkluderat i LCA ger beslutsfattare ny värdefull information som kan vara viktig med hänsyn till beslut på olika lösningsalternativ (Andersen et al., 2021) och det finns olik syn på en sådan inkludering i olika europeiska länder. Enligt sammanställningen i den omfattande studien av Malmqvist et al., 2021, utnyttjas i

Danmark den tyska databasen Ökobau för klimatberäkningar för byggnader, med verktyget LCAByg som inkluderar, till skillnad från värdena i den svenska (och finska) klimatdatabasen, även upptag av biogent kol i form av CO₂ i modul A1-A3.

Intressen för potentialen av kolinlagring i träbyggnader är undersökt i Holland också, där Van Stijn (2021) visar att de viktigaste maximeringsstrategierna för att öka användningstiden för träkomponenter fram till 2050 och 2100 är att utveckla nya demonteringstekniker för befintliga bostäder, utveckla kvalitetsstandarder för att återbruka träkomponenter, förbättra infrastrukturen för återanvändning av element och material, och skapa en marknadsplats med överblick över utbud och efterfrågan på sekundära material.

En ökad användning av scenarioanalys för modellering av framtida användning (möjligtvis också kaskadanvändning) efter den första livscykel blir mer och mer efterfrågat (Garcia et.al, 2020, Andersen et al., 2021).

Ett exempel på ett scenario för möjlig återanvändnings- och återvinningspotential för trämaterial / komponentnivå för den analyserade påbyggnaden redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Analys av trämaterialanvändning, möjligt framtidsscenario och beräknat biogent kol för en byggnad när komponenterna används minst 100 år, per påbyggnad med 8 lägenheter.

Material/ Komponent	Placering i byggnad	Total mängd trämaterial/ träkomponent [kg/ byggnad]	Total mängd trämaterial/ träkomponent [kg/ m ² BTA]	Möjlig åter- använd- ningsgra- d (%) [*] 100 år	Möjlig åter- vinnings- grad (%) ^{**} 100 år	Kommentar
KL-trä	Väggar, bjälklag	109 844	138	100	100	Skyddad i konstruktionen
Limträ	Balkong, avväxling/ förstärkning	2 518	3,2	100	100	Skyddad mot vatten
Plywood	Takbjälklag, takelement	3 096	3,9	50	50	Exponerad för stora temperaturer och varierande luftfuktighet
Spånskiva (spårad golvvärme)	Bjälklag	13 028	16,4	50	100	Små ändringar av temperatur
Konstruktions- virke	Balkong/ Trall	268	0,3	0	100	Impregnerad, exponerad
Lättbalk H350	Takelement	2 687	3,4	50	50	Större ändringar av fukt och temp. Limmets kvalitet spelar roll
Total mängd trämaterial		131 444	165,2			

^{*}Återvinning, också kallad materialåtervinning betyder sönderdelning till spån eller flis för t.ex. spånskivor och andra formpressade produkter

^{**}Återanvändning – användning av en komponent (hel eller delad) som inte innebär sönderdelning

Antaganden för beräkningen är ett scenario som enbart avser detta fallstudie i syfte att visa kolinlagringens betydelse och potential.

Träbaserade material innehåller också vatten, lim och andra kemiska produkter. Biogent kol står för hälften av det torra träet.

Byggnaden i studien är ett 2-våning radhus. Mängden träbaserade material som ingår i LCA beräkningen av påbyggnaden är 165,2 kg/ m² BTA och mängden träbaserade material som ingår i LCA beräkningen av byggnaden på mark är 129 kg/ m² BTA, skillnaden består av bottenbjälklagen i påbyggnaden. Den innehåller cirka 8 m³ KL-trä per lägenhet som motsvarar 5 700 kg bundet biogent kol CO₂/ lägenhet (eller cirka 1500 kg bundet biogent C/lägenhet). Detta gör att påbyggnaden har en större potential än bygganden på mark att utgöra en kolsänka med den inbundna koldioxiden i bottenbjälklaget.

Erlandsson et al. (2018) redovisar 224 kg/ m² A_{temp} för en byggnad med KL-trästomme medan Andersen (et al.) redovisar 188,5 kg / m² BTA för trämaterial i byggnaden. Skillnaden kan bero på att byggnaderna i jämförelsen är högre, 6-vånings- respektive 8-våningshus. Trähus kräver generellt större mängder material ju högre de blir för att uppfylla tekniska krav såsom stabilitet, hållfasthet, brand, vibrationer (Landell, 2018). Erlandsson noterar ”att resultat i klimatpåverkan per m² A_{temp} är inte jämförbara med resultat per m² BTA eftersom (bl.a) projekterade lösningarna har således varierande bruttoarea, då tjockleken på yttervägg skiljer sig”.

Tabell 3 redovisar bundet biogent kol för de olika trämaterial / komponenter per lägenhet men också per m² BTA för analyserade påbyggnaden.

Tabell 3. Redovisning av träbaserat material/komponent, densitet och bundet biogent kol per lägenhet i påbyggnaden, och bundet biogent kol per m² BTA.

Material/ komponent	Mängd material per lägenhet [m ³]	Densitet material [kg/m ³]	Andel lim och andra kemiska ämnen i material [%]	Biogent kol [kg C] per lägenhet	Biogent kol [kg C] per m ² BTA*	Biogent kol [kg CO ₂] per m ² BTA*	Informa- tionskälla (år 2021)
KL-trä	31,9	430	0,8	6 254	62,9	230,4	NEPD 345- 236
Limträ	0,7	468	0,9	139	1,4	5,1	NEPD- 2783-1438
Plywood	0,8	490	9	166	1,7	6,1	
Spånskiva (spårad golvvärme)	2,4	680	13	536	5,4	19,8	NEPD- 1579-604
Konstruktions- virke	0,07	460	0	15,5	0,2	0,6	S-P-02657
H350 Lättbalk (OSB liv)	0,6	540	4,4	160	1,6	5,1	NEPD- 3202- 1842+ 3031EPD- 17-0634
Totalt	36,4			7 282	73	268	

*BTA = 99,5 m² per tvåvåningslägenhet i påbyggnaden med KL-trästomme

Adolfsson et.al. (2021) redovisar biogent kol i form av koldioxid/ m² BTA för fyra typer av träbyggnader som dock har regelstomme (detta innebär en mindre mängd trä i

bygganden än KL-trästommen). Till skillnad från vårt fall inkluderar Adolfsson i beräkningen även trä/aluminiumfönster. Biogent kol ligger i det fallet mellan 125 och 136 kg CO₂/m² BTA (Adolfsson et al., 2021) som är ungefär hälften av värden i vårt resultat, detta pga en mindre mängd trä som använts i regelstommen jämfört med KL-trästommen.

För att öka återbruket, framförallt återanvändning av träkomponenter på längre sikt är det viktigt att ta hänsyn till designstrategier som möjliggör enkel demontering och återmontering, att sätta krav på demonterbarhet redan i planeringsskedet (Cristescu et al., 2020). Material som återanvänds kan behöva klassas, och dess funktion säkerställas ifall sådana krav föreligger. En återvunnen produkt kommer inte nödvändigtvis ha samma klassning som när produkten var nyttillverkad. Det förutsätter att det inte finns fuktskador på komponenter som kan försämra funktionen.

Stålet i stålbalkar, stålprofiler och stålplåt som finns mest i förstärkning för påbyggnaden i beräkningen, kan återanvändas och/eller återvinnas till 100% (Hradil et al., 2017).

5 Diskussion och slutsatser

Varje byggnad är unik och en påbyggnad måste anpassas därefter. Valet av förstärkningsåtgärd kan därför ha stor betydelse vid en påbyggnad. Den byggnad som använts som case i denna studie är byggd ovanpå en galleria. Detta innebär att den befintliga byggnaden har stora öppna ytor och därmed få punkter för lastnedföring. Det innebär att balkrosten som använts i ”midjan” för förstärkning blivit relativt kraftig. För en mer regelbunden byggnad med fler bärande väggar behöver sannolikt en mindre mängd förstärkning användas för att fördela de tillkommande lasterna från påbyggnaden.

Material, materialmängd och utförande bör i ett tidigt skede i projekteringen utvärderas så att klimatpåverkan kan minimeras med bibehållen funktion. Genomförande av en LCA-analys i ett tidigt skede av projekteringen är därför viktig för att upptäcka var och när den största klimatpåverkan uppträder i byggnadens livscykel. En noggrann genomgång av befintlig byggnads tillstånd och bärförmåga krävs också för att möjliggöra ett optimalt val av byggsystem och hur det kan anpassas för att minska behovet av förstärkningsåtgärder. Utformningen av byggnadens ”midja” där påbyggnad och befintlig byggnad kopplas ihop blir därför särskilt viktig vid påbyggnationer.

Resultaten, från denna specifika byggnad, visar att mängden stål i balkrosten vid påbyggnaden i stort sett medför samma påverkan på klimatet som grundläggningen med plattan på mark detta trots att balkarna till större del innehåller återvunnet stål. Om en träkonstruktion kan användas i stället för stål kunde klimatpåverkan minskas avsevärt.

Övriga förbättringar som kan bidra till en minskad klimatpåverkan är:

- Valet av träbyggnadssystem medför olika förstärkningsåtgärder och anpassning av dessa.

- Utnyttjande av skivverkan i KL-Trä kan minska behovet av förstärkningsåtgärder.
- En påbyggnad påverkas av väder och vind i större utsättning än byggnad på mark och kräver en noggrann utformning av fasad och anslutningsdetaljering som minskar underhållet och förlänger livslängden.
- En påbyggnad av massivt trä i kombination med förstärkningar av stålbalkar av återvunnet stål har en stor potential för att återbrukas i framtiden vilket medför en positiv påverkan för klimatet. Återanvändningen och återvinningen av träprodukter kan bidra till en permanent kollagring (över 100 år).

Referenser

1. Adolfson, I., Lindbäck, E., Pantze, A. (2021). Klimatpåverkan från industriellt producerade flerbostadshus i trä, Rapport 308313, Tyréns för LTU.
2. Cristescu, C., Honfi, D., Sandberg, K., Sandin, Y., Shotton, E., Walsh, S. J., ... Krofl, Ž. (2020). Design for deconstruction and reuse of timber structures – state of the art review. InFutUReWood Rapport D2.1. RISE Rapport 2020:05.
3. EN 15978. (2011). Hållbarhet hos byggnadsverk – Värdering av byggnaders miljöprestanda – Beräkningsmetod. SS-EN 15978:2011. Stockholm: SIS.
4. EN 15804. (2019). Hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklarationer - Produktspecifika regler. SS-EN 15804:2012+ A2: 2019. Stockholm: SIS.
5. Erlandsson, M., & Peterson, D. (2015). Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda. Underlagsrapport till kontrollstation.
6. Erlandsson, M., Malmqvist, T., Francart, N., & Kellner, J. (2018). Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus–LCA av fem byggsystem. IVL Rapport C350.
7. Garcia, R., Alvarenga, R. A., Huysveld, S., Dewulf, J., & Allacker, K. (2020). Accounting for biogenic carbon and end-of-life allocation in life cycle assessment of multi-output wood cascade systems. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122795.
8. Hradil, P., Talja, A., Ungureanu, V., Koukkari, H., & Fülöp, L. (2017). 21.03: Reusability indicator for steel-framed buildings and application for an industrial hall. *ce/papers*, 1(2-3), 4512-4521.
9. Landel, P. (2018). Swedish Technical Benchmarking of TallTimber Buildings. RISE Rapport 2018:67.
10. Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J., & Erlandsson, M. (2021). Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader.
11. Nätverket för transport och miljö NTM, Environmental data for international cargo transport – Calculation methods and default data – mode-specific issues, 2008.
12. van Stijn, M. A. (2021). Maximization of carbon storage in timber in residential dwellings in the Netherlands until 2050 and 2100 (Master's thesis). Utrecht University

Bilaga 1

Material	Deklarerad enhet	Klimatpåverkan [kg CO ₂ -ekv/enhet]	Datareferens
Platta på mark			
Fibercementskiva	m ²	16,5	Cembrit Solid, EPD: MD20045 EN_rev2, Cembrit, 2021.
Betong, C30	m ³	236	Standard betong, NEPD-2115-959-SE Betongindustri AB, 2020.
Armering	t	370	Steel reinforcement products for concrete - Swedish production, Celsa Steel Service AB, EPD International, S-P-00305, 2021.
EPS isolering 200	1 m ²	8,1	Polystyrene, EPD Danmark: MD-16005-EN, Plastindustrien, 2017.
EPS isolering 300	1 m ²	12,2	Polystyrene, EPD Danmark: MD-16005-EN, Plastindustrien, 2017.
Dräneringsrör HDPE	1 kg	1,8	Data från Plastic Europé, 2014.
Markrör PP	1 m PVC Sewage pipe 110x3,2 SN8	2,38	Sewage pipe, NEPD-2880-1574-EN, Pipelife Sverige, 2021.
Dräneringsgrus 16/32	t	0,248	Erlandsson, M. (2014). Generell byggproduktinformation (BPI) för bygg- och fastighetssektorn: Miljödata för krossprodukter och naturgrus, IVL, Rapport C 12.
Dräneringsbrunn	kg	1,8	Data från Plastic Europé, 2014.
Markduk/separationsduk	kg	2	Data från Plastic Europé, 2014
Förstärkningar av befintlig byggnad vid påbyggnation			
Stålbalk HEB400	t	1020	Steel beams, S-P-02626, Stena, 2021.
Stålbalk HEB240	t	1020	Steel beams, S-P-02626, Stena, 2021.
Syll, trä	m ³	29,6	EPD S-P-02657 Svenskt Trä
Syllpapp	m ²	1,71	Reinforced bitumen sheets for roof waterproofing (underlayers,), Nordic waterproofing, International EPD S-P-01900, 2020.
Innerväggar			
Gipsskiva GF	m ²	3,54	EPD Gyproc Typ GF
Gipsiva GN	m ²	2,14	EPD Gyproc Typ GN
KL_Trä	m ³	45,6	NEPD 345-236, Martinsons
Mineralull, Stenull 120	m ²	4,64	Paroc, NEPD-2392-1128-EN

Material	Deklarerad enhet	Klimatpåverkan [kg CO ₂ -ekv/enhet]	Datareferens
Skruv T29	kg	2,5	Steel Profiles and Accessories, EPD International SP - 00782, Gyproc, 2021.
Skruv (gipsskiva), T57	kg	2,5	Steel Profiles and Accessories, EPD International SP - 00782, Gyproc, 2021.
Ytterväggar			
Plåtfasad aluminium KALZIP 50/360 L10-CLIP	kg	6,7	Data från European Aluminium, 2019.
REDAir Multi TP T-Profil ALU	kg	6,7	Data från European Aluminium, 2019.
REDAir stålregel Multi MR 30 mm	kg	2,9	Wahlstrom, Karlstad Univ., 2019.
Stenull RW REDAir battens flex 200 mm	m ²	7,51	NEPD 00131E rev1
KL-trä, 120 mm	m ³	45,6	NEPD 345-236, Martinsons
Gipsskiva, 12,5 mm	m ²	2,14	EPD Gyproc Typ F
Gipsskiva, 15,4 mm	m ²	3,54	EPD Gyproc Typ F
Skruv (gipsskiva), T41	kg	2,5	Steel Profiles and Accessories, EPD International SP - 00782, Gyproc, 2021.
Skruv (gipsskiva), T29	kg	2,5	Steel Profiles and Accessories, EPD International SP - 00782, Gyproc, 2021.
Takbjälklag			
Tätskikt YEP4000	m ²	2,01	EPD Icopal Membran 3
Plywood, 14,5 mm	m ³	192	Plywood EPD Moelven, 2020.
H350 Lättbalk	m ³	1,83	I-beam, NEPD-3201-1842, Masonite beams, 2021
Mineralull, Stenull, 47 mm	m ²	1,674	Paroc, NEPD-2392-1128-EN
Mineralull, Stenull, 256 mm	m ²	9,424	Paroc, NEPD-2392-1128-EN
Plåt (stål), 9,5 mm	kg	2,6	Hot-dip galvanised steel building products EPD EcoPlatform nr.00001197, Plannja, 2020.
Gipsskiva Typ F, 15,4 mm	m ²	3,54	EPD Gyproc Typ F
Primärprofil Gyproc P45, 45 mm	ton	2900	EPD Gyproc steel profiles
Sekundärprofil S25/85, 85 mm	ton	2900	EPD Gyproc steel profiles
Gipsskiva Hård Typ Habito, 12,5 mm	m ²	2,26	EPD Gyproc Typ Habitat
Balkong			
Trall	m ³	29,6	EPD S-P-02657 Svenskt Trä
Regel, impregnerad	m ³	29,6	EPD S-P-02657 Svenskt Trä
Tätskikt	m ²	2,01	EPD S-P-02106 Icopal Membran 3
Foamglas T4	kg	1,49	Foamglas F, EPD-PCE-20200301-IBA1-EN, 2021
Limträbalk	m ³	33	NEPD-2783-1438-NO Martinsons
KL-trä	m ³	45,6	NEPD-345-236-NO Martinsons

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtids säkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB Laboratorgränd 2, 931 77, SKELLEFTEÅ Telefon: 010-516 50 00 E-post: info@ri.se , Internet: www.ri.se	Träbyggande RISE Rapport : 2022:60 ISBN: 978-91-89711-00-6
--	--