

KLIMATBERÄKNING MOELVEN BYGGMODUL AB



2022-11-03

UPPDRAG

324868, Klimatpåverkan Byggmodul/Moelven Byggmodul AB

Titel på rapport: Klimatberäkning Moelven

Status: Slutrapport

Datum: 2022-11-03

MEDVERKANDE

Beställare: Moelven Byggmodul AB

Kontaktperson: Sofie Eriksson

Konsult: Jesper Agerborn, Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Erik Johannes, Tyréns AB

Version: 1.2

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Innehåll

Innehållsförteckning	3
1 Om Projektet	4
1.1 Syfte	4
2 Bakgrund	4
3 Metod klimatberäkning	5
3.1 Livscykelns omfattning	5
3.2 Byggnadens omfattning	6
3.3 Program och Indata	7
3.4 Redovisning av resultatet.....	10
3.5 Antaganden	11
3.6 Biogent kol.....	12
4 Felkällor och osäkerheter	14
5 Resultat	15
5.1 Resultat total klimatpåverkan	15
5.2 Biogent kol.....	18
5.3 Beräkningsmetod.....	18
6 Analys/Diskussion	19
7 Slutsats	21
8 Rekommendationer kommande arbete	22
Referenser	24
Bilagor	25
Bilaga 1 – Resurser i klimatberäkning (separat blad)	
Bilaga 2 – Detaljerad klimatdata (separat blad)	
Bilaga 3 – EPD för byggprodukter (i denna rapport sid 26)	

1 Om Projektet

Moelven Byggmodul AB producerar byggmoduler i trä. Byggmodulerna tillverkas inomhus på volymfabrik till volymelement som färdigställs, förses med installationer och fast inredning så långt som möjligt. Volymelementen transporteras sedan till byggarbetsplats och färdigställs med prefabricerade yttertakskonstruktioner till en färdig byggnad. Som ett led i Moelven Byggmodul ABs miljöarbete vill Moelven Byggmodul AB genomföra klimatberäkningar för att beräkna växthusgasutsläppen (kg CO₂-e per m² BTA) som deras byggmoduler leder till.

För att genomföra detta utfördes en fallstudie där Tyréns genomförde en klimatberäkning på den redan färdigställda byggnaden, projekt Fågelporten i Nyköping. Projektet bestod av två liknande huskroppar på fem våningar med en total BTA på 3801 m². Totalt består de två huskropparna av 114 moduler.

1.1 Syfte

Syftet med detta arbete är att för Tyréns ge stöd i Moelven Byggmodul ABs arbete med att förstå klimatpåverkan från deras byggmoduler i trä. Tyréns genomförde en klimatberäkning för att presentera den klimatpåverkan som huskropparna bidrog till. Även huskropparnas möjlighet till att vara en kolsänka har analyserats. Kolsänkan redovisades separat för att biogent kol inte ska redovisas tillsammans med fossila utsläpp enligt Boverkets riktlinjer.

Klimatavtrycket beräknades för A1-A5 enligt den indelning av en byggnads livscykel faser som framgår av EN 15978 (Hållbarhet hos byggnadsverk. Värdering av byggnaders miljöprestanda). Systemavgränsningarna i övrigt följer den nya lagen för klimatdeklarationer vilket inte helt följer den ovannämnda standarden. Detta presenteras i avsnitt 3.

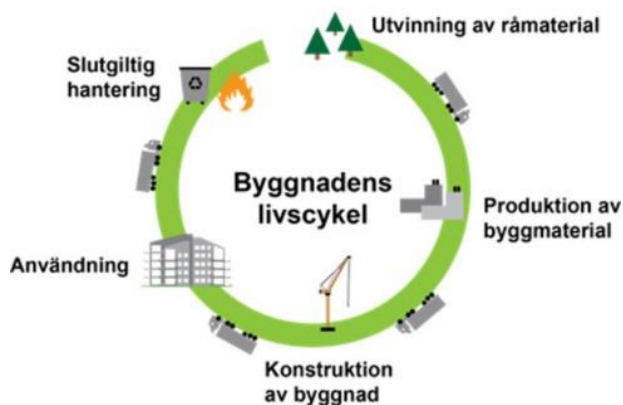
2 Bakgrund

Bygg- och fastighetssektorn står för ca 21,1 % av Sveriges totala växthusgasutsläpp under 2019 (Boverket, Miljöindikatorer – aktuell status, 2021). Enligt en förstudie om miljö- och klimatanpassade byggregler som genomförts av Boverket, finns ett behov av att öka medvetenheten om hur olika val under projekterings- och byggskede i förlängningen påverkar miljön.

Som en del av Moelven Byggmodul ABs miljöarbete inom byggnation med Moelvans byggmoduler, utfördes en klimatberäkning på ett projekt av två huskroppar för att kartlägga miljöpåverkan och identifiera vilka material som har störst klimatpåverkan.

För att genomföra klimatberäkningen har en livscykelanalys genomförts. En livscykelanalys innebär en kartläggning av miljöpåverkan under en produkts

livscykel, från råvaruutvinning till avfallshantering/sluthantering, uppdelat i olika miljöpåverkanskategorier (varav en är klimatpåverkan).



Figur 1. Illustration över en byggnads livscykel.

I avsnitt 3 presenteras omfattning av den livscykelanalys som genomförts i detta projekt.

3 Metod klimatberäkning

3.1 Livscykelns omfattning

En byggnads livscykel är indelad i byggskede, användningsskede och slutskede, enligt den europeiska standarden EN 15978. En klimatdeklaration ska innehålla redovisning av klimatpåverkan från byggskedet. Byggskedet omfattar då tillverkning av byggmaterial (livscykelsskede A1-A3), transport till byggarbetsplats (livscykelsskede A4) samt bygg- och installationsprocessen (livscykelsskede A5). I Tabell 1 presenteras vad som ska ingå enligt gällande lagen om klimatdeklarationer.

Tabell 1. Ingående delar i lagen om klimatdeklarationer (Källa: Boverket)

Livscykelsskede	Detta ingår i klimatdeklaration	Detta ingår inte i klimatdeklarationen
A1-A3 Råvaruförsörjning, transport och tillverkning i produktskedet	Klimatpåverkan till följd av råvaruförsörjning, transport och tillverkning i produktskedet för bärande konstruktionsdelar, klimatskärm och innerväggar.	Övriga byggprodukter i byggnaden

A4 Transport	Klimatpåverkan till följd av transporter av ingående byggprodukter i bärande konstruktionsdelar, klimatskärm och innerväggar, från tillverkningsfabrik till byggarbetsplatsen	Övriga transporter, till exempel transport av arbetsmaskiner och bodar till och från arbetsplatsen samt transport av förbrukningsmaterial.
A5 Byggspill	Klimatpåverkan från produktskede och transport till byggarbetsplatsen av bärande konstruktionsdelar, klimatskärm och innerväggar, som blir till spill på byggarbetsplatsen.	Klimatpåverkan från transport till avfallshanteringsplats och avfallshantering av byggspill som genereras på byggarbetsplatsen. Klimatpåverkan från tillverkning och omhändertagande av emballage och annat avfall som uppstår på byggarbetsplatsen
A5 Energi	Klimatpåverkan från all användning av el, värme och bränslen på byggarbetsplatsen	Energi och bränsle för markarbete.
A5 övrigt		Vattenanvändning på byggarbetsplatsen för kylning av byggmaskiner eller rengöring. Hjälpmaterial som använts men inte ingår i byggproduktens miljövarudeklaration. Nödvändiga tillfälliga arbeten.

3.2 Byggnadens omfattning

Klimatberäkningen är linjerad med den gällande lagen om klimatdeklaration och har samma systemgränser som gällande lag. Detta innebär att klimatberäkningen omfattar hela byggnaden förutom installationer och invändiga ytskikt. Enligt SBEF:s byggdelstabell som omfattar klimatberäkningen byggdel 24, 26-29 samt byggdel 3-6, se figur 2. Indata och schabloner presenteras vidare i avsnitt 4.

Klimatberäkningen är gjord efter färdigställande av byggnaderna.

0 SANERING OCH RIVNING	00 Sammansatta	01 Demontering	02 Sanering och lätt rivning	03 Tung rivning	04 Efterlagning	05	06 Hålltagning	07 Arbeten för installationer	08	09
1 MARK	10 Sammansatta	11 Rövning, rivning, flyttning	12 Schakter, fyllning	13 Markförstärkning, dränering	14	15 Ledningar, kulvertar, tunntar	16 Vägar, planer	17 Trädgård	18 Markutr. stödmurar, kompletteringsbyggnad.	19 Mark övrigt
2 HUSUNDERBYGGNAD	20 Sammansatta	21	22 Schakt, fyllning	23 Markförstärkning, dränering	24 Grundkonstruktioner	25 Kulvertar, pelare	26 Garage	27 Platta på mark	28 Huskompl. Husunderbyggnad.	29 Husunderbyggnad.
3 STOMME	30 Sammansatta	31 Stomme- väggar	32 Stomme- pelare	33 Prefab	34 Stomme bjälklag, balkar	35 Smide	36 Stomme, trappor, hisschakt	37 Samverkade takstomme	38 Huskompl. stomme	39 Stomme övrigt
4 YTTERTAK	40 Sammansatta	41 Takstomme	42 Takläggkomplettering	43 Taktäckning	44 Takfot och gavlar	45 Öppningskompletteringar yttertak	46 Plåt	47 Terrassatak, altaner	48 Huskompl. yttertak	49 Yttertak övrigt
5 FASADER	50 Sammansatta	51 Stomkomplettering/utfackning	52	53 Fasadbeklädnad	54	55 Fönster, dörrar, partier, portar	56	57	58 Huskompl. ytterväggar	59
6 STOMKOMP. RUMSBILDN.	60 Sammansatta	61 Inlösa yttervägg	62 Undergolv	63 Innerväggar	64 Innetak	65 Invändiga dörrar, glaspartier	66 Invändiga trappor	67	68 Huskompl. rumsbildning	69 Rumusbildning övrigt
7 YTSKIKT RUMSKOMP.	70 Sammansatta	71	72 Ytskikt golv, trappor	73 Ytskikt vägg	74 Ytskikt tak, undertak	75 Målning	76 Vitvaror	77 Skåpsnickrier	78 Rumskomp. övrigt	79 Rumskomp. övrigt
8 INSTALLATIONER	80 Sammansatta	81 Integrerade solförlor	82 Process	83 Storkök	84 Sanitet, värme	85 Kyla, luft	86 El	87 Transport	88 Styr och regler	89 Installationer övrigt
9 GEMENSAMMA ARBETEN	90 Gem. arbeten	91 Gemensamma	92	93	94	95	96	97	98	99
	101 A5.1: Spill, emballage och avfallshantering	102 A5.2: Byggarbetsplatsens fordon, maskiner och apparater (energi till drivmedel m.m.)	103 A5.3: Tillfälliga bodar, kontor, förelid och andra byggnader (energi till uppvärmning m.m.)	104 A5.4: Byggprocessens övriga energivaror (som gasol och diesel) för värme och dylikt, köpt el, fjärrvärme o.s.v.)	105 A5.5 Övrig miljöpåverkan från byggprocessen, inklusive övergödning vid sprängning, markexploatering, kemikalieanvändning o.s.v.					

Figur 2. Omfattade byggdelar i klimatberäkningen.

Vid utförande av klimatberäkning har vissa avgränsningar gjorts, se tabell 3 nedan.

Tabell 2. Förtydligande tabell över byggdelar/material som exkluderats.

Byggnadsmaterial	Motivering till avgränsning
Spik, skruv, mutter, hålbånd, plaststrips eller motsvarande	Försumbar klimatpåverkan

3.3 Program och Indata

3.3.1 Program för beräkningar

Beräkningarna är utförda i programvaran One Click LCA version 0.7.1 med databasversion 7.6. Genom att välja materialresurser för ingående mängder och material beräknas automatiskt miljöpåverkan för byggmaterialen (A1-A3) samt dess transporter (A4) och avfallshantering (A5). One Click LCAs verktyg "Klimatdeklarationer" användes vid beräkning.

3.3.2 Indata

MATERIAL (A1-A3)

Mängder av material och byggprodukter har levererats av Moelven Byggmodul AB som har utgått ifrån inköpta mängder till projektet. Då den underentreprenör som genomförde grundläggningen (platta på mark) hade gått i konkurs vid tillfälle för klimatberäkning var det inte möjligt att erhålla exakta mängder för grundläggningen. För dessa mängder har Tyréns miljökonsulter utgått från de konstruktörsritningar som funnits tillgängliga och beräknat mängden betong. För armering har Tyréns utgått från tidigare kända nyckeltal för mängd armering per

kubik betong. Gällande ståltrapporna i huskropparna har ritningar bifogats och en vikt beräknats med ritningarna som underlag.

I första hand har produktspecifika miljödata (EPD) använts för att beräkna miljöpåverkan. Där produktspecifika miljödata inte funnits tillgänglig har i första hand generiska data för den svenska marknaden används. Denna data har hämtats från Boverkets klimatdatabas vilket är den klimatdata som ska användas enligt lagen om klimatdeklarationer. Den typiska data från Boverkets klimatdatabas har använts för klimatberäkningen.

Samtliga mängder och vilka resurser/klimatdata som valts för vilket material presenteras i bilaga 1.

Tabell 3. Sammanställande information av Moelven Byggmodul AB projekt.

Administrativ information	
Byggsystem	Volymhus (Byggmoduler)
Antal huskroppar	2
Våningar	5
Grund	Platta på mark med betongpåfundament (påfundament omfattas inte av klimatdeklarationens krav)
Fasad	Värmebehandlad träpanel
Yttertak	Papp
Lägenheter antal	83 st
Antal byggmoduler	114 st
BTA	3801
Kommun där byggnad uppförts	Nyköpings kommun

TRANSPORTER (A4), BYGGPRODUKTION (A5),

Transporterna i projektet består av tre transporter, dels av material till volymfabrik, dels av transporter av färdiga moduler från volymfabriken till byggarbetsplatsen samt en transport från leverantör till byggarbetsplats.

Tyréns har erhållit projektspecifika transportavstånd så långt som möjligt för projektets material gällande transporten till volymfabriken. Samtliga transporter till volymfabriken har antagits ske med lastbilar enligt antagande från Boverkets klimatdatabas. Enligt Boverkets klimatdatabas antas två olika typer av lastbilar, en med energiförbrukning 1 MJ/ton km och en med 1,5 MJ/ton km. Beroende på vilken resurs antas olika lastbilar sköta transporten enligt Boverket, exempelvis transporteras betong med en lastbil på 1,5 MJ/ton km i energiförbrukning och hyvlat virke med en lastbil på 1 MJ/ton km i energiförbrukning. Denna klimatberäkning har följts Boverkets antaganden. Avståndet från volymfabriken till byggarbetsplatsen där modulerna monteras upp är 295 km och har för samtliga material antagits ske med en lastbil 1,5 MJ/ton km. För resurser till grund (platta på mark) samt takstolar som levereras direkt till byggarbetsplatsen har Boverkets antagna transportavstånd antagits. Samtliga antagna transportavstånd presenteras i avsnittet för antaganden. De givna transportavstånden presenteras i tabell 4 nedan. Resurser med projektspecifikt transportavstånd:

Tabell 4. Transportavstånd från leverantörer.

Leverantör:	Transportavstånd [km]:
Ingarps	336
Munktorps	223
AB Hilmer Andersson	107
Knauf	475
Jeld-Wen Sverige AB	402
Daloc AB	174
Inwido Försäljning AB	355
Icopal AB (Malmö)	478
Moelven Wood AB (Skivor industry)	50
Fritzøe Engros AS	244
Dala Golvsystem AB	258
Swisspearl Nordic AB	459
Moelven Töreboda Limträ AB	165
Saint-Gobain Sweden AB Isover	411
Paroc	204
Moelven Wood AB (List Lovene)	175
Stenentreprenader I Hässleholm AB	426
Kingspan	270

Tyréns har även erhållit specifik data för avfallssammanställning, både för avfall på volymfabrik samt byggarbetsplats, och specifik energianvändning, både för volymfabrik och byggarbetsplats. De erhållna siffrorna presenteras i tabell 6 nedan. Totalt har 1785 moduler producerats i volymfabriken och de två byggnaderna består av 114 st moduler.

Tabell 5. Redovisar energianvändning på byggarbetsplats och volymfabrik för ett år.

Volymfabrik				Byggarbetsplats	
Resurs	Totalt	För 114st moduler	Per modul	Resurs	Totalt
Elförbrukning [kWh]	2 101 836	134 235	1178	Elförbrukning [kWh]	275 844
Pellets [ton]	468	30	0,26	HVO [liter]	1 525
Diesel MK 1[liter]	32 323	2 064	18	Diesel MK 1[liter]	409

Tabell 6. Redovisar avfallsmängder på byggarbetsplats och volymfabrik. * Ingår inte i omfattning för lagen om klimatdeklarationer exempelvis emballage eller svårt att avgöra vad för typ av avfall som ingår i posten.

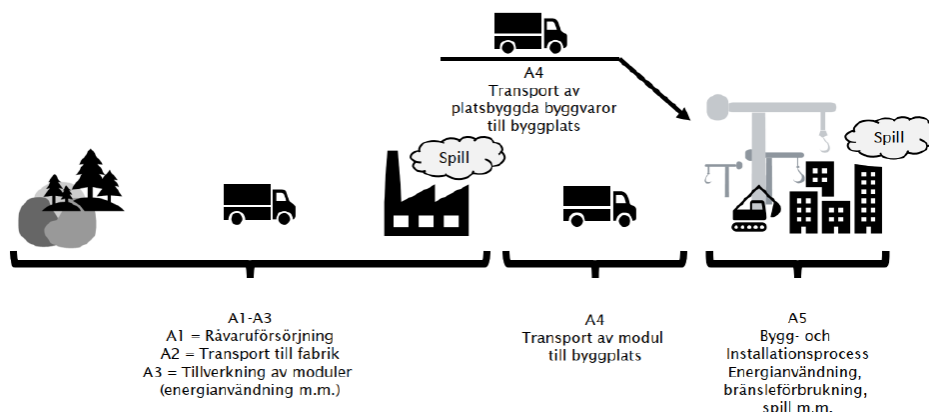
Avfall	Volymfabrik			Byggarbetsplats	
	Totalt [kg]	För 114st moduler [kg]	Per modul [kg]	Avfall	Totalt [kg]
Järn- och metallskrot	17 700	1130	9,91	Järn- och metallskrot	1 310
Brännbart avfall*	264 400	16 886	148	Brännbart avfall*	6 210
Gips till återvinning	320 000	20 437	179	Gips till återvinning*	6 900
Mattspill*	14 461	924	8,11	Trä	41 650
Mjukplast*	44 680	2854	25	Mjukplast*	8 080
Osorterat avfall*	311 340	19 884	174	Mineralull	180
Returpapp*	1 638	105	0,92	Returpapp*	-
Trä	796 990	50 900	446		
Wellpapp*	42 960	2 743	24	Wellpapp*	1 310
Farligt avfall*	9 553	610	5,35	Farligt avfall*	-

Som nämndes ovan för avfallshantering så inkluderades dels klimatpåverkan från produktionen av den mängd material som blir spill, dels transporten av den mängd material som blir spill till arbetsplatsen (i vårt fall till volymfabrik och byggarbetsplats). Då Tyréns hade erhållit den totala mängden inköpta material hade mängden avfall ovan genererats från den totala mängden inköpta material. Då Tyréns inte visste vilket material som har lett till vilket exakt vikt avfall var det svårt att beräkna den exakta klimatpåverkan från just avfallet. Hur detta hanterades i beräkningen för att redovisa ett ungefärligt resultat för spillet redovisas i avsnittet 3.4.

3.4 Redovisning av resultatet

Moelven Byggmodul AB tillverkar industriellt producerade byggmoduler i trä. Byggmodulerna har hög färdigställande grad då de lämnar volymfabriken varpå aktiviteter till uppförande på byggarbetsplatsen är färre än för ett traditionellt producerat flerbostadshus.

Enligt Boverket ska spill och energianvändning från modulproduktionen i volymfabrik samt all materialproduktion redovisas i modul A1-A3. Detta innebär då även att påverkan av transporten av material till volymfabriken ska redovisas i modul A1-A3. Transporten av volymelementen från volymfabrik till byggarbetsplats samt transporten av kompletterande byggmaterial direkt till byggarbetsplatsen för installation ska redovisas i informationsmodul A4 och energianvändningen samt spill på byggarbetsplats redovisas i informationsmodul A5. Redovisningen i detta projekt följer den föreslagna uppdelningen från Boverket. I Figur 3 presenteras en schematisk bild över hur uppdelning har genomförts i denna beräkning.



Figur 3. Flödesschema för redovisning enligt Boverket–Traditionell geografisk byggarbetsplats, avgränsad till den geografiska plats där byggnaden uppförs.

Som tidigare nämnts har Tyréns erhållit den totala mängden inköpt material till projektet. Denna mängd inkluderar materialet som inte används i byggnaden och blir till spill. Tyréns kan inte veta vilken produkt som har genererat vilket spill exempelvis hur stor del av träreglarna som har lett till de 50 900 kg träavfall som blivit spill. Den klimatpåverkan som ska inkluderas för spill är dels klimatpåverkan från produktionen av den mängd material som blir spill dels transporten av den mängd material som blir spill till arbetsplatsen (i detta fall till fabrik och byggarbetsplats). Då Tyréns inte vet vilken produkt som ledde till vilket spill togs beslutet att inte särredovisa spillet i sammanställningen för den totala klimatpåverkan, utan att klimatpåverkan från det material som blir till spill är inkluderat i resultat för modul A1-A3 och modul A4. Detta är inte enligt lagen om klimatdeklarationer. Oavsett vilken metod som använts hade den totala klimatpåverkan från skede A1-A5 blivit densamma men redovisningen mellan de olika skeden varit annorlunda. I Boverkets senaste uppdatering av den handbok för klimatdeklaration nämns problematiken med att deklARATIONEN oftast baseras på inköpt mängd och att det således är svårt att dela upp det på inbyggd mängd och byggspill. Boverket rekommenderar att använda deras generiska spillfaktorer för att beräkna klimatpåverkan från byggspill och då, precis som beskrivet ovan, beräkna den inbyggda mängden med hjälp av dessa. Då denna beräkning ska vara så projektspecifikt som möjligt så beslutades att inte använda de generiska spillfaktorerna i detta fall.

För att ändå få en uppfattning om hur stor klimatpåverkan som materialet som blir till spill ger upphov till har Tyréns gjort en beräkning för detta där klimatpåverkan endast beräknas för mängderna spill. De avfallsmängder som beräknades var järn- och metallskrot, gips, mattspill (ingår inte i lagen om klimatdeklarationer), plast/emballage (ingår inte i lagen om klimatdeklarationer), trä och mineralull. För övriga avfallsfraktioner exempelvis blandat avfall så kan denna bestå av många olika avfallsfraktioner varav detta har exkluderats.

3.5 Antaganden

Som nämnts ovan har ett antal antaganden gjorts där Tyréns erhållna data inte varit komplett eller där uppgifter har saknats. Dessa antaganden presenteras i detta avsnitt.

3.5.1 Transportavstånd

För resurser där projektspecifikt transportavstånd inte funnits har Tyréns antagit en transport på 400 km till fabriken. Detta gäller för produkter från följande leverantörer:

Tabell 7. Leverantörer utan specifikt transportavstånd

Gyproc
Derome
Tenmat
Vibradyn
Byggera
Byggma ASA
Floby Durk AB
SAPA
AB Karl Hedin Bygghandel Torsbyn
Cembrit
Elitfönster

3.5.2 Grundplatta

Som nämnts ovan Tyréns beräknat mängden betong, cellplast samt radonmatta utifrån konstruktionsritningar över grunden. Då mängden armering inte framgick i ritningarna har Tyréns antagit mängden armering utefter nyckeltal, 80 kg armering per m³ betong (Cementa, 2017). Grundplattans tjocklek var mellan 150 – 180 mm betong med varierande tjocklek på kant- och grundbalkar.

3.6 Biogent kol

Kollagring, biogent bunden koldioxid (CO₂), är unikt för förnybara material. Biogent kol är koldioxid som effektivt har tagits bort från atmosfären genom fotosyntesen. Ju längre koldioxiden förblir lagrad desto större är miljönyttan. Biogent lagrad kol beräknas enligt EN 16485. Hälften av det torra träet är kol. Varje kg lagrad biogent kol är lika med 44/12 kg CO₂e. Biogent kol produceras när trädet växer i skogen (modul A1) och antas lämna produktsystemet i avfallsskedet (modul C) när virket förbränns. Dessa antaganden kan endast göras när trä kommer från hållbart skogsbruk och virket har en lång livslängd. I detta avsnitt undersöks huruvida de undersökta industriellt producerade modulerna kan utgöra en kolsänka. Uppgifter gällande olika träprodukters torrs substans har hämtats från IVL (2019) och presenteras (Erlandsson, 2019).

Tabell 8. Uppgifter gällande andelen trä i olika träprodukter (Erlandsson, 2019).

Produkt	Andel trä kg TS/kg produkt
Sågad vara (furu/gran)	0,88
Spånskiva	0,8
Plywood	0,86
Limträ	0,88
Ädelträ	0,89
KL-trä (CLT)	0,87
Träfiber	0,9
Fanərbalk (LVL)	0,87
Innerdörrar	0,97
Ytbehandlade trävaror	0,93

4 Felkällor och osäkerheter

Resultatet av livscykelanalysen kan användas för att få en övergripande bild av byggnadselementets klimatpåverkan under livscykeln, men det finns vissa faktorer som gör resultatet osäkert.

En första osäkerhet ligger i mängdernas exakthet. För vissa produkter har omräkningar behövt göras vilket kan påverka resultatet då den beräknade mängden kan skilja sig från verkligheten.

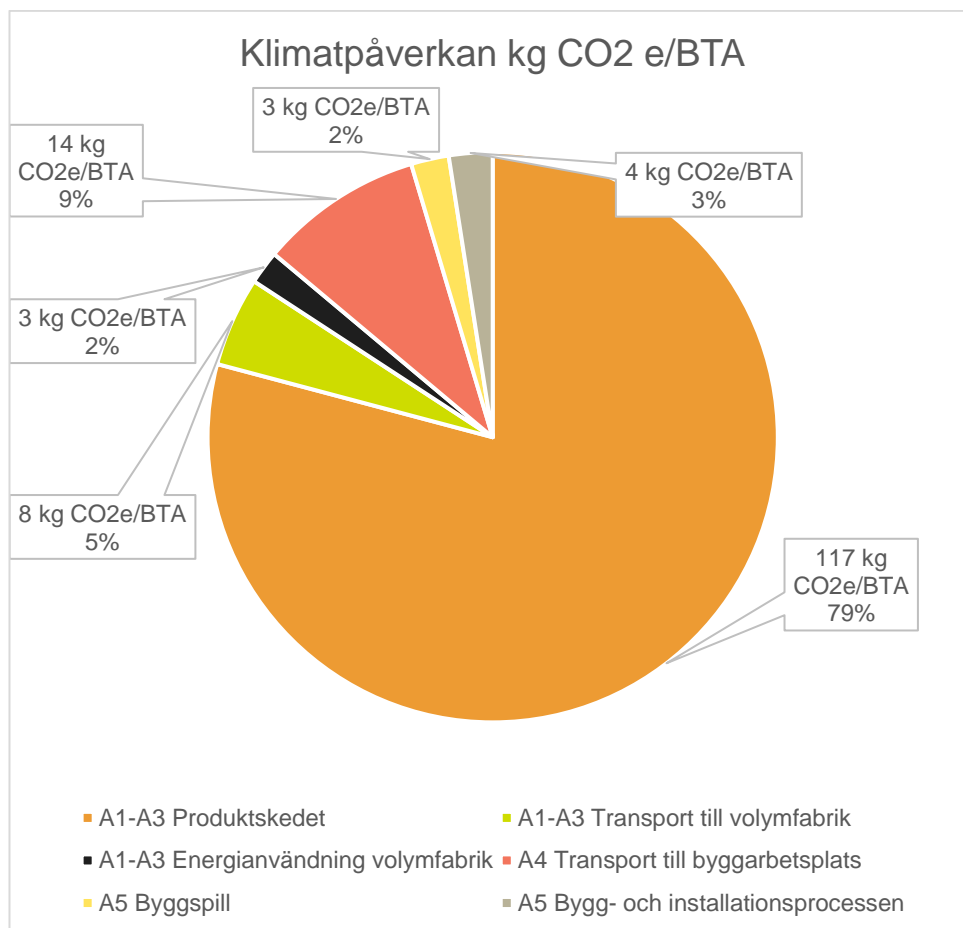
Det finns även alltid en osäkerhet när generiska data används. Miljödata kan skilja sig relativt mycket för liknande produkter vilket kan ge utslag på totalen, speciellt för byggdelar med stora volymer.

5 Resultat

5.1 Resultat total klimatpåverkan

Projektet hade en total klimatpåverkan under byggskedet (A1-A5) motsvarande 148 kg CO₂-e/BTA m² eller totalt 562 480 kg CO₂-e. A1-A3 innefattande produktskedet, transport till volymfabrik och energianvändning och spill vid volymfabrik och står för ca 86 % av den totala påverkan. Transporterna direkt från leverantör till byggarbetsplats och från volymfabrik till byggarbetsplats står för ca 9 % av den totala klimatpåverkan. A5 byggspill motsvarar ca 2 % av den totala klimatpåverkan och bygg- och installationsprocessen står för ca 3 %.

Detaljerat resultat med redovisad klimatpåverkan för varje produkt/material redovisas i bilaga 2.

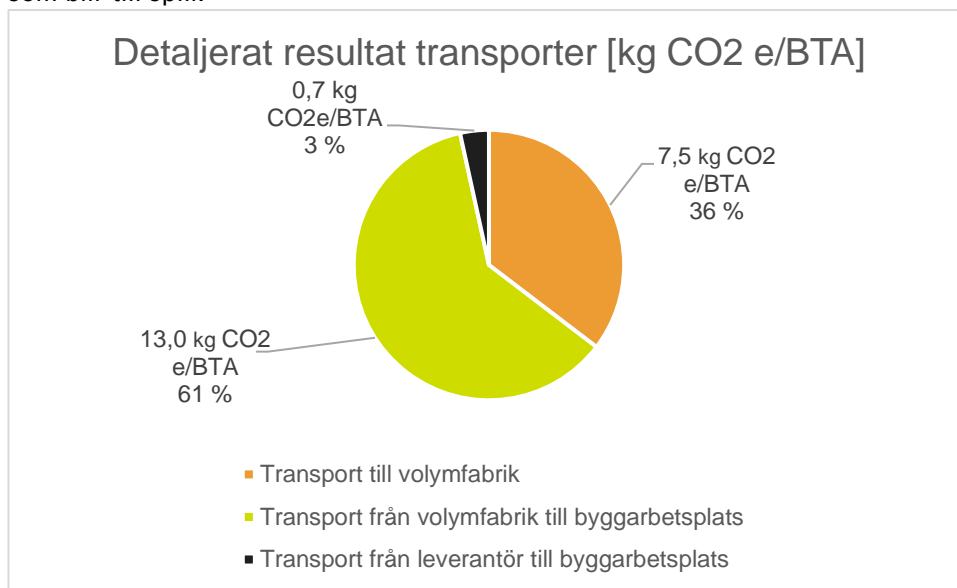


Figur 4. Resultat total klimatpåverkan. A5 Byggspill inkluderar endast klimatpåverkan från avfall som ska ingå enligt klimatdeklarationen

Klimatpåverkan per modul blir ca 4 934 ton kg CO₂-e.

5.1.1 Klimatpåverkan transporter

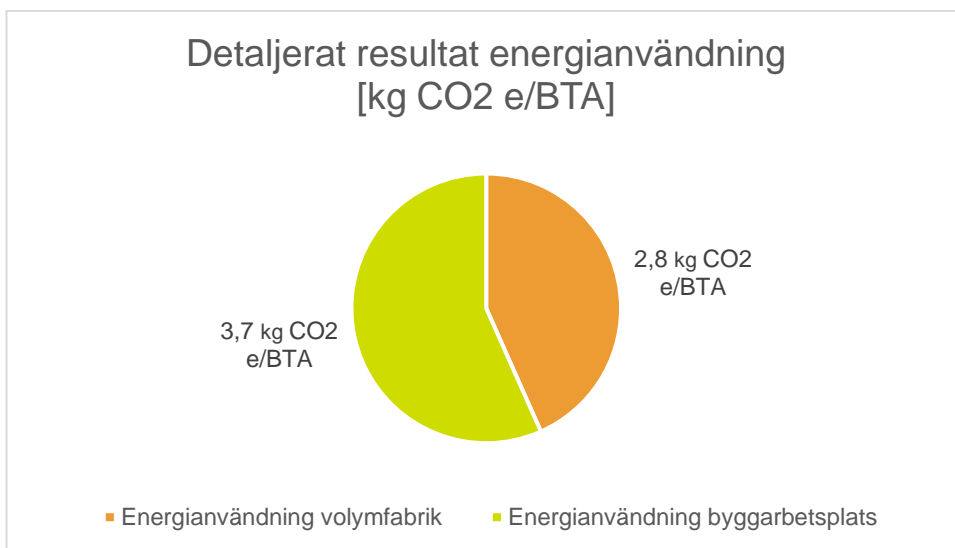
Projektet har en klimatpåverkan från transporter motsvarande ca 21 kg CO₂-e/BTA m² eller totalt 80 773 kg CO₂-e. Transporterna motsvarar ca 14 % av den totala klimatpåverkan. Klimatpåverkan för transporter delas upp i tre delar; mellan transporter till fabriken samt transporter till byggarbetsplatsen så står transporterna till fabrik för ca 40 % och transporter till byggarbetsplatsen för ca 60 % vilket redovisas i Figur 5. Detta inkluderar också klimatpåverkan från materialet som blir till spill.



Figur 6. Detaljerat resultat transporter

5.1.2 Klimatpåverkan energianvändning

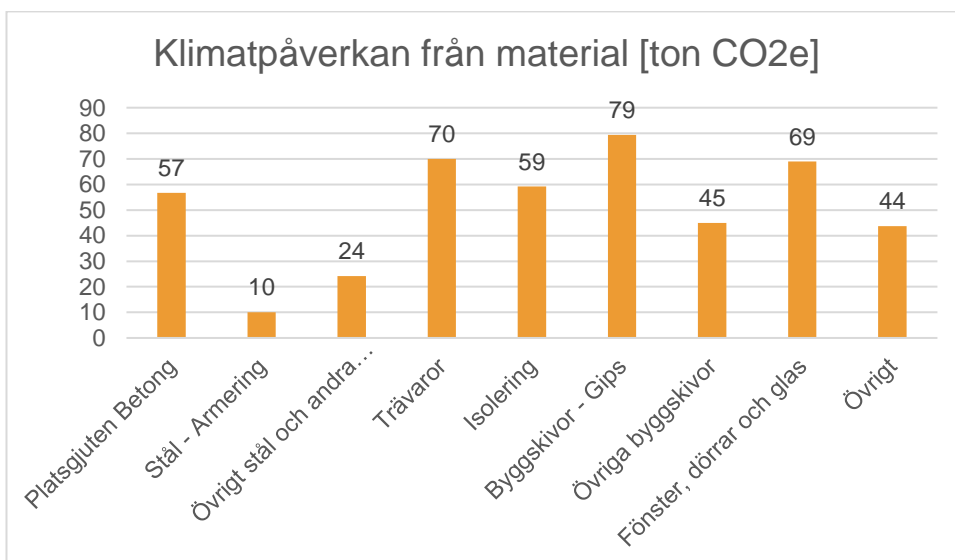
Klimatpåverkan från energianvändning i bygg- och installationsprocessen, både i volymfabrik samt på byggarbetsplats stod för ca 4 % av den totala klimatpåverkan. Motsvarande ca 6 CO₂-e/BTA m² eller totalt 24 540 kg CO₂-e. Energi- och bränsleanvändningen från byggarbetsplatsen stod för en majoritet av bygg och installationsprocessens klimatpåverkan ca 60 % vilket redovisas i Figur 7.



Figur 8. Detaljerat resultat energianvändning

5.1.3 Klimatpåverkan från Material

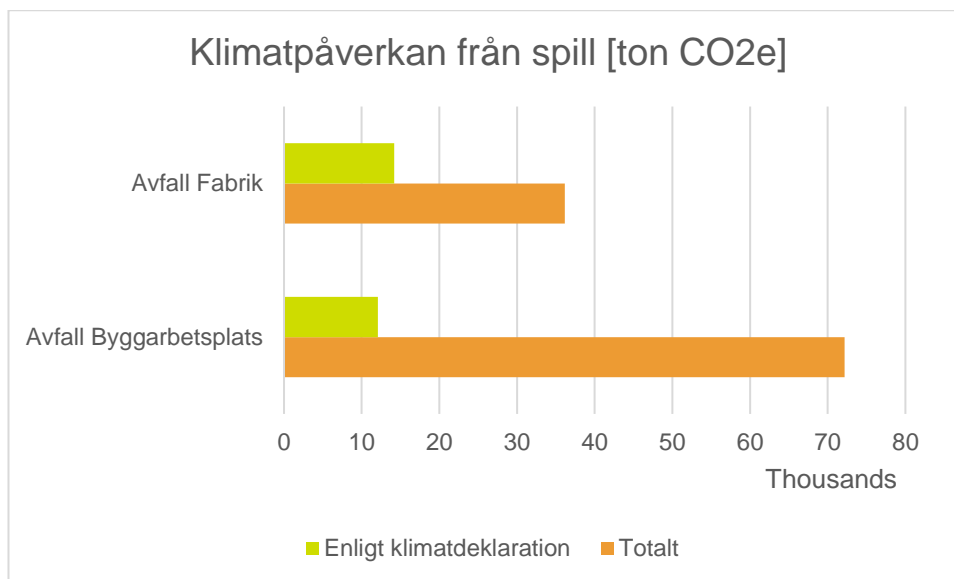
Klimatpåverkan från material i både bygg och installationsprocessen, har uppdelats i 9 kategorier visat i figuren nedan. Här utvinns att 'Byggskivor - Gips' står för den största påverkan av 79 ton CO₂e, följt av 'Trävaror' motsvarande 70 ton CO₂e samt 'Fönster, dörrar och glas' på 69 ton CO₂e. Resterande kategorier sjunker succesivt neråt i klimatpåverkan. Den totala klimatpåverkan från materialen är ca 457 ton CO₂e (ca 120 kg CO₂e/m² BTA, inkluderat påverkan från material som blir till spill).



Figur 9. Klimatpåverkan från material

5.1.4 Klimatpåverkan från avfall

Tyréns har särskilt beräknat klimatpåverkan från utvalda avfallsfraktioner. Klimatpåverkan från avfallet är redan inkluderat i de totala siffrorna A1-A5 ovan. Den totala klimatpåverkan från samtliga beräknade fraktionerna är 108 359 kg CO₂e, för endast avfallsfraktioner som genereras från byggdelar som ingår i klimatdeklaration är klimatpåverkan 26 241 kg CO₂e (ca 7 kg CO₂e per m² BTA). Endast de värden för avfall som ska ingå i klimatdeklaration har inkluderats i det totala resultatet ovan.



5.2 Biogent kol

Resultaten från undersökningen gällande modulbyggnadens innehåll av biogent kol och dess potential att utgöra en kolsänka redovisas i detta avsnitt. Det pågår en diskussion om hur kolsänkor med trävaror får inkluderas i en byggnads klimatpåverkan. Hänsyn bör tas till att de byggprodukter som ligger grund för beräkningen endast omfattar byggprodukter med lång livstid samt endast de delar som omfattas inom klimatdeklarationer varpå resultaten inte kan jämföras mot byggnader där samtliga byggdelar inkluderats. Hur biogent kol ska beräknas och tillgodogöras vid klimatberäkning är inte helt standardiserat och detta ska tas i beaktning vid användning av dessa siffror.

Genom denna beräkning visades att 993 287 kg CO₂-e har lagrats i träprodukterna som biogent kol vilket motsvarar 261 kg CO₂e/m² BTA. Resultatet visar att byggnaden har en potential att utgöra en kolsänka då den inbundna koldioxiden (261 kg CO₂e/m² BTA) överstiger utsläppen (148 kg CO₂e/m² BTA).

5.3 Beräkningsmetod

För att genomföra denna klimatberäkning har Tyréns använt ett indatablad erhållet av Moelven Byggmodul AB med samtliga inköpta mängder. Utifrån detta excelblad har Tyréns sedan fört in datan i beräkningsverktyget OneClickLCA. Utvecklingen för

klimatberäkningsverktyg går framåt och OneClickLCA har tagit fram en egen indatamall som kan importeras direkt till beräkningsverktyget, detta för att minimera tiden det tar att genomföra en klimatberäkning. Även andra verktyg, exempelvis Plant, stödjer direktimport av excelmallar för att genomföra klimatberäkningen. I dessa verktyg görs kategoriseringen av datan genom verktyget vilket leder till en standardiserad process och minskar tiden det tar att genomföra klimatberäkningen. Genom Moelven Byggmodul ABs standardiserade excellark för inköpt material skulle dessa verktyg kunna användas för att effektivisera processen och genomföra klimatberäkning snabbare och mer kostnadseffektivt. Tyréns vill informera om detta om det eventuellt blir aktuellt med fler klimatberäkningar för framtida byggnationer.

6 Analys/Diskussion

Att jämföra sin egen byggnads klimatpåverkan med en referensbyggnad kan ge en indikation på byggnadens klimatprestanda men även tillförlitlighet i den egna utförda beräkningen. Det finns ett antal väldokumenterade svenska fallstudier vad gäller byggskedets klimatpåverkan för nya byggnader men det saknas vedertagna referensvärden.

På uppdrag av Boverket har KTH tillsammans med samarbetspartners tagit fram en rapport med syfte att ta fram kvalitetssäkrade referensvärden för klimatpåverkan för nya byggnader representativa för dagens svenska förhållanden (Malmqvist, Borgström, Brismark, & Erlandsson, 2021). I KTH:s rapport har ett antal referensvärden beräknats för olika byggnadstyper med utgångspunkt ur systemgränsen för lagen om klimatdeklarationer (samma omfattning som denna beräkning) och den föreslagna avgränsningen för klimatdeklarationer år 2027. I studien användes generiska transportavstånd samt schabloner för att beräkna energiåtgången på byggarbetsplatsen. För spill användes generiska spillfaktorer från Boverket.

Enligt rapporten har flerbostadshus med trästomme en genomsnittlig klimatpåverkan på 124 kg CO₂e/m² BTA medan flerbostadshus med en betongstomme har genomsnittlig klimatpåverkan på 332 kg CO₂e/m² BTA. Den beräknade klimatpåverkan från dessa byggnader ligger lite över medelvärdet från KTH:s rapport men har ett mer än halverat klimatavtryck jämfört med ett flerbostadshus med betongstomme.

Det är intressant att studera skillnaderna mellan denna klimatberäkning och de resultaten erhållna i KTH:s studie. I KTH:s studie har klimatberäkning genomförts för två flerbostadshus med trästomme varav en är en prefabmodul i trä (byggnad 1) och en med KL-trästomme (byggnad 2). I Tabell 9 presenteras mer detaljerade resultat från livscykelns olika skeden.

Tabell 9. Sammanställt resultat enligt KTH:s studie. [kg CO₂-e/m² BTA]

	Byggnad 1	Byggnad 2	Moelven Byggmodul AB
A1-A3	103	98	128
A4	7	9	14
A5 Spill	7	6	3

A5 Energi	10	10	4
-----------	----	----	---

Vid jämförelse av värden i tabellen ovan med de erhållna värdena för denna studie går att utläsa att klimatpåverkan från spill är liknande för båda fallen. I KTH:s studie har som sagt generiska spillfaktorer från Boverkets använts vilket innebär att de verkliga siffrorna både kan vara högre eller lägre. Det erhållna resultatet för produktskedet (A1-A3) är högre för Moelven Byggmodul AB (124 kg CO₂e/m² BTA) än resultaten erhållna i KTH:s studie. Det kan exempelvis bero på en större mängd material men även att KTH:s projekt har valt att exkludera något material som har inkluderats i denna beräkning. Trots att omfattningen är densamma är det svårt att helt linjera vad som inkluderats eller inte.

I ett tidigare uppdrag hos Tyréns har klimatberäkningar utförts på trästommar med likvärdigt syfte av att presentera klimatavtryck och således informera kunden om möjliga förbättringsåtgärder. Detta referensprojekt består av ett volymhus med korslimmad trästomme ståendes på platta på mark (Lemperos, Sanfridsson, & Adolfsson, 2022).

Tabell 10. Jämförelse med tidigare Tyréns projekt och Moelven Byggmodul AB. [% motsvarar andel kg CO₂e/BTA av totala klimatpåverkan A1-A3]

	Tidigare Tyréns uppdrag	Moelven Byggmodul AB
Armering	3 %	2 %
Fabriksbetong	12 %	12 %
Gipsskivor	7 %	16 %
Stål och plåtprodukter	16 %	5 %
Isolering	5 %	12 %
Träprodukter	30 %	15 %
Fönster och dörrar	2 %	14 %

Här kan armering och fabriksbetong ses som representativa då värdena ligger relativt nära (+/- 1 %). Däremot ses att Moelven Byggmodul AB använt större mängd gips och isolering där Tyréns tidigare uppdrag i stället använt mer stål och träprodukter. Gällande fönster och dörrar ses att Moelven Byggmodul AB projektet har 13 % större klimatpåverkan från fönster, detta beror till stor sannolikhet på att Moelven Byggmodul AB använder ståldörrar i större drag vilket drar upp andelen men hålls fortfarande inom rimliga värden.

7 Slutsats

En klimatberäkning har genomförts för byggnationen av två stycken byggmoduler som uppförts av Moelven Byggmodul AB, projekt Fågelporten. Den beräknade klimatpåverkan 148 kg CO₂/m² BTA. Den största delen av klimatpåverkan härstammar från produktionen av material (modul A1-A3).

Resultatet visar att byggnaden har en potential att utgöra en kolsänka över en längre tidsperiod då den inbundna koldioxiden (261 kg CO₂e/m² BTA) överstiger utsläppen i byggskedet (148 kg CO₂e/m² BTA).

Resultatet visar även att de tre byggmaterialen med högst klimatpåverkan är gipsskivor motsvarande 79 ton CO₂e (ca 21 kg CO₂e/m² BTA), trävaror motsvarande 70 ton CO₂e (18 kg CO₂e/m² BTA) samt fönster, dörrar och glas motsvarande 69 ton CO₂e (18 kg CO₂e/m² BTA).

8 Rekommendationer kommande arbete

En möjlig bättringsåtgärd ur klimatsynpunkt är att klimatförbättra grunden då denna motsvarar ca 16 % av klimatavtrycket. Här kan betongen bytas ut från vanlig fabriksbetong till klimatförbättrad betong (Grön betong) med betydligare lägre klimatpåverkan. Se över ifall tjockleken på betongplattan kan minskas då mindre mängd material innebär mindre klimatavtryck. Även beakta markisolering och undersöka möjligheten av att använda återvunnen cellplast.

Förbättringsåtgärder i väggarna kan i första hand ske genom att byta från stenull till glasull där detta har både lägre densitet och miljöavtryck. Om detta genomförs bör fuktsakkunniga konsulteras för att kontrollera fuktsäkerheten. Även undersöka möjligheten till remsor som kan minska mängden isolering.

Tyréns har även sammanställt en tabell nedan angående klimatpåverkan från olika typer av material, detta för att kunna se över vilka val som påverkar klimatdata i fortsatt arbete. I tabeller nedan presenteras jämförande klimatdata för olika typer av isolering, byggskivor, fasadmaterial samt målarfärger. Boverkets typiska värden har använts i jämförelserna.

Tabell 11. Jämförande klimatdata för olika typer av isolering. Samtliga data är hämtad från Boverkets klimatdatabas.

Typ av isolering	A1-A3 [CO ₂ e/kg]	Densitet [kg/m ³]	Tjocklek [m]	A1-A3 [kg CO ₂ e/m ²]
Stenull, lösull, vägg	1,28	65	0,045	3,74
Stenull, skivor och rullar	1,28	29	0,045	1,67
Glasull, lösull, väggar	0,96	30	0,045	1,3
Glasull, skivor och rullar	0,89	18,7	0,045	0,75
Träfiber, skivor	0,297	50	0,045	0,67
Träfiber, lösull	0,193	50	0,045	0,43
EPS	3,2	50	0,045	7,2
XPS	3,6	37	0,045	5,99
Hampisolering, skivor	0,644	36	0,045	1,04

Tabell 12. Jämförande klimatdata för olika typer av byggskivor. Samtliga data är hämtad från Boverkets klimatdatabas.

Typ av byggskiva	A1-A3 [CO ₂ e/kg]	Densitet [kg/m ³]	Tjocklek [m]	A1-A3 [kg CO ₂ e/m ²]
Plywood	0,358	460	0,012	1,98
Gipsskiva, standard	0,227	710	0,012	1,93
OSB	0,358	607	0,012	2,61
Fibergipsskiva med cellusafiber	0,396	1180	0,012	5,61
Spånskiva	0,39	700	0,012	3,28

Tabell 13. Jämförande klimatdata för olika typer av färg. Samtliga data är hämtad från Boverkets klimatdatabas.

Typ av färg	A1-A3 [CO ₂ -e/kg]	Omräkningsfaktor [kg/m ²]	A1-A3 [kg CO ₂ e/m ²]
Silikatfärg	1,2	0,1	0,12
Slamfärg	0,6	0,4	0,24
Utomhusfärg, vattenburen akryl	2,5	0,1	0,25

Tabell 14. Jämförande klimatdata för olika typer av fasadmaterial. Samtliga data är hämtad från Boverkets klimatdatabas. Ingen beräkning har genomförts per m².

Fasadmaterial	A1-A3 [kg CO ₂ e/kg]
Tegel	0,251
Hyvlat virke	0,0735
Mur- och putsbruk	0,167

Referenser

- BeWi Insulation AB. (2021). *Environmental Product Declaration EPS GreenLine*. EPD International AB.
- Boverket. (2022, 10 04). *Klimatdeklarationens omfattning*. Retrieved from Boverket.se: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>
- Cementa. (2017). *Cementa*, p. 5.
- Erlandsson, M. (2019). *Model för bedömning av svenska byggnaders klimatpåverkan*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Husgrunden och miljön*. (2022, 05 04). Retrieved from Bygg.se: <https://bygg.se/husgrunder-och-miljon/>
- Koljern. (2022, 05 03). *Koljern-teknik*. Retrieved from <https://koljernordic.se/vara-produkter/vad-ar-koljern-tekniken>
- Lemperos, X., Sanfridsson, A.-C., & Adolfsson, I. (2022). *Klimatberäkningar för trästommar*. Stockholm: Tyréns.
- LFM30. (2021). *LFM30:s klimatbudget - Kravdokument. Version 1.5*. Malmö: LFM30.
- Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J., & Erlandsson, M. (2021). *Referensvärden för klimatpåverkan*. Stockholm: KTH.
- Saint-Gobain Sweden AB. (2020). *Environmental Product Declaration Gyproc Normal Standard Plasterboard*. International EPD System.
- Svensk Betong. (2017). *Betong och klimat- En rapport om arbetet för klimatneutral betong*. Svensk Betong.
- Svenska Betong. (2022). *Vägledning Klimatförbättrad Betong - Utgåva 2*. Stockholm: Svensk Betong.

BILAGOR

Tabell 15 - Byggprodukter med EPD:er

Byggprodukt:	EPD-nr:
Plastmembran	NEPD-00208
Thermowood	RTS-18022
Cembrit Fibercementskivor	MD-21010-EN
Stenull 36 eXtra	NEPD-2093-948-EN
Gipsskiva Secura 15 F	S-P-02001
Gipsskiva Classic 13 A	S-P-02001
Fermacell Fibergips	NEPD-1332-430-EN
Kooltherm K15 C	EPD-KSI-20220303-CBA2-EN
Premium Glasull	NEPD-2500-1246-EN
Organowood	S-P-05308
Cembrit Multiforce	MD-16001-EN
Huntonit antik microfug	NEPD-2585-1312-EN
Gipsskiva Plank 13 A	S-P-00429
Takfolie Monarfol	NEPD-206-260-NO
Fastfönster träram (EFK)	S-P-05381