

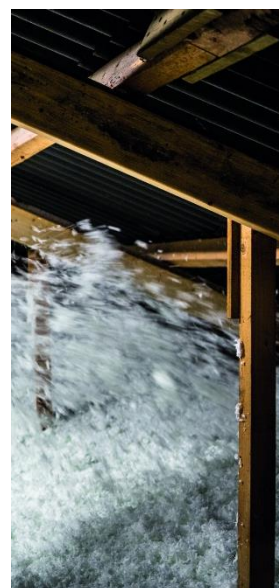
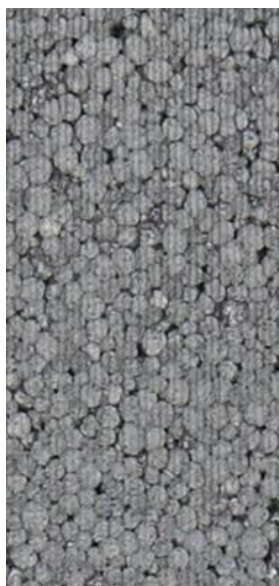
CO₂-BESPARELSE VED KONVENTIONELT BYGGERI

SAMMENLIGNINGSSTUDIE AF PRODUKTSPECIFIK MILJØDATA FOR BEST IN CLASS KONVENTIONELLE BYGEMATERIALER OG GENERISK MILJØDATA I LIVSCYKLUSVURDERINGER FOR TRE CASEBYGNINGER

DANSKE TEGL
KALK- OG TEGLVÆRKSFORENINGEN AF 1893

dansk
beton

VIF
KVALITETSPRODUKT



CO₂-BESPARELSE VED KONVENTIONELT BYGGERI

SAMMENLIGNINGSSTUDIE AF PRODUKTSPECIFIK MILJØDATA FOR BEST IN CLASS

KONVENTIONELLE BYGGEMATERIALER OG GENERISK MILJØDATA I

LIVSCYKLUSVURDERINGER FOR TRE CASEBYGNINGER

Projekt navn **CO₂-besparelse ved konventionelt byggeri**
Modtager **Danske Tegl, Dansk Beton og VarmeIsoleringsForeningen (VIF)**
Dokumenttype **Rapport**
Version **1**
Dato **22-10-2021**
Udarbejdet af **Nana Lin Rasmussen og Rikke Schack, Rambøll**
Fagfællebedømt **Lise Hvid Horup Sørensen, Rambøll**
Critical review **Christine Collin, Sweco**
Beskrivelse **Sammenligningsstudie af produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer og generisk miljødata i livscyklusvurderinger for tre casebygninger:**

- Enfamiliehus
- Rækkehus
- Etageboliger

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
<https://dk.ramboll.com>

INDHOLD

1.	Forord	3
2.	Introduktion	4
3.	Sammenfatning	6
4.	Afgrænsning	8
4.1	Data	8
4.2	Cases	10
5.	Metode	13
5.1	Produktspecifik miljødata	13
5.2	Livscyklusvurdering	14
5.3	Systemafgrænsning – Livscyklusfaser	14
5.4	Miljøpåvirkning	16
5.5	Funktionel enhed	16
5.6	Mængdeopgørelse, LCI	16
5.7	Betragtningsperiode og materialers levetid	16
5.8	LCA-værktøj og data	16
5.9	Følsomhed	17
6.	Tværgående analyse af cases	18
6.1	Enfamiliehus	21
6.2	Rækkehus	23
6.3	Etagebolig	25
7.	Konklusion	27
8.	Følsomhedsanalyse	29
8.1	Generisk miljødata med usikkerhedsfaktorer	29
8.2	Betragtningsperiode	31
9.	Perspektivering	34
9.1	Sammenligning med referencebygninger	34
9.2	National strategi for bæredygtigt byggeri	36
10.	Bilag	41
10.1	Bilag 1 – Baggrundsrapport fra Dansk Beton	41
10.2	Bilag 2 – Baggrundsrapport fra Danske Tegl	72
10.3	Bilag 3 – Inventory Enfamiliehus	77
10.4	Bilag 4 – Inventory Rækkehus	79
10.5	Bilag 5 – Inventory Etagebolig	82
10.6	Bilag 6 – Resultater Enfamiliehus	84
10.7	Bilag 7 – Resultater Rækkehus	85
10.8	Bilag 8 – Resultater Etagebolig	86
10.9	Bilag 9 – Mængder Enfamiliehus, Trin 1_gen	87
10.10	Bilag 10 – Mængder Enfamiliehus, Trin 1_pro	88
10.11	Bilag 11 – Resultater GWP Enfamiliehus, Trin 1_gen	89
10.12	Bilag 12 – Resultater GWP Enfamiliehus, Trin 1_pro	90
10.13	Bilag 13 – Mængder Rækkehus, Trin 1_gen	91
10.14	Bilag 14 – Mængder Rækkehus, Trin 1_pro	92
10.15	Bilag 15 – Resultater GWP Rækkehus, Trin 1_gen	93
10.16	Bilag 16 – Resultater GWP Rækkehus, Trin 1_pro	94
10.17	Bilag 17 – Mængder Etagebolig, Trin 1_gen	95
10.18	Bilag 18 – Mængder Etagebolig, Trin 1_pro	96
10.19	Bilag 19 – Resultater GWP Etagebolig, Trin 1_gen	97
10.20	Bilag 20 – Resultater GWP Etagebolig, Trin 1_pro	98
10.21	Bilag 21 – Resultater med usikkerhedsfaktor	99
10.22	Bilag 22 – Resultater for 100 år	100

10.23	Bilag 23 – Miljødata for isolering	101
10.24	Bilag 24 – Critical Review	104
10.25	Bilag 25 – Ændringer fra rapporten " <i>CO₂-besparelse ved træbyggeri</i> " til rapporten " <i>CO₂-besparelse ved konventionelt byggeri</i> "	112

1. FORORD

I juni 2020 udgav Foreningen for Træ i Byggeriet rapporten "*CO₂-besparelse ved træbyggeri*" udarbejdet af Rambøll.

I rapporten danner fire faktiske træbyggerier grundlag for en analyse, hvor konstruktionerne gennem mængdeopgørelser og tegninger er blevet konverteret til tilsvarende typisk dansk byggeri med beton, stål og tegl af Rambølls Ingeniører. På baggrund heraf er gennemført LCA-beregninger af disse referencescenarier.

Resultatet viste betydelige CO₂ besparelser ved udskiftning af konventionelle byggematerialer med træbaserede materialer.

Referencescenariet for de fire cases var baseret på seneste data på byggematerialer i træ, samt på generiske miljødata fra den tyske database Ökobau for de øvrige materialer.

Danske Tegl, Varmeisoleringsforeningen og Dansk Beton blev på baggrund af denne rapport enige om at få foretaget nye beregninger af referencescenarierne, hvor specifikke danske miljødata for de konventionelle byggematerialer anvendes.

Målet med beregningerne er at få belyst betydningen af at anvende specifikke danske miljødata i LCA-beregninger og samtidig belyse, hvad de seneste nyudviklinger af konventionelle byggematerialer vil betyde for bygningernes samlede CO₂ aftryk.

Der sker meget for at skabe grøn omstilling i teglindustrien, i betonindustrien og i isoleringsbranchen. Udviklingstiltag som har markant betydning for bygningernes samlede aftryk, netop fordi disse materialer udgør en væsentlig del af dansk byggeri.

Formålet med nærværende rapport "*CO₂-besparelse ved konventionelt byggeri*" er således at belyse betydningen af at anvende produktspecifikke miljødatasæt for best in class konventionelle byggematerialer på det danske marked i en bygnings LCA, sammenlignet med brug af generisk miljødatasæt for konventionelle byggematerialer.

Danske Tegl
Gitte Nielsen

Varmeisoleringsforeningen
Klaus Birk

Dansk Beton
Dorthe Mathiesen

2. INTRODUKTION

Formål

Nærværende rapport præsenterer livscyklusvurderinger (LCA¹) af to varianter. Den første variant er en LCA for et konventionelt byggeri, hvor der er benyttet generisk miljødata til at vise bygningens klimaaftryk, mens der i den anden variant er udskiftet fra generisk miljødata til produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer på det danske marked. De to livscyklusvurderinger er lavet for tre bygningstypologier: Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig. Der er dermed tale om to varianter, som er identiske hvad angår konstruktioner og design. I nærværende rapport kaldes de to varianter Trin 1_gen og Trin 1_pro.

Formålet med nærværende rapport *"CO₂-besparelse ved konventionelt byggeri"* er at belyse betydningen af at anvende produktspecifikke miljødatasæt for best in class konventionelle byggematerialer på det danske marked i en bygnings LCA sammenlignet med brug af generisk miljødatasæt for konventionelle byggematerialer.

Beregningerne udføres med afsæt i metoderne for casebygningerne i rapporten *"CO₂-besparelse ved træbyggeri"*² udarbejdet af Rambøll og udgivet af foreningen Træ i byggeriet. Med afsæt i metoderne i rapporten *"CO₂-besparelse ved træbyggeri"* ønsker Dansk Beton, Danske Tegl og VarmeIsoleringsForeningen (VIF) med nærværende rapport at oplyse om beregningsmæssige besparelser af CO₂-ækvivalenter (CO₂-ækv.) indenfor konventionelt byggeri ved at benytte produktspecifikke miljødatasæt (miljøvaredeklarationer, EPD'er³) for best in class konventionelle byggematerialer frem for generisk datasæt for konventionelle byggematerialer. Der er tale om hyldevarer, som findes på det danske marked, for de best in class konventionelle byggematerialer, som benyttes i Trin 1_pro. I forhold til førnævnte rapport ser nærværende rapport kun på beregningsmæssige besparelser ved at anvende best in class konventionelle byggematerialer med produktspecifik data og dermed ikke på konstruktive ændringer eller designændringer af bygningsreferencerne.

I forbindelse med nærværende rapport bemærkes det, at Trin 1_gen er opdateret, i forhold til forudsætningerne i Trin 1 i rapporten *"CO₂-besparelse ved træbyggeri"*, grundet brancheopdateringer af data og nyudvikling indenfor LCA. Se Bilag 25 for yderligere beskrivelse på opdateringerne i Trin 1_gen. Resultaterne i Trin 1_gen i nærværende rapport vil således være anderledes end Trin 1 i den oprindelige rapport, *"CO₂-besparelse ved træbyggeri"*. Alle ændringer med tilhørende begrundelser ses i Bilag 25.

De konventionelle byggematerialer, der i nærværende rapport er kigget nærmere på, er byggematerialer, som har stor udbredelse i danske bygninger, som beton, porebeton, teglsten, mineraluldsisolering samt armeringsstål. Det er disse konventionelle byggematerialer, hvor sammenligningen ser på udskiftning fra generisk miljødata (Ökobaudat databasen) til nye produktspecifikke miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, som er hyldevarer og findes på det danske marked. Produktspecifikt miljødata findes i EPD'er, som enten kan være produkt-, projekt- eller branchespecifik. Udover EPD'er er der i denne rapport også benyttet produktspecifikke miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, som findes på markedet, men som er så nye, at de endnu ikke er afdækket af en EPD. Beregninger og antagelser for miljødata for disse byggematerialer er udarbejdet af Teknologisk Institut for Dansk Beton og Danske Tegl og kan ses i Bilag 1 og 2.

¹ Life Cycle Assessment

² <https://traeibyggeriet.dk/ny-rapport-fastslar-traebyggeri-kan-give-arlig-co2-besparelse-pa-14-5>

³ Environmental Product Declaration

Rapporten er udarbejdet af Rambøll i 2021 for Danske Tegl, Dansk Beton samt VarmeIsoleringsForeningen (VIF). Rapportens forfattere er Rikke Schack og Nana Lin Rasmussen fra Rambøll. Selve analysearbejdet er blevet fagfællebedømt af Lise Hvid Horup Sørensen fra Rambøll. Christine Collin fra Sweco har udført et critical review af rapporten. Rambøll takker for muligheden for at arbejde med dette vigtige emne og for at kunne bidrage til vidensgrundlaget om bygningers klimapåvirkninger.

Baggrund

Globale og nationale politiske målsætninger for reduktionen af drivhusgasser medfører skærpede krav til den brede industri herunder bygningssektoren. Regeringens klimapartnerskab for bygge- og anlæg anslår, at byggesektoren alene står for omtrent 30% af den samlede CO₂-udledning i Danmark⁴. Selvom energiforsyningen kontinuerligt vil ændre sig fra fossile brændsler til mere vedvarende energikilder med lavere CO₂-aftryk, vil der i flere årtier frem være behov for en aktiv stillingtagen til klimaaftrykket, særligt i forhold til det aftryk som stammer fra forbruget af materialer. Forskning viser, at byggematerialerne ved nybyggeri i Danmark udgør helt op til 50-80% af klimapåvirkningerne sammenlignet med energiforbruget i driftsfasen over en 50-årig betragtningsperiode⁵. Det er derfor afgørende at se nærmere på materialerne, der bygges med, for at nedbringe miljøpåvirkningerne ved byggeriet.

I Danmark har det i årtier været naturligt at se på energiforbruget i bygninger gennem energirammeberegninger, men længe har der ikke været krav til bygningens miljø- og klimapåvirkning fra byggematerialerne. Men dette er ved at ændre sig. Den 29. maj 2020 blev den frivillige bæredygtighedsklasse lanceret i Danmark og regeringen indgik i 2021 en ny aftale, som skal være med til at sikre en indfasning af CO₂-krav, som træder i kraft for alle bygninger over 1.000 m² i 2023 og for nybyggeri generelt i 2025⁶. Med kravet om LCA-beregninger for bygninger og CO₂-krav bliver det afgørende, at dokumentationen for de benyttede byggematerialer giver et retvisende billede af de faktisk udledninger forbundet med byggematerialerne, hvilket kan opfyldes i form af en miljøvaredeklaration, EPD.

Bæredygtige bygningscertificeringer, såsom DGNB⁷, har desuden stillet krav om anvendelsen af livscyklusvurderinger for netop at kunne vurdere på miljøpåvirkninger fra hele bygningens levetid, herunder både energiforbruget i driftsfasen, byggeprocessen og byggematerialerne. Udover kravet om LCA i certificeringsordningen DGNB, er det også muligt at opnå en højere score i DGNB ved at benytte materialer med miljøvaredeklarerationer (EPD'er), som enten kan være branche- eller produktspecifikke. En stigning i DGNB-projekter har således også været medvirkende til at efterspørgslen på EPD'er er steget.

Yderligere er der i den nye DGNB 2020 manual indført usikkerhedsfaktorer på generisk miljødata. Dette betyder, at der i beregningerne skal regnes med en usikkerhedsfaktor på 1,3 på det benyttede generiske miljødata, samt en usikkerhedsfaktor på 1,1 på branche EPD'er, hvorimod der ganges en usikkerhedsfaktor på 1,0 på emissioner fra produkt- og projektspecifikke EPD'er. Dette er et yderligere incitament for at anvende EPD'er i bygningernes LCA'er. Der er ikke medtaget usikkerhedsfaktorer i denne rapport, da dette kun anvendes, når der udføres LCA i forbindelse med en DGNB-certificering. Usikkerhedsfaktorerne undersøges senere i form af en sensitivitsanalyse. I nærværende rapport belyses de beregningsmæssige forskelle i udledning af CO₂-ækv. for tre casebygninger af forskellige bygningstypologi, ved anvendelse af retvisende data i form af produktspecifikke EPD'er for best in class konventionelle byggematerialer frem for generisk data.

⁴ Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren, <https://www.ft.dk/samling/20191/almedel/KEF/bilag/393/2229190.pdf>

⁵ SBI 2017:08 Bygningers indlejrede energi og miljøpåvirkninger – vurderet for hele bygningens livscyklus

⁶ <https://im.dk/nyheder/nyhedsarkiv/2021/mar/ny-aftale-sikrer-baeredygtigt-byggeri>

⁷ Den første version af DGNB-certificering blev lanceret i Danmark i 2012, <https://dk-gbc.dk/dgnb/certificering/>

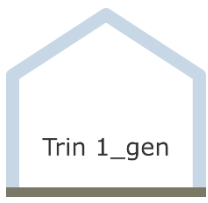

3. SAMMENFATNING

Bolig- og Planstyrelsen har sammen med Institut for byggeri, by og miljø (BUILD) udarbejdet beregningsprogrammet LCAByg til at udføre livscyklusvurderinger (LCA) af bygninger. LCAByg benyttes til at udføre LCA'er, bl.a. i forbindelse med certificeringsordningen DGNB, der har været i Danmark siden 2012⁸ og er blevet benyttet i denne rapport til at udføre livscyklusvurderinger af tre casebygninger.

Nærværende rapport præsenterer livscyklusvurderinger af tre ud af fire casebygninger fra rapporten "CO₂-besparelse ved træbyggeri"⁹ med produktspecifikke miljødata for best in class konventionelle byggematerialer. Det er casebygningerne, Enfamiliehus (Case 1), Rækkehus (Case 2) og Etagebolig (Case 3), der er medtaget i nærværende rapport om CO₂-besparelse ved konventionelt byggeri. Casebygningerne er oprindeligt træbyggerier, som i forbindelse med ovennævnte rapport, gennem mængdeopgørelser og tegninger er blevet konverteret til tilsvarende typisk dansk byggeri af beton, stål og tegl af Rambølls konstruktionsingeniører, hvorefter der er udført livscyklusvurderinger for variationerne. Alle træbyggerierne er opført i perioden 2018-2020.

Casestudierne analyseres gennem to trin. Trin 1_gen hvor der benyttes generisk miljødata til at beregne de klimamæssige konsekvenser for bygningen ved en 50-årig betragtningsperiode, dernæst Trin 1_pro, hvor det generiske miljødata for de konventionelle byggematerialer udskiftes med produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer leveret af de tre brancheorganisationer; Danske Tegl, Dansk Beton og VIF. For alle tre casebygninger udgjorde udskiftningen fra generisk miljødata til produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer en beregningsmæssig reduktion af udledning af CO₂-ækv. på 30%, 24% og 14% for hhv. Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig, svarende til en samlet klimapåvirkning for bygningerne på 3,8, 5,3 og 3,9 kg CO₂-ækv./m² pr. år i Trin 1_pro, vist i Tabel 1.

Tabel 1 - Klimapåvirkningen (GWP) for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig samt de tilhørende Trin 1_gen og Trin 1_pro. Klimapåvirkningen er beregnet med en betragtningsperiode på 50 år og inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3-4 (endt levetid) ekskl. tekniske installationer

	Trin 1 – Generisk miljødata Konventionelt byggeri med generisk miljødata  Trin 1_gen [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1 – Produktspecifik miljødata Konventionelt byggeri med produktspecifikt miljødata for best in class konventionelle byggematerialer  Trin 1_pro [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Procentvis ændring fra Trin 1_gen til Trin 1_pro
Enfamiliehus	5,5	3,8	-30%
Rækkehus	7,0	5,3	-24%
Etagebolig	4,5	3,9	-14%

⁸ Green Building Council Denmark. <https://dk-gbc.dk/dgnb/certificering/>

⁹ Træ i byggeriet, <https://traebyggeriet.dk/ny-rapport-fastslar-traebyggeri-kan-give-arlig-co2-besparelse-pa-14-5>

For at kunne sammenligne de tre analyserede casebygninger i denne rapport med andre bygnings LCA'er er resultaterne tillagt en repræsentativ middelværdi for tekniske installationer på 0,46 kg CO₂-ækv./m² pr. år jævnfør rapporten *Klimapåvirkning fra 60 bygninger*¹⁰ udarbejdet af BUILD i 2020, da de tekniske installationer ikke indgår i livscyklusvurderingerne for de tre casebygninger i nærværende rapport. Dette resulterer i en udledning for de tre casebygninger af indlejret CO₂-ækv. på hhv. 4,3, 5,7 og 4,3 kg CO₂-ækv./m² pr. år i Trin 1_pro, hvilket er lavere end medianværdierne i de tilsvarende bygningstypologier fra den omtalte rapport fra BUILD på hhv. 7,40, 7,12 og 7,05 kg CO₂-ækv./m² pr. år.

Følsomhedsanalyser for inkludering af usikkerhedsfaktorer på 1,3, 1,1 og 1,0 for hhv. generisk data fra Ökobaudat, branche EPD'er og produktspecifikke EPD'er jf. metode i DGNB 2020 samt ændring af bygningens betragtningsperiode fra 50 år til 100 år, viste at resultaterne ikke var følsomme over disse parametre, da de overordnede resultater forbliver ens. Klimapåvirkningen reduceres ligeledes ved at benytte best in class konventionelle byggematerialer, der findes på det danske marked i Trin 1_pro ift. at benyttes generisk data i Trin 1_gen i begge følsomhedsanalyser.

Sammenlignes de tre casebygninger med den nationale lovgivning, som indføres i 2023, er der blevet tillagt en repræsentativ middelværdi for klimapåvirkning for driften og tekniske installationer på hhv. 2,3 og 0,46 kg CO₂-ækv./m² pr. år jf. rapporten *"Klimapåvirkning fra 60 bygninger"*¹¹. Resultaterne viser, at casebygningerne i Trin 1_gen alle ligger mellem 19-39% under grænseværdien på 12 kg CO₂-ækv./m² pr. år for nybyg over 1.000 m² der bliver lovkrav i 2023. Sammenlignes der med den frivillige CO₂-klasse, der indføres i 2023, vil alle casebygningerne i Trin 1_pro overholde grænseværdien på 8 kg CO₂-ækv./m² pr. år.

Nærværende rapportens resultater viser, at der er potentiale for at nye enfamiliehuse, rækkehuse og etageboliger kan leve op til kommende krav om udledning af CO₂-ækv. ved at benytte best in class konventionelle byggematerialer, der findes på det danske marked med dertilhørende produktspecifikke miljødata i LCA-beregningerne. Det bemærkes, at der kun er udført én LCA for hver af de tre bygningstypologier, hvorfor dette ikke nødvendigvis er repræsentativt for alle byggerier, men tre eksempler herpå.

¹⁰ Klimapåvirkning fra 60 bygninger, SBI 2020:04, <https://sbi.dk/Assets/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger/SBI-2020-04.pdf>

¹¹ <https://sbi.dk/Assets/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger/SBI-2020-04.pdf>

4. AFGRÆNSNING

4.1 Data

Der analyseres i denne rapport på generisk miljødata samt produkt- og branchespecifik miljødata.

- *Generisk miljødata* er data, der ikke er baseret på direkte målinger eller beregninger af de pågældende specifikke processer og produkter, men er et repræsentativt datasæt for det pågældende produkt. Det generiske miljødata, der benyttes i denne rapport, er fra den tyske database Ökobaumat¹².
- *Branchespecifik miljødata* repræsenterer et gennemsnit for en bestemt branche/produkttype. Branchespecifik miljødata ses oftest i form af en miljøvaredeklaration også kaldet branchespecifik EPD.
- *Produktspecifik miljødata* udarbejdes for et specifikt produkt fra en bestemt producent. Produktspecifik miljødata ses oftest i form af en miljøvaredeklaration også kaldet produktspecifik EPD.

Der er i nærværende rapport analyseret tre casebygninger i to trin; Trin 1_gen, hvor der benyttes generisk miljødata på de konventionelle byggematerialer og Trin 1_pro, hvor der benyttes produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer i LCA-beregningerne. Dette bliver uddybet nærmere i nedenstående afsnit 4.2.

Som tidligere beskrevet, tager Trin 1_gen udgangspunkt i rapporten "*CO₂-besparelse ved træbyggeri*", med få ændringer, som det fremgår af Bilag 25. Trin 1 i rapporten "*CO₂-besparelse ved træbyggeri*" er derved ikke helt sammenlignelig med Trin 1_gen i nærværende rapport.

Der er i denne rapport benyttet produktspecifikt miljødata i form af EPD'er angivet i Tabel 2 samt baggrundsrapporter fra Dansk Beton og Danske Tegl, som ses i Bilag 1 og 2. Udover produktspecifikke EPD'er er der for nogle materialer benyttet branchespecifikke EPD'er. En detaljeret oversigt over materialeinput til de tre cases, både for Trin 1_gen og Trin 1_pro, i analysen kan ses i Bilag 3-5. Der benyttes produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer på markedet i Trin 1_pro (se Tabel 2).

Opgaven er afgrænset til at benytte produktspecifikt miljødata for best in class konventionelle byggematerialer fra henholdsvis Danske Tegl, Dansk Beton og VIF. Der er benyttet materialer fra de tre brancheorganisationer, som er hyldevarer og findes på det danske marked. Der benyttes produktspecifikt miljødata i form af EPD'er for de materialer, hvor dette findes. Da ikke alle materialer har været på markedet længe nok til at have udarbejdet EPD'er, leveres miljødata på baggrund af eksisterende produkt- og branchespecifikke EPD'er på lignende produkter fra de respektive brancher, som optimeres i forhold til de specifikke produkter, som afspejler best in class produkter på markedet. Klimapåvirkningerne fra byggematerialer, som endnu ikke har udarbejdet en EPD, er angivet i vedlagte rapporter i Bilag 1 og 2 udarbejdet af Teknologisk Institut for Dansk Beton og Danske Tegl, hvori beregninger og antagelser er angivet. Der skal, for at udarbejde en EPD, foreligge et års produktionsdata for det pågældende produkt, og der var på tidspunktet for udarbejdelsen af nærværende rapport blot ikke tilstrækkelig produktionsdata til at udarbejde 3. parts verificerede EPD'er.

De benyttede materialer og dertilhørende miljødata ses i Tabel 2 nedenfor. De resterende materialeinput ses i Bilag 3-5.

¹² Ökobaumat database, https://www.oekobaumat.de/no_cache/en/database/search.html

Tabel 2 – Miljødata for de konventionelle byggematerialer, som benyttes i Trin 1_pro

Materiale	Datagrundlag
Mursten	Rapport fra Danske Tegl udarbejdet af Teknologisk Institut Se Bilag 2
Tegl tagsten	EPD – Dachziegel, EPD-LDZ-44.0
Mørtel	EPD – Funktionsmørtel FM5, NEPD-1731-710-EN
Beton med FutureCem cement	Rapport fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk Institut
Letklinkerblokke med FutureCem cement	Se Bilag 1
Armering	EPD – Celsa Steel armering, S-P-00308
Porebeton H+H	EPD – Non-reinforced AAC, S-P-00595
Isolering ISOVER	EPD – ISOVER Formstykker λ37, NEPD-2612-1324-EN
	EPD – ISOVER Murfilt λ37, NEPD-2604-1326-EN
	EPD – ISOVER InsulSafe, NEPD-2080-940-EN
Isolering ROCKWOOL	EPD – ROCKWOLL REDAir FLEX ventilated façade system
	EPD – ROCKWOLL stone wool thermal insulation, EPD-RWI-20190050-CBD1-EN
EPS isolering Sundolitt	EPD – EPS insulation Graphite, MD-16006-EN
Gipsplader Gyproc	EPD – Gyproc Normal Standard Plasterboard, S-P-00428
Gipsplader Fermacell	EPD – Fermacell Gypsum Fibreboard, EPD-FER-20160218-CAD1-EN

Det er Danske Tegl, Dansk Beton og VIF, der har leveret miljødata, som benyttes for de udvalgte best in class konventionelle byggematerialer, og de er dermed ansvarlige for den bagvedliggende miljødata, der benyttes i LCA'erne. Det betyder, at Danske Tegl, Dansk Beton og VIF er ansvarlige for metoden for beregningerne for materialernes miljødata benyttet i henhold til **EN 15804 – Bæredygtighed indenfor byggeri og anlæg – Miljøvaredeklarationer – Grundlæggende regler for produktionskategorien byggevarer**.

Rambøll står for udførelsen af livscyklusvurderingen med det fremsendte miljødata på materialerne fra de tre brancheorganisationer. Rambøll sikrer korrekt metodisk fremgangsmåde i udførelsen af LCA i de to undersøgelser i henhold til **EN 15978 – Bæredygtighed indenfor byggeri og anlæg – Vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet – Beregningsmetode**.

Resultaterne i nærværende rapport vil blive inddelt på bygningsdelsniveau for bygningerne i hver af de tre casebygninger. Nedenstående Tabel 3 viser inddeling af materialetyper med definition af hvilken brancheorganisation, der har været ansvarlig for at levere produktspecifik miljødata i Trin 1_pro.

Tabel 3 - Materiale typer der indgår i livscyklusvurderingerne med definition af hvilken brancheorganisation, der har været ansvarlig for at levere produktspecifik miljødata til Trin 1_pro

Brancheorganisation	Materialetype
Danske Tegl	Porebeton
Danske Tegl	Mursten
Danske Tegl	Tagsten i tegl
Danske Tegl	Mørtel
VIF	Gips
VIF	Isolering
Dansk Beton	Beton & armering
Dansk Beton	Letklinker

Der gøres opmærksom på, at der i de benyttede miljødatasæt for beton i Trin 1_pro ligeledes er medtaget udskiftning af miljødata for armering. Den samlede udledning for beton ses derfor som en optimering af beton med FutureCem cement samt en udskiftning af miljødata fra generisk armering til produktspecifik EPD på armering fra Celsa Steel. Udover optimering med FutureCem og udskiftning af armeringsstål, er der i baggrundsrapporten fra Dansk Beton, som er udarbejdet af Teknologisk Institut (Bilag 1), også blevet optimeret og ændret på nogle styrkeklasser for betonen ift. de oprindelige styrkeklasser i de tre cases fra den oprindelige rapport *"CO₂-besparelse ved træbyggeri"*¹³. Dette gør sig gældende for betonen i terrændækket, der før var C25/30, som i denne rapport er ændret til C30/35 grundet en ny betonstandard. Denne ændring er udført i begge trin. Dette forklares yderligere i Bilag 1 udarbejdet af Teknologisk Institut. Der er for betonen i fundamentet, i den oprindelige rapport, benyttet beton med styrkeklasse C25/30, da der i sin tid ikke var et generisk miljødatasæt for C16/20 beton i Ökobaudat databasen, som fundamentet jf. Rambølls ingeniører er dimensioneret til. Da der efterfølgende er udgivet et generisk miljødatasæt for C20/25 beton, er der i Trin 1_gen ændret til at benytte dette generiske miljødatasæt for betonen i fundamentet i Enfamiliehuset og så er der jf. rapporten fra Teknologisk Institut i Bilag 1 benyttet beton C16/20. Disse ændringer nævnes ligeledes i Bilag 25.

4.2 Cases

Nærværende rapport indeholder tre case-baserede livscyklusvurderinger af tre forskellige bygningstyper; Enfamiliehus, Rækkehus og Etageboliger, hhv. Case 1, Case 2 og Case 3 i den oprindelige rapport *"CO₂-besparelse ved træbyggeri"*. Casebygningerne tager udgangspunkt i tre af de fire bygninger, der danner grundlag for analysen i rapporten *"CO₂-besparelse ved træbyggeri"* udarbejdet af Rambøll og udgivet af Foreningen Træ i Byggeriet. Det er tre faktiske træbyggerier, der er grundlag for analysen, som gennem mængdeopgørelser og tegninger er blevet konverteret til tilsvarende typisk dansk byggeri af beton, stål og tegl af Rambølls ingeniører i forbindelse med udarbejdelse af ovennævnte rapport.

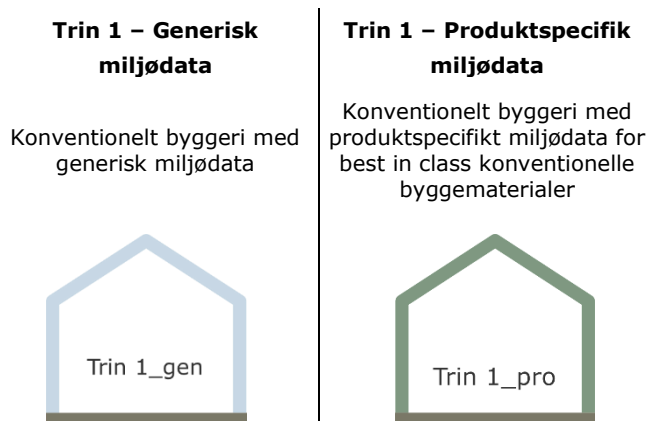
Enfamiliehuset er baseret på et fritliggende enfamiliehus i et plan med et bruttoareal på 116 m². Det originale hus er et træbyggeri med en skrå tagkonstruktion og ydervægge af træ og mineraluldsisolering. Med afsæt heri har konstruktionsingeniører fra Rambøll regnet mængder og materialer på tilsvarende konstruktioner med ydervægge bestående af en bagmur i porebeton, hulmursisolering med mineraluld og skalmursfacade samt indervægge af porebeton. Taget er opbygget af en trækonstruktion med mineraluldsisolering, gipslofter og tagsten i tegl.

¹³ Træ i byggeriet, <https://traebyggeriet.dk/ny-rapport-fastslar-traebyggeri-kan-give-arlig-co2-besparelse-pa-14-5>

Rækkehuset er baseret på et rækkehusbyggeri med et samlet bruttoareal på 3.452 m² (ændring i areal ift. den oprindelige rapport "CO₂-besparelse ved træbyggeri", se Bilag 25). Det originale rækkehus, som denne case er baseret på, er et træbyggeri med tagkonstruktion og ydervægge af træ og mineraluldsisolering. Med afsæt heri har konstruktionsingeniører fra Rambøll regnet mængder og materialer på en tilsvarende betonkonstruktion med hhv. et fladt tag- og etagedæk af huldækelementer, bærende ydervægge af beton samt en teglfacade.

Etageboligen er baseret på en karrébebyggelse bestående af 8 blokke med hhv. 3 og 4 etager uden kælder med 66 familieboliger og et fælleshus med et samlet bruttoareal på 6.235 m². Den originale karrébebyggelse, som denne case er baseret på, er et træbyggeri med en flad tagkonstruktion og ydervægge af træ og mineraluldsisolering. Med afsæt heri har konstruktionsingeniører fra Rambøll regnet mængder og materialer på en tilsvarende betonkonstruktion. Ydervægge består af beton og porebeton med et facadesystem af skifer med mineraluldsisolering, indervægge af armeret beton og stålelementer med mineraluldsisolering og gips, samt tag- og etagedæk bestående af huldækelementer. Der er for at lave så få ændringer som muligt valgt at beholde skiferfacaden i denne case, så der både i Trin 1_gen og Trin 1_pro er skiferfacade. Dermed ændres der ikke på datagrundlaget for dette materiale. Dette er valgt på baggrund af, at der er taget udgangspunkt i Trin 1 fra rapporten "CO₂-besparelse ved træbyggeri"¹⁴ udarbejdet af Rambøll og udgivet af foreningen Træ i byggeriet.

Casebygningerne er, som skitseret nedenfor i Figur 1, analyseret i to trin. Trin 1_gen er analyseret med generisk miljødata, hvor der i Trin 1_pro er benyttet produktspecifikt miljødata for best in class konventionelle byggematerialer defineret af Danske Tegl, Dansk Beton og VIF for konventionelle byggematerialer. Miljødata i Trin 1_pro er enten baseret på produktspecifikke EPD'er eller branche EPD'er for de konventionelle byggematerialer, som defineret ovenfor og angivet i Tabel 2. Se også Bilag 1 og 2 for beregninger.



Figur 1 - Analyse af casestudierne i to trin med generiske miljødata Trin 1_gen og produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer i Trin 1_pro

¹⁴ <https://traeibyggeriet.dk/ny-rapport-fastslar-traebyggeri-kan-give-arlig-co2-besparelse-pa-14-5>

I analysen af de tre cases i nærværende rapport sammenlignes kun bygningernes klimapåvirkninger relateret til materialevalget, hvorfor energiforbruget ikke er medtaget i denne analyse. De sammenlignede bygninger har i de to trin samme geometriske udformning og varmetab gennem klimaskærmen, og det antages derfor, at energiforbruget til drift er det samme, hvorved dette kan udelades. Dette er i overensstemmelse med ISO 14044:2006 kapitel 4.2.3.7. Tilsvarende antages bygningernes tekniske installationer, såsom vandrør og ventilationskanaler, at være ens i alle variationer af bygningen, og disse er derfor også udelukket af denne analyse. Ved definitionen *bygning* i en livscyklusvurdering forstås normalt bygningsdele samt drift. Idet driften ikke medtages i denne livscyklusvurdering, forstås der ved *bygning* i denne rapport kun bygningsdele.

Casebygningerne er baseret på konkrete bygninger, som overholder bygningsreglementets krav om brandsikkerhed samt akustiske forhold. Ved konverteringen til tilsvarende byggeri i beton og stål, er der også taget højde for disse forhold.

5. METODE

5.1 Produktspecifik miljødata

Analysen er delt op i to trin. Trin 1_gen hvor der benyttes generisk miljødata og Trin 1_pro, hvor der benyttes produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer ved brug af EPD'er, både branche- og produktspecifikke, samt rapporter med beregnet CO₂ data fra Dansk Beton og Danske Tegl (se Tabel 2 samt Bilag 1 og 2). Nedenstående Figur 2 viser et samlet overblik over, hvilke byggematerialer samt placering i bygningen der udskiftes med produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer på markedet i Trin 1_pro af analysen for de tre cases; Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig. En detaljeret oversigt over materialeinput til de tre cases, både for Trin 1_gen og Trin 1_pro af analysen kan ses i Bilag 3-5. Materialetyper, der har været relevant at udskifte i henhold til bygningens udformning, ses i Figur 2 nedenfor. For bygningens materialesammensætning i de forskellige bygningsdele henvises til inventories i Bilag 3-5.

	Mineraluld	Gipsplade/ fibergips	Porebeton	Polystyren	Lecablok	Teglsten + mørtel	Beton	Armering	Teglsten tag
Fundament							 	 	
Sokkel									
Terrændæk				 			 	 	
Dæk							 	 	
Ydervægge	 		 			 	 	 	
Indervægge	 	 					 	 	
Lejlighedsskel							 	 	
Tag	 						 	 	
Loft		 							
Altan									

= Enfamiliehus
 = Rækkehus
 = Etagebolig

Figur 2 - Oversigt over hvilke byggematerialer samt placering i bygningen, hvor generisk miljødata byttes ud med produktspecifik miljødata i Trin 1_pro i analysen. Ikonerne illustrerer de tre cases; enfamiliehus, rækkehus og etagebolig.

5.2 Livscyklusvurdering

En livscyklusvurdering anvendes til at identificere miljøpåvirkninger for et system, eksempelvis en byggevarer, en bygningsdel eller en hel bygning igennem hele livscyklussen. LCA'en kvantificerer de miljømæssige påvirkninger igennem hele livscyklussen fra udvinding af råmaterialer til produktion og installation, drift, vedligehold og afslutningsvis miljøpåvirkningerne ved endt levetid, når produktet eller bygningen skal bortskaffes, genanvendes eller genbruges.



Figur 3 – Metode for livscyklusvurderinger for byggeri

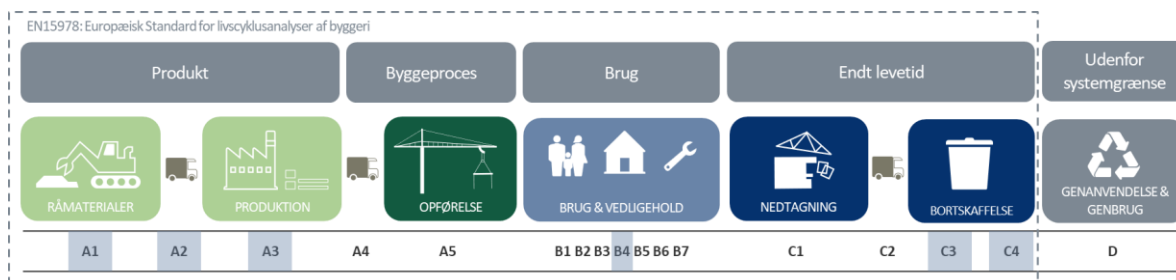
LCA'er kan bruges til at sammenligne miljøpåvirkninger ved forskellige løsningsforslag, der skal udfylde den samme funktion. Livscyklusvurderingerne kan med fordel benyttes til at sammenligne forskellige scenarier, og kan derfor være et værdifuldt redskab til at adressere det miljømæssige bæredygtighedsaspekt.

Den miljømæssige konsekvens i form af udledning af kg CO₂-ækv./m² pr. år (GWP¹⁵) for en betragtningsperiode på 50 år er beregnet og analyseret uafhængigt af hinanden for de 3 cases ud fra samme LCA-metodik, som er beskrevet i nedenstående afsnit.

5.3 Systemafgrænsning – Livscyklusfaser

Livscyklusvurderingen inkluderer de indlejrede klimapåvirkninger, som er de påvirkninger, der relateres til bygningens materialeforbrug. Bygningens energiforbrug (B6) over betragtningsperioden er i denne analyse ikke medtaget, da det antages, at energiforbruget for casebygninger i de to trin vil være ens, som tidligere beskrevet. I beregningen er medtaget livscyklusmodulerne jf. den Europæiske standard EN 15978, som er afbilledet i Figur 4.

¹⁵ GWP: Globalt opvarmningspotentiale, som måler klimapåvirkningen (Global Warming Potential)



LIVSCYKLUSFASER	LIVSCYKLUSMODULER	MEDTAGET I ANALYSEN
PRODUKT	Udvinding af råmaterialer	A1
	Transport til fabrik	A2
	Produktion	A3
BYGGEPROCES	Transport til byggeplads	
	Opførelse	
BRUG	Brug	
	Vedligehold	
	Reparation	
	Udskiftning	B4
	Renovering	
	Energiforbrug (varme og el)	
	Vandforbrug	
ENDT LEVETID	Nedrivning	
	Transport	
	Affaldsbehandling	C3
	Bortskaffelse	C4
UDENFOR SYSTEMGRÆNSE	Potentiale for genanvendelse, genvinding og genbrug	

Figur 4 – Livscyklusmoduler jf. DS/EN15978 der er medtaget i livscyklusvurdering af de 3 cases

I Figur 5 er en beskrivelse af de medtagne processer for livscyklusmodulerne.

	Produktion (A1-A3) inkluderer udvinding af råmaterialer, transport til fabrik samt produktion af byggematerialer.
	I brugsfasen medregnes udskiftning af materialer (B4) som baseres på materialernes forventede levetider, baseret på SBI anvisning 2013:30 ¹⁶
	Ved endt levetid beregnes materialernes affaldsbehandling og bortskaffelse (C3 og C4) eksempelvis forarbejdning før genanvendelse, forbrænding og deponering af materialer.


Figur 5 - Beskrivelse af de medtagne processer for de forskellige livscyklusmoduler

¹⁶ Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi, [SBI anvisning 2013:30](#)

5.4 Miljøpåvirkning

Miljøpåvirkninger afspejler forskellige former for skader på miljøet. I dette studie fokuseres udelukkende på miljøpåvirkningskategorien globalt opvarmningspotentiale (GWP) målt i kg CO₂-ækv., se Figur 6. Resultater angivet som CO₂-ækv., er et udtryk for, at drivhusgasser som metan og lattergas også er medtaget og omregnet til en fælles enhed: CO₂-ækv. GWP kan også betegnes som klimapåvirkningen.

Øvrige miljøpåvirkningspotentialer var ikke fokus for denne opgave, hvorfor de ikke formidles i nærværende rapport. Ved beslutningstagning bør de øvrige miljøpåvirkningspotentialer også analyseres og inddrages, når en bygning skal vurderes.

Miljøpåvirkningskategorier	
Global opvarmning, GWP [CO ₂ – ækvivalenter]	 <p>Når mængden af drivhusgasser i atmosfæren øges, opvarmes de jordnære luftlag med klimaændringer til følge.</p>

Figur 6 - Miljøpåvirkningskategorien GWP, som analyseres i denne livscyklusvurdering

5.5 Funktionel enhed

For at sikre et korrekt sammenligningsgrundlag bestemmes den funktionelle enhed, så den gælder for hver af de tre cases. Den funktionelle enhed beskriver og kvantificerer de egenskaber ved bygningen, der skal være til stede, for at de undersøgte casebygninger og trin er sammenlignelige. Der er her valgt at fokusere på funktionen af bygningen samt antal kvadratmeter. Den funktionelle enhed, som benyttes til alle tre cases, er i denne analyse defineret som:

1 m² typisk dansk boligbyggeri af beton, stål og tegl, hvis konstruktion opfylder de gældende lovkra v i bygningsreglement med en betragtningsperiode på 50 år.

5.6 Mængdeopgørelse, LCI

Mængdeopgørelser er leveret af case-projekternes arkitekter, leverandører og entreprenører samt baseret på mængdeudtræk fra 3D-modeller. Fundament og terrændæk er baseret på overslagsberegning fra konstruktionsingeniører i Rambøll. Se desuden Bilag 3-5 for LCA inventories over materialer og mængder.

5.7 Betragtningsperiode og materialers levetid

Det er vigtigt, at bygningens eller systemets betragtningsperiode er angivet således, at det er muligt at sammenligne med andre resultater. Bygningernes betragtningsperiode i denne analyse er sat til 50 år, hvilket er i overensstemmelse med betragtningsperioden i DGNB 2020 samt Den frivillige bæredygtighedsklasse (FBK). Byggematerialernes levetider er baseret på SBI anvisning 2013:30¹⁷, som indeholder en levetidstabel for byggematerialer, hvilket også er de levetider, som anvendes i beregningsværktøjet LCAByg. Se Bilag 3-5 for LCA inventories, hvor materialernes levetider er angivet.

5.8 LCA-værktøj og data

Analyserne for de 3 cases er udarbejdet i beregningsværktøjet LCAByg version 3.2, som er et værktøj til at beregne livscyklusvurderinger af bygninger, udviklet af Institut for Byggeri, By og Miljø, BUIILD. Til analysen er anvendt generisk miljødata fra Ökobaudat¹⁸, som er indbygget i LCAByg, samt specifikke miljødata fra EPD'er samt miljødata fra baggrundsrapporter leveret af de

¹⁷ Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi, [SBI anvisning 2013:30](#)

¹⁸ [Ökobaudat databasesøgning](#)

tre brancheorganisationer udarbejdet af Teknologisk Institut. Se Bilag 3-5 for LCA inventories for anvendte Ökobaumat miljødatasæt og EPD'er (produktspecifik miljødata) samt Bilag 1 og 2 for baggrundsrapporter fra Danske Tegl og Dansk Beton. Da analysen er udført i LCAbyg 3.2, er der benyttet miljødata fra Ökobaumat databasen fra 2016. Der er efterfølgende udgivet en ny version, LCAbyg 5.1 som indeholder nyere miljødata fra 2021 fra Ökobaumat databasen. Der skal gøres opmærksom på, at EPD'er, som også er anvendt i disse LCA-beregninger, har en gyldighedsperiode på 5 år, hvorefter de udløber og skal opdateres.

5.9 Følsomhed

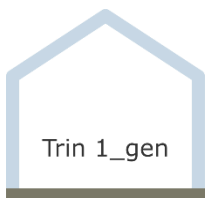

Livscyklusvurderinger bør indeholde en kritisk analyse af hvilken indflydelse ændringer af enkelte variabler i LCA-beregningen vil have på det samlede resultat. Følsomme inputvariabler er kendetegnet ved en relativ stor indflydelse, som dermed kan føre til en større usikkerhed af resultatet. Da beregningerne udføres i brancheværktøjet LCAbyg, er det ikke muligt at udføre automatiske følsomhedsanalyser for resultaterne. Følsomheden i resultaterne vil blive beskrevet ved at udføre en følsomhedsanalyse på en betragtningsperiode på 100 år frem for 50 år samt en følsomhedsanalyse på datainputtet ved at tilføje usikkerhedsfaktorer jf. krav i den nye DGNB 2020 manual, hvor der ganges en usikkerhedsfaktor på 1,3 på generisk miljødata, 1,1 på branche EPD'er og 1,0 på produktspecifikke EPD'er. På denne måde testes ligeledes følsomheden af datainputtet for det benyttede miljødata. Følsomhedsanalysen beskrives yderligere i afsnit 8.1.

6. TVÆRGÅENDE ANALYSE AF CASES

De samlede klimapåvirkninger for bygningerne, Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig, målt i kg CO₂-ækv./m² pr. år, er vist i nedenstående Tabel 4.

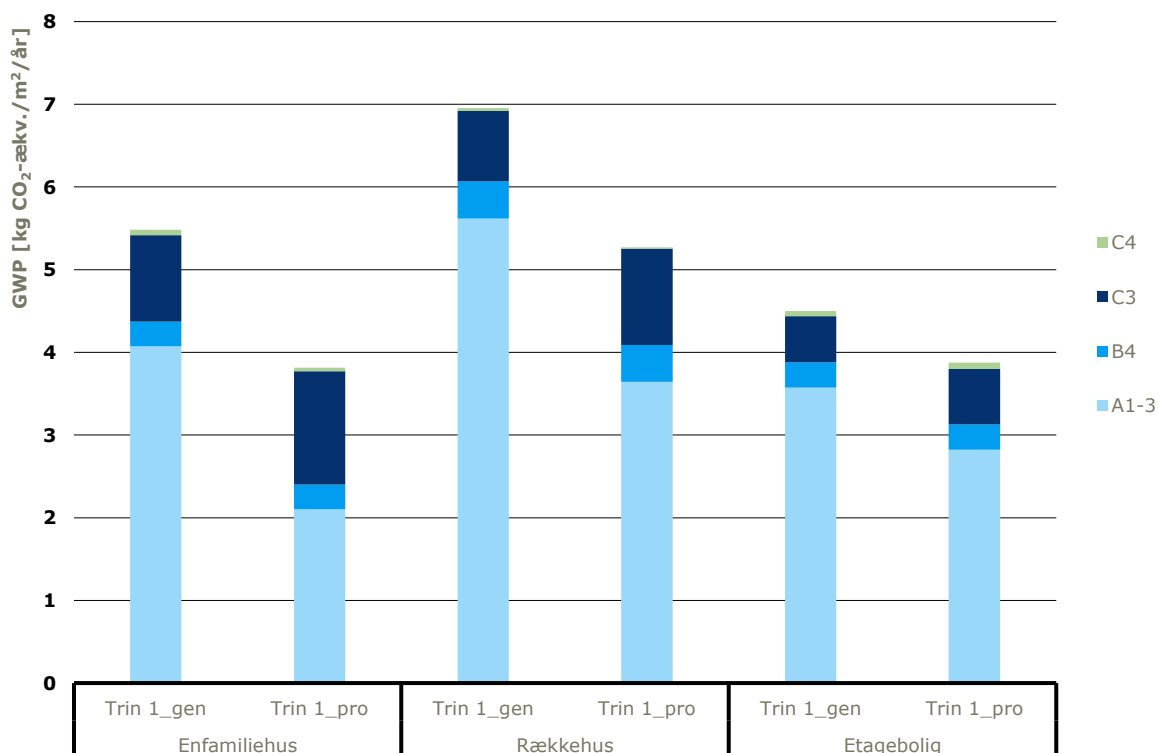
Den beregningsmæssig reduktion i klimapåvirkningen fra Trin 1_gen til Trin 1_pro svarer til ca. 30%, 24% og 14% for hhv. Enfamiliehus, Rækkehus og Etageboliger. Der er i klimapåvirkningerne vist i Tabel 4 medtaget faserne A1-3, B4, C3 samt C4. Der er ikke medtaget de tekniske installationer samt energiforbrug B6, beskrevet i afsnit 4.2 Cases. Klimapåvirkningerne kan derfor ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023. Dette forklares yderligere i afsnit 9 Perspektivering.

Tabel 4 - Klimapåvirkningen (GWP) for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig samt de tilhørende Trin 1_gen og Trin 1_pro. Klimapåvirkningen er beregnet med en betragtningsperiode på 50 år og inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3-4 (endtlivstid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

	Trin 1 – Generisk miljødata Konventionelt byggeri med generisk miljødata  Trin 1_gen [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1 – Produktspecifik miljødata Konventionelt byggeri med produktspecifikt miljødata for best in class konventionelle byggematerialer  Trin 1_pro [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Procentvis ændring fra Trin 1_gen til Trin 1_pro
Enfamiliehus	5,5	3,8	-30%
Rækkehus	7,0	5,3	-24%
Etageboliger	4,5	3,9	-14%

Figur 7 viser de samlede klimapåvirkninger (GWP) for de tre cases og de tilhørende to trin med en fordeling på livscyklusmodulerne A1-3 (produktfasen), B4 (udskiftning af byggevarer i brugsfasen), C3 (affaldsbehandling ved endtlivstid) samt C4 (bortskaffelse ved endtlivstid), som er medtaget i de udarbejdede livscyklusvurderinger. Det ses, at der for alle tre cases forekommer en beregningsmæssig reduktion i klimapåvirkningen fra Trin 1_gen til Trin 1_pro.

UDLEDNING AF CO₂-ÆKV. FORDELT PÅ LIVSCYKLUSMODULER



Figur 7 - Udledning af CO₂-ækv. (klimapåvirkning, GWP) fordelt på livscyklusmoduler beregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år, for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3 (affaldsbehandling ved endt levetid) samt C4 (bortskaffelse ved endt levetid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

Figur 7 illustrerer, at størstedelen af bygningernes klimapåvirkning er forbundet med udledninger i livscyklusmodulerne A1-3, som for Trin 1_gen udgør mellem 74%-81% af den samlede klimapåvirkning for de tre cases og som for Trin 1_pro udgør mellem 55%-73% af den samlede klimapåvirkning for de tre cases (se Tabel 5 og Bilag 6-8). Fordelingen af klimapåvirkningen mellem de forskellige livscyklusfaser afhænger meget af hvilke typer materialer, der indgår i byggeriet. I de tre analyserede casebygninger er størstedelen af byggematerialerne konventionelle byggematerialer, hvorfor størstedelen af den samlede klimapåvirkning vil finde sted i livscyklusmodulerne A1-3. Trin 1_pro i denne analyse vil derved vise en beregningsmæssig reduktion i klimapåvirkningen, som har størst indflydelse på A1-3 efterfulgt af B4. Optimering af produktionen og råmaterialerne, der indgår i produktet, har derved en stor indflydelse på de valgte best in class konventionelle materialer på markedet, der er benyttet i analysen. Af Tabel 5 fremgår det, at endt levetid, C3-4 ligger højere for Trin 1_pro end for Trin 1_gen. Dette skyldes bl.a. at C3 i generisk miljødata fra Ökobaudat for beton ligger en del lavere end C3 for det produktspecifikke miljødatasæt for beton, der tager udgangspunkt i branche EPD'erne.

Forskellen i klimapåvirkningen fra Trin 1_gen til Trin 1_pro skyldes primært en udskiftning af den generisk miljødata fra Ökobaudat til produktspecifikke miljødata ved brug af EPD'er og rapporter udarbejdet af Teknologisk Institut (Tabel 2 og Bilag 1 og 2) for de konventionelle byggematerialer i bygningen.

Tabel 5 - Globalt opvarmingspotentiale (GWP) for hele livscyklusen fordelt på livscyklusmoduler for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3 (affaldsbehandling ved endt levetid) samt C4 (bortskaffelse ved endt levetid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

	A1-3	B4	C3	C4	Total
	[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]				
Enfamiliehus					
Trin 1_gen	4,1	0,30	1,0	0,06	5,5
Trin 1_pro	2,1	0,30	1,4	0,04	3,8
Rækkehus					
Trin 1_gen	5,6	0,45	0,85	0,03	7,0
Trin 1_pro	3,6	0,45	1,2	0,02	5,3
Etagebolig					
Trin 1_gen	3,6	0,31	0,56	0,06	4,5
Trin 1_pro	2,8	0,31	0,67	0,08	3,9

I de tre nedenstående afsnit vil klimapåvirkningerne fra de tre cases og de to trin blive analyseret yderligere med en inddeling af bygningernes samlede klimapåvirkninger fordelt på bygningsdele, hvor det ses hvilken betydning brugen af produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer fra de tre brancheorganisationer Danske Tegl, Dansk Beton samt VIF har på klimapåvirkningen ved livscyklusvurderingerne.

6.1 Enfamiliehus



Enfamiliehuset er baseret på et fritliggende enfamiliehus i et plan med et bruttoareal på 116 m². Enfamiliehuset består af ydervægge med en bagmur i porebeton, hulmursisolering med mineraluld og skalmursfacade samt indervægge af porebeton. Taget er opbygget af en trækonstruktion med mineraluldsisolering, gipslofter og tagsten i tegl. Opbygningerne af konstruktionerne er ens i både Trin 1_gen og Trin 1_pro af analysen, hvor der i Trin 1_gen er benyttet generisk miljødata for de konventionelle byggematerialer er der i Trin 1_pro benyttet produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer. Placeringen af materialerne i huset samt materialetypen i Trin 1_pro er illustreret i Figur 2.

I Bilag 3 ses detaljerede oversigter over LCA inventories for Trin 1_gen og Trin 1_pro af Enfamiliehuset, hvori det også fremgår hvilken miljødata, der er benyttet.

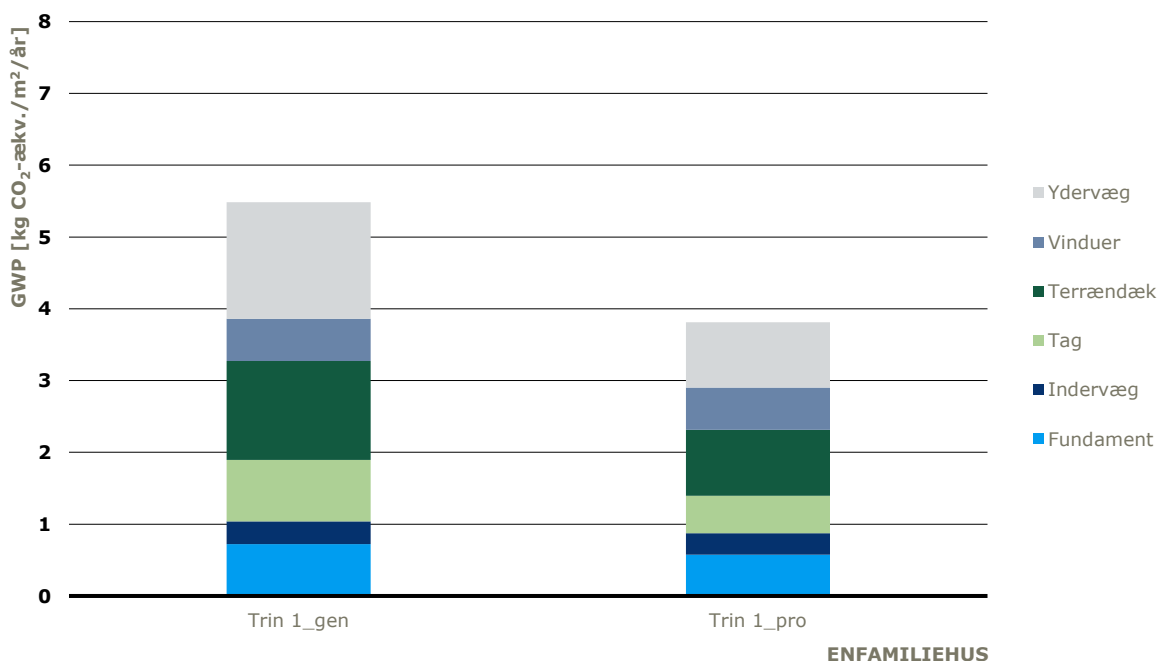
Den samlede klimapåvirkning (GWP) for enfamiliehuset reduceres med 30% ved at benytte produktspecifik miljødata på best in class konventionelle byggematerialer i branchen frem for brug af generisk miljødata. Den samlede klimapåvirkning for Enfamiliehuset ses i nedenstående Tabel 6 og Figur 8, hvor udledningen af CO₂-ækv./m² pr. år, beregnet ud fra en 50-årig betragtningsperiode, er angivet for de forskellige bygningsdele. Det ses på figuren, at *Ydervæg* og *Terrændæk* er de to bygningsdele, der står for størstedelen af bygningsens samlede klimapåvirkning i Trin 1_gen på 5,5 kg CO₂-ækv./m² pr. år med hhv. 30% og 25% svarende til hhv. 1,6 og 1,4 kg CO₂-ækv./m² pr. år.

Tabel 6 – Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele for Enfamiliehus. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3 (affaldsbehandling ved endt levetid) samt C4 (bortskaffelse ved endt levetid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

Enfamiliehus	Fundament	Indervæg	Tag	Terrændæk	Vinduer	Ydervæg	Total
	[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]						
Trin 1_gen	0,72	0,32	0,85	1,4	0,59	1,6	5,5
Trin 1_pro	0,57	0,30	0,52	0,92	0,59	0,91	3,8
%-vis forskel fra gen til pro	-20%	-5%	-39%	-34%	-0%	-44%	-30%

Både ydervæggene samt terrændækket indeholder konventionelle byggematerialer, hvorfor der i Trin 1_pro ses en beregningsmæssig reduktion af klimapåvirkningen for især disse bygningsdele, da miljødata i Trin 1_pro for disse byggematerialer udskiftes med miljødata for best in class byggematerialer fra de tre brancheorganisationer. Klimabelastningen for ydervæggene og terrændækket reduceres til hver at bidrage med 24% af det samlede klimaaftryk, svarende til hhv. 0,91 og 0,92 kg CO₂-ækv./m² pr. år for begge bygningsdele af den samlede klimapåvirkning på 3,8 kg CO₂-ækv./m² pr. år.

UDLEDNING AF CO₂-ÆKV. FORDELT PÅ BYGNINGSDELE



Figur 8 - Udledning af CO₂-ækv. fordelt på bygningsdele beregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år for Enfamiliehus. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produkt), B4 (udskiftning), C3-4 (endt levetid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

Delkonklusion - Enfamiliehus

For Enfamiliehuset ses den største beregningsmæssige reduktion fra Trin 1_gen til Trin 1_pro i bygningsdelene *Ydervæg* og *Tag*, som primært består af konventionelle byggematerialer. For ydervæggene ses en beregningsmæssig reduktion på 44% fra at benytte generisk miljødata i livscyklusvurderingen for de konventionelle byggematerialer til at benytte produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer i livscyklusvurderingen. For taget ses en beregningsmæssig reduktion på 39%. Den samlede klimapåvirkning for Enfamiliehuset reduceres beregningsmæssigt med 30% ved at benytte produktspecifik miljødata på best in class konventionelle byggematerialer i branchen.

6.2 Rækkehus



Rækkehuset er baseret på et rækkehusbyggeri med et samlet bruttoareal på 3.452 m² (se Bilag 25). Rækkehuset har et tag- og etagedæk af huldækelementer, bærende ydervægge af beton samt en teglfacade. Opbygningerne af konstruktionerne er ens i både Trin 1_gen og Trin 1_pro af analysen, hvor der i Trin 1_gen er benyttet generisk miljødata for de konventionelle byggematerialer er der i Trin 1_pro benyttet produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer. Placeringen af materialerne i huset samt materialetypen i Trin 1_pro er illustreret i Figur 2.

I Bilag 4 ses detaljerede oversigter over LCA inventories for Trin 1_gen og Trin 1_pro af Rækkehuset, hvori det også fremgår hvilken miljødata, der er benyttet.

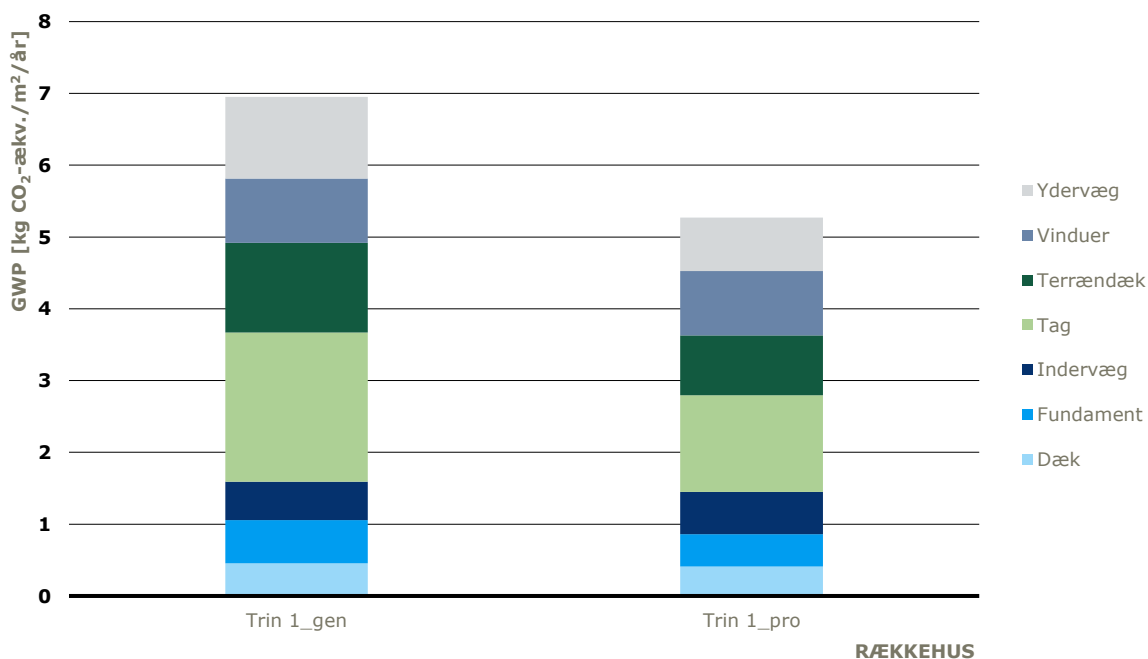
Den samlede klimapåvirkning (GWP) for Rækkehuset reduceres med 24% ved at benytte produktspecifik miljødata på best in class konventionelle byggematerialer i branchen. Den samlede klimapåvirkning for Rækkehuset ses i nedenstående Tabel 7 og Figur 9, hvor udledningen af CO₂-ækv./m² pr. år, beregnet ud fra en 50-årig betragtningsperiode, er fordelt mellem de forskellige bygningsdele. Det ses på figuren, at *Tagkonstruktion* efterfulgt af *Terrændæk* og *Ydervæg* har størst indflydelse på den samlede klimapåvirkning på 7,0 kg CO₂-ækv./m² pr. år med hhv. 30%, 18% og 16% i Trin 1_gen, svarende til hhv. 2,1, 1,2 og 1,1 kg CO₂-ækv./m² pr. år. I modsætningen til Enfamiliehuset, der har en skrå tagopbygning af træ og tegltagsten, er det konventionelle byggematerialer som betonhuldæk og trykfast mineraluldsisolering der gør, at klimapåvirkningen for tagkonstruktionen i Rækkehuset, der har en flad tagopbygning, har den største indvirkning på bygningens samlede klimapåvirkning i både Trin 1_gen og Trin 1_pro.

Tabel 7 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele for Rækkehus. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3 (affaldsbehandling ved endt levetid) samt C4 (bortskaffelse ved endt levetid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

Rækkehus	Dæk	Fundament	Indervæg	Tag	Terrændæk	Vinduer	Ydervæg	Total
[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]								
Trin 1_gen	0,46	0,60	0,54	2,1	1,2	0,90	1,1	7,0
Trin 1_pro	0,41	0,45	0,59	1,3	0,83	0,90	0,74	5,3
%-vis forskel fra gen til pro	-10%	-25%	10%	-35%	-33%	0%	-35%	-24%

Som for Enfamiliehuset, ses der i Trin 1_pro en beregningsmæssig reduktion af klimapåvirkningen samlet set, og især for tagkonstruktionen, terrændækket samt ydervæggene. Reduktionen for disse bygningsdele skyldes, at konstruktionsopbygningerne primært består af konventionelle byggematerialer, som i Trin 1_pro udskiftes med produktspecifik miljødata for best in class byggematerialer fra de tre brancheorganisationer. I Trin 1_pro er klimapåvirkningen fra tagkonstruktionen, terrændækket og ydervæggene blevet reduceret til 1,3, 0,83 og 0,74 kg CO₂-ækv./m² pr. år, svarende til nu at have en indflydelse på hhv. 26%, 16% og 14% af bygningens samlede klimapåvirkning på 5,3 kg CO₂-ækv./m² pr. år.

UDLEDNING AF CO₂-ÆKV. FORDELT PÅ BYGNINGSDELE



Figur 9 - Udledning af CO₂-ækv. fordelt på bygningsdele beregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år for Rækkehus. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3-4 (endt levetid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

Delkonklusion - Rækkehus

For Rækkehuset ses den største beregningsmæssige reduktion fra Trin 1_gen til Trin 1_pro i bygningsdelene *Ydervæg*, *Tag* og *Terrændæk*, som primært består af konventionelle byggematerialer. For ydervæggene og taget ses en beregningsmæssig reduktion på 35% fra at benytte generisk miljødata i livscyklusvurderingen for de konventionelle byggematerialer til at benytte produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer i livscyklusvurderingen. For terrændækket ses en reduktion på 33%. Den samlede klimapåvirkning for rækkehuset reduceres med 24% ved at benytte produktspecifik miljødata på best in class konventionelle byggematerialer i branchen.

6.3 Etagebolig



Etageboligen er baseret på en karrébebyggelse bestående af 8 blokke med hhv. 3 og 4 etager ekskl. kælder med 66 familieboliger og et fælleshus med et samlet bruttoareal på 6.235 m². Ydervægge består af beton og porebeton med et facadesystem af skifer med mineraluldsisolering, indervægge af armeret beton og stålelementer med mineraluldsisolering og gips, samt tag- og etagedæk bestående af huldækelementer. Opbygningerne af konstruktionerne er ens i både Trin 1_gen og Trin 1_pro af analysen, hvor der i Trin 1_gen er benyttet generisk miljødata for de konventionelle byggematerialer, er der i Trin 1_pro benyttet produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer. Placeringen af materialerne i bygningen samt materialetypen i Trin 1_pro er illustreret i Figur 2. Der er for at lave så få ændringer som muligt fra de oprindelige casebygninger i rapporten "CO₂-besparelse ved træbyggeri"¹⁹ valgt at beholde skifferfacaden i begge trin i denne case, hvorfor der ikke udskiftes miljødata på facadematerialet i Trin 1_pro for Etageboligen.

I Bilag 5 ses detaljerede oversigter over LCA inventories for Trin 1_gen og Trin 1_pro af Etageboliger, hvori det også fremgår hvilken miljødata, der er benyttet.

Den samlede klimapåvirkning (GWP) for Etageboligen reduceres med 14% ved at benytte produktspecifik miljødata på best in class konventionelle byggematerialer i branchen. Den samlede klimapåvirkning for Etageboligen ses i nedenstående Tabel 8 og Figur 10, hvor udledningen af CO₂-ækv./m² pr. år, beregnet ud fra en 50-årig betragtningsperiode, er fordelt mellem de forskellige bygningsdele. Det ses på figuren, at Ydervæg efterfulgt af Tag og Dæk har de største påvirkninger på den samlede klimapåvirkning på 4,5 kg CO₂-ækv./m² pr. år med hhv. 29%, 20% og 17% i Trin 1_gen svarende til hhv. 1,3, 0,92 og 0,77 kg CO₂-ækv./m² pr. år. I modsætning til Enfamiliehuset og Rækkehuset, så består ydervæggene i Etageboligen af skiffer beklædning monteret med aluminiums profiler, hvilket gør, at klimapåvirkningen fra ydervæggene i Etageboligen har størst indvirkning på bygningens samlede klimapåvirkning i både Trin 1_gen og Trin 1_pro.

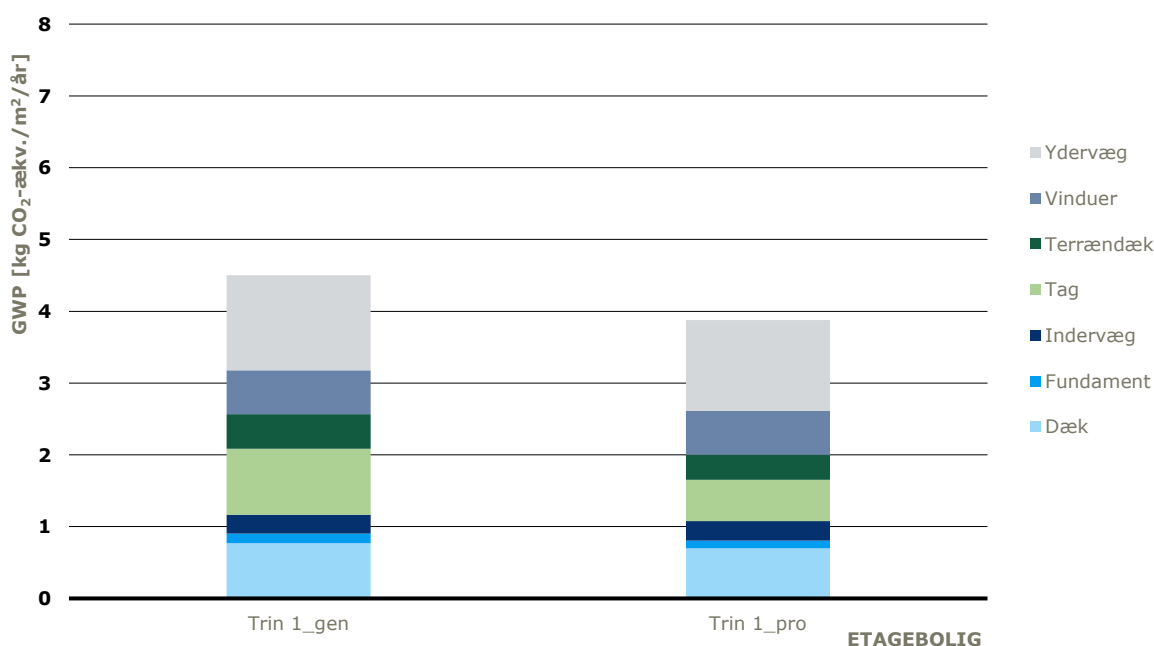
Tabel 8 - Globalt opvarmingspotentiale (GWP) for hele livscyklusen fordelt på bygningsdele for Etagebolig. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3 (affaldsbehandling ved endt levetid) samt C4 (bortskaffelse ved endt levetid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

Etagebolig	Dæk	Fundament	Indervæg	Tag	Terrændæk	Vinduer	Ydervæg	Total
	[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]							
Trin 1_gen	0,77	0,13	0,26	0,92	0,48	0,61	1,32	4,5
Trin 1_pro	0,70	0,11	0,27	0,57	0,35	0,61	1,26	3,9
%-vis forskel fra gen til pro	-9%	-21%	5%	-37%	-28%	0%	-4%	-14%

¹⁹ <https://traeibyggeriet.dk/ny-rapport-fastslar-traebyggeri-kan-give-arlig-co2-besparelse-pa-14-5>

Som for Enfamiliehuset og Rækkehuset, ses der i Trin 1_pro en reduktion af klimapåvirkningen samlet set, og især for tagkonstruktionen ses en markant reduktion. Dette skyldes igen, at taget primært består af konventionelle byggematerialer, som i Trin 1_pro udskiftes med produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer fra de tre brancheorganisationer. I sammenligning med Rækkehuset, så udgør tagkonstruktionen i Etageboligen en mindre andel af den samlede klimapåvirkning, hvilket skyldes, at klimapåvirkningen fra taget fordeles på et større bruttoareal end i Rækkehuset grundet flere etager i bygningen. I Trin 1_pro er klimapåvirkningen fra tagkonstruktionen reduceret til 0,57 kg CO₂-ækv./m² pr. år svarende til nu at have en indflydelse på 15% af bygningens samlede klimapåvirkning på 3,9 kg CO₂-ækv./m² pr. år. For ydervæggen ses der i Trin 1_pro en mindre reduktion på 4%, da der ikke ændres på facadematerialet, som er en skifferbeklædning.

UDLEDNING AF CO₂-ÆKV. FORDELT PÅ BYGNINGSDELE



Figur 10 - Udledning af CO₂-ækv. fordelt på bygningsdele beregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år for Etagebolig. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produkt), B4 (udskiftning), C3-4 (endtlivstid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

Delkonklusion – Etagebolig

For Etageboligen ses den største beregningsmæssige reduktion fra Trin 1_gen til Trin 1_pro i bygningsdelene *Tag* og *Terrændæk*, som primært består af konventionelle byggematerialer. For taget ses en beregningsmæssig reduktion på 37% fra at benytte generisk miljødata i livscyklusvurderingen for de konventionelle byggematerialer til at benytte produktspecifik miljødata på best in class konventionelle byggematerialer i livscyklusvurderingen. For terrændækket ses en reduktion på 28%. Der ses en relativt lille reduktion i ydervæggene fra Trin 1_gen til Trin 1_pro, som nævnt ovenfor skyldes dette, at der for facadematerialet skifter ikke er udskiftet miljødata i Trin 1_pro, for at bibeholde de oprindelige casebygninger så vidt muligt. Havde ydervæggene været en tegl facade, havde reduktionen af klimapåvirkningen været større, da dette byggemateriale i Trin 1_pro ville være udskiftet med best in class konventionelle byggematerialer for teglsten, som i Enfamiliehuset og Rækkehuset. Den samlede klimapåvirkning for Etageboligerne reduceres beregningsmæssigt med 14% ved at benytte produktspecifik miljødata på best in class konventionelle byggematerialer i branchen.

7. KONKLUSION

I denne rapport er tre casebygninger af byggerier med konventionelle byggematerialer hhv. et Enfamiliehus, et Rækkehus og et Etagebyggeri blevet analyseret i to trin. Trin 1_gen viser udledningen fra de tre casebygninger med generisk miljødata for de konventionelle byggematerialer, hvor Trin 1_pro viser udledningen fra de tre casebygninger med produktspecifikt miljødata for best in class konventionelle byggematerialer på det danske marked fra de tre brancheorganisationer; Danske Tegl, Dansk Beton og VIF. For alle tre casebygninger ses en reduktion af klimapåvirkningen i Trin 1_pro, ved at benytte produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer frem for generisk miljødata for de konventionelle byggematerialer i en livscyklusvurdering.

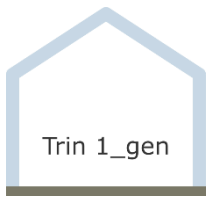

For Enfamiliehuset ligger den samlede klimapåvirkning på 5,5 kg CO₂-ækv./m² pr. år i Trin 1_gen, hvor der i Trin 1_pro, ved at benytte produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, ses en beregningsmæssig reduktion i den samlede klimapåvirkning på 30% til 3,8 kg CO₂-ækv./m² pr. år. Den største beregningsmæssige reduktion i klimapåvirkningerne for Enfamiliehuset ses primært i *Ydervægge, Tag og Terrændæk*.

For Rækkehuset ligger den samlede klimapåvirkning på 7,0 kg CO₂-ækv./m² pr. år i Trin 1_gen hvor der i Trin 1_pro, ved at benytte produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, ses en beregningsmæssig reduktion i den samlede klimapåvirkning på 24% til 5,3 kg CO₂-ækv./m² pr. år. Den største beregningsmæssige reduktion i klimapåvirkningerne for Rækkehuset ses primært i *Ydervægge, Tag og Terrændæk*, som også var tilfældet for Enfamiliehuset.

For Etageboliger ligger den samlede klimapåvirkning på 4,5 kg CO₂-ækv./m² pr. år i Trin 1_gen, hvor der i Trin 1_pro, ved at benytte produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, ses en beregningsmæssig reduktion i den samlede klimapåvirkning på 14% til 3,9 kg CO₂-ækv./m² pr. år. Den største reduktion i klimapåvirkningerne for Etageboligerne ses primært i *Tag, Terrændæk og Fundament*. Da der er valgt at bibeholde skifferfacaden på Etageboligerne i begge trin, ses der en mindre samlet beregningsmæssig reduktion, da der for hele facaden ikke ændres til produktspecifik miljødata for teglsten, som der gør i Enfamiliehuset og Rækkehuset.

Udledningen for de tre casebygninger i Trin 1_gen og Trin 1_pro kan ses i Tabel 9.

Tabel 9 – Klimapåvirkning (GWP) for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig for Trin 1_gen og Trin 1_pro. Tabellen viser den procentvise ændring ved benytte produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer i sammenligning med brug af generisk miljødata over en 50-årig betragtningsperiode. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

	Trin 1 – Generisk miljødata Konventionelt byggeri med generisk miljødata  Trin 1_gen [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1 – Produktspecifik miljødata Konventionelt byggeri med produktspecifikt miljødata for best in class konventionelle byggematerialer  Trin 1_pro [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Procentvis ændring fra Trin 1_gen til Trin 1_pro
Enfamiliehus	5,5	3,8	-30%
Rækkehus	7,0	5,3	-24%
Etageboliger	4,5	3,9	-14%

Ved brug af produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, som beton, porebeton, teglsten, mineraluldsisolering samt armeringsstål, der indgår i de tre casebygninger, ses der en samlet ændring i klimapåvirkningen (GWP) mellem -14% til -30%. Der er ikke medtaget energiforbruget fra driften, og de procentvise ændringer er derved udelukkende et udtryk for de materialeafledte klimapåvirkninger for de tre bygninger beregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år.

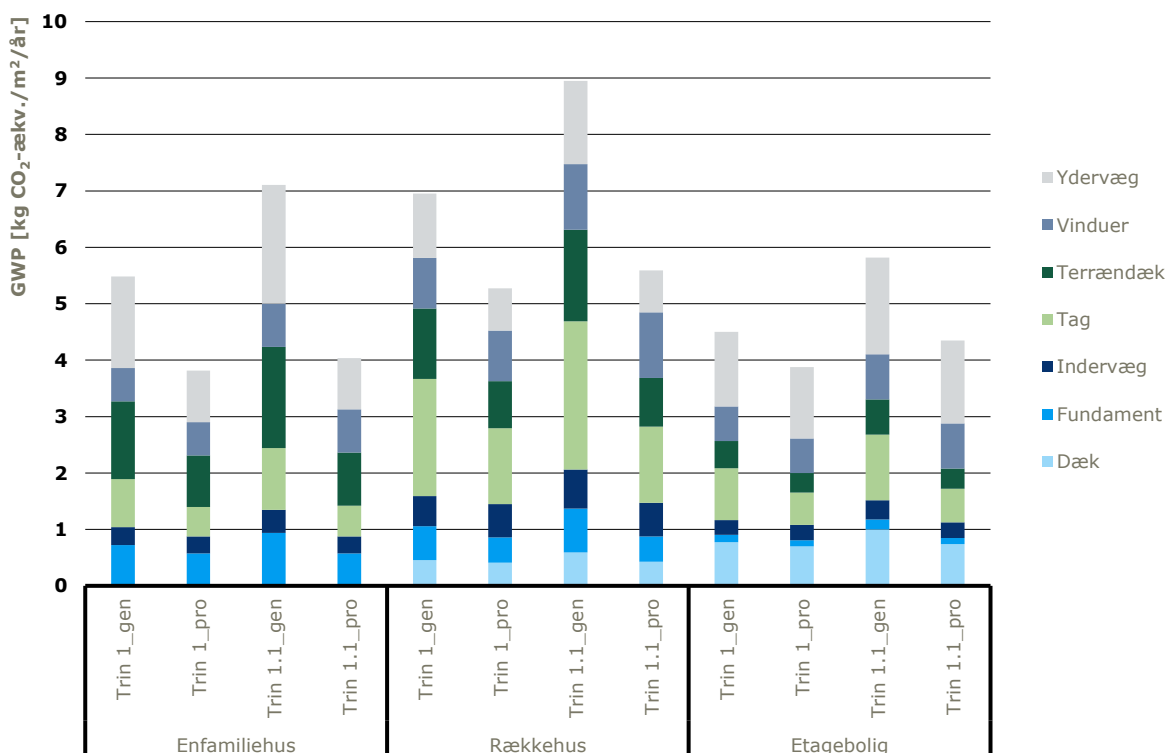
8. FØLSOMHEDSANALYSE

8.1 Generisk miljødata med usikkerhedsfaktorer

I den nye DGNB 2020 manual er der for kriteriet ENV1.1, som omhandler livscyklusvurderinger, blevet indført, at der ved brug af generisk miljødata fra Ökobaudat (som også benyttes i LCAByg) skal benyttes en usikkerhedsfaktor på 1,3. Ved brug af branchespecifikke EPD'er skal der benyttes en usikkerhedsfaktor på 1,1, hvor der ved brug af produktspecifikke EPD'er benyttes en usikkerhedsfaktor på 1,0. Denne indførelse af usikkerhedsfaktorer er med til at belyse usikkerheden i den bagvedliggende data for generiske miljødatasæt, der benyttes i livscyklusvurderinger. Ydermere, vil dette også være med til at skubbe branchen i en retning, hvor flere vil efterspørge produktspecifikke EPD'er på byggematerialer.

I forbindelse med indførelse af usikkerhedsfaktorer i den nye DGNB 2020 manual er der i dette afsnit valgt at udføre en følsomhedsanalyse i de to trin for de tre cases i nærværende rapport med brug af usikkerhedsfaktorerne på generisk miljødata og branchespecifikke EPD'er, for at tjekke følsomheden af det benyttede datainput. Disse trin er refereret til som Trin 1 og Trin 1.1 for hhv. de oprindelige beregninger uden usikkerhedsfaktorer, som er de oprindelige resultater i nærværende rapport, og med usikkerhedsfaktorer jf. DGNB 2020 metoden. Denne undersøgelse viser, at forskellen i udledningen af CO₂-ækv. fra Trin 1_gen til Trin 1.1_gen for det generiske miljødata bliver større end fra Trin 1_pro til Trin 1.1_pro for produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer for alle tre cases, som det fremgår af nedenstående Figur 11. Ved brug af usikkerhedsfaktorer ses en større beregningsmæssig reduktion i udledningen af CO₂-ækv./m²/år for bygningen fra 30% til 43% for Enfamiliehuset, fra 24% til 38% i Rækkehuset og fra 14% til 25% i Etageboligen (se Tabel 10 og Bilag 21). Disse potentielle besparelser skal dog ses mere som teoretiske besparelser, da generisk miljødata ikke udleder 1,3 gange mere, dette er som nævnt blot en usikkerhedsfaktor, som ganges på det generiske miljødata, da dette ikke nødvendigvis viser den faktiske udledning fra det benyttede byggemateriale.

UDLEDNING AF CO₂-ÆKV. FORDELT PÅ BYGNINGSDELE



Figur 11 - Udledning af CO₂-ækv. fordelt på bygningsdele beregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år, for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig med de originale Trin 1_gen og Trin 1_pro, samt Trin 1.1_gen og Trin 1.1_pro, hvor generisk miljødata samt branchespecifikke EPD'er er ganget med en usikkerhedsfaktor på hhv. 1,3 samt 1,1. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3-4 (endtlivstid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

Det ses ud fra resultaterne, at det især er for bygningsdelene Tag, Terrændæk og Ydervæg, at der forekommer de største udsving i klimapåvirkningen ved inkludering af usikkerhedsfaktorer på 1,1 og 1,3. Dette skyldes, at disse bygningsdele har høje andele af konventionelle byggematerialer, der udgør størstedelen af materialesammensætningen i bygningsdelene, og hvor der er udskiftet miljødata til produktspecifik miljødata, hvor der ikke medtages usikkerhedsfaktorer.

Tabel 10 - Procentvis ændring i klimapåvirkningen (GWP) for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig mellem brug af generisk miljødata for konventionelle byggematerialer og produktspecifikt miljødata for best in class konventionelle byggematerialer uden usikkerhedsfaktorer (Trin 1_gen til Trin 1_pro) og med usikkerhedsfaktorer (Trin 1.1_gen til Trin 1.1_pro). Klimapåvirkningen er beregnet med en betragtningsperiode på 50 år og inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3-4 (endtlivstid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

	Uden usikkerhedsfaktorer Procentvis ændring fra Trin 1_gen til Trin 1_pro	Med usikkerhedsfaktorer Procentvis ændring fra Trin 1.1_gen til Trin 1.1_pro
Enfamiliehus	-30%	-43%
Rækkehus	-24%	-38%
Etagebolig	-14%	-25%

Resultaterne i denne følsomhedsanalyse viser, at der sker en markant stigning i den procentvise ændring mellem brugen af generisk miljødata til produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, når der inkluderes usikkerhedsfaktorer jf. DGNB 2020 metoden i LCA-beregningen fremfor ikke at inkludere disse, som nærværende rapporters resultater er beregnet ud fra. LCA-beregningerne er ikke følsomme over for ændring af miljødata ved brug af usikkerhedsfaktorer for generisk miljødata og branche EPD'er, da det overordnede resultat, og dermed konklusion, ikke ændrer sig. Følsomhedsanalysen viser, at det her også er Trin 1, ved brug af produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, der har de laveste klimapåvirkninger i alle tre casebygninger.

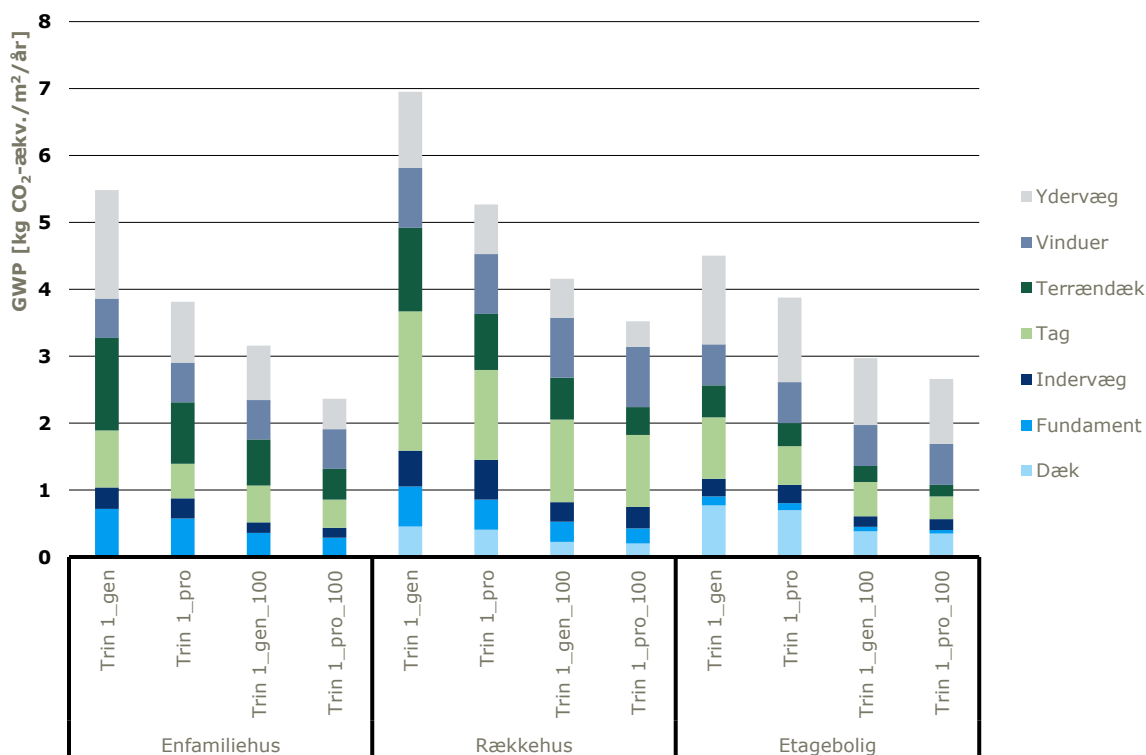
8.2 Betragtningstperiode

Livscyklusvurderinger er afhængige af flere parametre, bl.a. antagelser omkring materialevalg og deres levetider, samt bygningens betragtningstperiode. Det er derfor vigtigt at se på følsomheden af antagelserne herfor. Nærværende rapporters fokus har været at undersøge, hvordan brugen af produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer frem for brugen af generisk miljødata for konventionelle byggematerialer kan påvirke den beregnede klimapåvirkning i en livscyklusvurdering. Tidligere resultater er analyseret for en betragtningstperiode på 50 år, som er i overensstemmelse med betragtningstperioden for bygninger, der benyttes til livscyklusvurdering udarbejdet i forbindelse med DGNB 2020 samt den frivillige bæredygtighedsklasse, som også danner baggrund for valget af betragtningstperiode for den kommende lovgivning jf. den nationale strategi for bæredygtigt byggeri²⁰.

I dette afsnit vil der blive udført en følsomhedsanalyse ved at ændre bygningernes betragtningstperiode fra 50 år til 100 år. Der analyseres på konsekvensen af at ændre betragtningstperioden fra 50 år til 100 år for både Trin 1_gen og Trin 1_pro. Nedenstående Figur 12 viser klimapåvirkningen inddelt på bygningsdele for det originale Trin 1_gen og Trin 1_pro samt hvor betragtningstperioden er ændret til 100 år, angivet som Trin 1_gen_100 og Trin 1_pro_100.

Det ses her, at det især er udledningen af CO₂-ækv. fra bygningsdelene med en stor andel af konventionelle byggematerialer, som beton og armering, tegl samt isolering, hvor bygningens betragtningstperiode har den største indflydelse på klimapåvirkningen. Dette skyldes, at de konventionelle byggematerialer har en lang levetid, hvorved klimapåvirkningen til disse bygningsdele fordeles ud over flere år og reduceres markant.

²⁰ National strategi for bæredygtigt byggeri april 2021, <https://im.dk/publikationer/2021/apr/national-strategi-for-baeredygtigt-byggeri>

UDLEDNING AF CO₂-ÆKV. FORDELT PÅ BYGNINGSDELE

Figur 12 - Udledning af CO₂-ækv. fordelt på bygningsdele beregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år og 100 år ved brug af produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, hhv. Trin 1_pro og Trin 1_pro_100 for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3-4 (endt levetid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

Ved at øge betragtningsperiode fra 50 år til 100 år, reduceres bygningens samlede klimapåvirkning beregningsmæssigt med 25% for Enfamiliehus, 15% for Rækkehus og 10% for Etagebolig mellem brug af generisk miljødata til produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer (se Tabel 11 og Bilag 22). Resultaterne i denne følsomhedsanalyse viser, at den procentvise reduktion mellem brugen af generisk miljødata til produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer formindskes, når betragtningsperioden ændres fra 50 år til 100 år. Følsomhedsanalysen viser dog, at LCA-beregningerne ikke er følsomme over for betragtningsperioden, da det overordnede resultat, og dermed konklusion, ikke ændrer sig. Følsomhedsanalysen viser, at det her også er Trin 1_pro, med brug af produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer, der har de laveste klimapåvirkninger i alle tre casebygninger.

Tabel 11 – Procentvis ændring i klimapåvirkningen (GWP) for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig mellem brug af generisk miljødata for konventionelle byggematerialer til produktspecifikt miljødata for best in class konventionelle byggematerialer med en betragtningsperiode på 50 år (Trin 1_gen til Trin 1_pro) og med en betragtningsperiode på 100 år (Trin 1_gen_100 og Trin 1_pro_100). Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3-4 (endt levetid) og er ekskl. tekniske installationer. Klimapåvirkningerne beregnet her kan ikke sammenlignes med de kommende grænseværdier, som indføres i 2023.

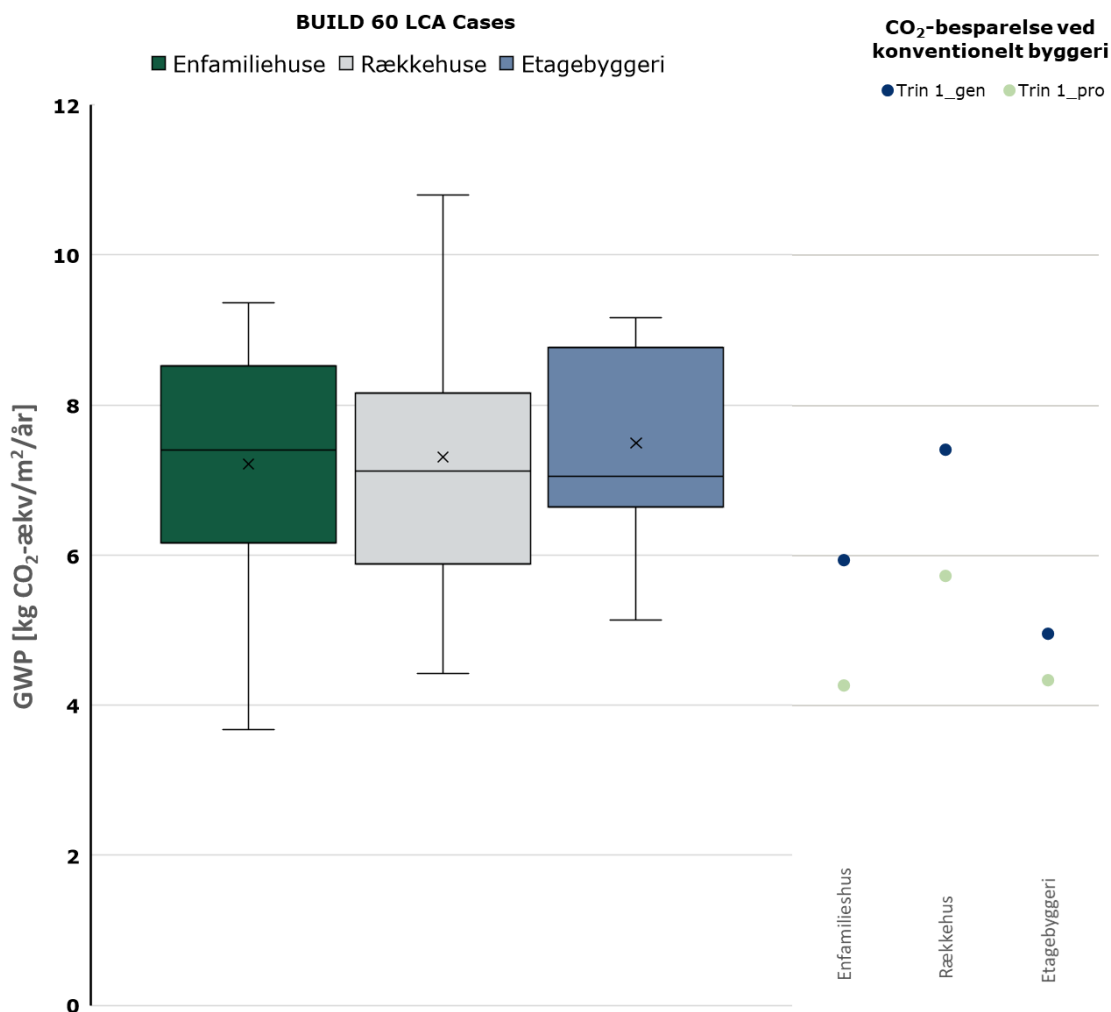
	50 års betragtningsperiode	100 års betragtningsperiode
	Procentvis ændring fra Trin 1_gen til Trin 1_pro	Procentvis ændring fra Trin 1_gen_100 til Trin 1_pro_100
Enfamiliehus	-30%	-25%
Rækkehus	-24%	-15%
Etagebolig	-14%	-10%

9. PERSPEKTIVERING

9.1 Sammenligning med referencebygninger

For at kunne sammenligne de tre casebygninger i denne analyse med benchmarks fra andre bygninger, har det været nødvendigt at medtage udledning for bygningens tekniske installationer, da dette normalt er medtaget i bygnings LCA'er. Der er i de tre analyserede cases tillagt en repræsentativ middelværdi for tekniske installationer, som er hentet i rapporten *Klimapåvirkning fra 60 bygninger*²¹ udarbejdet af BUILD i 2020. Der er i rapporten, ud fra casebygningerne med tilstrækkelig data, fundet frem til en middelværdi på 0,46 kg CO₂-ækv./m² pr. år. De fleste bygninger i den nævnte rapport indeholdt ikke tekniske installationer, og middelværdien er derfor en korrigeret middelværdi for manglende data for tekniske installationer. Det er kun 10-22 cases, som indeholdt tekniske installationer, hvoraf kun 10 af casene havde afløbsinstallationer med. Det skal derfor bemærkes, at datagrundlaget for tekniske installationer, der tillægges resultaterne for sammenligning med BUILDs 60 cases, er forbundet med stor usikkerhed og ikke nødvendigvis en helt retvisende repræsentation, men det er det bedste estimat på de tekniske installationer på nuværende tidspunkt. Ved at tillægge klimapåvirkningerne fra tekniske installationer, er det nu muligt at sammenligne resultaterne fra de tre casebygninger med referencebygningerne i BUILDs rapport, som medtager bygningernes tekniske installationer som bygningsdele i livscyklusfaserne. Figur 13 viser udledningen af CO₂-ækv./m² pr. år fra materialerne beregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år, med følgende livscyklusfaser inkluderet: A1-A3 (produktfasen), B4 (udskiftning af byggevarer i brugsfasen), C3 (affaldsbehandling ved endt levetid) samt C4 (bortskaffelse ved endt levetid).

²¹ Klimapåvirkning fra 60 bygninger, SBI 2020:04, <https://sbi.dk/Pages/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger.aspx>



Figur 13 - Sammenligning af de tre casebygninger for Trin 1_gen og Trin 1_pro op mod referencebygninger fra rapporten Klimapåvirkning fra 60 bygninger udarbejdet af BUILD. Der er inkluderet tekniske installationer, men driften er ikke medtaget.

For Enfamiliehus (inkl. tekniske installationer) ses det, at Trin 1_gen ligger under medianværdien, som for bygningstypologien *Enfamiliehus* ligger på 7,40 kg CO₂-ækv./m² pr. år. Trin 1_gen ligger 20% under medianværdien på 5,9 kg CO₂-ækv./m² pr. år og efter udskiftning til produktspecifik miljødata i Trin 1_pro fås en udledning på 4,3 kg CO₂-ækv./m² pr. år, som er 42% under medianværdien for bygningstypologien *Enfamiliehus*.

For Rækkehus ses det, at Trin 1_gen ligger omkring medianværdien, som for bygningstypologien *Rækkehus* ligger på 7,12 kg CO₂-ækv./m² pr. år, hvor Trin 1_gen ligger på 7,4 kg CO₂-ækv./m² pr. år. Ved at udskifte fra generisk miljødata til produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer på markedet fra de tre brancheorganisationer, ses en reduktion på 20% i Trin 1_pro i forhold til medianværdien for *Rækkehus*, hvor klimapåvirkningen er på 5,7 kg CO₂-ækv./m² pr. år.

For Etagebolig ses det, at Trin 1_gen ligger relativt lavt i forhold til medianværdien for *Etagebyggeri*. Dette kan eventuelt skyldes et mere materialeeffektivt byggeri pr. kvadratmeter i den pågældende case. Trin 1_pro med produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer ligger 38% under medianværdien for etagebyggeri, som ligger på 7,05 kg CO₂-ækv./m² pr. år, hvor Trin 1_pro ligger på 4,3 kg CO₂-ækv./m² pr. år.

Medianværdierne ligger på hhv. 7,40, 7,12 og 7,05 kg CO₂-ækv./m² pr. år for Enfamiliehuse, Rækkehuse og Etagebyggeri og er baseret på data for både DGNB-certificerede bygninger, eksterne projekter og livscyklusvurderinger udført af BUILD. Trin 1_pro i de tre casebygninger ligger i gennemsnit 33% lavere end medianværdierne fra BUILDs rapport.

Som det fremgår af Figur 13 ligger klimapåvirkningen for alle tre casebygninger i både Trin 1_gen og Trin 1_pro i nærværende rapport lavere end medianværdien for de tre bygningstypologier i BUILDs rapport om klimapåvirkninger fra 60 bygninger. Ses der udelukkende på Trin 1_gen, er Rækkehuset den bygning, der i nærværende rapport ligger tættest på medianværdien for pågældende bygningstypologi fra BUILDs rapport. Både Enfamiliehus og Etagebolig ligger inden for intervallet af de pågældende bygningstypologier i BUILDs rapport. Som tidligere nævnt ses der en reduktion i klimapåvirkningerne for alle tre casebygninger i nærværende rapport mellem Trin 1_gen og Trin 1_pro. Af Figur 13 ses det, at Trin 1_pro for Enfamiliehus og Etagebolig har en lavere klimapåvirkning end den laveste observation fra BUILDs rapport, mens Trin 1_pro for Rækkehus stadigvæk ligger inden for intervallet for rækkehuse i BUILDs rapport.

En forklaring på de lavere klimapåvirkninger fra de tre casebygninger i nærværende rapport i sammenligning med BUILDs rapport kan være, at detaljeringsniveauet for LCA'erne i de 60 cases i BUILDs rapport har været højere, hvorved flere materialer indgår og dermed forøges bygningens samlede klimapåvirkning også. Det kan også tænkes, at de tre cases i nærværende rapport blot ville svare til en af bygningerne, der ligger i den lave ende af observationerne. Der er også afstikkere af cases i BUILDs rapport for hver af de tre bygningstypologier, og da der i nærværende rapport kun er medtaget én bygning i hver bygningstypologi, er det ikke sikkert at disse vil repræsentere medianværdien fra BUILDs rapport.

I april 2021 udgav BUILD en opdateret version af rapporten *Klimapåvirkninger fra 60 bygninger*²², hvori der er benyttet opdateret generisk miljødata fra Ökobaudat (2020 i stedet for 2016). Medianværdien for GWP er uændret i forhold til den tidligere udgave af rapporten. Herudover er der lavet et scenarie, hvori danske branche EPD'er har erstattet generisk miljødata for beton- og træprodukter. For en betragtningsperiode på 50 år fremgår det, at bygningernes referenceværdier, i scenariet der inkluderer danske branche EPD'er, er steget med 3% i forhold til scenariet, hvor der kun benyttes generisk miljødata fra Ökobaudat. Dette er ikke i overensstemmelse med den reduktion i klimapåvirkningen, der ses i nærværende rapport mellem Trin 1_gen og Trin 1_pro. Dette skyldes primært, at der i nærværende rapport ikke er benyttet branche EPD'er i Trin 1_pro, men produktspecifikke EPD'er og optimeret miljødata på baggrund af branche EPD'er, der skal repræsentere best in class af de pågældende konventionelle byggematerialer på markedet. En branche EPD er et gennemsnit for den pågældende branches produkt, hvorimod en produktspecifik EPD er miljødata for ét produkt, som både kan ligge højere og lavere end en branche EPD. Afvigelsen kan derfor understøttes af brugen af best in class konventionelle byggematerialer på markedet i denne analyse. Det har længe været et omdiskuteret emne, at det generelt har været et problem, at generisk miljødata fra Ökobaudat har ligget lavere end EPD'er.

9.2 National strategi for bæredygtigt byggeri

Den 29. maj 2020 lancerede boligminister Kaare Dybvad Bek den frivillige bæredygtighedsklasse med formålet om at fremme den bæredygtige omstilling af byggeriet i Danmark. Den frivillige bæredygtighedsklasse ses som et led i klimaloven om at reducere udledningen af drivhusgasser med 70% i 2030 sammenlignet med niveauet i 1990 i Danmark. Målet er, at den frivillige bæredygtighedsklasse skal blive obligatorisk i 2023²³.

Den frivillige bæredygtighedsklasse er første skridt mod en bæredygtig regulering af bygge- og anlægsbranchen, og skal testes i en toårig periode frem til sommeren 2022. Formålet med

²² Klimapåvirkning fra 60 bygninger, BUILD rapport 2021:13 https://sbi.dk/Assets/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger/_BUILD-Rapport-2021-13.pdf

²³ Den frivillige bæredygtighedsklasse, Bolig- og Planstyrelse, opdateret 25/01/2021: <https://baeredygtighedsklasse.dk/1-Formaalet-med-klassen/Formaalet-med-baeredygtighedsklassen#>

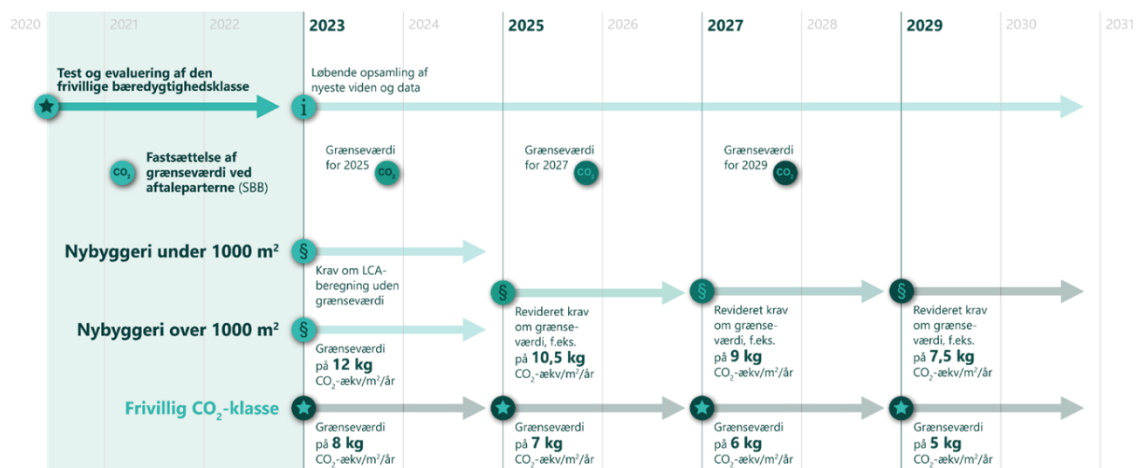
testfasen er at kunne indfase bæredygtighedsklassens principper i bygningsreglementet i 2023 på et velafprøvet og dokumenteret grundlag. Der er i den frivillige bæredygtighedsklasse et stort fokus på at teste krav om livscyklusvurderinger med henblik på ligeledes at kunne indfase krav i bygningsreglementet for alle nye bygninger.

Der blev den 5. marts 2021 vedtaget en aftale mellem regeringen (Socialdemokratiet) og Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti og Alternativet om en national strategi for bæredygtigt byggeri²⁴.

Den nationale strategi for bæredygtigt byggeri udgør regeringens sektorhandlingsplan for bygge- og anlægsbranchen. Samtidig følger den op på anbefalingerne fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren, der igennem et større arbejde har præsenteret en række forslag til reduktion af udledningen af CO₂-ækv. Initiativerne falder inden for fem indsatsområder, hvoraf indsatsområde 1 omhandler mere klimavenligt byggeri og anlæg.

Første skridt i den nationale strategi for bæredygtigt byggeri er at indføre en grænseværdi i bygningsreglementet for klimapåvirkningen, beregnet ved en livscyklusvurdering, for nybyggeri over 1.000 kvadratmeter fra 2023. I Figur 14²⁵ ses den trinvise indfasning og stramning af CO₂-krav til bygninger. Her ses grænseværdien til nybyggeri over 1.000 m² på 12 kg CO₂-ækv./m² pr. år som indføres i 2023. Der indføres ligeledes en grænseværdi for de bygninger, som vælger at følge den frivillige CO₂-klasse. Denne grænseværdi ligger på 8 kg CO₂-ækv./m² pr. år og indføres ligeledes i 2023.

Tanken er, at kravet kan medvirke til at nedbringe klimapåvirkningen fra byggebranchen og ligeledes modne branchen og bygherrer til at bygge mere bæredygtigt og fremme klimavenlige løsninger til byggeriet.



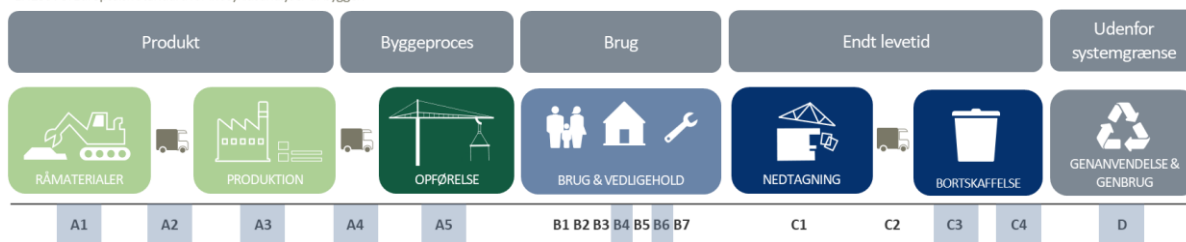
Figur 14 - Trinvis indfasning og stramning af CO₂-krav til bygninger

²⁴ National strategi for bæredygtigt byggeri april 2021, <https://im.dk/publikationer/2021/apr/national-strategi-for-baeredygtigt-byggeri>

²⁵ National strategi for bæredygtigt byggeri april 2021, <https://im.dk/publikationer/2021/apr/national-strategi-for-baeredygtigt-byggeri>

Kravene i bygningsreglementet til bygningers klimapåvirkning tager udgangspunkt i metoden fra den frivillige bæredygtighedsklasse om livscyklusvurderinger. I den frivillige bæredygtighedsklasse medtages følgende faser i livscyklusvurderingen, vist i Figur 15.

EN15978: Europæisk Standard for livscyklusanalyser af byggeri



Figur 15 - Livscyklusmoduler der medtages i LCA-beregninger for byggeri iht. den frivillige bæredygtighedsklasse

For de kommende grænseværdier på 12 og 8 kg CO₂-ækv./m² pr. år skal der dog ikke medtages livscyklusmodulerne A4 (Transport) og A5 (opførelse/montering)²⁶. Det er dog et vigtigt parameter at have fokus på i fremtiden, da der med den nye frivillige bæredygtighedsklasse skal dokumenteres på disse moduler. Ligeledes er det vigtigt ikke blot af fokusere på klimapåvirkningerne fra livscyklusmodulerne A1-A3 (produktion), men også på hvor produktet produceres, som påvirker transportafstanden, og dermed klimapåvirkningen i livscyklusmodul A4 samt fokus på energiforbruget på byggepladsen i livscyklusmodul A5.

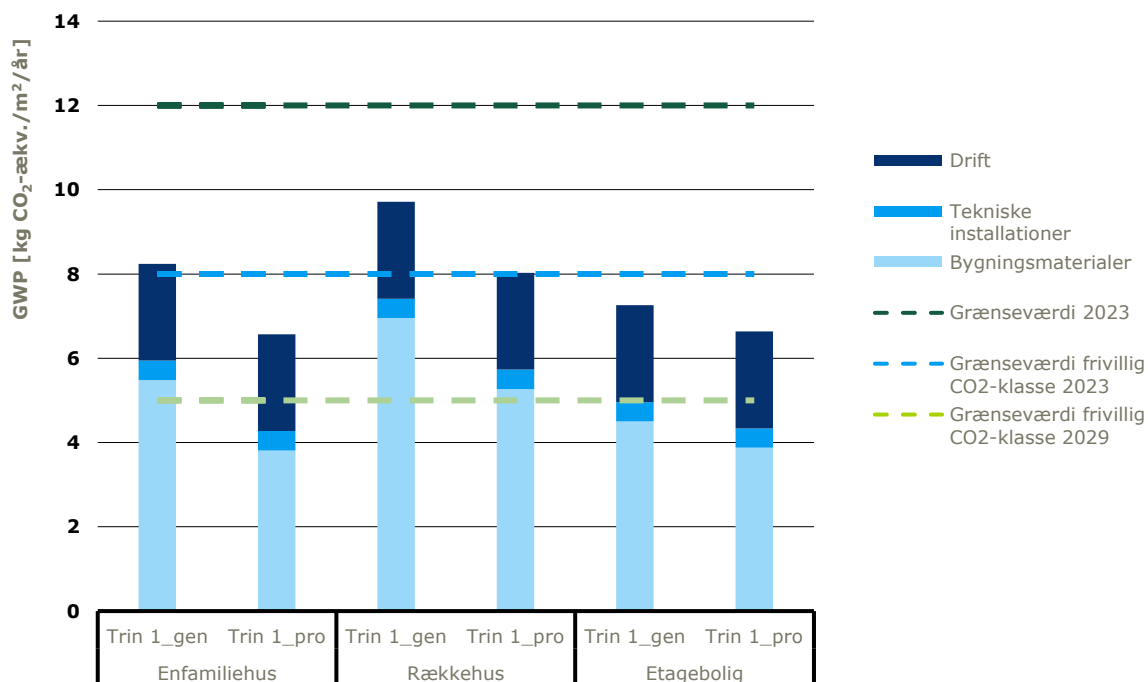
Da der i analyserne for de tre casebygninger ikke er medtaget energiforbrug i driften samt tekniske installationer, er der, for at kunne holde casebygningerne op mod grænseværdierne, tillagt en repræsentativ medianværdi for drift og tekniske installationer på hhv. 2,3 og 0,46 kg CO₂-ækv./m² pr. år jævnfør rapporten "Klimapåvirkning fra 60 bygninger"²⁷ udarbejdet af BUILD i 2020.

Tilføjes disse udledninger til de tre casebygninger i nærværende rapport, ser udledningen for de tre cases i de to trin ud, som vist i Figur 16 og Tabel 12. Der er ligeledes vist de omtalte grænseværdier i Figur 16 og Tabel 12. Det ses, at alle tre casebygninger ligger under kravet, der indføres for nybyg i 2023. Der er dog en del usikkerhed omkring den samlede udledning af CO₂-ækv., da der er benyttet medianværdier for de tekniske installationer samt for drift. Resultatet er derfor blot en indikator for, hvordan bygninger med produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer kan performe i forhold til det kommende krav.

²⁶ Defineret ved Workshop 1: Definition af udfordringer ved klimakrav afholdt den 4. oktober 2021 af BUILD

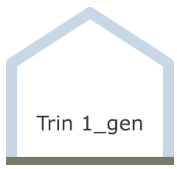

²⁷ Klimapåvirkning fra 60 bygninger SBI 2020:04, <https://sbi.dk/Pages/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger.aspx>

UDLEDNING AF CO₂-ÆKV. FORDELT PÅ BYGNINGSMATERIALER, TEKNISKE INSTALLATIONER OG DRIFT



Figur 16 – Udledning af CO₂-ækv. fordelt på bygningsdele, tekniske installationer og drift for de tre cases og to trin i sammenligning med grænseværdier for kommende lovgivning og frivillig CO₂ klasse i Danmark. Klimapåvirkningen for drift og tekniske installationer er medianværdier fra BUILD’s rapport *Klimapåvirkning fra 60 bygninger* der er tillagt klimapåvirkningerne fra bygningsdele for de tre casebygninger for at kunne sammenligne med den kommende lovgivning. Graferne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), B6 (energiforbrug til drift) C3-4 (endt levetid) ud fra en betragtningsperiode på 50 år.

Tabel 12 - Klimapåvirkning (GWP) for Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig for Trin 1_gen og Trin 1_pro i sammenligning med Den nationale strategi for bæredygtigt byggeri. Tabellen viser den procentvise ændring ved at benytte produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer i sammenligning med brug af generisk miljødata for de konventionelle byggematerialer over en 50-årig betragtning. Beregningerne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C3-4 (endt levetid), hvor der er tillagt klimapåvirkninger for tekniske installationer i A1-3 og driftsenergi i B6 ud fra medianværdier i BUILDs rapport *Klimapåvirkning fra 60 bygninger* for at kunne sammenligne med grænseværdier i den kommende lovgivning og den tilhørende frivillige CO₂-klasse.

	Trin 1 – Generisk miljødata <i>Inkl. drift og tekniske installationer</i> Konventionelt byggeri med generisk miljødata	Trin 1 – Produktspecifik miljødata <i>Inkl. drift og tekniske installationer</i> Konventionelt byggeri med produktspecifikt miljødata for best in class konventionelle byggematerialer	National strategi Grænseværdi for byggerier over 1.000 m ² fra 2023	Frivillig CO₂-klasse Grænseværdi fra 2023
	 Trin 1_gen	 Trin 1_pro		
	[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]			
Enfamiliehus	8,3	6,6	12	8
Rækkehus	9,7	8,0		
Etagebolig	7,3	6,6		

Casebygningerne Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig ligger i Trin 1_gen hhv. 31%, 19% og 39% under grænseværdien for udledningen for nybyg i 2023. For Trin 1_pro med produktspecifik miljødata for best in class konventionelle byggematerialer ligger de hhv. 45%, 33% og 45% under grænseværdien på de 12 kg CO₂-ækv./m² pr. år. Ses der på grænseværdien for den frivillige CO₂-klasse i 2023 på de 8 kg CO₂-ækv./m² pr. år, så ligger Trin 1_pro for Enfamiliehus 18% under denne, Trin 1_pro for Rækkehus rammer lige præcis grænseværdien på de 8 kg CO₂-ækv./m² pr. år og Trin 1_pro for Etagebolig ligger 17% under grænseværdien. Ingen af de tre casebygninger kan leve op til grænseværdien for den frivillige CO₂-klasse på 5 kg CO₂-ækv./m² pr. år, som er tænkt til at skulle indføres i 2029.

Nærværende rapportens resultater viser, at der er potentiale for at nye enfamiliehuse, rækkehuse og etageboliger kan leve op til kommende krav om udledning af CO₂-ækv. ved at benytte best in class konventionelle byggematerialer der findes på det danske marked og de dertilhørende produktspecifikke miljødata i LCA-beregningerne.

Det skal pointeres, at der kun er udført tre LCA-beregninger for de tre casebygninger, dvs. én beregning pr. bygningstypologi, hvor grænseværdierne er blevet fastlagt med udgangspunkt i resultaterne fra rapporten *"Klimapåvirkning fra 60 bygninger"*. Klimapåvirkningerne fra nærværendes rapport på Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig er enkeltstående cases og dermed ikke et gennemsnit for bygningstypologier.

10. BILAG

10.1 Bilag 1 – Baggrundsrapport fra Dansk Beton



Bilag til Rambøll rapport

CO₂ aftryk for beton til tre
byggeri-cases



Titel:

Bilag til Rambøll rapport
CO₂ aftryk for beton til tre byggeri-cases

Rekvirent:

Aalborg Portland A/S
Att. Rene Jespersen
Rørdalsvej 44
9220 Aalborg Ø

Dansk Beton
Att. Dorthe Mathiesen
c/o Dansk Industri
H.C. Andersens Boulevard 18
1553 København V

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Byggeri og Anlæg
Gregersensvej 4
2630 Taastrup
Tlf. 7220 2000

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Claus V. Nielsen, tlf. 7220 1068, cln@teknologisk.dk

Godkendt af: Claus Pade, tlf. 7220 2183, cpa@teknologisk.dk

Opgave nr.: 963058

Versions nr.: 3

Dato: 14. oktober 2021

Resultater af Institutets opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Institutets navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.

Indhold

1.	Indledning	4
1.1.	Formål.....	4
1.2.	Grundlag	4
1.3.	Metoder til reduktion af betons CO2 aftryk	5
2.	CO2 aftryk baseret på branchegennemsnit.....	6
2.1.	CO2 aftryk for fabriksbeton	7
2.2.	EPD-data for betonelementer	9
3.	Beskrivelse af de tre byggeri-cases	11
3.1.	Case 1 - enfamiliehus	11
3.2.	Case 2 - rækkehuse	11
3.3.	Case 3 - etageboliger	12
4.	CO2 aftryk reduceret mest muligt.....	13
4.1.	Optimeret fabriksbeton	13
4.2.	Optimeret beton til elementer.....	16
4.3.	Optimeret armering	19
5.	CO2 aftryk for de tre byggeri-cases	22
5.1.	Optimeret case 1 - enfamiliehus	22
5.2.	Optimeret case 2 - rækkehuse.....	24
5.3.	Optimeret case 3 - etageboliger.....	26
6.	CO2 aftryk for letklinkerblokke	28
6.1.	CO2 aftryk for letklinkerblokke	29
6.2.	Optimeret letklinkerblokke	30

1. Indledning

Efter aftale med Aalborg Portland A/S og branchesammenslutningen Dansk Beton har Teknologisk Institut, Byggeri og Anlæg, foretaget beregninger på CO₂ aftryk for typiske betonprodukter, der anvendes i nærværende Rambøll rapport, til sammenligning af tre forskellige bygningstyper mht. livscyklusanalyser af CO₂ fodaftrykket.

Rambøll udarbejdede i juni 2020 rapporten "CO₂ besparelse ved træbyggeri", der blev udgivet af Foreningen Træ i Byggeriet. Rapporten sammenlignede CO₂ aftryk for fire forskellige byggeri-cases udført i hhv. træ og tunge materialer (beton, tegl mv.). Sammenligningen var udført på baggrund af generiske EPD-data fra LCA Byg og Økobau databasen, som ikke nødvendigvis er retvisende for danske byggematerialer. Derfor indeholder dette bilag opdaterede data baseret på danske betoner, der anvender bedst mulig teknologi i forhold til at minimere CO₂ aftrykket fra betonkonstruktionerne.

1.1. Formål

Formålet med dette bilag er at beskrive forudsætningerne, som ligger til grund for de foreslåede reduktioner af CO₂ aftrykket fra betonkonstruktioner, der anvendes i nærværende LCA-undersøgelse.

For hver betontype er der foretaget en optimering med henblik på at reducere CO₂ aftrykket mest muligt for den pågældende betontype inkl. armering. Der er tale om optimeringer, der er tilgængelige i markedet og kan implementeres i branchen på relativ kort sigt uden de store problemer.

I nedenstående afsnit beskrives de tre byggerier og de grundlæggende forudsætninger.

1.2. Grundlag

De tre bygningstyper, som er anvendt i Rambølls beregninger, omfatter:

- Case 1: Enfamilieshus på 116 m² i et plan.
Se beskrivelse af betonkonstruktioner i afsnit 3.1.
- Case 2: Rækkehuse med bruttoareal 3452 m² i to etager.
Se beskrivelse af betonkonstruktioner i afsnit 3.2.
- Case 3: Etageboliger med bruttoareal 6235 m² i 4 etager.
Se beskrivelse af betonkonstruktioner i afsnit 3.3.

Nærværende bilag omfatter kun CO₂ aftrykket hidrørende fra betonkonstruktionerne i de nævnte cases. For en mere fuldstændig beskrivelse af de tre cases henvises der til hovedrapporten. Rambøll har leveret data vedr. betontyper, konstruktioner og materialemængder svarende til den oprindelige rapport fra 2020. Det er valgt i denne undersøgelse at holde fast i rammesætningen, som Rambøll også anvendte i hovedrapporten fra juni 2020. Dette medfører bl.a., at EPD data er baseret på den gamle udgave af standarden¹ for EPD'er DS/EN 15804:2012+A1:2013. Såvel de anvendte branche-EPD'er og

¹ DS/EN 15804, Bæredygtighed indenfor byggeri og anlæg, Miljøvaredeklarationer, Grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer, CEN.

LCA Byg versionen anvendt af Rambøll er baseret på denne udgave af DS/EN 15804, hvilket sikrer kompatibilitet i beregningerne.

Livscyklusanalysen indeholder data fra faserne A1-A3 (vugge til port) samt for faserne C3-C4 (affaldshåndtering og bortskaffelse efter endt levetid). Bidrag fra betonens karbonatisering under brugsfasen (fase B1, CO₂-optag fra luften) er ikke indeholdt i undersøgelsen, hvilket er en konservativ antagelse i disse beregninger, der er på den sikre side. CO₂ optaget fremgår af betonbranchens EPD'ere.

Afsnit 2 opsummerer udgangspunktet for en optimering, hvilket er baseret på de branche-EPD'er, der udkom i 2020, for fabriksbeton og betonelementer.

Afsnit 3 beskriver kort betonkonstruktionerne i de tre bygningstyper, hvorefter de optimerede og reducerede CO₂ aftryk anvendt til LCA-beregningerne er beskrevet i afsnit 0.

I nedenstående afsnit 1.3 er der opsummeret, hvilke tiltag, som er medtaget i nærværende optimering for at reducere CO₂ aftrykket mest muligt for betonkonstruktionerne uden at gå på kompromis med bæreevne eller holdbarhed. Grundlaget for optimeringen er betonstandarden DS/EN 206 DK NA:2020. Dertil kommer konstruktive og designmæssige vurderinger fra Rambølls konstruktionsingeniører mht. bæreevne og sikkerhed.

Afsnit 5 indeholder de totale CO₂ aftryk for de tre cases fordelt på forskellige betontyper og armering.

Afsnit 6 behandler CO₂ aftryk for letklinkerblokke, som indgår i case 1.

1.3. Metoder til reduktion af betons CO₂ aftryk

I forhold til Rambølls oprindelige rapport fra 2020, er der i det følgende taget udgangspunkt i de CO₂ aftryk, som er indeholdt i branche-EPD'erne, gældende for danske betonprodukter.

Derefter er der foretaget en optimering af betonerne i (afsnit 0), svarende til de bedste tilgængelige teknologier, som findes p.t. og som umiddelbart kan implementeres i betonbranchen indenfor det næste års tid. Reduktioner af CO₂ baseres især på den nye cementtype FutureCem fra Aalborg Portland, der blev lanceret i januar 2021, men også på overvejelser i form af optimering af cementindholdet i betonen og en optimering af bindersammensætningen.

Følgende metoder er anvendt til at vurdere de optimale muligheder for at minimere CO₂ aftrykket af betonen:

- Anvendelse af lavstyrkebeton (styrkeklasse C16) til fundamenter og terrændæk, hvor det er muligt (passiv miljøpåvirkning). Især til terrændæk i boliger er der kun meget begrænset behov for beton i styrkeklasse C20 og derover.
- Reduktion af cementindhold og optimering af bindersammensætning indenfor de rammer som findes i DS/EN 206 DK NA.
- Udskiftning af de normale cementtyper med ny CO₂ reduceret type – dvs. indførelse af FutureCem i både fabriksbeton og i elementproduktion.

Optimeringerne beskrives nærmere i afsnit 4.1 og 4.2 for hhv. fabriksbeton og betonelementer. Der er tale om en optimering med fokus på reduktion af CO₂ og ikke en økonomisk optimering. Optimering af letklinkerblokke er beskrevet særskilt i afsnit 6.2.

I afsnit 4.3 beskrives det, hvordan der kan optimeres på armeringen bl.a. ved at anvende armering produceret på stålskrot og vha. anvendelse af stålfiberarmering i stedet for konventionel armering.

En anden mulig metode til at reducere CO₂ aftrykket på er ved at udnytte betonens sene styrker ud over 28 døgn (fx efter 56 døgn). Denne metode forventes at blive tilladt i forbindelse med den kommende revision af Eurocode 2. Udnyttelsen af de sene styrker kan medvirke til at den ønskede styrkeklasse opnås ved et lavere cementindhold. Potentialet for denne metode er dog endnu ikke fuldt kortlagt for den nye grønne cementtype FutureCem, hvorfor effekten ikke er medtaget i nærværende undersøgelse.

Derudover indeholder Bæredygtig Beton initiativets roadmap fra november 2019 et katalog over muligheder for optimering af CO₂ aftrykket. Men det er i denne analyse valgt kun at inddrage de optimeringsmuligheder, som umiddelbart kan tages i anvendelse og som nogle af betonindustriens parter allerede er i gang med at implementere.

2. CO₂ aftryk baseret på branchegennemsnit

I sommeren 2020 udgav Dansk Beton² i alt 14 branche-EPD'er, som beskriver miljøpåvirkningerne igennem hele livscyklus fra et stort antal betonprodukter, der anvendes i byggeri og anlæg i Danmark, dog på nær det bidrag, der er på byggepladsen (fase A5). Branche-EPD'erne er udarbejdet i henhold til DS/EN 15804:2012+A1:2013.

Branche-EPD'erne er baseret på indberetninger fra betonproducenter, der repræsenterer størstedelen af produktionen og som efterfølgende resulterer i gennemsnitstal for miljøpåvirkningerne. Branche-EPD'erne er tredjepartsverificerede og udgivet af EPD Danmark. Der er udelukkende anvendt GWP data (CO₂ aftryk), i nærværende undersøgelse, baseret på de oprindelige branche-EPD'er dateret 20-07-2020³.

For fabriksbeton findes der gennemsnitstal for i alt 10 betontyper fordelt på forskellige styrkeklasser, eksponeringer, miljøpåvirkninger og anvendelser. I afsnit 2.1 er der givet en kort beskrivelse af branche-EPD'er for fabriksbeton.

For betonelementer findes der branche-EPD'er for følgende produkter:

- Huldæk med forspændte liner, tre varianter
- TT-dæk med forspændte liner, tre varianter
- Vægelementer, tre varianter
- Lette vægge i letklinkerbeton, tre varianter

² Branche-EPD'er kan findes på www.baeredygtigbeton.dk samt på EPD Danmarks hjemmeside www.EPDdanmark.dk

³ Til orientering er der udgivet reviderede branche-EPD'er i marts måned 2021.

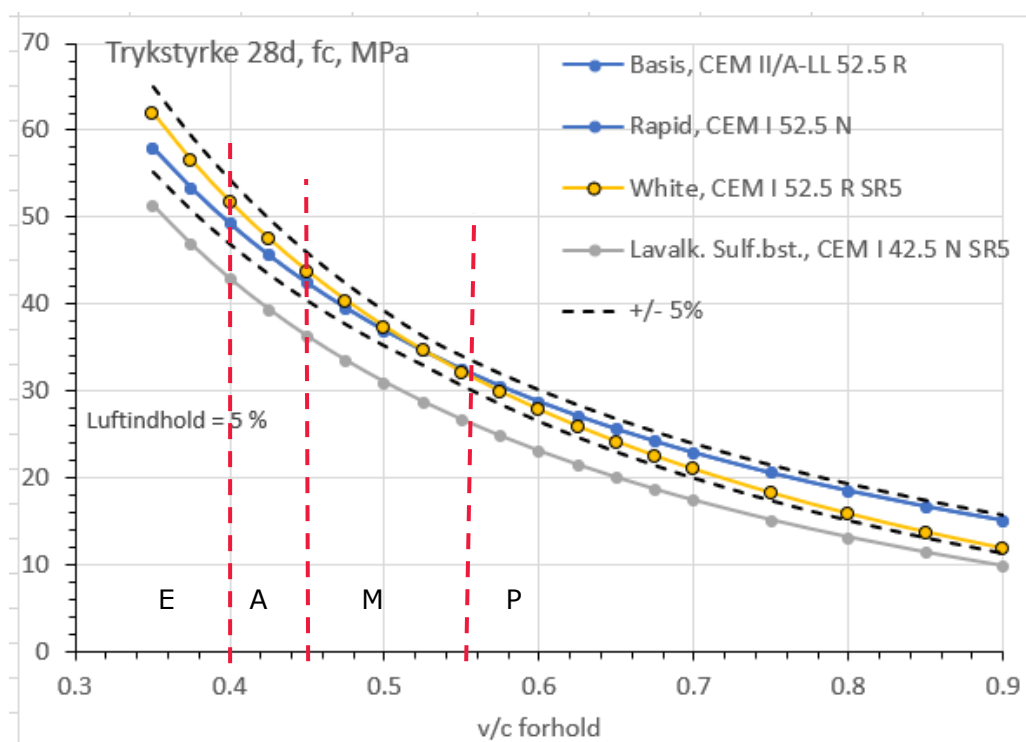
- Sandwichelementer til facader, to varianter

Betonelementer omfatter både beton, slap og spændt armering samt isolering (i sandwich). I nærværende bilag er der kun anvendt branche-EPD'ere for huldæk og vægelementer, jf. beskrivelse i afsnit 2.2.

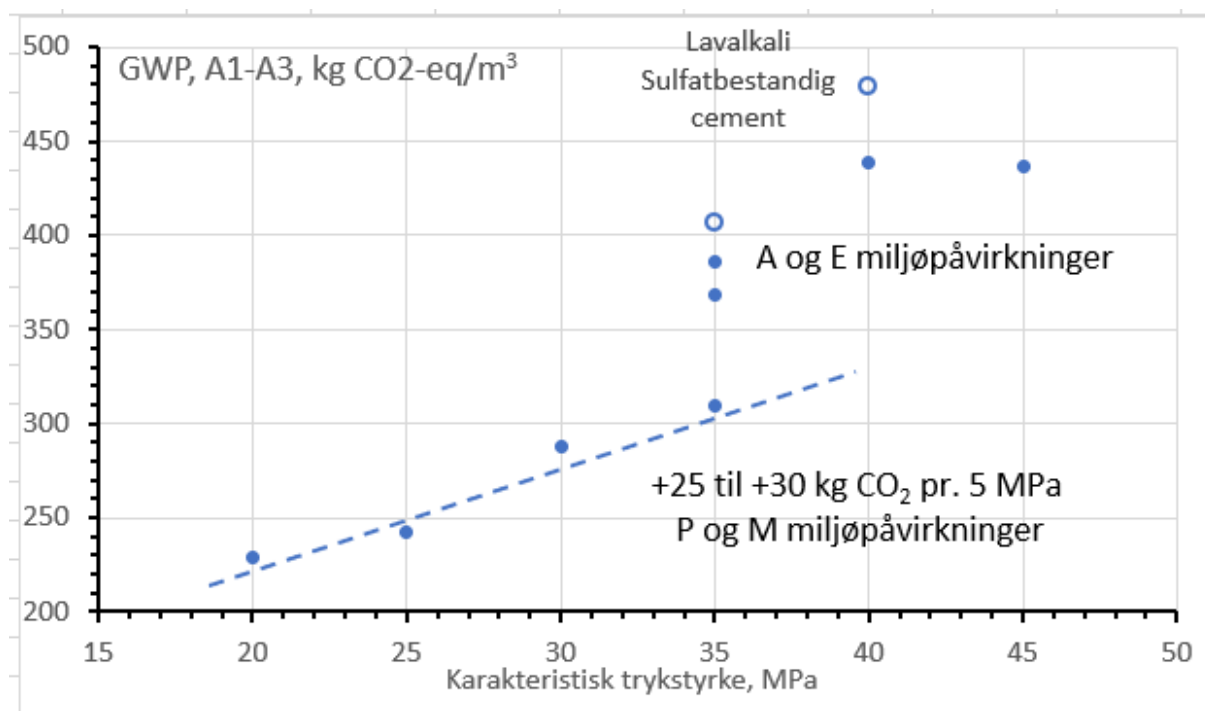
2.1. CO2 aftryk for fabriksbeton

Beton produceret iht. DS/EN 206 DK NA klassificeres i fire forskellige miljøpåvirkninger svarende til de eksponeringer som betonen udsættes for i den permanente situation:

- Miljøpåvirkning P – indendørs tørt, eller udendørs uden risiko for armeringskorrosion. Indvendige konstruktioner, terrændæk, fundamenter uden behov for armering mv. Minimum tilladt betonstyrkeklasse C12.
- Miljøpåvirkning M – udendørs udsat for regn, frost mv. Fx sokler, facader mv., hvor der ikke er risiko for chloridpåvirkning. Minimum tilladt betonstyrkeklasse C30.
- Miljøpåvirkning A – som M blot med påvirkning fra luftbåren chlorid samt moderat aggressiv jord og grundvand. Minimum tilladt betonstyrkeklasse C35.
- Miljøpåvirkning E – direkte chloridpåvirkning (tøsalte, havvand) samt stærkt aggressiv jord og grundvand. Minimum tilladt betonstyrkeklasse C40.



Figur 1: Sammenhæng mellem betonstyrker og vand-cement-forhold. Kurver er baseret på Aalborg Portlands informationsmateriale og et luftindhold på 5%. De røde stiplede linjer angiver grænserne for v/c forholdet svarende til beton udsat for de fire miljøpåvirkninger iht. DS/EN 206 DK NA.



Figur 2: CO₂ aftryk fra 1 m³ fabriksbeton. EPD-data taget fra branche-EPD'er som funktion af styrkeklassen. Tallene omfatter både sætmålsbetoner og SCC.

De nævnte styrkeklasser svarer til mindste tilladelige karakteristisk trykstyrke, som kan anvendes til beton i den pågældende miljøpåvirkning. Figur 1 indeholder den velkendte sammenhæng mellem betonens trykstyrke og v/c-forholdet for forskellige cementtyper fra Aalborg Portland. Bemærk at der er tale om gennemsnitsstyrker og ikke karakteristiske.

Typisk vil betonens målte gennemsnitsstyrke ligge ca. 5 MPa højere end den karakteristiske (nedre 5%-fraktil). Den laveste kurve svarer til Lavalkali Sulfatbestandig cement, der normalt kun anvendes til anlægskonstruktioner (brobetoner) og hvor der er specielle forhold med stærk sulfatpåvirkning. De tre øvrige cementtyper ligger ret tæt i forhold til forventede 28-døgns styrker.

Figur 2 viser CO₂ emissioner pr. m³ beton svarende til faserne A1-A3. Den laveste styrkeklasse, som er indeholdt i branche-EPD'erne er C20. Den laveste tilladte styrkeklasse C12 iht. DS/EN 206 DK NA er ikke medtaget, da den ikke er så udbredt på markedet. For de laveste styrkeklasser ses det, at et spring opad i styrkeklasse (typisk +5 MPa) resulterer i ekstra 25 til 30 kg CO₂e pr. m³. Fra styrkeklasse C35 og højere til miljøpåvirkning A og E sker der et markant ekstra spring i CO₂ aftrykket, hvilket skyldes de øgede v/c krav, der stilles af holdbarhedshensyn (Figur 1) samt, at skrappe krav til tilslag ofte medfører, at der anvendes knust granit fra Norge og Sverige til disse betontyper. De lukkede symboler i Figur 2 repræsenterer typisk Rapidcement med flyveaske, mens de åbne symboler i aggressiv og ekstra aggressiv miljøpåvirkning er Lavalkali Sulfatbestandig cement (i brobeton), som har et højere emissionstal.

EPD-data fra fabriksbetonproducenterne viser klart betydningen af at separere eksponeringsklasserne (miljøpåvirkning) fra styrkeklassen i designfasen. Der bør derfor kun anvendes beton i de højeste miljøpåvirkninger, når det er absolut påkrævet, da det ofte resulterer i højere CO₂ aftryk pga. v/c-krav.

2.2. EPD-data for betonelementer

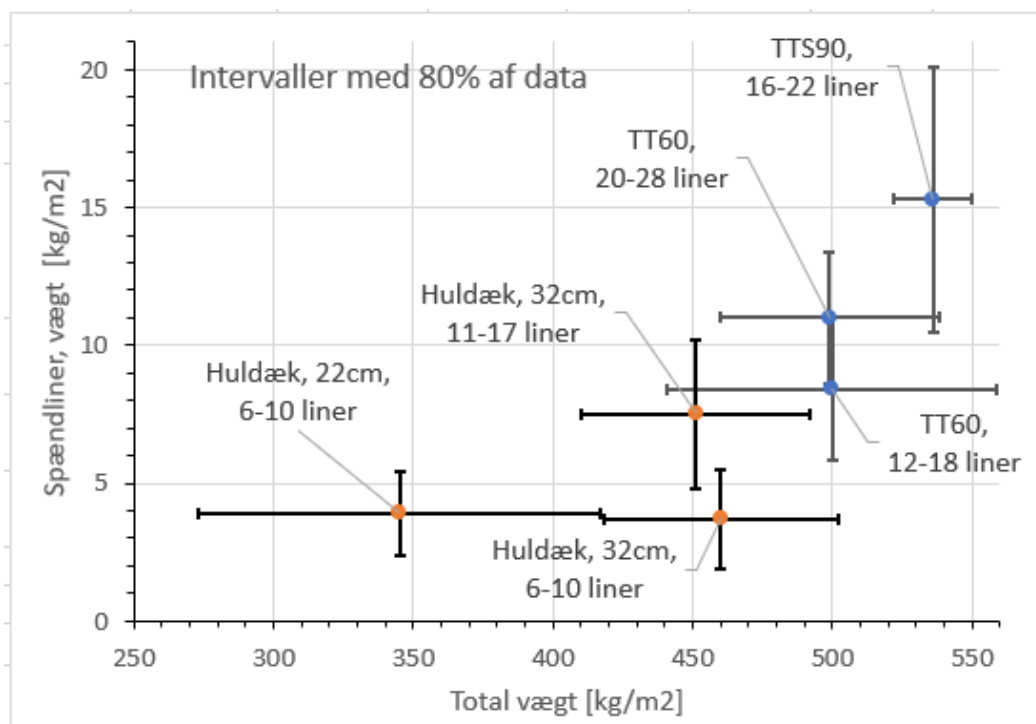
Betonelementer indeholder typisk armering, som er medtaget i branche-EPD'erne. For huldæk benyttes en deklareret enhed på 1 m² dæk inkl. beton og armering. For vægelementer i beton benyttes en deklareret enhed på 1 m² væg inkl. ca. 11% huller og udsparringer. Der er ikke angivet betonstyrkeklasse eller miljøpåvirkning i branche-EPD'erne for betonelementer, men for de elementtyper, der anvendes i nærværende rapport, er der tale om miljøpåvirkning P svarende til indendørs anvendelse.

Eftersom data i branche-EPD'er er baseret på gennemsnitstal fra en lang række producenter vil der være en vis variation i armering mv. som afspejler sig i tallene. Figur 3 viser variationen i spændarmering og elementets vægt pr. m². For huldæk ses det, at tallene i branche-EPD'en svarer til en elementvægt fra ca. 270 til ca. 500 kg/m² og et armeringsindhold med spændliner fra ca. 2 til ca. 10 kg/m². Så længe man ligger indenfor disse grænser kan gennemsnitsdata fra branche-EPD anvendes.

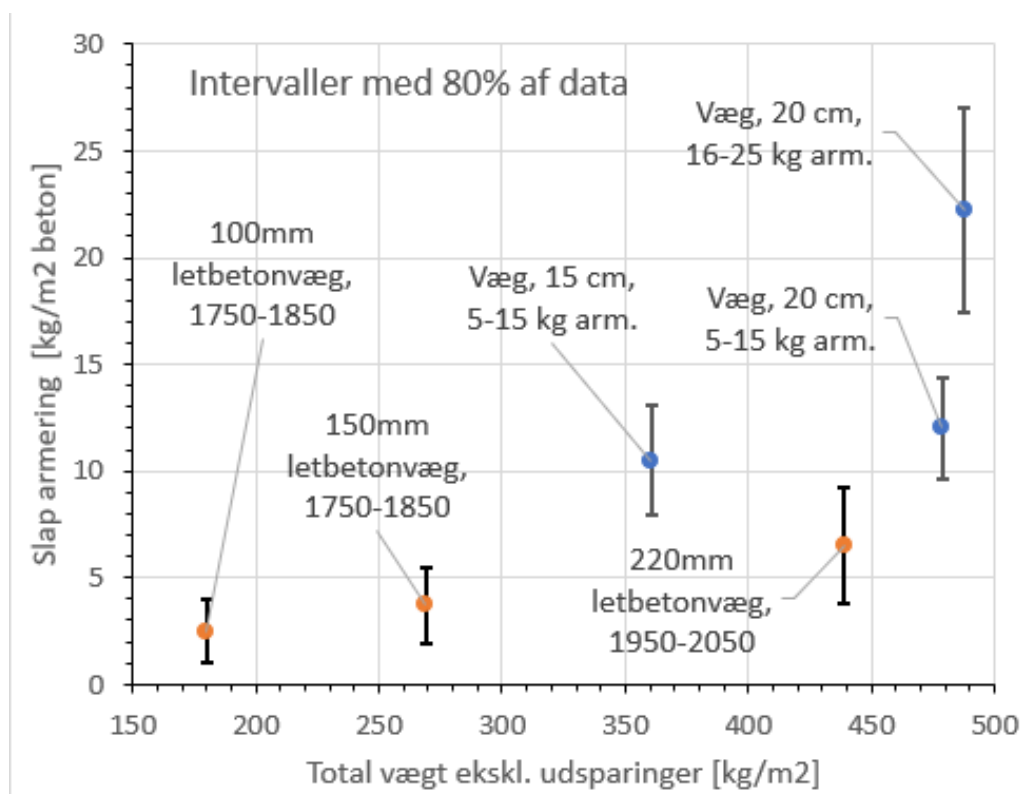
For vægelementer er de tilsvarende data givet i Figur 4. Vægtangivelserne er omregnet til 1 m² betonvæg uden huller og udsparringer. For vægelementer i normal beton svarer armeringsmængderne i de indrapporterede data til et spænd fra ca. 8 op til ca. 27 kg/m². Vægelementerne i letbeton ligger noget lavere i både vægt og armeringsindhold som det fremgår. Det er kun branche-EPD for vægelementer i normal beton, der anvendes i nærværende rapport.

Tabel 1: CO₂ emissioner for betonelementer. Gennemsnitstal taget fra branche EPD'er.

Elementtype	EPD-data inkl. huller og udsparringer		EPD-data ekskl. huller og udsparringer	
	GWP, A1-A3 kg CO ₂ e/m ²	GWP, C3-C4 kg CO ₂ e/m ²	GWP, C3-C4 kg CO ₂ e/m ²	GWP, C3-C4 kg CO ₂ e/m ²
Væg, 15 cm, 5-15 kg arm.	53,6	1,7	60,2	1,9
Væg, 20 cm, 5-15 kg arm.	70,1	2,2	78,8	2,5
Væg, 20 cm, 16-25 kg arm.	77,0	2,3	86,5	2,6
Huldæk, 22 cm, 6-10 liner	-	-	48,3	1,8
Huldæk, 32 cm, 6-10 liner	-	-	64,7	2,4
Huldæk, 32 cm, 11-17 liner	-	-	66,3	2,3



Figur 3: Anvendelsesområde for EPD-data taget fra branche-EPD'er for forspændte betonhuldæk og TT-dæk. Symbolerne svarer til gennemsnitsvægt og intervallerne indikerer spredningen på data, svarende til øvre og nedre 10%-fraktile.



Figur 4: Anvendelsesområde for EPD-data taget fra branche-EPD'er for vægelementer i normal beton og letklinkerbeton. Symbolerne svarer til gennemsnittet og intervallerne indikerer spredningen på data for armeringsindholdet, svarende til øvre og nedre 10%-fraktile.

Tabel 1 indeholder EPD data for betonhuldæk og vægelementer taget fra de pågældende branche-EPD'er. Værdierne indeholder ikke bidrag fra fugebeton og -armering. Rambøll rapporten forudsætter, at der anvendes 2 kg slap armering pr. m² huldæk til fuge- og kantarmering.

3. Beskrivelse af de tre byggeri-cases

3.1. Case 1 - enfamiliehus

For case 1 er der anvendt fabriksbeton i fundamenter og terrændæk. Disse konstruktioner er henført til miljøpåvirkning P og derfor er der kun krav om en betonstyrkeklasse på mindst C12 i henhold til DS/EN 206 DK NA. Rambølls konstruktionsingeniører har vurderet, at terrændæk og fundamenter kan udføres i styrkeklasse C16 uden at det betyder noget for hverken den konstruktive sikkerhed og bæreevnen. Rambølls oprindelige rapport har anvendt beton C25 ud fra LCA Byg Økobau databasen, da der ikke fandtes EPD-data for lavstyrkebetoner såsom C12 og C16. Fundamenterne er uarmeret, mens terrændækket indeholder slap armering.

Afsnit 5.1 indeholder betonmængder og tilhørende CO₂ aftryk for betonkonstruktionerne i case 1.

3.2. Case 2 - rækkehuse

For case 2 er der anvendt fabriksbeton i terrændæk og fundamenter. Terrændækket kan henføres til passiv miljøpåvirkning og indeholder slap armering. Af samme årsag som nævnt for case 1, er der anvendt beton C25 ud fra LCA Byg Økobau databasen, i Rambølls oprindelige rapport. Rambølls konstruktionsingeniører har dog vurderet, at det er muligt at udføre terrændækket i case 2 i en betonkvalitet svarende til styrkeklasse C16, hvilket er udgangspunktet for tallene i nærværende undersøgelse. Af holdbarhedshensyn og i henhold til DS/EN 206 DK NA skal beton til passiv miljøpåvirkning udføres mindst i styrkeklasse C12.

Fundamenterne er slapt armeret og skal derfor henføres til moderat miljøpåvirkning, jf. DS/EN 206 DK NA. Rambølls oprindelige beregninger var baseret på den tidligere betonstandard DS 2426, som udgik i 2019, hvor minimumsstyrkekravet var C25, hvilket i den nugældende standard er ændret til C30 for moderat miljøpåvirkning. Dette er opdateret i forhold til den oprindelige Rambøll beregning.

Rækkehusene anvender betonelementer i de bærende vægadskillemure og som bagmur i ydervægge. Der er tale om 20 cm vægge i lejlighedsskel og 15 cm vægge indvendigt og i bagmur. I alle tilfælde er der forudsat et indhold af slap armering på ca. 13,8 kg/m² af Rambølls konstruktionsingeniører. Det kan godt virke underligt, at armeringsmængden i case 2 er højere end til vægelementerne i case 3. Der kunne muligvis være mulighed for en yderligere optimering, som dog ikke er forfulgt i nærværende undersøgelse. Ud fra tallene i Figur 4 ses det, at ovennævnte kombination svarer til branche-EPD for hhv. væg 20 og 15 cm med 5-15 kg armering.

Desuden er der anvendt huldæk 180 i etageadskillelsen og tagkonstruktionen. Huldækkenes vægt er estimeret til ca. 300 kg/m² og de er armeret med spændliner svarende til 2,2 kg/m². Ud fra tallene i Figur 3 ses det, at denne kombination svarer til branche-EPD for huldæk 22 cm med 6-10 liner. Desuden er der medtaget ca. 2 kg slap armering pr. m² huldæk svarende til fugearmering.

Afsnit 5.2 indeholder betonmængder og tilhørende CO₂ aftryk for betonkonstruktionerne i case 2.

3.3. Case 3 - etageboliger

For case 3 er der anvendt fabriksbeton i terrændæk og fundamenter, som kan henføres til hhv. passiv og moderat miljøpåvirkning. Både terrændæk og fundamenter indeholder armering. De samme ræsonnementer vedr. beton i terrændæk og fundamenter som blev beskrevet for case 2 ovenfor, er ligeledes gældende for case 3. Rambølls konstruktionsingeniører har således vurderet, at der kan anvendes beton med styrkeklasse C16 til terrændæk, mens der er behov for beton C30 i fundamenter. Rambølls oprindelige rapport indeholdt ikke slap armering i fundamenter, hvilket var en forglemmelse. Dette er medtaget i nærværende undersøgelse.

Der er anvendt vægelementer i de bærende vægadskillelser og som bagmur i ydervægge. Der er tale om vægge i hhv. 20 og 18 cm tykkelse med hhv. 9,6 og 8,6 kg slap armering pr. m². Bemærk i øvrigt den tidligere bemærkning til armeringsindholdet i vægelementer for case 2. Der findes ikke umiddelbart en branche-EPD for 18 cm vægge, jf. Tabel 1, men i nærværende rapport er der anvendt en gennemsnitsværdi af væg 15 cm og væg 20 cm med 5-15 kg armering, jf. Figur 4.

Der er anvendt huldæk DE220 i etageadskillelser og tagkonstruktionen med en angivet vægt på ca. 310 kg/m² og armeret med spændliner svarende til 2,2 kg/m². Ud fra tallene i Figur 3 ses det, at denne kombination svarer til branche-EPD for huldæk 22 cm med 6-10 liner. Desuden er der medtaget ca. 2 kg slap armering pr. m² huldæk svarende til fugearmering, hvilket pga. en forglemmelse ikke var indeholdt i Rambølls oprindelige beregninger. Dette svarer til huldæksløsningen i case 2.

Afsnit 5.3 indeholder betonmængder og tilhørende CO₂ aftryk for betonkonstruktionerne i case 3.

4. CO2 aftryk reduceret mest muligt

I dette afsnit foretages der optimeringer mht. CO2 aftrykket af de EPD-branchedata, der blev præsenteret ovenfor. Det er kun værdierne for fase A1-A3, der er optimeret på. EPD-data for fase C3 og C4 benyttes uændret i forhold til forrige afsnit.

I starten af 2021 har Aalborg Portland lanceret sin nye grønne cement FutureCem, der er en Portlandkompositcement, hvor cementklinker blandes med kalkfiller og kalcineret ler. FutureCem klassificeres som type CEM II/B-M (Q,LL) 52,5 N iht. DS/EN 197-1 og indeholder mindst 80% cementklinker. CO2 aftryk taget fra EPD'er for Aalborg Portlands produkter er opsummeret i Tabel 2, hvoraf det fremgår, at FutureCem har et reduceret aftryk på 30 og 20% i forhold til hhv. Rapid- og Basiscement. Det er bl.a. denne viden som anvendes til at foretage optimeringer i de følgende afsnit.

Tabel 2: Emissionstal for Aalborg Portlands produkter – vugge til port.

Cementtype	EPD nr. og EPD-operatør	GWP, A1-A3 kg CO2e/ton
Rapidcement CEM I 52,5 N	NEPD-1426-468-EN EPD Norge	860
Basiscement CEM II/A-LL 52,5 R	NEPD-1419-466-EN EPD Norge	745
FutureCem CEM II/B-M (Q,LL) 52,5 N	S-P-01954 EPD International AB	599
Lavalkali Sulfatbestandig cement CEM I 42,5 N-SR5	NEPD-1418-467-EN EPD Norge	925

4.1. Optimeret fabriksbeton

Skift til FutureCem

I forbindelse med overgangen til FutureCem har Unicon lanceret en række standardbetoner under navnet Uni-Green, som anvender den nye cementtype i stedet for den konventionelle Rapid cement. Standardbetonerne dækker styrkeklasserne fra C12 til C40.

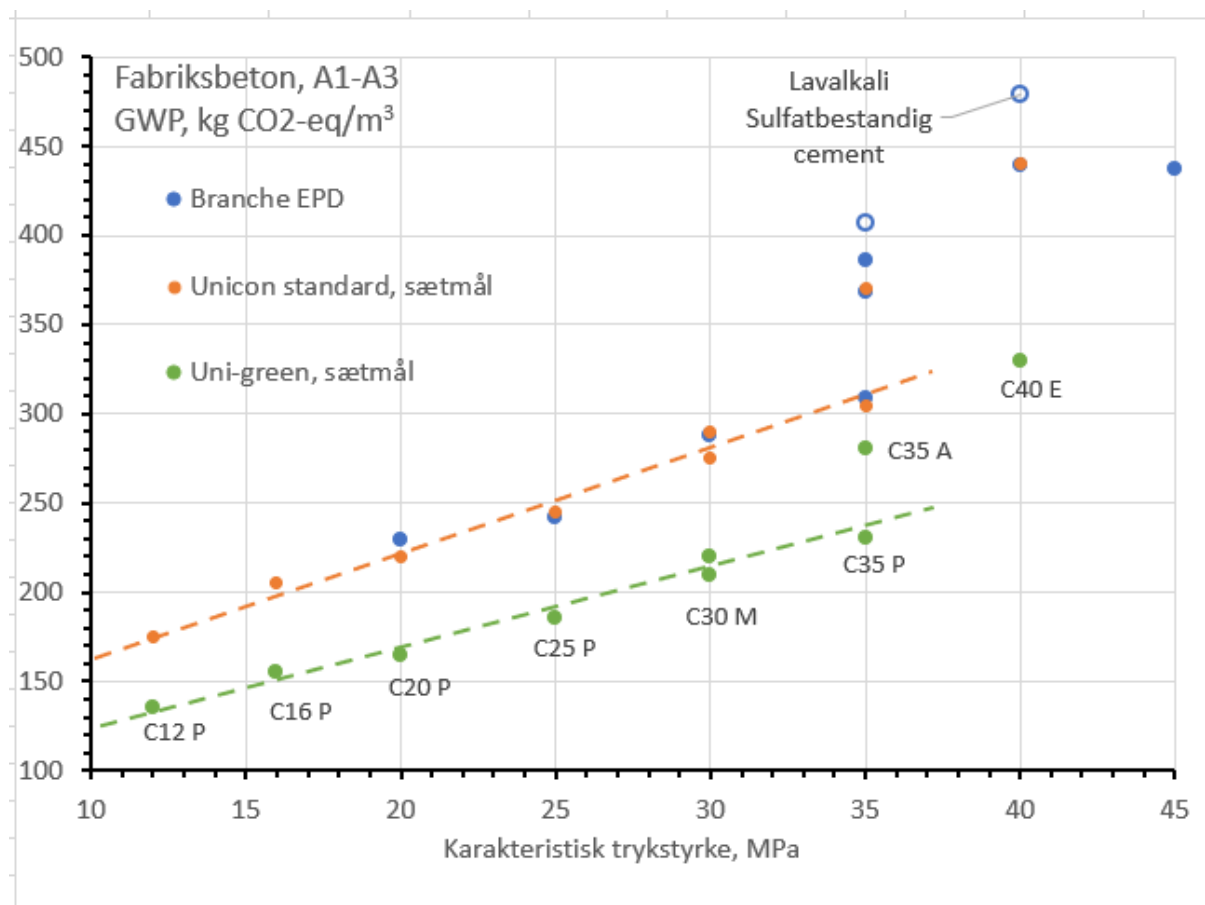
Unicon har desuden estimeret CO2 aftryk baseret på branche-EPD'er og viden om egne betonsammensætninger (Figur 5). Disse aftryk er gennemsnitsværdier, som ikke er tredjepartsverificerede. Figur 5 viser Unicon tallene for deres sætmålsbetoner sammenlignet med branche-gennemsnitstallene fra Figur 2. Den orange stiplede linje angiver en stigningstakt på 25 til 30 kg CO2e pr. 5 MPa styrkeforøgelse og den grønne stiplede viser tilsvarende en stigningstakt på ca. 20 kg CO2e/m³. Forskellen på Uni-green og de konventionelle betoner baseret på Rapidcement svarer til en reduktion på ca. 25% over hele styrkeområdet. Disse værdier er baseret på en direkte substitution af Rapidcement med FutureCem og skal ses som gennemsnitsværdier for Unicons forskellige betonrecepter over hele landet.

Optimering af bindersammensætning

For fundamenter i miljøpåvirkning M i case 2 og 3 skal der anvendes styrkeklasse C30, hvilket medfører et gennemsnitligt CO₂ aftryk på ca. 290 kg CO₂e/m³ i henhold til Figur 5 baseret på Rapidcement. Tabel 3 indeholder en optimering med udgangspunkt heri, hvor det samlede CO₂ aftryk kan reduceres til ca. 174 kg CO₂e/m³. Dette emissionstal er anvendt i afsnit 5 som bedst mulig teknologi til fabriksbeton i fundamenter til moderat miljøpåvirkning.

Tabel 3: CO₂ reduktioner for fabriksbeton C30 M til fundamenter i case 2 og 3.

Optimering	Cementens bidrag kg CO ₂ e/m ³	Andre delmateriale- ler og transport, kg CO ₂ e/m ³
Udgangspunkt C30 M med Rapidcement, se Figur 5	270	20
Optimering af binder	-50	-
Udskiftning med FutureCem	$-0,3 \cdot (270 - 50) = -66$	-
I alt, optimeret	154	20



Figur 5: EPD-data taget fra branche-EPD'er for fabriksbeton samt Unicons CO₂ aftryk taget fra deres prislister for standardbetoner. Orange symboler er baseret på Rapidcement. Grønne symboler er baseret på FutureCem.

For terrændæk i alle tre cases kan der anvendes miljøpåvirkning passiv, hvilket medfører krav om minimum trykstyrkeklasse på kun C12 i henhold til DS/EN 206 DK NA. Rambølls konstruktionsingeniører har dog vurderet, at der ikke bør anvendes beton under styrkeklasse C16 til terrændæk af hensyn til bæreevne og sikkerhed. Baseret på data for C12 og C16 P i Figur 5 vurderes det, at en konventionel lavstyrkebeton har et gennemsnitligt CO₂ aftryk på ca. 200 kg CO₂e/m³. Hvis der foretages en erstatning af Rapidcement med FutureCem vil CO₂ aftrykket kunne reduceres til ca. 150 kg/m³ sådan som det fremgår af de grønne symboler i Figur 5. I det følgende er der foretaget yderligere optimering af beton C16 til passiv miljøpåvirkning.

Yderligere optimering af bindersammensætning for lavstyrkebeton til passiv miljøpåvirkning

Teknologisk Institut har forsøgt at foretage yderligere optimeringer af lavstyrkebeton C16 ved at substituere noget af cementen med kalkfiller og flyveaske. Der sigtes imod en gennemsnitsstyrke på omkring 20 MPa, hvilket betyder at v/c-forholdet vurderes at skulle ligge i intervallet 0,8-0,9. Det skal her nævnes, at det er Teknologisk Instituts erfaring, at sammenhængen mellem styrke og v/c (Figur 1) generelt synes at undervurdere betonens trykstyrke og, at der er behov for styrkeprøver for at kunne foretage en fornuftig optimering.

Udfordringen ved at sammensætte binderen ved relativt høje v/c-tal er, at risikoen for separation stiger. Teknologisk Institut har lavet to prøveblandinger med følgende bindersammensætning, som har vist sig at virke i laboratoriet (Figur 6):

- FutureCem: 150 kg/m³
- Kalkfiller: 75 kg/m³
- Flyveaske 75 kg/m³

Kun FutureCem og flyveaske er medregnet i v/c-forholdet på ca. 0,9. De to prøveblandinger var forskellige i forhold til, at den ene indeholdt indblandet luft og det gjorde den anden ikke. Begge blandinger havde et pastaindhold (ekskl. luft) på ca. 280 liter/m³. De to prøveblandinger havde til formål at undersøge om bindersammensætningen ville virke i praksis, hvilket den gjorde, men der er behov for yderligere prøveblandinger for at afslutte optimeringen.

På basis af ovenstående og emissionstal for FutureCem i Tabel 2 opnås et CO₂ aftryk på ca. 100 kg CO₂e/m³, hvilket er yderligere næsten 30% lavere, end de grønneste lavstyrkebetoner i Figur 5. I beregningen af CO₂ aftrykket er cementens bidrag tillagt ca. 10 kg CO₂e/m³ svarende til tilslagets, kalkfillerens og flyveaskens bidrag.

Dette er dog ikke medtaget i beregningerne i dette bilag, da branchen gerne vil kunne underbygge dette med yderligere data og erfaringer fra fuldskalaproduktion. Men øvelsen understreger et potentiale for yderligere optimering, som der arbejdes videre med i branchen. I CO₂ beregningerne i afsnit 5 er der anvendt et CO₂ aftryk for beton C16 på 150 kg CO₂e/m³ (jf. Figur 5).



Figur 6: Prøveblanding af lavstyrkebeton med sætmål på 210 mm og et luftindhold på 6,2%.

4.2. Optimeret beton til elementer

For betonelementer foregår der generelt en stor grad af optimering i forhold til den enkelte fabriks produktionsforhold, afformningscyklus, produktsortiment mv. Elementproducenterne benytter forskellige cementtyper, hvor Basisement er den altdominerende, men der anvendes også Rapidcement (Tabel 2). Basisement indeholder knap 20% kalkfiller og har dermed ca. 15% lavere emissionstal end Rapidcement.

FutureCem er primært taget i anvendelse i fabriksbetonindustrien, men der arbejdes i øjeblikket på at implementere FutureCem i produktion af betonelementer hos flere betonproducenter. Der er bl.a. behov for at tilpasse tilsætningsstoffer således at, den tidlige styrkeudvikling forstærkes. I det følgende er det antaget, at dette skift fra Basisement til FutureCem kan foregå uden store ændringer i betonsammensætningen hos elementproducenterne. Dette udviklingsarbejde foregår p.t. i samarbejde mellem Aalborg Portland A/S og flere elementproducenter.

I det følgende er CO₂ aftryk gennemgået ud fra branche-EPD'erne (jf. afsnit 2.2) med henblik på at foreslå optimeringer og reduktioner i CO₂ aftrykket for huldæk og vægelementer, som dernæst kan anvendes i CO₂ beregningerne.

Huldækelementer

Huldækproduktionen i Danmark foregår hos nogle få producenter og selvom der er en vis variation i huldækkenes geometri og armering (jf. Figur 3) så er variationen i cementindhold og CO₂ aftryk relativt beskedent. Dette fremgår af Figur 7, hvor fordelingsfunktionen er optegnet med den variation i cementens CO₂ bidrag, der er indbygget i branche-EPD for huldæk. Som det fremgår af Tabel 1 er total CO₂ aftrykket inkl. armering lig med 48,3 kg CO₂e/m² for huldæk 22 cm, 6-10 liner, og cementens bidrag er gennemsnitligt fundet til ca. 36 kg CO₂e/m². Det er vurderet, at variationen på armeringens og de andre delmaterialers bidrag er ubetydeligt i forhold til cementen. Dermed er de to kurver i Figur 7 blot parallelforskuet langs med den vandrette akse.

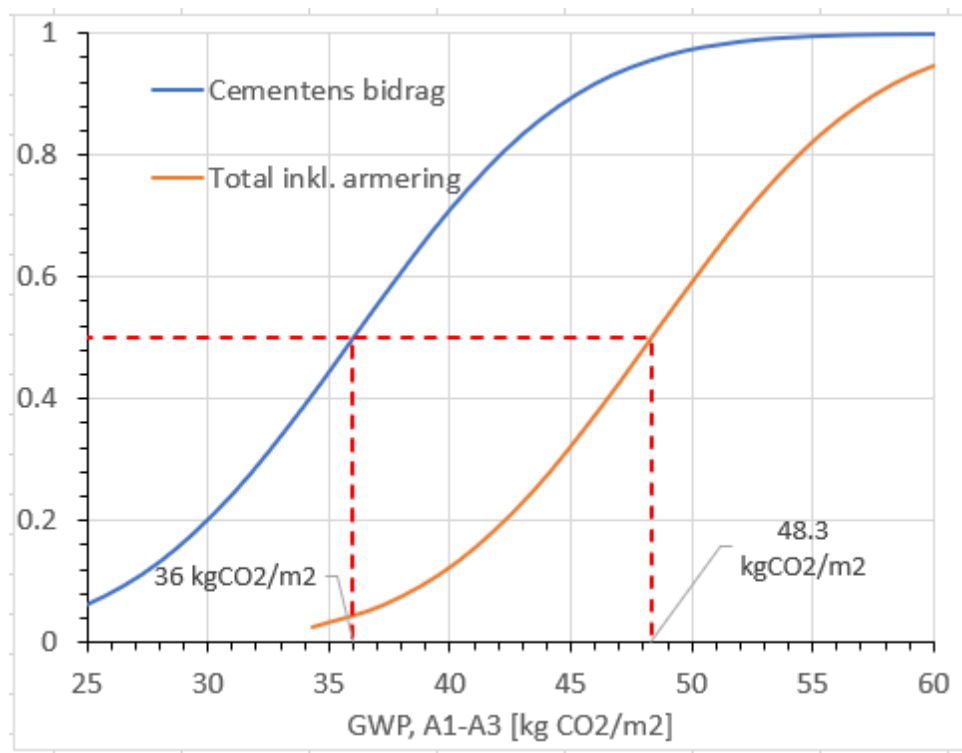
På baggrund af kurverne vurderes det, at en optimering af cementindhold og betonsammensætning kan medvirke til at komme ned på den nedre 20%-fraktile, hvilket betyder at CO₂ aftrykket reduceres fra ca. 48 til ca. 43 kg CO₂e/m².

Hvis det yderligere antages at Basiscement erstattes af FutureCem, hvilket giver en 20% reduktion på cementbidraget så vil CO₂ aftrykket for huldæk 22 cm kunne reduceres til ned til:

$$0,8 \cdot 30 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2 + 12 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2 = 36 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2.$$

Hvilket er medtaget som bedst mulige teknologi for huldæk i case 2 og 3.

Det vurderes derimod ikke, at der er nogen særlig reduktion at komme efter på armeringssiden, da spændstålets bidrag kun udgør ca. 10% af CO₂ aftrykket, jf. afsnit 4.3.



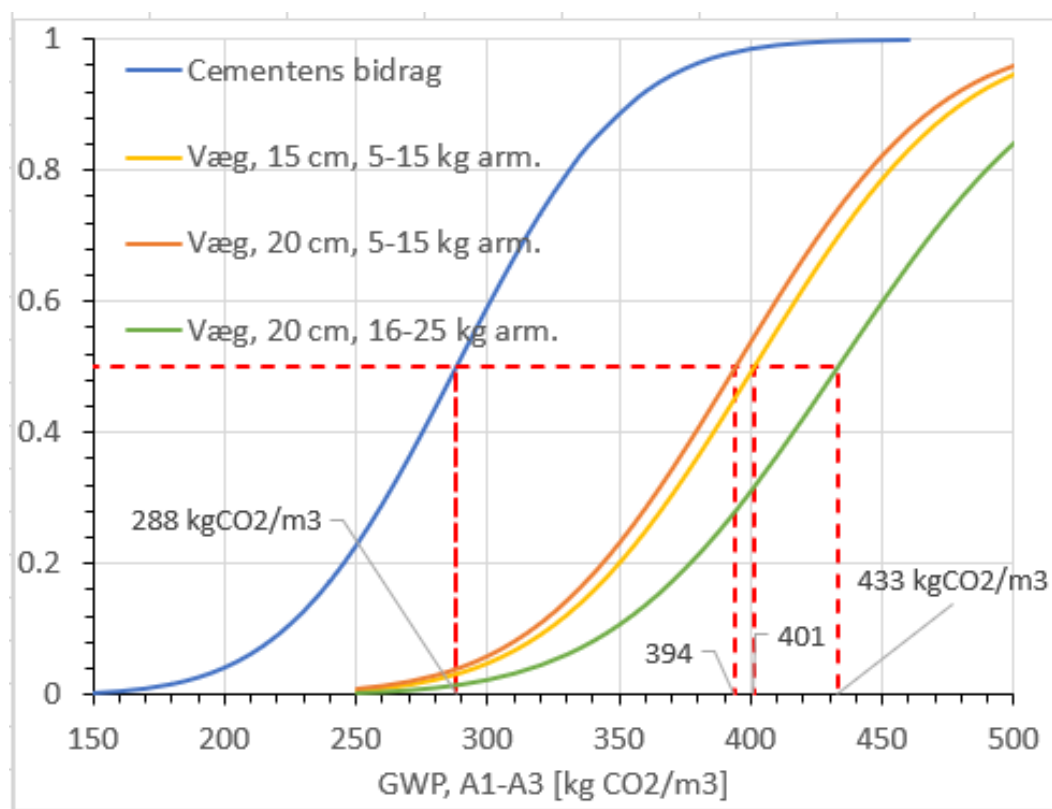
Figur 7: Normalfordeling af CO₂ aftryk for branche-EPD for huldæk 22 cm, 6-10 liner. Optegnet med en variationskoefficient på 7,6%. Stiplet rød linje angiver middelværdier.

Vægelementer

For vægelementer er der mange producenter, som har bidraget med data til branche-EPD'en, idet langt de fleste elementproducenter producerer vægelementer. Der anvendes hovedsageligt Basiscement, men også Rapidcement i nogle få tilfælde. Der tilsættes normalt ikke andre tilsætninger såsom flyveaske og kalkfiller i produktionen af vægelementer. Dette medfører en større variation i CO₂ aftrykket end for huldæk.

Figur 8 indeholder tilsvarende fordeling af CO₂ aftrykket hidrørende fra cementen alene baseret på en statistisk bearbejdning af baggrundsdata for branche-EPD for vægelementer. Kurven dækker alle tre varianter af tykkelse og armering omregnet til m³ vægbeton (= tykkelse ganget med nettoareal ekskl. huller og udsparinger). Der er anvendt en fast densitet på 2400 kg/m³.

Cementens bidrag (blå kurve i Figur 8) er baseret på en variationskoefficient på 18%, hvilket dækker over den variation, som findes i EPD-data. De tre kurver længst til højre i Figur 8 indeholder alle bidrag fra cement, delmaterialer, transport, armering mv., hvor de tre middelværdier svarer til tallene i Tabel 1 ekskl. huller og udsparinger.



Figur 8: Normalfordeling af CO₂ aftryk for branche-EPD for vægelementer konverteret til kg CO₂ pr. m³. Stiplet rød linje angiver middelværdier for de forskellige fordelinger.

Ud fra det samme ræsonnement som tidligere vurderes det, at man relativt nemt kan reducere cementens CO₂ aftryk ned til 20%-fraktilen ved optimering af binder- og betonsammensætning. Tabel 4 viser hvilke reduktioner, der kan opnås for de tre forskellige vægtyper, når der skiftes til FutureCem og anvendes armering med lavt CO₂ aftryk.

For de tre vægtyper opnås dermed følgende reducerede CO₂ aftryk, hvor tallene i Tabel 4 er omregnet til kg CO₂/m² og sammenlignes med de oprindelige CO₂ aftryk i Tabel 1:

- Væg, 15 cm, 5-15 kg arm.: Reduceres fra 60 til 44 kg CO₂e/m²
- Væg, 20 cm, 5-15 kg arm.: Reduceres fra 79 til 59 kg CO₂e/m²
- Væg, 20 cm, 16-25 kg arm.: Reduceres fra 86 til 63 kg CO₂e/m²

Disse reduktioner svarer til ca. en fjerdedel i forhold til branche-EPD-gennemsnitsværdierne.

Tabel 4: CO₂ reduktioner for vægelementer. Alle værdier i kg CO₂e/m³.

	Cementens bidrag		Andre bidrag	
	Væg 15 cm, 5-15 kg arm. Væg 20 cm, 5-15 kg arm.	Væg 20 cm, 16-25 kg arm.	Væg 15 cm, 5-15 kg arm. Væg 20 cm, 5-15 kg arm.	Væg 20 cm, 16-25 kg arm.
Udgangspunkt, Figur 8	288	288	110	145
Cement-reduktion, 20%-fraktil	-50	-50	-	-
Skift fra Basis-til FutureCem	-40	-40	-	-
Skift til Celsa armering	-	-	-17	-30
I alt bedst mulig teknologi	Ca. 200 kg CO ₂ e/m ³		93 kg CO ₂ e/m ³	115 kg CO ₂ e/m ³

4.3. Optimeret armering

Slap armering

Databaseværdien for slap armerings CO₂ aftryk i LCA Byg (Økobau databasen i LCA Byg ver. 5) ligger på et emissionstal på 0,68 kg CO₂e/kg for livscyklusfaserne A1-A3. Dette vurderes at svare til et gennemsnit for slap armering i danske betonkonstruktioner. I den tidligere udgave af LCA Byg⁴ (før 2020) var CO₂ aftrykket for slap armering (A1-A3) lig med 0,75 kg CO₂e/kg.

Branche-EPD'erne for betonelementer har i stor udstrækning anvendt generiske (Gabi) database værdier for armeringsstålets CO₂ bidrag, da der i mange tilfælde anvendes stål fra forskellige leverandører, hvor der ikke findes EPD-data.

I Danmark har armeringsproducenten Celsa udgivet en specifik EPD⁵, der omfatter stål produceret på et værk i det nordlige Norge og transporteret til Ølstykke, hvor Celsa's

⁴ LCA Byg værktøjet blev opdateret til version 5.0 i løbet af 2020 inkl. Økobau databasen

⁵ S-P-00308 EPD, Steel reinforcement products for concrete, Danish production from Celsa Steel Service A/S. EPD International AB

danske distributionsfabrik ligger. Produktionen er overvejende baseret på skrot, der omsmeltes i store elektricitetsopvarmede ovne (EAF), hvilket medfører, at deres CO₂ emissionstal ligger blandt de laveste der findes på markedet.

I henhold til Celsa's EPD for slap armering til det danske marked, er der følgende CO₂ aftryk:

- GWP, Fase A1-A3: 468 kg CO₂e/ton
- GWP, fase C3-C4: 0 kg CO₂e/ton
(emissioner under affaldshåndtering og -bortskaffelse er lig med nul, da skrotning og omdannelse til nyt stål allerede er medtaget under fase A1)

Det skal bemærkes, at ovenstående GWP-værdi er beregnet i henhold til standarden DS/EN 15804:2012+A1:2013. Celsa's EPD indeholder desuden data beregnet i henhold til den nyeste version af standarden (DS/EN 15804:2012+A2:2019), men som det er nævnt i afsnit 1.2 anvendes disse data ikke i nærværende undersøgelse.

Ovenstående EPD-data svarer til en reduktion på næsten 40% i forhold til den generiske database-værdi, der anvendes i LCA Byg. EPD-data fra Celsa anvendes i det følgende som bedst mulig teknologi for slap armering, jf. Tabel 4.

En anden optimeringsmulighed vedrørende armering findes på konstruktionsniveau, hvor bæreevnen af betonkonstruktionen optimeres. I regi af Betonelement-Foreningen er der udviklet nye skiveberegningværktøjer, der baserer sig på FE og plasticitetsteorien. Disse værktøjer kan foretage omfordelinger af last og udnyttelse af armering i langt højere grad end de nuværende værktøjer⁶. Dette vil især få indflydelse på de mere komplicerede byggerier med mange lastkombinationer, hvor de enkelte betonelementer kan optimeres særskilt og opnå en højere udnyttelsesgrad. Der kan optimeres både på betontykkelse og armeringsbehov, hvilket kan medføre CO₂ reduktioner på op imod 10%⁶.

Denne optimeringsmulighed er ikke medtaget i nærværende bilag, men Bæredygtig Beton Initiativet har medtaget den som et væsentligt bidrag til opnåelse af branchens CO₂ reduktionsmål⁷.

⁶ Præsentation ved Lars Reimer, CRH Concrete, "Optimering af betonelementer vha. nyt skiveberegningssystem", Made in Sustainable Concrete, 2020-11-26.

⁷ Dansk Beton Roadmap mod 2030, Halvering af CO₂ udledningen, www.baeredygtigbeton.dk

Spændt armering

Spændliner benyttes i huldæk og branche-EPD'er for disse elementer anvender EPD-data fra forskellige producenter og leverandører. Følgende tre forskellige leverandører, som alle leverer til de danske producenter af forspændte elementer, skal nævnes her:

- Tycsa⁸ i Spanien deklarerer et CO₂ aftryk på 1,17 kg CO₂e/kg
- Hjulsbro⁸ i Sverige deklarerer et CO₂ aftryk på 1,04 kg CO₂e/kg
- Fapricela⁸ i Portugal deklarerer et CO₂ aftryk på 2,25 kg CO₂e/kg

For alle tre producenter er der tale om vugge-til-port data (A1-A3) og det ses at der kan være stor forskel på CO₂ aftrykket afhængigt af, hvor stålet er produceret. Spændt armering produceres hovedsageligt fra jomfrueligt stål og ikke fra skrot. Transporten til Danmark er medregnet i branche-EPD'erne, men den udgør kun en meget lille andel af det samlede aftryk. Der findes også EPD-data for spændarmering, som har CO₂ aftryk højere end de ovenfor nævnte, men disse vurderes ikke anvendt i Danmark.

Den præcise fordeling mellem de tre nævnte leverandører af spændarmering kendes ikke, men det vurderes at kun en mindre andel stammer fra den Portugisiske producent. Derfor er der ikke umiddelbart grundlag for en optimering, da leverandørerne generelt ligger i den lave ende globalt set.

Stålfiberarmering

Stålfibre anvendes sommetider til simple konstruktioner såsom fundamenter og terrændæk, men er ikke indeholdt i designgrundlaget for betonkonstruktioner i Eurocode 2⁹. Den kommende revision af Eurocode 2, som forventes indenfor en kort årrække, kommer til at indeholde regler for stålfiberarmeret beton. I perioden 2010 til 2013 foregik der et stort dansk F&U projekt¹⁰, som undersøgte muligheder for anvendelse af stålfiberarmering som erstatning eller supplement til konventionel slap armering.

Der findes generelt ikke mange tilgængelige EPD'er for stålfibre, men der findes en enkelt¹¹, som dækker over forskellige fibergeometrier (længder 35-50 mm og diametre fra 0,55-1 mm). Stålfibre produceres i Tyskland ud fra stålskrot og fragtes til Norge, hvor de anvendes til bl.a. sprøjtebeton. Der opgives et emissionstal på 0,77 kg CO₂e/kg for livscyklusfaserne A1-A3.

Som det fremgår af ovenstående, ligger CO₂ aftrykket for stålfibre omtrentligt på niveau med gennemsnittet for slap armering, men dette skøn er kun baseret på en enkelt EPD.

⁸ DAP Tycsa 001-004, GlobalEPD AENOR. Hjulsbro S-P-00810-EPD, PC Strand, EDP International AB. Fapricela S-P-01959-EPD, PC Strand, EPD International AB.

⁹ EN 1992-1-1 Eurocode 2: Betonkonstruktioner – del 1-1: Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner

¹⁰ Stålfiberkonsortiet, www.steelfibreconcrete.com

¹¹ NEPD-1383-447-NO, Mapei stålfibre, EPD-Norge

Stålfiberkonsortiet¹² designede en bundplade i beton, som var traditionelt armeret med en armeringsintensitet på ca. 200 kg/m³. Som alternativ armering blev der designet en bundplade med kombineret stålfiberarmering og konventionel armering, hvor det totale armeringsbehov blev næsten halveret (slap armering 74 kg/m³ og stålfibre 30 kg/m³). Resultatet svarede til næsten en halvering af bundpladens CO₂ aftryk hidrørende fra armeringen.

Beton i terrændæk i de tre cases indeholder mellem 60 og 80 kg slap armering pr. m³ beton. Erfaringsmæssigt vil der kunne spares mellem 40 og 50 % stål ved at anvende stålfibre i stedet for konventionel armering og reduktionen på CO₂ aftrykket vil blive af samme størrelsesorden. Dette er dog ikke medtaget i beregningerne af data i dette bilag, da fiberarmering fortsat ikke er en del af Eurocode 2 for betonkonstruktioner, men som nævnt vil dette ske i løbet af nogle år.

5. CO₂ aftryk for de tre byggeri-cases

Nedenfor er CO₂ aftrykkene fra de optimerede betoner indsat i de tre cases. Disse værdier svarer til bedst mulig teknologi for CO₂ reduktioner, der kan implementeres på relativt kort sigt (indenfor det næste års tid). Disse CO₂ aftryk er anvendt til Rambølls LCA beregninger.

5.1. Optimeret case 1 - enfamiliehus

Nedenfor ses CO₂ aftryk svarende til optimeret beton og armering til case 1, jf. afsnit 3.1.

			Fase A1-A3	C3-C4	Sum, A1-A3 + C3-C4		
	Mængde	Enhed	Optimeret EPD-data	kgCO ₂ /enhed	kgCO ₂	Andel af total	
Case 1 - Enfamiliehus							
Bruttoareal = 116 m ²							
Terrændæk, 0.1m, miljøpåvirkning P	10	m ³	C16/20 med FutureCem	150	12.1	1621	40.1%
Armering i terrændæk	599	kg	Celsa steel armering (60 kg/m ³)	0.468	0	280	6.9%
Fundament, uarmeret, miljøpåvirkning P	11.5	m ³	C16/20 med FutureCem	150	12.1	1864	46.1%
Fundament, uarmeret, miljøpåvirkning P	1.7	m ³	C16/20 med FutureCem	150	12.1	276	6.8%
					4041		

Hvis armering i terrændæk erstattes af stålfibre, kan der opnås en yderligere reduktion på ca. 5%, jf. afsnit 4.3.

¹² SFRC Newsletter no. 2, May 2012, www.steelfibreconcrete.com

Nedenfor ses tilsvarende beregning for betonkonstruktioner i case 1 baseret på Rambølls oprindelige data. Som det fremgår, resulterer optimeringen i CO2 reduktioner på ca. en fjerdedel for betonkonstruktionerne i forhold til udgangspunktet.

			Fase A1-A3	C3-C4	Sum, A1-A3 + C3-C4		
	Mængde	Enhed	EPD-data i oprindelig Rambøll rapport fra 2020	kgCO2/enhed	kgCO2	Andel af total	
Case 1 - Enfamiliehus							
Bruttoareal = 116 m ²							
Terrændæk, 0.1m, miljøpåvirkning P	10	m ³	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	2124	39.5%
Armering i terrændæk	599	kg	Økobau - Stål, armeringsstål, (60 kg/m ³)	0.75	0	449	8.4%
Fundament, uarmeret, miljøpåvirkning P	11.5	m ³	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	2442	45.4%
Fundament, uarmeret, miljøpåvirkning P	1.7	m ³	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	361	6.7%
						5376	

5.2. Optimeret case 2 - rækkehuse

Nedenfor ses CO₂ aftryk svarende til optimeret beton og armering til case 2, jf. afsnit 3.2.

			Fase A1-A3	C3-C4	Sum, A1-A3 + C3-C4		
	Mængde	Enhed	Optimeret EPD-data	kgCO ₂ /enhed	kgCO ₂	Andel af total	
Case 2 - Rækkehuse							
Bruttoareal = 3452 m ²							
Tag, huldæk 180, 300 kg/m ² og 2,2 kg/m ² spændarmering	2690	m ²	Optimeret huldæk inkl. FutureCem, 22 cm, 6-10 liner	36	1.8	101682	25.3%
Fugearmering, huldæk	5380	kg	Celsa steel armering (2 kg/m ²)	0.468	0	2518	0.6%
Fundament, miljøpåvirkning M	216	m ³	C30/37 (M) optimeret med FutureCem	174	11.7	40111	10.0%
Armering i fundament	2659	kg	Celsa steel armering (12 kg/m ³)	0.468	0	1244	0.3%
Terrændæk, miljøpåvirkning P	247	m ³	C16/20 med FutureCem	150	12.1	40039	9.9%
Armering i terrændæk	19510	kg	Celsa steel armering (79 kg/m ³)	0.468	0	9131	2.3%
Dæk, huldæk 180, 300 kg/m ² og 2,2 kg/m ² spændarmering	1535	m ²	Optimeret huldæk inkl. FutureCem, 22 cm, 6-10 liner	36	1.8	58023	14.4%
Fugearmering, huldæk	3070	kg	Celsa steel armering (2 kg/m ²)	0.468	0	1437	0.4%
Lejlighedsskel, betonelementer, 0.2 m, armering: 13.8 kg/m ²	1527	m ²	Optimeret vægelement, FutureCem, 0.2m tykkelse, 5-15 kg arm.	59	2.5	93911	23.3%
Indervægge, betonelementer, 0.15 m, armering: 13.8 kg/m ²	425	m ²	Optimeret vægelement, FutureCem, 0.15m tykkelse, 5-15 kg arm.	44	1.9	19508	4.8%
Ydervægge, gavl, betonelementer, 0.15 m, armering: 13.8 kg/m ²	762	m ²	Optimeret vægelement, FutureCem, 0.15m tykkelse, 5-15 kg arm.	44	1.9	34976	8.7%
						402578	

Hvis armering i terrændæk og fundamenter erstattes af stålfibre, kan der opnås en yderligere reduktion på ca. 1%, jf. afsnit 4.3. Hvis der yderligere foretages en designoptimering af betonelementkonstruktionen vha. skiveberegningssprogrammet, vil man kunne opnå en yderligere CO₂ besparelse på op til ca. 5%.

Nedenfor ses tilsvarende beregning for betonkonstruktioner i case 2 baseret på Rambølls oprindelige data. De røde tal dækker over elementer, hvor arealer (huldæk og vægelementer) er omregnet til betonvolumener af Rambøll. Som det fremgår, resulterer optimeringen i CO2 reduktioner på 8% for betonkonstruktionerne i forhold til udgangspunktet.

				Fase A1-A3	C3-C4	Sum, A1-A3 + C3-C4	
	Mængde	Enhed	EPD-data i oprindelig Rambøll rapport fra 2020	kgCO2/enhed		kgCO2	Andel af total
Case 2 - Rækkehuse							
Bruttoareal = 3452 m2							
Tag, huldæk 180, 300 kg/m2	343.4	m3	Økobau - Betonhuldæk (C45/55)	313	1.38	107959	25.6%
Tag, spændarmering i huldæk	5978	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (2,2 kg/m2)	0.75	0	4484	1.1%
Fugearmering, huldæk	5380	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (2 kg/m2)	0.75	0	4035	1.0%
Fundament, miljøpåvirkning M	216	m3	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	45874	10.9%
Armering i fundament	2659	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (12 kg/m3)	0.75	0	1994	0.5%
Terrændæk, miljøpåvirkning P	247	m3	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	52458	12.5%
Armering i terrændæk	19510	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (79 kg/m3)	0.75	0	14633	3.5%
Dæk, huldæk 180, 300 kg/m2 og 2,2 kg/m2 spændarmering	196.0	m3	Økobau - Betonhuldæk (C45/55)	313	1.38	61605	14.6%
Dæk, spændarmering i huldæk	3410	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (2,2 kg/m2)	0.75	0	2558	0.6%
Fugearmering, huldæk	3070	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (2 kg/m2)	0.75	0	2303	0.5%
Lejlighedsskel, betonelementer, 0.2 m	305.4	m3	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	64861	15.4%
Vægarmering, 13.8 kg/m2	21202	kg	Økobau - Stål, armeringsstål	0.75	0	15902	3.8%
Indervægge, betonelementer, 0.15 m	63.75	m3	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	13539	3.2%
Vægarmering, 13.8 kg/m2	5906	kg	Økobau - Stål, armeringsstål	0.75	0	4430	1.1%
Ydervægge, gavl, betonelementer, 0.15 m	114.3	m3	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	24275	5.8%
Vægarmering, 13.3 kg/m2	10101	kg	Økobau - Stål, armeringsstål	0.75	0	7576	1.8%
						420908	

5.3. Optimeret case 3 - etageboliger

Nedenfor ses CO₂ aftryk svarende til optimeret beton og armering til case 3, jf. afsnit 3.3.

			Fase A1-A3	C3-C4	Sum, A1-A3 + C3-C4	
	Mængde	Enhed	Optimeret EPD-data	kgCO ₂ /enhed	kgCO ₂	Andel af total
Case 3 - Etageboliger						
Bruttoareal = 6235 m ²						
Fundament, miljøpåvirkning M	173	m ³	C30/37 (M) optimeret med FutureCem	174	11.7	32126 6.8%
Armering i fundament	1211	kg	Celsa steel armering (7 kg/m ³)	0.468	0	567 0.1%
Terrændæk, 0.15m, miljøpåvirkning P	261	m ³	C16/20 med FutureCem	150	12.1	42308 9.0%
Armering i terrændæk	15203	kg	Celsa steel armering (58 kg/m ³)	0.468	0	7115 1.5%
Ydervægge, bagvæg, betonelementer, 0.18 m, armering: 8.6 kg/m ²	1555	m ²	Optimeret vægelement, FutureCem, genmsn. 0.2 og 0.15m, 5-15 kg arm.	51	2.2	82726 17.6%
Indervægge, betonelementer, 0.2 m, armering: 9.6 kg/m ²	1003	m ²	Optimeret vægelement, FutureCem, 0.2m tykkelse, 5-15 kg arm.	59	2.5	61685 13.1%
Etageadskillelse, huldæk DE220, 310 kg/m ² og 2,2 kg/m ² spændarmering	4493	m ²	Optimeret huldæk inkl. FutureCem, 22 cm, 6-10 liner	36	1.8	169835 36.1%
Fugearmering, huldæk	8986	kg	Celsa steel armering (2 kg/m ²)	0.468	0	4205 0.9%
Altan, huldæk DE220, 310 kg/m ² og 2,2 kg/m ² spændarmering	507	m ²	Optimeret huldæk inkl. FutureCem, 22 cm, 6-10 liner	36	1.8	19165 4.1%
Fugearmering, huldæk	1014	kg	Celsa steel armering (2 kg/m ²)	0.468	0	475 0.1%
Tag, huldæk DE220, 310 kg/m ² og 2,2 kg/m ² spændarmering	1308	m ²	Optimeret huldæk inkl. FutureCem, 22 cm, 6-10 liner	36	1.8	49442 10.5%
Fugearmering, huldæk	2616	kg	Celsa steel armering (2 kg/m ²)	0.468	0	1224 0.3%
						470873

Hvis armering i terrændæk og fundamenter erstattes af stålfibre, kan der opnås en yderligere reduktion på ca. 1%, jf. afsnit 4.3. Hvis der yderligere foretages en designoptimering af betonelementkonstruktionen vha. skiveberegningssystemet, vil man kunne opnå en yderligere CO₂ besparelse på op til ca. 5%.

Nedenfor ses tilsvarende beregning for betonkonstruktioner i case 3 baseret på Rambølls oprindelige data. De røde tal dækker over elementer, hvor arealer (huldæk og vægelementer) er omregnet til betonavolumener af Rambøll. Som det fremgår, resulterer optimeringen i CO2 reduktioner på 7% for betonkonstruktionerne i forhold til udgangspunktet.

				Fase A1-A3	C3-C4	Sum, A1-A3 + C3-C4	
	Mængde	Enhed	EPD-data i oprindelig Rambøll rapport fra 2020	kgCO2/enhed		kgCO2	Andel af total
Case 3 - Etageboliger Bruttoareal = 6235 m2							
Fundament, miljøpåvirkning M	173	m3	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	36742	7.4%
Armering i fundament er ikke medtaget	0	kg	Økobau - Stål, armeringsstål	0.75	0	0	0.0%
Terrændæk, 0.15m, miljøpåvirkning P	261	m3	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	55431	11.2%
Armering i terrændæk	15203	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (58 kg/m3)	0.75	0	11402	2.3%
Ydervægge, bagvæg, betonelementer, 0.18 m	279.9	m3	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	59445	12.0%
Vægarmring, 8.6 kg/m2	13390	kg	Økobau - Stål, armeringsstål	0.75	0	10043	2.0%
Indervægge, betonelementer, 0.2 m, armering: 9.6 kg/m2	200.6	m3	Økobau - Beton C25/30	211	1.38	42603	8.6%
Vægarmring, 9.6 kg/m2	9645	kg	Økobau - Stål, armeringsstål	0.75	0	7234	1.5%
Etageadskillelse, huldæk DE220, 310 kg/m2 ekskl. spændarm.	592.7	m3	Økobau - Betonhuldæk (C45/55)	313	1.38	186331	37.7%
Fugearmring, huldæk	8986	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (2 kg/m2)	0.75	0	6740	1.4%
Altan, huldæk DE220, 310 kg/m2 ekskl. spændarm.	66.9	m3	Økobau - Betonhuldæk (C45/55)	313	1.38	21026	4.3%
Fugearmring, huldæk	1014	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (2 kg/m2)	0.75	0	761	0.2%
Tag, huldæk DE220, 310 kg/m2 ekskl. spændarm.	172.5	m3	Økobau - Betonhuldæk (C45/55)	313	1.38	54245	11.0%
Fugearmring, huldæk	2616	kg	Økobau - Stål, armeringsstål (2 kg/m2)	0.75	0	1962	0.4%
						493964	

6. CO2 aftryk for letklinkerblokke

Case 1 – enfamiliehus – indeholder letklinkerblokke – ofte kaldet Lecablokke – langs med fundamentet. Der er tale om blokke med en densitet på 600 kg/m^3 , hvor letklinkerne limes sammen af cementpasta til rektangulære byggeblokke. Produktionen foregår ved at blandingen komprimeres sammen til den ønskede geometri og afformes øjeblikkeligt, hvorefter cementpastaen hærder. I dette afsnit beskrives CO2 aftrykket fra disse blokke og der foretages en optimering mht. CO2 aftrykket.

Først beskrives branche EPD fra Blokforeningen under Dansk Beton, hvorefter der foretages en reduktion af CO2 udledningen på baggrund af følgende tiltag:

- Optimering mht. indhold af cement og letklinker baseret på indrapporteringer til branche-EPD.
- Optimering mht. erstatning af konventionel anvendt cement med FutureCem.
- Reduktion af indhold af nye (jomfruelige) letklinker ved genanvendelse af brugte letklinkerblokke, der er nedknust.
- Reduktion som følge af, at producenten Leca Danmark indfører nye energirigtige løsninger i produktionen af letklinker, der reducerer CO2 aftrykket markant.

Letklinkerblokke består typisk af cement, flyveaske, vand og letklinker (Leca) samt en smule kemiske tilsætningsstoffer og i nogle tilfælde natursand. Det er i altovervejende grad cementen og letklinkerne, som bidrager til CO2 aftrykket (over 95%). De øvrige delmaterialer og transport af disse er typisk negligele. De producenter, der indgår i branche-EPD for letklinkerblokke¹³ anvender alle Leca fra Leca Danmark i Randers. Der anvendes desuden hovedsageligt Basiscement (jf. Tabel 2), men i nogen tilfælde også udenlandske cementer type CEM I 52,5.

Leca Danmark har udgivet en EPD¹⁴ for Letklinker 10-20, produceret på Hingeværket ved Randers. Heri fremgår det, at CO2 aftrykket for produktion af 1 m^3 letklinker i størrelsen 10-20 mm er $96,5 \text{ kg CO}_2$ (fase A1-A3). Eftersom 1 m^3 løstlejret letklinker i størrelsen 10-20 mm vejer ca. 245 kg fås et CO2 emissionstal på ca. $0,39 \text{ kg CO}_2\text{e/kg}$.

Leca Danmark har igennem nogen tid arbejdet på at reducere CO2 udledninger i produktionen – bl.a. ved anvendelse af biomassebrændsel – og det er oplyst af Leca Danmark, at man forventer, at CO2 aftrykket for deres letklinker kan reduceres med 30% i forhold til den gældende EPD, indenfor en kort tidshorisont. Denne reduktion vil slå stærkt igennem på CO2 aftrykket for letklinkerblokke som det er beskrevet nedenfor.

¹³ MD-20023-DA, EPD for letklinkerblokke, Blokforeningen, www.epd-danmark.dk

¹⁴ NEPD-2249-1030-EN, www.epd-norge.no

Optimeringen, der er beskrevet nedenfor i afsnit 6.2, medfører følgende CO₂ aftryk, der skal anvendes i LCA for case 1:

- GWP optimeret, fase A1-A3: 110 kg CO₂e/m³ (vugge til port).
- GWP, fase C3-C4: 2,8 kg CO₂e/m³ (affaldshåndtering og bortskaffelse efter endt levetid).

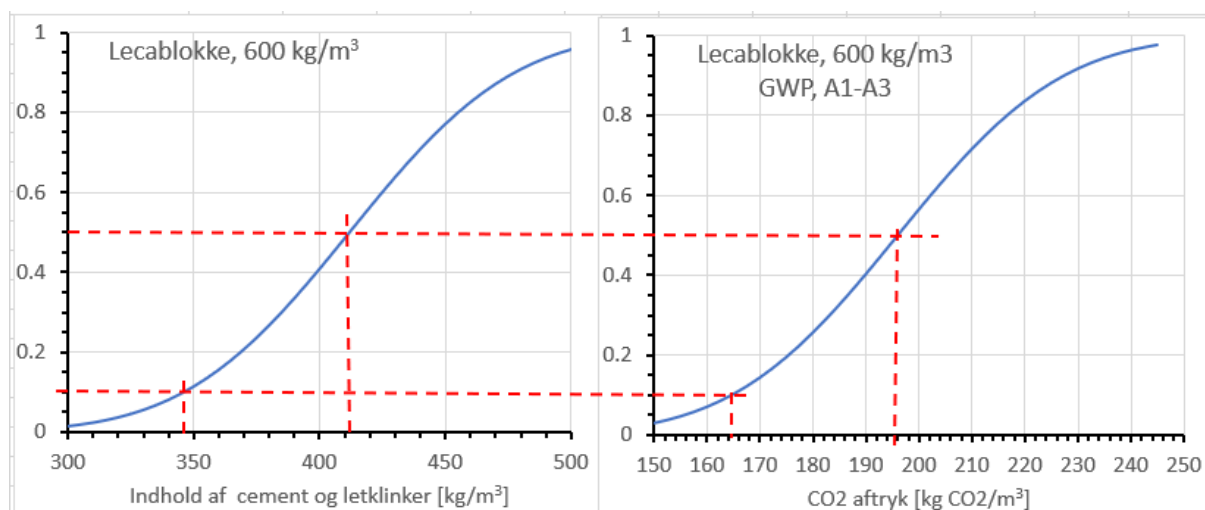
Sidstnævnte aftryk for fase C3-C4 er uændret i forhold til branche-EPD, som det fremgår af næste afsnit.

6.1. CO₂ aftryk for letklinkerblokke

I henhold til branche-EPD'en har letklinkerblokke (600 kg/m³) følgende gennemsnitlige CO₂ aftryk for 1 m³:

- GWP, fase A1-A3: 196 kg CO₂e/m³ (vugge til port).
- GWP, fase C3-C4: 2,8 kg CO₂e/m³ (affaldshåndtering og bortskaffelse efter endt levetid).

Som nævnt ovenfor hidrører hovedparten af CO₂ aftrykket fra cementen og letklinkerne. Derfor fokuseres der på deres bidrag i optimeringen i næste afsnit. Figur 9 illustrerer det spænd i CO₂ aftryk, der er indeholdt i branche-EPD'en. Til venstre ses indholdet af cement og letklinker pr. m³ færdig letklinkerblok og diagrammet til højre viser det tilhørende CO₂ aftryk. Den vandrette stiplede streg igennem 0,5 svarer til gennemsnittet. Heraf ses det, at der gennemsnitligt er ca. 412 kg cement og letklinker i en m³. Den resterende del op til 600 kg består af flyveaske, evt. bundaske, vand og tilsætningsstoffer samt for nogle producenteres vedkommende natursand. Det gennemsnitlige CO₂ aftryk på 196 kg CO₂e/m³ fremgår af diagrammet til højre.



Figur 9: Normalfordeling af CO₂ aftryk for 1 m³ letklinkerblokke baseret på EPD-data fra branche-EPD. Diagram til venstre viser fordeling af indhold af cement og letklinker. Diagram til højre viser tilsvarende fordeling af CO₂ aftrykket.

Den vandrette stiplede linje igennem værdien 0,1 (10% fraktilen) beskriver det laveste indhold af cement og letklinker, der er indrapporteret til branche-EPD'en, og som danner udgangspunkt for optimeringen i næste afsnit. Omvendt er der tilsvarende producenter, der anvender cement og letklinker i mængder på ca. 500 kg/m³ svarende til den øvre ende af fordelingen i Figur 9.

6.2. Optimeret letklinkerblokke

I det følgende er der foretaget en optimering ud fra den branche-EPD, der blev beskrevet ovenfor. Der er taget udgangspunkt i indholdet af cement og letklinker, som typisk er fordelt med en andel på 20-25% cement og 80-75% letklinker (Tabel 5). Udskiftning af konventionel cement med FutureCem giver en reduktion på 20% på cementens bidrag.

Genanvendelse af nedknuste letklinkerblokke (fejlproduktion og nedrivning) som erstatning for jomfruelige benyttes hos nogle få producenter og erfaringen herfra er, at 15 til 18% kan erstattes uden at det giver problemer med densitet og ydeevne. I beregningen i Tabel 5 er det antaget, at genanvendte letklinker ikke har nogen indlejret CO₂, hvilket er en tilnærmelse, der er en smule på den usikre side. Det sidste tiltag i Tabel 5 er en 30% reduktion af letlinkernes CO₂ bidrag, hvilket er baseret på Leca Danmarks forventninger til en kommende EPD for letklinker.

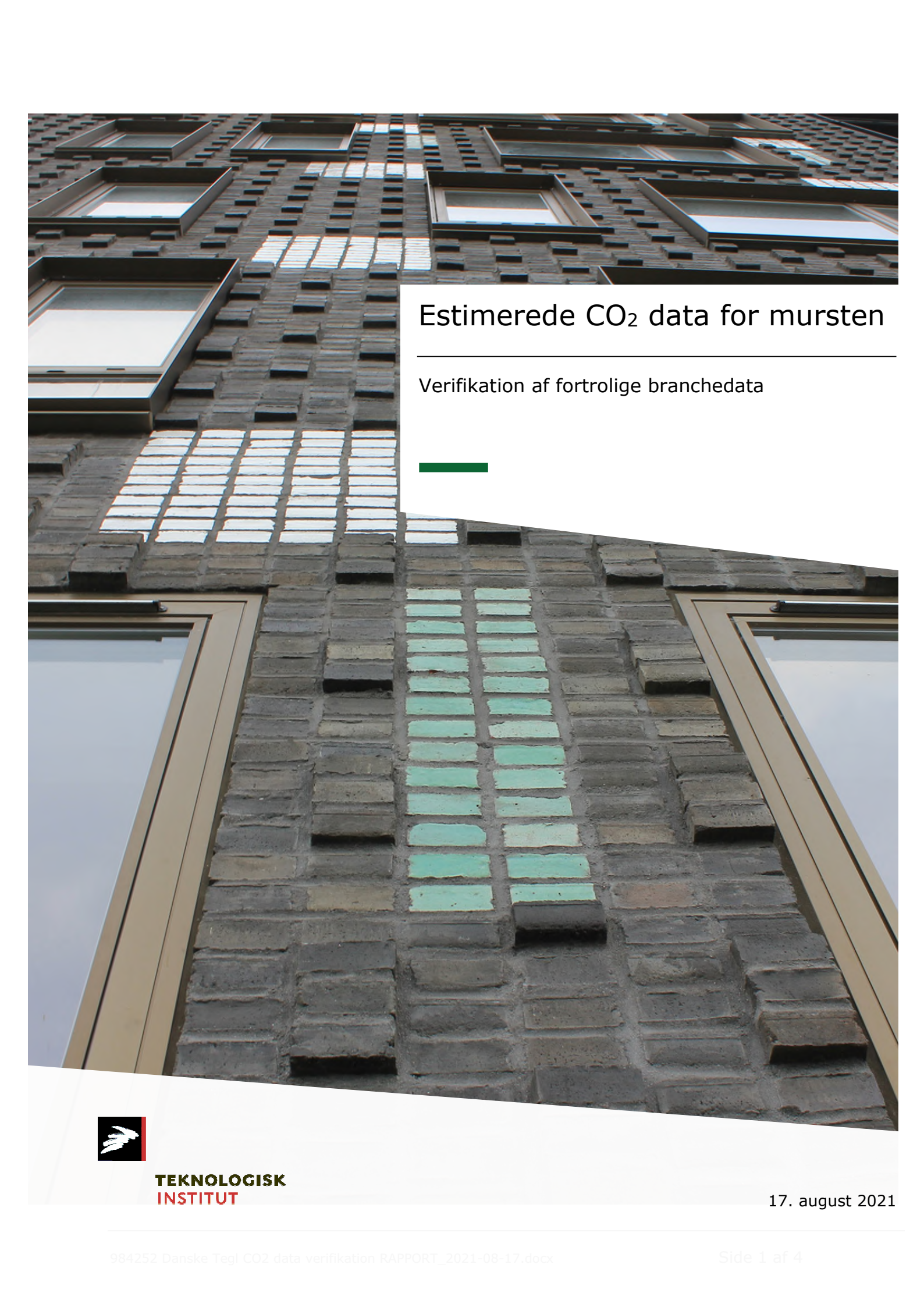
Tabel 5: CO₂ reduktioner for letklinkerblokke. Værdier er emissionstal kg CO₂e per kg indhold af cement og letklinker. Spændet svarer til variationen i fordeling mellem cement og letklinker, der er observeret i branche-EPD.

Optimeringstiltag	Cement	Letklinker	I alt
Udgangspunkt i branche-EPD	0,15 – 0,19 (baseret på EPD for Basiscement)	0,31 – 0,30 (baseret på EPD fra Leca Danmark)	0,46 – 0,49
Skift fra Basiscement til FutureCem	0,12 – 0,15	0,31 – 0,30	0,43 – 0,45
Genanvendelse af nedknuste letklinkerblokke	0,12 – 0,15	0,26 – 0,25 (15-18% erstatning)	0,38 – 0,40
Reduktion af letlinkers CO ₂ aftryk med 30%	0,12 – 0,15	~ 0,18	0,30 – 0,33

Ud fra disse materialeoptimeringer opnås der en CO₂ reduktion på ca. en tredjedel i forhold til den gennemsnitlige letklinkerblok produceret i Danmark, alt andet lige. Hvis der samtidigt foretages en optimering af sammensætningen af letklinkerblok-recepten – primært i form af reduceret indhold af cement og letklinker, jf. 10%-fraktilen i Figur 9. Så kan der opnås en yderligere reduktion svarende til følgende:

- Indholdet af cement og klinker reduceres til ca. 345 kg/m³, hvilket medfører et CO₂ aftryk på ca. 165 kg CO₂e/m³ (ca. 15% reduktion ift. branche-EPD).
- Når reduktionerne hidrørende fra optimeret materialevalg i Tabel 5 kombineres med reduktion af indhold af cement og letklinker, kan der opnås et CO₂ aftryk på ca. 110 kg CO₂e/m³, hvilket svarer til en reduktion på ca. 45% ift. branche-EPD.

10.2 Bilag 2 – Baggrundsrapport fra Danske Tegl



Estimerede CO₂ data for mursten

Verifikation af fortrolige branchedata



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

17. august 2021

Titel:

Estimerede CO₂ data for mursten
Verifikation af fortrolige branchedata

Rekvirent:

Danske Tegl
Vesterbrogade 1 E
1620 København V

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Tlf. 7220 2000
Byggeri og Anlæg
Murværk
Abelone Køster

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Abelone Køster, tlf. 7220 3816, aek@teknologisk.dk

Godkendt af: Sandra Aspasia Toft Michelis, tlf. 7220 1243, sami@teknologisk.dk

Opgave nr.: 0109/984252

Version nr.: 02

Dato: 17. august 2021

Resultater af Institutts opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag.

Institutts navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.

Indledning

Efter aftale med Danske Tegl har Teknologisk Institut, Murværk foretaget en verifikation af fortrolige brancheoplysninger vedr. energidata for teglværker i Danmark, som er medlemmer af Danske Tegl.

Disse data er gjort tilgængelige for Institutet, som med nærværende notat bekræfter oplysningernes rigtighed. Oplysningerne indgår i estimering af foreløbige CO₂-data, opgjort som [kg CO₂-eq], for en dansk "state-of-the-art" mursten af brændt ler, kaldet TEGL2021.

Formål

I forbindelse med beregning af [kg CO₂-eq] -belastning i rapporten "Baggrundsrapport, CO₂-besparelse ved træbyggeri", Rambøll, juni 2020, er der anvendt generiske data fra den tyske database, Ökobau. Idet performance af dansk producerede beton, isolering og mursten, ligger væsentlig bedre end de i rapporten anvendte data, er det aftalt med danske brancheorganisationer, at Rambøll genberegner rapporten med afsæt i danske data.

Genberegningen vil også inkludere tilsvarende danske data på materialerne beton, isolering, stål mv. Disse data leveres af de respektive organisationer.

Teknologisk Institut har som baggrund for nærværende rapport haft adgang til de relevante data, som beskrevet i bilag 1.

Princip

Udgangspunktet er data fra en gældende EPD, EPD (1), lavet på en traditionel mursten og produceret med fossile brændsler, produceret på det danske teglværk, opgjort som [kg CO₂-eq] pr. ton rød mursten.

Det bemærkes, at der foreligger 3. parts verificerede EPD for danske teglværker og for tilsvarende mursten produceret med biobrændsler. For sådanne EPD er data for CO₂ udledning lavere end for den valgte EPD (1).

Den betragtede mursten, TEGL2021, har via gennemgående kanaler 10% reduceret godsmængde sammenholdt med en traditionel dansk mursten, men samme ydre format. Denne udformning foranlediger energibesparelse ved tørring og brænding. Denne besparelse er ud over besparelsen ved reduceret godsmængde og beregnes ved % pr. ton.

TEGL2021 produceres blandt andre teglværker på teglværk Y, som har en lavere CO₂-belastning end Teglværk X. Ud fra en fortrolig benchmark rapport, er den forholdsmæssige CO₂ besparelse ved fremstilling af TEGL2021 på Teglværk Y beregnet.

Benchmark Rapporten er udarbejdet af en ekstern rådgiver for Danske Tegl, og er en sammenfatning af teglværksbranchens samlede energiforbrug i hele 2019, som opgøres i forbindelse med værkernes Energiledelse. Samtlige danske teglværker har indsendt forbrugs- og produktionsdata til Danske Tegl, og disse er anvendt i benchmarking rapporten.

Årsagen til at rapporten holdes fortrolig er, at energiforbrug for energiintensiv industri, betragtes som en væsentlig konkurrenceparameter af konkurrencemyndighederne.

I rapporten oplyses nøgletal for hvert værk: nøgletal brændsel total, korrigeret for kalkspaltning, som kJ pr. kg brændt gods, for året 2019. I rapporten er de enkelte værker anonymiseret med numre. Danske Tegl har overfor Teknologisk Institut oplyst numre for hhv. Teglværk X og Teglværk Y.

Den samlede energibesparelse ved den reducerede godsmængde og ved produktion på Teglværk Y opgøres i % pr. ton. Besparelsen fraregnes [kg CO₂-eq] pr. ton fra data, som haves fra EPD(1).

Estimerede CO₂ data

Jf. Ovenstående beregningsprincip kan [kg CO₂-eq] pr. ton for TEGL2021, produceret på Teglværk Y, estimeres til: **128 [kg CO₂-eq] pr. ton rød TEGL2021.**

10.3 Bilag 3 – Inventory Enfamiliehus

ENFAMILIEHUS																
Bygningssdel	Komponent	Materiale	Tykkelse [m]	C/C afstand [m]	Dimension [m]	Areal [m ²]	Volumen [m ³ /m ²]	Vægt [kg/m ²]	Volumen [m ³]	Vægt [kg]	Kommentarer	Proces TRIN 1	Proces TRIN 2	Levetid	Ansvarlig	Antagelse
Tag	Tagsten	Betonsten				178,4		25,0		4460		Økobau - Tagsten, beton	EPD Randers Teglg teglgesten - Laumanns Ideal Variabel	Trin1: 50 Trin 2: 80	Danske Teglg	Der er af Danske Teglg fremsendt en EPD for tagteglsten fra Randers Teglg, som produceres på fabrikken Laumanns i Tyskland. EPD dækker over 6 forskellige produkter. Der er taget udgangspunkt i modellen Ideal variabel, hvor der er benyttet flg. data: - 3,4 kg pr. sten - 15 stk. pr. m ² - 1 m ² = 15*3,4 = 51 kg/m ² flg. EPD'en er densiteten 1975 kg/m ³ , dvs. pr FU (1 ton) er der 0,506 m ³ . Med en vægt på 51 kg/m ² er der pr. ton 19,61 m ² Da der ikke er deklareret EoL i EPD'en, er der benyttet det samme generiske datasæt for EoL som i Trin 1: *Afløst, bygge, oparbejdning).
	Taglægter	C18 (T2)	0,038	0,370	0,073	178,4	0,0075	3,2	1,34	575		EPD Høvet konstruktionstræ	EPD Høvet konstruktionstræ	80		
	Afstandslist	Trykimpneret min.C14	0,025	0,370	0,045	178,4	0,0030	1,3	0,54	233		EPD Høvet konstruktionstræ	EPD Høvet konstruktionstræ	80		
	Vindspærre	Banevarer	0,002			178,4	0,0020	0,1	0,36	16		Økobau - Dampspærre PE pr m2	Økobau - Dampspærre PE pr m2	80		
	Bærende konstruktionsspær	45x245 C18	0,245	1,000	0,045	178,4	0,0110	5,0	2,23	885		EPD Høvet konstruktionstræ	EPD Høvet konstruktionstræ	80		
	Påføring af spær	45x120 C18	0,120	1,000	0,045	178,4	0,0054	2,4	0,71	282		EPD Høvet konstruktionstræ	EPD Høvet konstruktionstræ	80		
	Søjler	Limtræ					0,0012		0,22	56		EPD Limtræ konstruktionstræ	EPD Limtræ konstruktionstræ	80		
	Bjælker	Limtræ					0,0106		1,89	120		EPD Limtræ konstruktionstræ	EPD Limtræ konstruktionstræ	80		
	Isolering (bærende konstruktion)	Isolering, granulat	0,360	1,000	0,955	112,5	0,349	12,2	40,45	1416		Økobau - Mineraluld, løs	ISOVER Insulsafe	50	VIF	
	Dampspærre	Pe-folie	0,002			112,5	0,002	0,1	0,23	11		Økobau - Dampspærre PE pr m2	Økobau - Dampspærre PE pr m2	80		
Spredt forskalling	C14 tømmer	0,022	0,300	0,095	112,5	0,007	3,0	0,78	337		EPD Savet og tørrede konstruktionstræ	EPD Savet og tørrede konstruktionstræ	80			
Loftbeklædning	Gipsplade	0,012			112,5	0,012					Økobau - Gipskartonplade 13 mm, hulplade	Gyproc Normal Standard Plasterboards	40	VIF		
Gulv	Gulvbelægning	Klinker	0,005			99,8	0,0050		0,50			Økobau - Keramikfliser, u-glaseret	Økobau - Keramikfliser, u-glaseret	100		
	Radonspærre	PE-folie	0,000			99,8	0,0003	0,1	0,03	10		Økobau - Dampspærre PE pr m2	Økobau - Dampspærre PE pr m2	100		
	Terrændæk	Beton C15	0,100			99,8	0,1000		9,98	23952	Densitet: 2400 kg/m3	Økobau - Beton C20/25	Terrændæk C16_20 FutureCEM	100	Dansk Beton	
		Armering Y550								599	6 kg/m2	Økobau - Stål, armeringsstål	Celsa Steel armering	100	Dansk Beton	
Isolering	Polystyren	0,375			99,8	0,3750	12,0	37,43	1198	Densitet: 145 kg/m3	Økobau - Mineraluld, terræn	Sundolit EPS Graphite 80	100	VIF	Der er antaget en lineær sammenhæng mellem GWP og tykkelse (faktor 2,6 fra 38 mm til 100 mm – selvom EPD'en skriver det er 31 mm i functional unit for R=1). Ds. GWP pr. m ³ ganges med en faktor 26 (≈1000 mm). Vi har spurgt ind til fejlen mellem 38 mm og 31 mm, hvor svaret tilbage fra COWI, som har udført EPD'en, er, at vi skal gange med en faktor 2,6 for at få GWP pr. 100 mm. Da dette er svaret fra EPD udføreren, benyttes en faktor 26 for at regne GWP pr. m ³ for 80 kN/m ² .	
Indenægge/skillevægge	Indenægge	Porebeton	0,100			96,3	0,1000		9,63	3.659	Densitet: 380 kg/m3	Økobau - Porebeton 380 kg/m2	EPD H+H Porebeton, 380 kg/m3	100	VIF	EPD'en fra H+H udløb 2020-05-15. Denne benyttes dog alligevel, da det er det mest repræsentative datasæt på nuværende tidspunkt. H+H er ved at få udarbejdet en ny EPD, men den er desværre først klar sidst på året.

Fundament	Linjefundamenter	Beton C25					11,51	28775	Densitet: 2500 kg/m ³	Økobau - Beton C20/25	Fundament C16_20 FutureCEM	120	Dansk Beton		
	Funktfundamenter	Beton C25					1,68	4210	Densitet: 2500 kg/m ³	Økobau - Beton C20/25	Fundament C16_20 FutureCEM	120	Dansk Beton		
Sokkel	Lecablok	Leca					5,89		Densitet: 701 kg/m ³	Økobau - Letklinker, bagmur	Optimeret letklinkerblok FutureCEM	100	VIF		
	Isolering	Polystyren S80					2,52		Densitet: 145 kg/m ³	Økobau - Mineraluld, terræn	Sundolitt EPS Graphite 80	100	VIF	Der er antaget en lineær sammenhæng mellem GWP og tykkelse (faktor 2,6 fra 38 mm til 100 mm – selvom EPD'en skriver det er 31 mm i functional unit for R=1). Dvs. GWP pr. m ³ ganges med en faktor 26 (t=1000 mm). Vi har spurgt ind til fejlen mellem 38 mm og 31 mm, hvor svaret tilbage fra COWI, som har udlært EPD'en, er, at vi skal gange med en faktor 2,6 for at få GWP pr. 100 mm. Da dette er svaret fra EPD udlæreren, benyttes en faktor 26 for at regne GWP pr. m ³ for 80 kN/m ² .	
Ydervægge	Skalmur	Teglsten	0,108		111,0	0,093	11,99			Økobau - Teglsten, formur	Teglsten	120	Danske Tegl	Der er benyttet en mængde på mursten på 0,093 m ³ /m ² jf standardopbygningen: "Ydervæg m. mineraluldisolering og murværk (310 mm)" i LCAByg. Denne mængde benyttes i Trin 1 og Trin 2. Det er fra Danske Tegl oplyst, at densiteten på den benyttede teglsten er 10% mindre end standard densiteten, svarende til 1620 kg/m ³ .	
	Mørtel	Cementmørtel			111,0	0,022				Økobau - Mørtel, murermørtel, formurs mørtel		120	Danske Tegl	Mørtelbruget er antaget til 0,022 m ³ /m ² murstensydervæg jf. mængde i standardopbygningen: "Ydervæg m. mineraluldisolering og murværk (310 mm)" i LCAByg. Denne mængde benyttes i Trin 1. Til den benyttede teglsten er det fra Danske Tegl oplyst, at der skal benyttes 10% mere mørtel hvilket svarer til et mørtel forbrug på 0,0242 m ³ /m ² i Trin 2. Densiteten på Funktionsmørtel FMS, som vi benytter i Trin 2, er ikke angivet i Webers EPD (eller på deres hjemmeside). Der er derfor antaget en densitet på 1600 kg/m ³ ud fra "Funktionsmørtel M3/M5/M10" fra MARLON Tørmørtel A/S. Der er ligeledes ikke angivet EoL i EPD'en, hvorfor der er benyttet generisk data fra Økobaudat til EoL.	
	Mørtel	Cementmørtel			111,0	0,024					Funktionsmørtel FMS	120	Danske Tegl		
	Hulrum	Murbindere					0,09	0,001	10	4 stk. Ø3 pr. m2	Økobau - Beslag mv, stål	Økobau - Beslag mv, stål	120		
	Isolering	Mineraluld kl. 37	0,220		111,0	0,220	24,42			Tilpasset fra 250 mm	Økobau - Mineraluld, alm	ISOVER Murflit 37	80	VIF	I EPD'en for Isover Murflit λ37 (s. 11) er det beskrevet, at der skal benyttes multiplication factor for at beregne miljødata for forskellige tykkelser. Det ses, at der ikke er en helt lineær sammenhæng mellem tykkelse og multiplication factor, som der er mellem tykkelse og thermal resistance. Vi har modtaget udregninger på GWP pr. m ³ , som er beregnet efter en lineær sammenhæng i GWP og tykkelse – dvs. ikke den metode, der er beskrevet i EPD'en. Da det er VIF, der er ansvarlig for produktdata, benyttes deres antagelse om at omregne via en lineær sammenhæng mellem tykkelse og GWP (de har brugt thermal resistance til at beregne GWP pr. m ³). Udregninger er fremsendt af Isover.
	Bagvæg	Porebeton	0,100		111,0	0,100	11,10	5,239	Densitet 472 kg/m ³	Økobau - Porebeton 472 kg/m ³	EPD H+H Porebeton, 472 kg/m³	80	VIF	EPD'en fra H+H udløb 2020-05-15. Denne benyttes dog alligevel, da det er det mest repræsentative datasæt på nuværende tidspunkt. H+H er ved at få udarbejdet en ny EPD, men den er desværre først klar sidst på året.	
	Bjælker over vinduer og døre	Porebeton				0,029	0,55		0,18 x 0,2		Økobau - Porebeton 472 kg/m ³	EPD H+H Porebeton, 472 kg/m³	80	VIF	EPD'en fra H+H udløb 2020-05-15. Denne benyttes dog alligevel, da det er det mest repræsentative datasæt på nuværende tidspunkt. H+H er ved at få udarbejdet en ny EPD, men den er desværre først klar sidst på året.
	Falsede ved vinduer og døre	Porebeton	0,100		19,4	0,100	1,94		100mm falsede	Økobau - Porebeton 472 kg/m ³	EPD H+H Porebeton, 472 kg/m³	80	VIF	EPD'en fra H+H udløb 2020-05-15. Denne benyttes dog alligevel, da det er det mest repræsentative datasæt på nuværende tidspunkt. H+H er ved at få udarbejdet en ny EPD, men den er desværre først klar sidst på året.	
	Vinduer	Trævinduer, hvidmalede (3-lags)			9,9					Økobau - lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	Økobau - lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25			
	Døre	Trædøre, hvidmalede (3-lags)			7,6					Økobau - lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	Økobau - lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25			

10.4 Bilag 4 – Inventory Rækkehus

RÆKKEHUS																		
Bygningsdel	Byggekomponent	Materiale	275 m ²				Kommentarer	Skaleret svarende til 2397 m ²					Proces TRIN 1	Proces TRIN 2	Levetid	Ansvarlig	Antagelser	
			Tykkelse [m]	Areal [m ²]	Volumen [m ³]	Vægt [kg]		Areal [m ²]	Volumen [m ³]	Volumen [m ³]	Vægt [kg/m ²]	Vægt [kg]						
Tag	Tagopbygning	Tagpap		309,2			2 lags tagpapdækning	2690					EPD Phenix tagpap - system 2	EPD Phenix tagpap - syste	50		Der er benyttet en levetid på 50 år for en to-lags SBS-løsning fra Phenix tagpap, da Phenix har fået udarbejdet en uafhængig Teknisk Godkendelse til Anvendelsen - også kendt som en TGA - som hæver det estimerede antal levetår for Phenix Tag Materialers to-lags SBS-løsning til mindst 50 år under forudsætning af, at taget er udført korrekt efter anvisninger i Taghåndbogen.	
		Mineraluld	0,12	309,2				2690	0,120					Okobau - Mineraluld trykfast		50	VIF	
		Mineraluld	0,2	309,2					2690	0,200				Okobau - Mineraluld trykfast		50	VIF	
		Mineraluld (toprock topplade)	0,03	309,2			Disse to linjer mineraluld er for at beregne mængder for Fladt tag isoleret med Toprock system (topplade + lameller) - kun en beregning til TRIN 2	2690	0,030					Rockwool TOPROCK Topplade 30 mm		50	VIF	Disse to linjer med trykfast isolering er benyttet til Rockwool Toprock system. Kun til TRIN 2.
		Mineraluld (toprock lamel)	0,29	309,2			Disse to linjer mineraluld er for at beregne mængder for Fladt tag isoleret med Toprock system (topplade + lameller) - kun en beregning til TRIN 2	2690	0,290					Rockwool TOPROCK Lamel		50	VIF	Der benyttes en Rockwool TOPROCK Topplade på 30 mm og til den resterende tykkelse benyttes Rockwool TOPROCK lamel jf. beskrivelse i Bilag 23.
		Huldæk 180 beton	0,124	309,2	38,3		Beton C45, passiv miljøklasse	2690	0,124	334				Okobau - Betonhuldæk (C45/55)	Optimeret Huldæk FutureCEM	120	Dansk Beton	
		Huldæk 180 spændarmering		309,2		687	Højstyrkestål	2690			2,22	5977		Okobau - stål, armering		120	Dansk Beton	Disse tre erstattes af 1 datasæt
		Huldæk 180 fugearmering		309,2		618	Tentorstål Y550, 2kg armering pr. m2	2690				2	5380	Okobau - stål, armering	Celsa Steel armering	120	Dansk Beton	
		Gipsloft	0,024	309,2			2-lag gips	2690						Okobau - Gipskartonplade 13 mm, hulplade	Gyproc Normal Standard, Plasterboards	40	VIF	
		Udvekslingsbjælke til ovenlys	Stål				120	Konstruktionsstål S235, 10 stk	0				0,39	1044	Okobau - stålprofil	Okobau - stålprofil	120	
Fundament	Betonfundamenter	Fundament, beton			24,8	Beton C30	0					216	Okobau - beton C30/37	Fundament, C30_37 (M) FutureCEM	120	Dansk Beton		
		LECAblok			24,8		0,0					215,8	Okobau - Letklinkerblok	Optimeret letklinkerblok FutureCEM	120	Dansk Beton		
		Fundament, armering			306	Tentorstål Y550, 4Y12+Bj1 Y8/300	0					2659	Okobau - stål, armeringsstål	Celsa Steel armering	120	Dansk Beton		
		Trægulv	0,014	275,5	3,9			2397				34	Okobau - 22 mm stavparket	Okobau - 22 mm stavparket	100			
Terraændæk	Betondæk	Lydrinsmåte	0,0028	275,5				2397					Okobau - Underlag PP	Okobau - Underlag PP	100			
		Terraændæk, beton	0,1	284,3	28,4	Beton C25	2473					247	Okobau - beton C20/25	Terraændæk C16_20 FutureCEM	100	Dansk Beton		
		Terraændæk, armering			2242	Tentorstål Y550, Y8/100 IM						19510	Okobau - stål, armeringsstål	Celsa Steel armering	100			
		Isolering	0,4	284,3	113,7	Polystyren S80	2473					989	Okobau - mineraluld, terræn	Sundolitt EPS Graphite 80	100	VIF	Der er antaget en lineær sammenhæng mellem GWP og tykkelse (faktor 2,6 fra 38 mm til 100 mm – selvom EPD'en skriver det er 31 mm i functional unit for R=1). Dvs. GWP pr. m ² ganges med en faktor 26 (t=1000 mm). Vi har spurgt ind til fejlen mellem 38 mm og 31 mm, hvor svaret tilbage fra COWI, som har udført EPD'en, er, at vi skal gange med en faktor 2,6 for at få GWP pr. 100 mm. Da dette er svaret fra EPD udføreren, benyttes en faktor 26 for at regne GWP pr. m ² for 80 kN/m ² .	
Dæk (internt)	Trægulv	14 mm trægulv	0,014	176,4	2,5			1535				21	Okobau - 22 mm stavparket	Okobau - 22 mm stavparket	100			
		Stoer	0,0042	176,4	0,7	CC 60 cm	1535	0,0042	6				EPD Limtræ konstruktionstræ	EPD Limtræ konstruktionstræ	80			
	Isolering	Mineraluld 45mm	0,042	176,4	7,4			1535	0,042	64				Okobau - Mineraluld alm	ISOVER Formstykker 37	80	VIF	I EPD'en for Isover Formstykker A37 (s. 37) er det beskrevet, at der skal benyttes multiplication factor for at beregne miljødata for forskellige tykkelser. Det ses, at der ikke er en helt lineær sammenhæng mellem tykkelse og multiplication factor, som der er mellem tykkelse og thermal resistance. Vi har modtaget udregninger på GWP pr. m ² , som er beregnet efter en lineær sammenhæng i GWP og tykkelse – dvs. ikke den metode, der er beskrevet i EPD'en. Da det er VIF, der er ansvarlig for produktdata, benyttes deres antagelse om at omregne vha. en lineær sammenhæng mellem tykkelse og GWP (de har brugt thermal resistance til at beregne GWP pr. m ²). Udregninger er fremsendt af ISOVER.
		Huldæk 180 beton	0,124	176,4	21,9	Beton C45, passiv miljøklasse	1527	0,124	190					Okobau - Betonhuldæk (C45/55)	Optimeret Huldæk FutureCEM	120	Dansk Beton	
		Huldæk 180 spændarmering			392	Højstyrkestål				2,22	3410			Okobau - stål, armering		120	Dansk Beton	
Dæk	Huldæk 180 fugearmering			353	Tentorstål Y550, 2kg armering pr. m2					2	3069	Okobau - stål, armering	Celsa Steel armering	120	Dansk Beton			
	Huldæk 180 fugearmering			353	Tentorstål Y550, 2kg armering pr. m2					2	3069	Okobau - stål, armering	Celsa Steel armering	120	Dansk Beton			
Løjlighedsskel	Betonlementvæg (bærende)	Betonvæg, beton	0,2	175,5	35,1	Beton C25, passiv miljøklasse	1527	0,200	305				Okobau - beton C25/30	Optimeret væggement 0,2 m FutureCEM	120	Dansk Beton		
		Betonvæg, armering			2438	Tentorstål Y550, Y8/150 BS BR + 10% bjælker	425	0,150				14	21207	Okobau - stål, armeringsstål	Optimeret væggement 0,2 m FutureCEM	120	Dansk Beton	
Beton-indenvægge - langsgående	Betonlementvæg (stabiliserende)	Betonvæg, beton	0,15	48,9		Beton C25, passiv miljøklasse	425	0,150					Okobau - beton C25/30	Optimeret væggement 0,15 m FutureCEM	120	Dansk Beton		
		Betonvæg, armering			679	Tentorstål Y550, Y8/150 BS BR + 10% bjælker	425	0,150				14	5909	Okobau - stål, armeringsstål	Optimeret væggement 0,15 m FutureCEM	120	Dansk Beton	

Rambøll - CO₂-besparelse ved konventionelt byggeri

Indenvæg - langsgående	Skillevægselementer	15 mm fibergips	0,015	119		Farmacell	1035				EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL, Okobau	EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL, Okobau	40	VIF	
		45x95 mm C24	0,007125	119		CC 60 cm	1035	0,0071			EPD Hewlet konstruktionstræ	EPD Hewlet konstruktionstræ	80		
		Mineraluld	0,039	95			825	0,039			Okobau - Mineraluld alm	ISOVER Formstykker 37	80	VIF	I EPD'en for Isover Formstykker A37 (s. 37) er det beskrevet, at der skal benyttes multiplication factor for at beregne miljødata for forskellige tykkelser. Det ses, at der ikke er en helt lineær sammenhæng mellem tykkelse og multiplication factor, som der er mellem tykkelse og thermal resistance. Vi har modtaget udregninger på GWP pr. m ³ , som er beregnet efter en lineær sammenhæng i GWP og tykkelse – dvs. ikke den metode, der er beskrevet i EPD'en. Da det er VIF, der er ansvarlig for produktdata, benyttes deres antagelse om at omregne vha. en lineær sammenhæng mellem tykkelse og GWP (de har brugt thermal resistance til at beregne GWP pr. m ³). Udregninger er fremsendt af ISOVER.
		15 mm fibergips	0,015	119		Farmacell	1035				EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL, Okobau	EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL, Okobau	40	VIF	
Indenvægge - sekundære	Pladsopbygget	15 mm fibergips	0,015	186		Farmacell	1620	0			EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL, Okobau	EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL, Okobau	40	VIF	
		75 mm stålskelet	0,075	186		CC 45 cm, antaget 1,96kg/m2	1620	0	1,96		Okobau - Stålskelet	Okobau - Stålskelet	100		
		Mineraluld	0,043	121			1550	0,043	0		Okobau - Mineraluld alm	ISOVER Formstykker 37	80	VIF	I EPD'en for Isover Formstykker A37 (s. 37) er det beskrevet, at der skal benyttes multiplication factor for at beregne miljødata for forskellige tykkelser. Det ses, at der ikke er en helt lineær sammenhæng mellem tykkelse og multiplication factor, som der er mellem tykkelse og thermal resistance. Vi har modtaget udregninger på GWP pr. m ³ , som er beregnet efter en lineær sammenhæng i GWP og tykkelse – dvs. ikke den metode, der er beskrevet i EPD'en. Da det er VIF, der er ansvarlig for produktdata, benyttes deres antagelse om at omregne vha. en lineær sammenhæng mellem tykkelse og GWP (de har brugt thermal resistance til at beregne GWP pr. m ³). Udregninger er fremsendt af ISOVER.
		15 mm fibergips	0,015	186		Farmacell	1620	0			EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL, Okobau	EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL, Okobau	40	VIF	
Ydenvæg	Vinduer / døre, samlet	Bruttoareal, samlet		326,4			2839	0							
		3 lag glas - træ alu	97,7		STM	790	0			Okobau - Vinduesprofil, kam, træ, hvidmalet + Vinduesprofil, kam, alu. Pulverlak, Energrude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	Okobau - Vinduesprofil, kam, træ, hvidmalet + Vinduesprofil, kam, alu. Pulverlak, Energrude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	25			
	Facadevægge (ikke bærende)	108mm, teglsten	0,108	145,1	15,7		1323	0,093	136		Okobau - tegl, formur	Teglsten	120	Danske Tegl	Der er benyttet en mængde på mursten på 0,093 m ³ /m ² if standardopbygningen: "Ydenvæg m. mineraluldsisolering og murværk (310 mm)" i LCAByg. Denne mængde benyttes i Trin 1 og Trin 2. Det er fra Danske Tegl oplyst, at densiteten på den benyttede teglsten er 10% mindre end standard densiteten, svarende til 1620 kg/m ³ .
		Mørtel	0,022				1323	0,022			Okobau - mørtel formur		120	Danske Tegl	Mørtelbruget er antaget til 0,022 m ³ /m ² murstensydenvæg if. mængde i standardopbygningen: "Ydenvæg m. mineraluldsisolering og murværk (310 mm)" i LCAByg. Denne mængde benyttes i Trin 1. Til den benyttede teglsten er det fra Danske Tegl oplyst, at der skal benyttes 10% mere mørtel hvilket svarer til et mørtel forbrug på 0,0242 m ³ /m ² i Trin 2.
		Mørtel	0,022				1323	0,024				Funktionsmørtel FM5	120	Danske Tegl	Densiteten på Funktionsmørtel FM5, som vi benytter i Trin 2, er ikke angivet i Webers EPD (eller på deres hjemmeside). Der er derfor antaget en densitet på 1600 kg/m ³ ud fra "Funktionsmørtel M3/M5/M10" fra MARLON Tarmørtel A/S. Der er ligeledes ikke angivet EoL i EPD'en, hvorfor der er benyttet generisk data fra Okobaudat til EoL.
		Murbindere, rustfri			9,7		1323	0	0,064	84	Okobau - beslag mv, stål	Okobau - beslag mv, stål	120		
		Mineraluld	0,2	145,1	29,0		250mm isolering inkl. fastgørelse	1323	0,19	252		Okobau - mineraluld, alm	ISOVER Murflit 37	80	VIF
Porebetonvæg	0,10	145,1	14,5		100mm porebeton	1323	0,095	126		Okobau - Porebeton 380 kg/m ³	EPD H+H Porebeton, 380 kg/m ³	80	VIF	EPD'en fra H+H udløb 2020-05-15. Denne benyttes dog alligevel, da det er det mest repræsentative datasæt på nuværende tidspunkt. H+H er ved at få udarbejdet en ny EPD, men den er desværre først klar sidst på året.	

Ydenvæg	Gavkæbbe (bærende)	108mm, teglsten	0,108	83,6	9,0		762	0,093	79	0	Økobau - tegl, formur	Teglsten	120	Danske Tegl	Der er benyttet en mængde på mursten på 0,093 m ³ /m ² if standardopbygningen. * Ydenvæg m. mineraluldsisolering og murværk (310 mm) i LCAByg. Denne mængde benyttes i Trin 1 og Trin 2. Det er fra Danske Tegl oplyst, at densiteten på den benyttede teglsten er 10% mindre end standard densiteten, svarende til 1620 kg/m ³ .	
		Mørtel						0,022			Økobau - mørtel formur		120	Danske Tegl	Mørtelforbruget er antaget til 0,022 m ³ /m ² murstensydenvæg if. mængde i standardopbygningen. * Ydenvæg m. mineraluldsisolering og murværk (310 mm) i LCAByg. Denne mængde benyttes i Trin 1. Til den benyttede teglsten er det fra Danske Tegl oplyst, at der skal benyttes 10% mere mørtel hvilket svarer til et mørtel forbrug på 0,0242 m ³ /m ² i Trin 2.	
		Mørtel					762	0,024				Funktionsmørtel FM5	120	Danske Tegl	Densiteten på Funktionsmørtel FM5, som vi benytter i Trin 2, er ikke angivet i Webers EPD (eller på dens hjemmeside). Der er derfor antaget en densitet på 1600 kg/m ³ ud fra Funktionsmørtel M3/M5/M10 fra MARLON Tørmørtel A/S. Der er ligeledes ikke angivet EoL i EPD'en, hvorfor der er benyttet generisk data fra Okobaudat til EoL.	
		Murbindere, rustfri			5,6		762		0	0,064	48	Økobau - beslag mv, stål	Økobau - beslag mv, stål	120		
		Mineraluld	0,22	83,6	18,4	250mm isolering inkl. fastgørelse	762	0,220	160	0	Økobau - mineraluld, aim	ISOVER_Murflit_3Z	80	VIF	I EPD'en for Isover Murflit A37 (s. 11) er det beskrevet, at der skal benyttes multiplication factor for at beregne miljødata for forskellige tykkelser. Det ses, at der ikke er en helt lineær sammenhæng mellem tykkelse og multiplication factor, som der er mellem tykkelse og thermal resistance. Vi har modtaget udregninger på GWP pr. m ² , som er beregnet efter en lineær sammenhæng i GWP og tykkelse – dvs. ikke den metode, der er beskrevet i EPD'en. Da det er VIF, der er ansvarlig for produktdata, benyttes deres antagelse om at omregne vha. en lineær sammenhæng mellem tykkelse og GWP (de har brugt thermal resistance til at beregne GWP pr. m ²). Udregninger er fremsendt af ISOVER.	
		Betonvæg, beton	0,15	83,6	12,5	150mm beton C25	762	0,150	109	0	Økobau - beton C25/30	Optimeret vægelement	120	Dansk Beton		
		Betonvæg, armering				1161 Tentorstål Y550, Y8/150 BS BR + 10% bæjler	0		0	13	10102	Økobau - stål, armeringsstål	0,15 m FutreCEM	120	Dansk Beton	

10.5 Bilag 5 – Inventory Etagebolig

ETAGEBOLIGER																
Bygningsdel	Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal samlet [m ²]	Volumen samlet [m ³]	[m ² /m ²]	Vægt samlet [kg]	Vægt samlet [kg/m ²]	Kommentarer	Materiale/EPD Reference	Implementeret i LCABbyg	Proces TRIN 1	Proces TRIN 2	Levelid	Ansvarlig	Antagelser
	Bruttoareal															
Fundament	Stribefundamenter	Beton, passiv 25 Mpa	0,8	216,78	173,424		433.560,00	0,80			x	Okobau - Beton C30/37	Fundament, C30_37 (M) FutureCEM	120	Dansk Beton	
	Armering			216,78			1.214	7 kg/m ³			x	Okobau - Stål, armeringsstål	Celsa Steel armering	120	Dansk Beton	Armering er tilføjet i Trin 1 j. Bilag fra teknologisk institut (Dansk Beton), hvori det er beskrevet at der er regnet med en armering på 7 kg/m ²
Terrændæk	Gulv	Parketgulv	0,007	1743,3	12,2031		7.932,02				x	Okobau - Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	Okobau - Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	100		
	Opklodsning Kerfo LVL	Lamineret gran	0,04	1743,3	4,93	0,00283	3.201,62		Opklodsning pr. max 600		x	EPD Limtræ konstruktionstræ	EPD Limtræ konstruktionstræ	100		
	Terrændæk	Beton, moderat 25 Mpa	0,15	1743,3	261,495		663.737,50				x	Okobau - Beton C20/25	Terrændæk C16_20 FutureCEM	100	Dansk Beton	
	Armering	B550		1743,3	0		15.203,32	8,72	K8/20H+K8/175		x	Okobau - Stål, armeringsstål	Celsa Steel armering	100	Dansk Beton	
	Isolering	Polystyren klasse 37		0,3	1743,3	522,99		13.074,75			x	Okobau - Mineraluld, tømn	Sundolitt EPS Graphite 80	100	VIF	Der er antaget en lineær sammenhæng mellem GWP og tykkelse (faktor 2,6 fra 38 mm til 100 mm – selvom EPD'en skriver det er 31 mm i functional unit for R=1). Dvs. GWP pr. m ² ganges med en faktor 2,6 (≈1000 mm). Vi har spurgt spurg ind til fejlen mellem 38 mm og 31 mm, hvor svaret tilbage fra COWI, som har udført EPD'en, er, at vi skal gange med en faktor 2,6 for at få GWP pr. 100 mm. Da dette er svaret fra EPD udbyderen, benyttes en faktor 2,6 for at regne GWP pr. m ² for 80 kWh/m ² .
Ydervægge	Beklædning	Keramisk skifer	0,02	1554,6	31,092				Som eksisterende		x	Okobau - Skifer	Okobau - Skifer	120		
	Facade montage system	Aluminium skinnesystem	0,03					3,00			x	Okobau - Aluminiumprofil	Okobau - Aluminiumprofil	100		
	Isolering	REDAir batts	0,3	1554,6	466,38		11.659,50		Egenvægt 25 kg antaget		x	Okobau - Mineraluld, alm	Rockwool RedAir Batt	80	VIF	På side 2 i EPD'en for REDAIR er der en beskrivelse, som henviser til, at Rockwool har specific data til forskellige isoleringstykkelser for REDAIR batts. Data fremsendt af Rockwool i excel ark indeholder GWP-værdier for de forskellige isoleringstykkelser, som er benyttet i disse beregninger. Vi har ikke mulighed for at se hver dataen stammer fra, men det er Rockwool, der står til ansvar for dette.
	Dampspærre	PE-folie	0,0002	1554,6	0,31092						x	Okobau - Dampspærre PE pr. m ²	Okobau - Dampspærre PE pr. m ²	80		
	Ydervægge, beton	Beton, passiv 25 MPa	0,18	1554,6	279,828		699.570,00				x	Okobau - Beton C25/30	Optimeret vægelement 0,15-0,20 m FutureCEM	120	Dansk Beton	
Indervægge, beton	Armering	Stål B500					13.389,77	8,61	K10/225+K8/275		x	Okobau - Stål, armeringsstål	Okobau - Stål, armeringsstål	120	Dansk Beton	
	Beton væg	Beton, passiv 25 MPa	0,2	1003	200,6		501.500,00				x	Okobau - Beton C25/30	Optimeret vægelement 0,2 m FutureCEM	100	Dansk Beton	
Indervægge, let	Armering	Stål B500		1003			9.644,85	9,62	K10/200+K8/250		x	Okobau - Stål, armeringsstål	Okobau - Stål, armeringsstål	100	Dansk Beton	
	Gips, 4 lag i alt		0,05	1694,9	84,745		97.456,75				x	Okobau - Gipskartonplade, brændingsregneret	Lygbit Normal Standard Plasterboard	50	VIF	
	Isolering, 2 lag	Rockwool skillevegsbatts	0,14	1694,9	237,286		5.932,15				x	Okobau - Mineraluld, alm	ISOVER Formstykker 37	80	VIF	I EPD'en for Isover Formstykker A37 (s. 37) er det beskrevet, at der skal benyttes multiplication factor for at beregne miljødata for forskellige tykkelser. Det ses, at der ikke er en helt lineær sammenhæng mellem tykkelse og multiplication factor, som der er mellem tykkelse og thermal resistance. Vi har modtaget udregninger på GWP pr. m ² , som er beregnet efter en lineær sammenhæng i GWP og tykkelse – dvs. ikke den metode, der er beskrevet i EPD'en. Da det er VIF, der er ansvarlig for produktdata, benyttes deres antagelse om at omregne via, en lineær sammenhæng mellem tykkelse og GWP (de har brugt thermal resistance til at beregne GWP pr. m ²). Udregninger er fremsendt af ISOVER.
	Stålskinne	Stål m/ 4 mm polyethen	0,00046	0	0		1.219,20	0,72			x	Okobau - Stålstælle	Okobau - Stålstælle	80		
	Stålstøpe	Stål	0,00046	0	0		3.982,80	2,35			x	Okobau - Stålstøbe	Okobau - Stålstøbe	80		
Etageadskillelse	Gulv	Parketgulv	0,007	4493,3	31,4531		20.444,52				x	Okobau - Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	Okobau - Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	80		
	Opklodsning Kerfo LVL	Lamineret gran	0,04	4493,3	14,78		9.604,87	0,003 m ³ /m ²	Opklodsning pr. max 600		x	EPD Limtræ konstruktionstræ	EPD Limtræ konstruktionstræ	100		
	Huldeæk, DE220	Beton, passiv 40 Mpa	0,22	4493,3	988,526		1.392.923,00				x	Okobau - Betonhuldeæk (C45/55)	Optimeret Huldeæk FutureCEM	100	Dansk Beton	
	Armering			4493,3			8.987	2,00			x	Okobau - Stål, armeringsstål	Celsa Steel armering	100	Dansk Beton	Armering er tilføjet i Trin 1 j. Bilag fra teknologisk (Dansk Beton), hvori det er beskrevet at der er regnet med en armering på 2 kg/m ²

Rambøll - CO₂-beregning ved konventionelt byggeri

Altan	Terrassebeklædning	Varmebehandlet træ	0,026	506,8									x	EPD terrasse brædder	EPD terrasse brædder	80			
	Terrasse stroer	Lægteunderlag	0,070	506,8			0,001						x	EPD Sævet og tørrede, konstruktionstræ	EPD Sævet og tørrede, konstruktionstræ	80			
	Tagpap			506,8									x	EPD Phenix tagpap - system 2	EPD Phenix tagpap - system 2	50		Der er benyttet en levetid på 50 år for en to-lags SBS-løsning fra Phenix tagpap, da Phenix har fået udtarbedet en uafhængig Teknisk Godkendelse til Anvendelsen - også kendt som en TGA - som har det estimerede antal levetår for Phenix Tag Materialers to-lags SBS-løsning til mindst 50 år under forudsætning af, at taget er udtarbedt korrekt efter anvisninger i Taghåndbogen.	
	Tagpap-underpap	Bitume underpap	0,0024										x	Okobau - Tagpap base	Okobau - Tagpap base	50			
	Trykfast isolering	Klasse 37	0,400	506,8	202,72				5.068,00				x	Okobau - Mineraluld, trykfast		50	VIF		
	Trykfast isolering (toprock topplade)		0,030	506,8									x		Rockwool TOPROCK Topplade 30 mm	50	VIF	Disse to linjer med trykfast isolering er benyttet til Rockwool Toprock system. Kun til TRIN 2.	
	Trykfast isolering (toprock lamel)		0,370	506,8									x		Rockwool TOPROCK Lamel	50	VIF	Der benyttes en Rockwool TOPROCK Topplade på 30 mm og til den resterende tykkelse benyttes Rockwool TOPROCK lamel (f. beskrivelse i Bilag 23.	
	Dampspærre	PE-folie	0,0002	506,8					50,68				x	Okobau - Dampspærre PE pr m ²	Okobau - Dampspærre PE pr m ²	80			
	Huldæk, DE220	Beton, passiv 40 Mpa	0,22	506,8			0,132		157.108,00				x	Okobau - Betonhuldæk (C45/55)	Optimeret Huldæk FutureCEM	120		Dansk Beton	
	Armering			506,8					1.014	2,00			x	Okobau - Stål, armeringsstål	Celsa Steel armering	120		Dansk Beton	
Tagkonstruktion	Tagpap, 2 lag		0,026	1308,4	34,0184			85.046,00			Som eksisterende		x	EPD Phenix tagpap - system 2	EPD Phenix tagpap - system 2	50		Der er benyttet en levetid på 50 år for en to-lags SBS-løsning fra Phenix tagpap, da Phenix har fået udtarbedet en uafhængig Teknisk Godkendelse til Anvendelsen - også kendt som en TGA - som har det estimerede antal levetår for Phenix Tag Materialers to-lags SBS-løsning til mindst 50 år under forudsætning af, at taget er udtarbedt korrekt efter anvisninger i Taghåndbogen.	
	21 mm tagkrydsfliser		0,021	1308,4	27,4764						Som eksisterende		x	EPD krydsfliser	EPD krydsfliser	80			
	Isolering	Klasse 37	0,400	1308,4	523,36			13.084,00					x	Okobau - Mineraluld, trykfast		80	VIF		
	Isolering (toprock topplade)		0,030	1308,4									x		Rockwool TOPROCK Topplade 30 mm	80	VIF	Disse to linjer med trykfast isolering er benyttet til Rockwool Toprock system. Kun til TRIN 2.	
	Isolering (toprock lamel)		0,370	1308,4									x		Rockwool TOPROCK Lamel	80	VIF	Der benyttes en Rockwool TOPROCK Topplade på 30 mm og til den resterende tykkelse benyttes Rockwool TOPROCK lamel (f. beskrivelse i Bilag 23.	
	Dampspærre	PE-folie	0,0002	1308,4					130,84			Som eksisterende		x	Okobau - Dampspærre PE pr m ²	Okobau - Dampspærre PE pr m ²	80		
	Huldæk, DE220	Beton, passiv 40 Mpa	0,22	1308,4			0,132		405.604,00				x	Okobau - Betonhuldæk (C45/55)	Optimeret Huldæk FutureCEM	80		Dansk Beton	
Armering			1308,4					2.617	2,00			x	Okobau - Stål, armeringsstål	Celsa Steel armering	80		Dansk Beton		
Facade (REDair MULTI system)	Beklædning	Keramisk skiffer	0,02	2928,6	58,572						25 kg/m ²		x	Okobau - Skiffer	Okobau - Skiffer	120			
	Facade montage system	Aluminium skinnesystem								3	Skinne pr. 600 mm		x	Okobau - Aluminiumprofil	Okobau - Aluminiumprofil	100			
	Ytong Element	Porebeton	0,1	2928,6	292,86			168.394,50				Densitet 575		x	Okobau - Porebeton 472 kg/m ³	EPD H+H Porebeton, 472 kg/m ³	80	VIF	EPD'en fra H+H udgav 2020-05-15. Denne benyttes dog alligevel, da det er det mest repræsentative datasæt på nuværende tidspunkt. H+H er ved at få udtarbedet en ny EPD, men den er desværre først klar sidst på året.
	Isolering	REDair batts	0,3	2928,6	878,58			21.964,50						x	Okobau - Mineraluld, alm	Rockwool RedAir Batts	80	VIF	På side 2 i EPD'en for REDAir er der en beskrivelse, som henviser til, at Rockwool har specifik data til forskellige isoleringstykkelser for REDAir batts. Data fremsendt af Rockwool i excel ark indeholder GWP-værdier for de forskellige isoleringstykkelser, som er benyttet i disse beregninger. Vi har ikke mulighed for at se hvor dataen stammer fra, men det er Rockwool, der står til ansvar for dette.
Kantbjælker	Peikko DELTABEAM DR22-250	Stål	0,01		0			4.670,75					x	Okobau - Stålpjælke	Okobau - Stålpjælke	100			
	Peikko DELTABEAM D22-300	Stål	0,01		0			423,90					x	Okobau - Stålpjælke	Okobau - Stålpjælke	100			
Vinduer og døre	Vinduer	Træ/alu vinduer		802									x	Okobau - Lavenergrude (3-lags) med træ/alu ramme og karm	Okobau - Lavenergrude (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25			
	Døre	Træ/alu døre		256									x	Okobau - Lavenergrude (3-lags) med træ/alu ramme og karm	Okobau - Lavenergrude (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25			

10.6 Bilag 6 – Resultater Enfamiliehus

ENFAMILIEHUS - RESULTATER – INDDLT PÅ BYGNINGSDELE OG LIVSCYKLUSMODULER

Tabel 13 – Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele for Enfamiliehus.

Enfamiliehus	Fundament	Indervæg	Tag	Terrændæk	Vinduer	Ydervæg	Total
[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]							
Trin 1_gen	0,720	0,318	0,855	1,38	0,591	1,62	5,48
Trin 1_pro	0,573	0,302	0,520	0,917	0,591	0,909	3,81

Tabel 14 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på livscyklusmoduler for Enfamiliehus.

Enfamiliehus	A1-3	B4	C3	C4	Total
[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]					
Trin 1_gen	4,07	0,295	1,05	0,0642	5,48
Trin 1_pro	2,10	0,295	1,37	0,0405	3,81

10.7 Bilag 7 – Resultater Rækkehus

RÆKKEHUS - RESULTATER – INDDELT PÅ BYGNINGSDELE OG LIVSCYKLUSMODULER

Tabel 15 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele for Rækkehus.

Rækkehus	Dæk	Fundament	Indervæg	Tag	Terrændæk	Vinduer	Ydervæg	Total
[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]								
Trin 1_gen	0,456	0,599	0,536	2,08	1,2	0,90	1,14	6,95
Trin 1_pro	0,409	0,450	0,590	1,35	0,834	0,896	0,744	5,27

Tabel 16 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på livscyklusmoduler for Rækkehus.

Rækkehus	A1-3	B4	C3	C4	Total
[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]					
Trin 1_gen	5,62	0,448	0,853	0,0339	6,95
Trin 1_pro	3,64	0,448	1,16	0,0172	5,27

10.8 Bilag 8 – Resultater Etagebolig

ETAGEBOLIG – RESULTATER – INDELTE PÅ BYGNINGSDELE OG LIVSCYKLUSMODULER

Tabel 17 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele for Etagebolig.

Etagebolig	Dæk	Fundament	Indervæg	Tag	Terrændæk	Vinduer	Ydervæg	Total
[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]								
Trin 1_gen	0,771	0,133	0,262	0,920	0,481	0,612	1,32	4,50
Trin 1_pro	0,699	0,106	0,275	0,575	0,346	0,612	1,26	3,88

Tabel 18 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på livscyklusmoduler for Etagebolig.

Etagebolig	A1-3	B4	C3	C4	Total
[kg CO ₂ -ækv./m ² /år]					
Trin 1_gen	3,57	0,306	0,559	0,0623	4,50
Trin 1_pro	2,82	0,306	0,670	0,0784	3,88

10.9 Bilag 9 – Mængder Enfamiliehus, Trin 1_gen

ENFAMILIEHUS – MÆNGDER TRIN 1_GEN

Beskrivelse	Navn	Indtastet mængde	Beregnet mængde	Vægt
Sum	Bygningsdele			109.306,12 kg
Hovedgruppe	Bygningsbasis			64.749,17 kg
Type	Fundament			35.999,09 kg
Bygningsdel	S1 Randfundament_beton + lecablokke	1,00 stk.		31.656,00 kg
Konstruktion	Randfundament_beton + lecablokke			31.656,00 kg
Byggevarer	Beton C20/25	13,19 m ³ /stk.	13,19 m ³	31.656,00 kg
Bygningsdel	S1 Sokkel	1,00 stk.		4.343,09 kg
Konstruktion	S1 Sokkel			4.343,09 kg
Byggevarer	Mineraluld, terræn	2,52 m ³ /stk.	2,52 m ³	214,20 kg
Byggevarer	Letklynkebeton, bagmur	5,89 m ³ /stk.	5,89 m ³	4.128,89 kg
Type	Terrændæk			28.750,08 kg
Bygningsdel	S1, S2.a Terrændæk_beton_ESP_klinkegulv	1,00 stk.		28.750,08 kg
Konstruktion	Terrændæk_beton_ESP_klinkegulv			28.750,08 kg
Byggevarer	Keramikfliser, u-glaseret	0,50 m ³ /stk.	0,50 m ³	998,00 kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	99,80 m ² /stk.	99,80 m ²	19,96 kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	599,00 kg/stk.	599,00 kg	599,00 kg
Byggevarer	Beton C20/25	9,98 m ³ /stk.	9,98 m ³	23.952,00 kg
Byggevarer	Mineraluld, terræn	37,42 m ³ /stk.	37,42 m ³	3.181,12 kg
Hovedgruppe	Primære bygningsdele			43.951,46 kg
Type	Ydervæg			29.309,90 kg
Bygningsdel	S1 Ydervæg_porebeton + skalmur	111,00 m ²		5.880,23 kg
Konstruktion	Ydervæg_porebeton + skalmur			5.880,23 kg
Byggevarer	Porebeton 472 kg/m ³	0,10 m ³ /m ²	11,10 m ³	5.239,20 kg
Byggevarer	Mineraluld, alm	0,22 m ³ /m ²	24,42 m ³	641,02 kg
Bygningsdel	S1 Ydervæg_porebeton - bjælker + false ved vinduer	1,00 stk.		1.175,28 kg
Konstruktion	Ydervæg_porebeton - bjælker + false ved vinduer			1.175,28 kg
Byggevarer	Porebeton 472 kg/m ³	0,55 m ³ /stk.	0,55 m ³	259,60 kg
Byggevarer	Porebeton 472 kg/m ³	1,94 m ³ /stk.	1,94 m ³	915,68 kg
Bygningsdel	S1, S2.a - Teglstens facade	111,00 m ²		22.254,39 kg
Konstruktion	Teglstens facade			22.254,39 kg
Byggevarer	Teglsten, formur	0,09 m ³ /m ²	10,32 m ³	18.581,40 kg
Byggevarer	Beslag mv, stål	0,09 kg/m ²	9,99 kg	9,99 kg
Byggevarer	Mørtel, muremørtel, formurs mørtel	0,02 m ³ /m ²	2,44 m ³	3.663,00 kg
Type	Indervæg			3.659,40 kg
Bygningsdel	S1 Indervæg_gasbeton	96,30 m ²		3.659,40 kg
Konstruktion	Indervæg_gasbeton			3.659,40 kg
Byggevarer	Porebeton 380 kg/m ³	0,10 m ³ /m ²	9,63 m ³	3.659,40 kg
Type	Tag			10.982,17 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Tagelement_saddeltag + gitterspær + tegl	178,40 m ²		7.681,19 kg
Konstruktion	Tagelement_saddeltag + gitterspær + tegl			7.681,19 kg
Byggevarer	Tagsten, beton	25,00 kg/m ²	4.460,00 kg	4.460,00 kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	178,40 m ²	35,68 kg
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,01 m ³ /m ²	1,25 m ³	569,45 kg
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,01 m ³ /m ²	2,14 m ³	1.070,40 kg
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	0,54 m ³	244,05 kg
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,02 m ³ /m ²	2,85 m ³	1.301,61 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b Tagelement_gipsloft + mineraluld	112,50 m ²		3.300,98 kg
Konstruktion	Tagelement_gipsloft + mineraluld			3.300,98 kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	112,50 m ²	22,50 kg
Byggevarer	Savet og tørrede konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,01 m ³ /m ²	0,79 m ³	359,10 kg
Byggevarer	Gipskartonplade 13 mm, hulplade	1,00 m ² /m ²	112,50 m ²	956,25 kg
Byggevarer	Mineraluld, løs	0,35 m ³ /m ²	39,26 m ³	1.963,13 kg
Hovedgruppe	Komplettering			605,49 kg
Type	Vinduer			605,49 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Vinduer_3lags	17,50 m ²		605,49 kg
Konstruktion	Lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm			605,49 kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	7,00 kg/m ²	122,50 kg	159,25 kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu. pulverlak.	1,50 kg/m ²	26,25 kg	26,24 kg
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1,20 m ² /m ²	21,00 m ²	420,00 kg

10.10 Bilag 10 - Mængder Enfamiliehus, Trin 1_pro

ENFAMILIEHUS – MÆNGDER TRIN 1_PRO

Beskrivelse	Navn	Indtastet mængde	Beregnet mængde	Vægt
Sum	Bygningsdele			99.963,05 kg
Hovedgruppe	Bygningsbasis			57.829,98 kg
Type	Fundament			33.199,06 kg
Bygningsdel	S1 Randfundament_beton + lecablokke	1,00 stk.		29.624,74 kg
Konstruktion	Randfundament_beton + lecablokke			29.624,74 kg
Byggevarer	Fundament C16/20 FutureCEM	13,19 m ³ /stk.	13,19 m ³	29.624,74 kg
Bygningsdel	S1 Sokkel	1,00 stk.		3.574,32 kg
Konstruktion	S1 Sokkel			3.574,32 kg
Byggevarer	Optimeret letklinkerblok FutureCEM	5,89 m ³ /stk.	5,89 m ³	3.534,00 kg
Byggevarer	Sundolitt EPS Graphite 80	2,52 m ³ /stk.	2,52 m ³	40,32 kg
Type	Terrændæk			24.630,92 kg
Bygningsdel	S1, S2.a Terrændæk_beton_ESP_klinkegulv	1,00 stk.		24.630,92 kg
Konstruktion	Terrændæk_beton_ESP_klinkegulv			24.630,92 kg
Byggevarer	Keramikfliser, u-glaseret	0,50 m ³ /stk.	0,50 m ³	998,00 kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	99,80 m ² /stk.	99,80 m ²	19,96 kg
Byggevarer	Terrændæk C16/20 FutureCEM	9,98 m ³ /stk.	9,98 m ³	22.415,08 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	599,00 kg/stk.	599,00 kg	599,00 kg
Byggevarer	Sundolitt EPS Graphite 80	37,43 m ³ /stk.	37,43 m ³	598,88 kg
Hovedgruppe	Primære bygningsdele			41.527,58 kg
Type	Ydervæg			23.565,56 kg
Bygningsdel	S1 Ydervæg_porebeton + skalmur	111,00 m ²		5.654,34 kg
Konstruktion	Ydervæg_porebeton + skalmur			5.654,34 kg
Byggevarer	Isover Murfilt 37	0,22 m ³ /m ²	24,42 m ³	415,14 kg
Byggevarer	H+H Porebeton 472 kg/m ³	0,10 m ³ /m ²	11,10 m ³	5.239,20 kg
Bygningsdel	S1 Ydervæg_porebeton - bjælker + false ved vinduer	1,00 stk.		1.175,28 kg
Konstruktion	Ydervæg_porebeton - bjælker + false ved vinduer			1.175,28 kg
Byggevarer	H+H Porebeton 472 kg/m ³	0,55 m ³ /stk.	0,55 m ³	259,60 kg
Byggevarer	H+H Porebeton 472 kg/m ³	1,94 m ³ /stk.	1,94 m ³	915,68 kg
Bygningsdel	S1, S2.a - Teglstens facade	111,00 m ²		16.735,94 kg
Konstruktion	Teglstens facade			16.735,94 kg
Byggevarer	Beslag mv, stål	0,09 kg/m ²	9,99 kg	9,99 kg
Byggevarer	Teglsten	0,09 m ³ /m ²	10,32 m ³	16.723,26 kg
Byggevarer	Funktionsmørtel FM5	0,02 kg/m ²	2,69 kg	2,69 kg
Type	Indervæg			3.659,40 kg
Bygningsdel	S1 Indervæg_gasbeton	96,30 m ²		3.659,40 kg
Konstruktion	Indervæg_gasbeton			3.659,40 kg
Byggevarer	H+H Porebeton 380 kg/m ³	0,10 m ³ /m ²	9,63 m ³	3.659,40 kg
Type	Tag			14.302,63 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Tagelement_saddeltag + gitterspær + tegl	178,40 m ²		12.319,59 kg
Konstruktion	Tagelement_saddeltag + gitterspær + tegl			12.319,59 kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	178,40 m ²	35,68 kg
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,01 m ³ /m ²	1,25 m ³	569,45 kg
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,01 m ³ /m ²	2,14 m ³	1.070,40 kg
Byggevarer	Randers Tegl - Tagsten Ideal Variabel	1,00 m ² /m ²	178,40 m ²	9.098,40 kg
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	0,54 m ³	244,05 kg
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,02 m ³ /m ²	2,85 m ³	1.301,61 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b Tagelement_gipsloft + mineraluld	112,50 m ²		1.983,04 kg
Konstruktion	Tagelement_gipsloft + mineraluld			1.983,04 kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	112,50 m ²	22,50 kg
Byggevarer	Savet og tørrede konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,01 m ³ /m ²	0,79 m ³	359,10 kg
Byggevarer	Isover Insulsafe	0,35 m ³ /m ²	39,26 m ³	588,94 kg
Byggevarer	Gips_Gyproc_Normal_StandardPlasterboard	1,00 m ² /m ²	112,50 m ²	1.012,50 kg
Hovedgruppe	Komplettering			605,49 kg
Type	Vinduer			605,49 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Vinduer_3lags	17,50 m ²		605,49 kg
Konstruktion	Lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm			605,49 kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	7,00 kg/m ²	122,50 kg	159,25 kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu. pulverlak.	1,50 kg/m ²	26,25 kg	26,24 kg
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1,20 m ² /m ²	21,00 m ²	420,00 kg

10.11 Bilag 11 – Resultater GWP Enfamiliehus, Trin 1_gen

ENFAMILIEHUS – RESULTATER GWP-UDTRÆK FRA LCABYGG TRIN 1_GEN

Beskrivelse	Navn	Total Udskiftninger	Total	Total	Total	Total	Total	Total
			GWP	GWP	GWP	GWP	GWP	GWP
			A1_3	B4	B6	C3	C4	SUM
			kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.
Sum	Bygning	-	2,36E+04	1,71E+03	0,00E+00	6,08E+03	3,72E+02	3,18E+04
Sum	Drift	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug el	El	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug varme	Varme	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sum	Bygningsdele	-	2,36E+04	1,71E+03	0,00E+00	6,08E+03	3,72E+02	3,18E+04
Hovedgruppe	Bygningsbasis	-	1,19E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,63E+02	1,21E+02	1,22E+04
Type	Fundament	-	4,08E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,76E+01	3,46E+00	4,18E+03
Bygningsdel	S1 Randfundament_beton + lecablokke	-	2,35E+03	0,00E+00	0,00E+00	8,64E+01	0,00E+00	2,43E+03
Konstruktion	Randfundament_beton + lecablokke	-	2,35E+03	0,00E+00	0,00E+00	8,64E+01	0,00E+00	2,43E+03
Byggevarer	Beton C20/25	0	2,35E+03	0,00E+00	0,00E+00	8,64E+01	0,00E+00	2,43E+03
Bygningsdel	S1 Sokkel	-	1,73E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,13E+01	3,46E+00	1,74E+03
Konstruktion	S1 Sokkel	-	1,73E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,13E+01	3,46E+00	1,74E+03
Byggevarer	Mineraluld, terræn	0	3,50E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,46E+00	3,53E+02
Byggevarer	Letklinkebeton, bagmur	0	1,38E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,13E+01	0,00E+00	1,39E+03
Type	Terrændæk	-	7,81E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,53E+01	1,18E+02	8,00E+03
Bygningsdel	S1, S2.a Terrændæk_beton_ESP_klinkegulv	-	7,81E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,53E+01	1,18E+02	8,00E+03
Konstruktion	Terrændæk_beton_ESP_klinkegulv	-	7,81E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,53E+01	1,18E+02	8,00E+03
Byggevarer	Keramikfliser, u-glaseret	0	3,51E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,61E+01	3,67E+02
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	0	4,46E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,04E+01	9,50E+01
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	4,49E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,49E+02
Byggevarer	Beton C20/25	0	1,78E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,53E+01	0,00E+00	1,84E+03
Byggevarer	Mineraluld, terræn	0	5,19E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,13E+01	5,24E+03
Hovedgruppe	Primære bygningsdele	-	1,03E+04	0,00E+00	0,00E+00	5,63E+03	2,45E+02	1,62E+04
Type	Ydervæg	-	9,26E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,82E+01	6,68E+01	9,40E+03
Bygningsdel	S1 Ydervæg_porebeton + skalmur	-	3,57E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,43E+01	1,03E+01	3,60E+03
Konstruktion	Ydervæg_porebeton + skalmur	-	3,57E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,43E+01	1,03E+01	3,60E+03
Byggevarer	Porebeton 472 kg/m ³	0	2,56E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,43E+01	0,00E+00	2,57E+03
Byggevarer	Mineraluld, alm	0	1,02E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,03E+01	1,03E+03
Bygningsdel	S1 Ydervæg_porebeton - bjælker + false ved vinduer	-	5,74E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,21E+00	0,00E+00	5,77E+02
Konstruktion	Ydervæg_porebeton - bjælker + false ved vinduer	-	5,74E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,21E+00	0,00E+00	5,77E+02
Byggevarer	Porebeton 472 kg/m ³	0	1,27E+02	0,00E+00	0,00E+00	7,08E-01	0,00E+00	1,27E+02
Byggevarer	Porebeton 472 kg/m ³	0	4,47E+02	0,00E+00	0,00E+00	2,50E+00	0,00E+00	4,49E+02
Bygningsdel	S1, S2.a - Teglstens facade	-	5,12E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,07E+01	5,64E+01	5,22E+03
Konstruktion	Teglstens facade	-	5,12E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,07E+01	5,64E+01	5,22E+03
Byggevarer	Teglsten, formur	0	4,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,07E+01	0,00E+00	4,28E+03
Byggevarer	Beslag mv, stål	0	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	8,06E-03	0,00E+00	1,02E+01
Byggevarer	Mørtel, muremørtel, formurs mørtel	0	8,83E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,64E+01	9,39E+02
Type	Indervæg	-	1,83E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E+00	0,00E+00	1,84E+03
Bygningsdel	S1 Indervæg_gasbeton	-	1,83E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E+00	0,00E+00	1,84E+03
Konstruktion	Indervæg_gasbeton	-	1,83E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E+00	0,00E+00	1,84E+03
Byggevarer	Porebeton 380 kg/m ³	0	1,83E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E+00	0,00E+00	1,84E+03
Type	Tag	-	-7,75E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,56E+03	1,79E+02	4,96E+03
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Tagelement_saddeltag + gitterspær + tegl	-	-3,40E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,98E+03	9,01E+01	1,67E+03
Konstruktion	Tagelement_saddeltag + gitterspær + tegl	-	-3,40E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,98E+03	9,01E+01	1,67E+03
Byggevarer	Tagsten, beton	0	9,32E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,22E+01	0,00E+00	9,44E+02
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	0	7,97E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,01E+01	1,70E+02
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-8,37E+02	0,00E+00	0,00E+00	9,09E+02	0,00E+00	7,24E+01
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-1,31E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,59E+03	0,00E+00	2,85E+02
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-3,59E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+02	0,00E+00	3,10E+01
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,08E+03	0,00E+00	1,66E+02
Bygningsdel	S1, S2.a,b Tagelement_gipsloft + mineraluld	-	2,63E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,76E+02	8,85E+01	3,29E+03
Konstruktion	Tagelement_gipsloft + mineraluld	-	2,63E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,76E+02	8,85E+01	3,29E+03
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	0	5,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,68E+01	1,07E+02
Byggevarer	Savet og tørrede konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-5,36E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,73E+02	0,00E+00	3,78E+01
Byggevarer	Gipskartonplade 13 mm, hulplade	0	2,23E+02	0,00E+00	0,00E+00	2,61E+00	0,00E+00	2,25E+02
Byggevarer	Mineraluld, løs	0	2,89E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,17E+01	2,92E+03
Hovedgruppe	Komplettering	-	1,42E+03	1,71E+03	0,00E+00	2,87E+02	5,69E+00	3,43E+03
Type	Vinduer	-	1,42E+03	1,71E+03	0,00E+00	2,87E+02	5,69E+00	3,43E+03
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Vinduer_3lags	-	1,42E+03	1,71E+03	0,00E+00	2,87E+02	5,69E+00	3,43E+03
Konstruktion	Lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	-	1,42E+03	1,71E+03	0,00E+00	2,87E+02	5,69E+00	3,43E+03
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	1	3,00E+02	5,87E+02	0,00E+00	2,87E+02	0,00E+00	1,17E+03
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu, pulverlak.	1	3,33E+02	3,33E+02	0,00E+00	2,12E-02	0,00E+00	6,66E+02
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1	7,88E+02	7,94E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,69E+00	1,59E+03

10.12 Bilag 12 – Resultater GWP Enfamiliehus, Trin 1_pro

ENFAMILIEHUS – RESULTATER GWP-UDTRÆK FRA LCABYGG TRIN 1_PRO

Beskrivelse	Navn	Total Udskiftninger	Total	Total	Total	Total	Total	Total
			GWP	GWP	GWP	GWP	GWP	GWP
			A1_3	B4	B6	C3	C4	SUM
			kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.
Sum	Bygning	-	1,22E+04	1,71E+03	0,00E+00	7,96E+03	2,35E+02	2,21E+04
Sum	Drift	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug el	El	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug varme	Varme	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sum	Bygningsdele	-	1,22E+04	1,71E+03	0,00E+00	7,96E+03	2,35E+02	2,21E+04
Hovedgruppe	Bygningsbasis	-	6,53E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,05E+03	6,65E+01	8,64E+03
Type	Fundament	-	3,04E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,87E+02	0,00E+00	3,33E+03
Bygningsdel	S1 Randfundament_beton + lecablokke	-	1,98E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,60E+02	0,00E+00	2,14E+03
Konstruktion	Randfundament_beton + lecablokke	-	1,98E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,60E+02	0,00E+00	2,14E+03
Byggevarer	Fundament C16/20 FutureCEM	0	1,98E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,60E+02	0,00E+00	2,14E+03
Bygningsdel	S1 Sokkel	-	1,06E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+02	0,00E+00	1,19E+03
Konstruktion	S1 Sokkel	-	1,06E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+02	0,00E+00	1,19E+03
Byggevarer	Optimeret letklinkerblok FutureCEM	0	9,72E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,64E+01	0,00E+00	9,88E+02
Byggevarer	Sundolitt EPS Graphite 80	0	8,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,11E+02	0,00E+00	1,99E+02
Type	Terrændæk	-	3,49E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,76E+03	6,65E+01	5,32E+03
Bygningsdel	S1, S2.a Terrændæk_beton_ESP_klinkegulv	-	3,49E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,76E+03	6,65E+01	5,32E+03
Konstruktion	Terrændæk_beton_ESP_klinkegulv	-	3,49E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,76E+03	6,65E+01	5,32E+03
Byggevarer	Keramikfliser, u-glaseret	0	3,51E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,61E+01	3,67E+02
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	0	4,46E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,04E+01	9,50E+01
Byggevarer	Terrændæk C16/20 FutureCEM	0	1,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,21E+02	0,00E+00	1,62E+03
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	2,80E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,80E+02
Byggevarer	Sundolitt EPS Graphite 80	0	1,31E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,64E+03	0,00E+00	2,96E+03
Hovedgruppe	Primære bygningsdele	-	4,26E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,62E+03	1,63E+02	1,00E+04
Type	Ydervæg	-	5,24E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,93E+01	6,50E+00	5,28E+03
Bygningsdel	S1 Ydervæg_porebeton + skalmur	-	2,58E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,43E+01	6,50E+00	2,60E+03
Konstruktion	Ydervæg_porebeton + skalmur	-	2,58E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,43E+01	6,50E+00	2,60E+03
Byggevarer	Isover Murflit 37	0	3,30E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,50E+00	3,36E+02
Byggevarer	H+H Porebeton 472 kg/m ³	0	2,25E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,43E+01	0,00E+00	2,27E+03
Bygningsdel	S1 Ydervæg_porebeton - bjælker + false ved vinduer	-	5,05E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,21E+00	0,00E+00	5,09E+02
Konstruktion	Ydervæg_porebeton - bjælker + false ved vinduer	-	5,05E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,21E+00	0,00E+00	5,09E+02
Byggevarer	H+H Porebeton 472 kg/m ³	0	1,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	7,08E-01	0,00E+00	1,12E+02
Byggevarer	H+H Porebeton 472 kg/m ³	0	3,94E+02	0,00E+00	0,00E+00	2,50E+00	0,00E+00	3,96E+02
Bygningsdel	S1, S2.a - Teglstens facade	-	2,15E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,18E+01	0,00E+00	2,16E+03
Konstruktion	Teglstens facade	-	2,15E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,18E+01	0,00E+00	2,16E+03
Byggevarer	Beslag mv, stål	0	1,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	8,06E-03	0,00E+00	1,02E+01
Byggevarer	Teglsten	0	2,14E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,18E+01	0,00E+00	2,15E+03
Byggevarer	Funktionsmørtel FM5	0	2,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,97E-05	0,00E+00	2,71E-04
Type	Indervæg	-	1,74E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E+00	0,00E+00	1,75E+03
Bygningsdel	S1 Indervæg_gasbeton	-	1,74E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E+00	0,00E+00	1,75E+03
Konstruktion	Indervæg_gasbeton	-	1,74E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E+00	0,00E+00	1,75E+03
Byggevarer	H+H Porebeton 380 kg/m ³	0	1,74E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E+00	0,00E+00	1,75E+03
Type	Tag	-	-2,72E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,58E+03	1,56E+02	3,01E+03
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Tagelement_saddeltag + gitterspær + tegl	-	-3,01E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,99E+03	9,01E+01	2,08E+03
Konstruktion	Tagelement_saddeltag + gitterspær + tegl	-	-3,01E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,99E+03	9,01E+01	2,08E+03
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	0	7,97E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,01E+01	1,70E+02
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-8,37E+02	0,00E+00	0,00E+00	9,09E+02	0,00E+00	7,24E+01
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-1,31E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,59E+03	0,00E+00	2,85E+02
Byggevarer	Randers Tegl - Tagsten Ideal Variabel	0	1,33E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,48E+01	0,00E+00	1,35E+03
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-3,59E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+02	0,00E+00	3,10E+01
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,08E+03	0,00E+00	1,66E+02
Bygningsdel	S1, S2.a,b Tagelement_gipsloft + mineraluld	-	2,84E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,87E+02	6,62E+01	9,37E+02
Konstruktion	Tagelement_gipsloft + mineraluld	-	2,84E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,87E+02	6,62E+01	9,37E+02
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	0	5,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,68E+01	1,07E+02
Byggevarer	Savet og tørrede konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-5,36E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,73E+02	0,00E+00	3,78E+01
Byggevarer	Isover InsulSAFE	0	5,22E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,34E+00	5,32E+02
Byggevarer	Gips_Gyproc_Normal_StandardPlasterboard	0	2,48E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,35E+01	0,00E+00	2,61E+02
Hovedgruppe	Komplettering	-	1,42E+03	1,71E+03	0,00E+00	2,87E+02	5,69E+00	3,43E+03
Type	Vinduer	-	1,42E+03	1,71E+03	0,00E+00	2,87E+02	5,69E+00	3,43E+03
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Vinduer_3lags	-	1,42E+03	1,71E+03	0,00E+00	2,87E+02	5,69E+00	3,43E+03
Konstruktion	Lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	-	1,42E+03	1,71E+03	0,00E+00	2,87E+02	5,69E+00	3,43E+03
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	1	3,00E+02	5,87E+02	0,00E+00	2,87E+02	0,00E+00	1,17E+03
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu. pulverlak.	1	3,33E+02	3,33E+02	0,00E+00	2,12E-02	0,00E+00	6,66E+02
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1	7,88E+02	7,94E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,69E+00	1,59E+03

10.13 Bilag 13 – Mængder Rækkehus, Trin 1_gen

RÆKKEHUS – MÆNGDER TRIN 1_GEN

Beskrivelse	Navn	Indtastet mængde	Beregnet mængde	Vægt	
Sum	Bygningsdele			4.688.789,52	kg
Hovedgruppe	Bygningsbasis			1.396.775,05	kg
Type	Fundament			672.475,00	kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Fundament	1,00 stk.		672.475,00	kg
Konstruktion	Fundament			672.475,00	kg
Byggevarer	Letklynkebeton, bagmur	216,00 m ³ /stk.	216,00 m ³	151.416,00	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	2.659,00 kg/stk.	2.659,00 kg	2.659,00	kg
Byggevarer	Beton C30/37	216,00 m ³ /stk.	216,00 m ³	518.400,00	kg
Type	Terrændæk			724.300,05	kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Terrændæk	1,00 stk.		724.300,05	kg
Konstruktion	Terrændæk			724.300,05	kg
Byggevarer	Trægulv, stavparket, 22 mm	2.397,00 m ² /stk.	2.397,00 m ²	27.565,50	kg
Byggevarer	Underlag PP	2.397,00 m ² /stk.	2.397,00 m ²	359,55	kg
Byggevarer	Beton C20/25	247,00 m ³ /stk.	247,00 m ³	592.800,00	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	19.510,00 kg/stk.	19.510,00 kg	19.510,00	kg
Byggevarer	Mineraluld, terræn	989,00 m ³ /stk.	989,00 m ³	84.065,00	kg
Hovedgruppe	Primære bygningsdele			3.264.680,95	kg
Type	Ydervæg			957.718,54	kg
Bygningsdel	S1 Facadevægge beton	1.323,00 m ²		322.433,62	kg
Konstruktion	Facade elementer beton			322.433,62	kg
Byggevarer	Teglsten, formur	0,09 m ³ /m ²	123,04 m ³	221.470,20	kg
Byggevarer	Mørtel, muremørtel, formurs mørtel	0,02 m ³ /m ²	29,11 m ³	43.659,00	kg
Byggevarer	Beslag mv, stål	0,06 kg/m ²	84,67 kg	84,67	kg
Byggevarer	Mineraluld, alm	0,20 m ³ /m ²	264,60 m ³	6.945,75	kg
Byggevarer	Porebeton 380 kg/m ³	0,10 m ³ /m ²	132,30 m ³	50.274,00	kg
Bygningsdel	S1 Gavlvægge beton	762,00 m ²		441.380,12	kg
Konstruktion	Gavl elementer beton			441.380,12	kg
Byggevarer	Teglsten, formur	0,09 m ³ /m ²	70,87 m ³	127.558,80	kg
Byggevarer	Mørtel, muremørtel, formurs mørtel	0,02 m ³ /m ²	16,76 m ³	25.146,00	kg
Byggevarer	Beslag mv, stål	0,06 kg/m ²	48,77 kg	48,77	kg
Byggevarer	Mineraluld, alm	0,22 m ³ /m ²	167,64 m ³	4.400,55	kg
Byggevarer	Beton C25/30	0,15 m ³ /m ²	114,30 m ³	274.320,00	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	13,00 kg/m ²	9.906,00 kg	9.906,00	kg
Bygningsdel	S1 Skillevægsselement	1.035,00 m ²		34.954,80	kg
Konstruktion	Skillevægsselementer træ			34.954,80	kg
Byggevarer	Mineraluld, alm	0,04 m ³ /m ²	40,37 m ³	1.059,58	kg
Byggevarer	Fermacell GypsumFibreboard	1,00 m ² /m ²	1.035,00 m ²	15.266,25	kg
Byggevarer	Høvllet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,01 m ³ /m ²	7,37 m ³	3.362,72	kg
Byggevarer	Fermacell GypsumFibreboard	1,00 m ² /m ²	1.035,00 m ²	15.266,25	kg
Bygningsdel	S1 Skillevægge betonelement	425,00 m ²		158.950,00	kg
Konstruktion	Skillevægsselementer beton			158.950,00	kg
Byggevarer	Beton C25/30	0,15 m ³ /m ²	63,75 m ³	153.000,00	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	14,00 kg/m ²	5.950,00 kg	5.950,00	kg
Type	Indervæg			807.131,78	kg
Bygningsdel	S1 Vægge lejlighedsskel beton	1.527,00 m ²		754.338,00	kg
Konstruktion	Lejlighedsskel beton			754.338,00	kg
Byggevarer	Beton C25/30	0,20 m ³ /m ²	305,40 m ³	732.960,00	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	14,00 kg/m ²	21.378,00 kg	21.378,00	kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b Indervægge Pladsopbygget	1.620,00 m ²		52.793,78	kg
Konstruktion	Indervægge Pladsopbygget			52.793,78	kg
Byggevarer	Fermacell GypsumFibreboard	1,00 m ² /m ²	1.620,00 m ²	23.895,00	kg
Byggevarer	Galvaniseret stålprofil	1,96 kg/m ²	3.175,20 kg	3.175,20	kg
Byggevarer	Mineraluld, alm	0,04 m ³ /m ²	69,66 m ³	1.828,58	kg
Byggevarer	Fermacell GypsumFibreboard	1,00 m ² /m ²	1.620,00 m ²	23.895,00	kg
Type	Dæk			485.862,04	kg
Bygningsdel	S1 dæk, huldæk	1.535,00 m ²		485.862,04	kg
Konstruktion	Dæk huldæk			485.862,04	kg
Byggevarer	Trægulv, stavparket, 22 mm	1,00 m ² /m ²	1.535,00 m ²	17.652,50	kg
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	6,45 m ³	3.223,50	kg
Byggevarer	Mineraluld, alm	0,04 m ³ /m ²	64,47 m ³	1.692,34	kg
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0,12 m ³ /m ²	190,34 m ³	456.816,00	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	2,22 kg/m ²	3.407,70 kg	3.407,70	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	2,00 kg/m ²	3.070,00 kg	3.070,00	kg
Type	Tag			1.013.968,60	kg
Bygningsdel	S1 Tagelement huldæk	2.690,00 m ²		1.013.968,60	kg
Konstruktion	Tagelement huldæk			1.013.968,60	kg
Byggevarer	Mineraluld, trykfast	0,12 m ³ /m ²	322,80 m ³	46.806,00	kg
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0,12 m ³ /m ²	333,56 m ³	800.544,00	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	2,22 kg/m ²	5.971,80 kg	5.971,80	kg
Byggevarer	Gipskartonplade 13 mm, imprægneret	2,00 m ² /m ²	5.380,00 m ²	53.800,00	kg
Byggevarer	Stålprofil	0,39 kg/m ²	1.049,10 kg	1.049,10	kg
Byggevarer	Phönix tagpap 2 lag - system 2	1,00 m ² /m ²	2.690,00 m ²	22.407,70	kg
Byggevarer	Mineraluld, trykfast	0,20 m ³ /m ²	538,00 m ³	78.010,00	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	2,00 kg/m ²	5.380,00 kg	5.380,00	kg
Hovedgruppe	Komplettering			27.333,53	kg
Type	Vinduer			27.333,53	kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Vinduer	790,00 m ²		27.333,53	kg
Konstruktion	Lavenergivinduer (3-lags) med træ/aluminium ramme og karm			27.333,53	kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	7,00 kg/m ²	5.530,00 kg	7.189,00	kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu. pulverlak	1,50 kg/m ²	1.185,00 kg	1.184,53	kg
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1,20 m ² /m ²	948,00 m ²	18.960,00	kg

10.14 Bilag 14 – Mængder Rækkehus, Trin 1_pro**RÆKKEHUS – MÆNGDER TRIN 1_PRO**

Beskrivelse	Navn	Indtastet mængde	Beregnet mængde Vægt	
Sum	Bygningsdele			4.185.755,89 kg
Hovedgruppe	Bygningsbasis			1.237.360,05 kg
Type	Fundament			619.339,00 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Fundament	1,00 stk.		619.339,00 kg
Konstruktion	Fundament			619.339,00 kg
Byggevarer	Fundament, C30/37 (M) FutureCEM	216,00 m ³ /stk.	216,00 m ³	487.080,00 kg
Byggevarer	Optimeret letklinkerblok FutureCEM	216,00 m ³ /stk.	216,00 m ³	129.600,00 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	2.659,00 kg/stk.	2.659,00 kg	2.659,00 kg
Type	Terrændæk			618.021,05 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Terrændæk	1,00 stk.		618.021,05 kg
Konstruktion	Terrændæk			618.021,05 kg
Byggevarer	Trægulv, stavparket, 22 mm	2.397,00 m ² /stk.	2.397,00 m ²	27.565,50 kg
Byggevarer	Underlag PP	2.397,00 m ² /stk.	2.397,00 m ²	359,55 kg
Byggevarer	Terrændæk C16/20 FutureCEM	247,00 m ³ /stk.	247,00 m ³	554.762,00 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	19.510,00 kg/stk.	19.510,00 kg	19.510,00 kg
Byggevarer	Sundolitt EPS Graphite 80	989,00 m ³ /stk.	989,00 m ³	15.824,00 kg
Hovedgruppe	Primære bygningsdele			2.921.062,32 kg
Type	Ydervæg			787.341,07 kg
Bygningsdel	S1 Facadevægge beton	1.323,00 m ²		254.212,07 kg
Konstruktion	Facade_elementer_beton			254.212,07 kg
Byggevarer	Beslag mv, stål	0,06 kg/m ²	84,67 kg	84,67 kg
Byggevarer	Teglsten	0,09 m ³ /m ²	123,04 m ³	199.323,18 kg
Byggevarer	Funktionsmørtel FM5	0,02 kg/m ²	32,02 kg	32,02 kg
Byggevarer	Isover Murfilt 37	0,20 m ³ /m ²	264,60 m ³	4.498,20 kg
Byggevarer	H+H Porebeton 380 kg/m ³	0,10 m ³ /m ²	132,30 m ³	50.274,00 kg
Bygningsdel	S1 Gavlvægge beton	762,00 m ²		362.245,81 kg
Konstruktion	Gavl_elementer_beton			362.245,81 kg
Byggevarer	Beslag mv, stål	0,06 kg/m ²	48,77 kg	48,77 kg
Byggevarer	Teglsten	0,09 m ³ /m ²	70,87 m ³	114.802,92 kg
Byggevarer	Funktionsmørtel FM5	0,02 kg/m ²	18,44 kg	18,44 kg
Byggevarer	Isover Murfilt 37	0,22 m ³ /m ²	167,64 m ³	2.849,88 kg
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,15 m FutreCEM	1,00 m ² /m ²	762,00 m ²	244.525,80 kg
Bygningsdel	S1 Skillevægselement	1.035,00 m ²		34.500,69 kg
Konstruktion	Skillevægselementer_træ			34.500,69 kg
Byggevarer	Fermacell_GypsumFibreboard	1,00 m ² /m ²	1.035,00 m ²	15.266,25 kg
Byggevarer	Isover Formstykker 37	0,04 m ³ /m ²	40,37 m ³	605,48 kg
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,01 m ³ /m ²	7,37 m ³	3.362,72 kg
Byggevarer	Fermacell_GypsumFibreboard	1,00 m ² /m ²	1.035,00 m ²	15.266,25 kg
Bygningsdel	S1 Skillevægge betonelement	425,00 m ²		136.382,50 kg
Konstruktion	Skillevægselementer_beton			136.382,50 kg
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,15 m FutreCEM	1,00 m ² /m ²	425,00 m ²	136.382,50 kg
Type	Indervæg			703.122,90 kg
Bygningsdel	S1 Vægge lejlighedsskel beton	1.527,00 m ²		651.112,80 kg
Konstruktion	Lejlighedsskel_beton			651.112,80 kg
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,2 m FutureCEM	1,00 m ² /m ²	1.527,00 m ²	651.112,80 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b Indervægge_Pladsopbygget	1.620,00 m ²		52.010,10 kg
Konstruktion	Indervægge_Pladsopbygget			52.010,10 kg
Byggevarer	Galvaniseret stålprofil	1,96 kg/m ²	3.175,20 kg	3.175,20 kg
Byggevarer	Isover Formstykker 37	0,04 m ³ /m ²	69,66 m ³	1.044,90 kg
Byggevarer	Fermacell_GypsumFibreboard	1,00 m ² /m ²	1.620,00 m ²	23.895,00 kg
Byggevarer	Fermacell_GypsumFibreboard	1,00 m ² /m ²	1.620,00 m ²	23.895,00 kg
Type	Dæk			485.413,05 kg
Bygningsdel	S1 dæk, huldæk	1.535,00 m ²		485.413,05 kg
Konstruktion	Dæk_huldæk			485.413,05 kg
Byggevarer	Trægulv, stavparket, 22 mm	1,00 m ² /m ²	1.535,00 m ²	17.652,50 kg
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	6,45 m ³	3.223,50 kg
Byggevarer	Isover Formstykker 37	0,04 m ³ /m ²	64,47 m ³	967,05 kg
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	1,00 m ² /m ²	1.535,00 m ²	460.500,00 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	2,00 kg/m ²	3.070,00 kg	3.070,00 kg
Type	Tag			945.185,30 kg
Bygningsdel	S1 Tagelement_huldæk	2.690,00 m ²		945.185,30 kg
Konstruktion	Tagelement_huldæk			945.185,30 kg
Byggevarer	Stålprofil	0,39 kg/m ²	1.049,10 kg	1.049,10 kg
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	1,00 m ² /m ²	2.690,00 m ²	22.407,70 kg
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Topplade 30 mm	0,03 m ³ /m ²	80,70 m ³	14.122,50 kg
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Lamel	0,29 m ³ /m ²	780,10 m ³	46.806,00 kg
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	1,00 m ² /m ²	2.690,00 m ²	807.000,00 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	2,00 kg/m ²	5.380,00 kg	5.380,00 kg
Byggevarer	Gyproc Normal Standard Plasterboard	2,00 m ² /m ²	5.380,00 m ²	48.420,00 kg
Hovedgruppe	Komplettering			27.333,53 kg
Type	Vinduer			27.333,53 kg
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Vinduer	790,00 m ²		27.333,53 kg
Konstruktion	Lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm			27.333,53 kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	7,00 kg/m ²	5.530,00 kg	7.189,00 kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu. pulverlak.	1,50 kg/m ²	1.185,00 kg	1.184,53 kg
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1,20 m ² /m ²	948,00 m ²	18.960,00 kg

10.15 Bilag 15 – Resultaer GWP Rækkehus, Trin 1_gen

RÆKKEHUS – RESULTATER GWP-UDTRÆK FRA LCABYGG TRIN 1_GEN

Beskrivelse	Navn	Total Udskiftninger	Total		Total		Total		Total		Total	
			GWP	GWP	GWP	GWP	GWP	GWP	GWP	GWP		
			A1_3	B4	B6	C3	C4	SUM				
			kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.
Sum	Bygning	-	9,70E+05	7,73E+04	0,00E+00	1,47E+05	5,85E+03	1,20E+06				
Sum	Drift	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
Driftforbrug el	El	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
Driftforbrug varme	Varme	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
Sum	Bygningsdele	-	9,70E+05	7,73E+04	0,00E+00	1,47E+05	5,85E+03	1,20E+06				
Hovedgruppe	Bygningsbasis	-	2,65E+05	0,00E+00	0,00E+00	5,19E+04	2,26E+03	3,19E+05				
Type	Fundament	-	1,03E+05	0,00E+00	0,00E+00	7,11E+02	0,00E+00	1,03E+05				
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Fundament	-	1,03E+05	0,00E+00	0,00E+00	7,11E+02	0,00E+00	1,03E+05				
Konstruktion	Fundament	-	1,03E+05	0,00E+00	0,00E+00	7,11E+02	0,00E+00	1,03E+05				
Byggevarer	Letklinketbeton, bagmur	0	5,06E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,13E+02	0,00E+00	5,10E+04				
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	1,99E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,99E+03				
Byggevarer	Beton C30/37	0	5,01E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,98E+02	0,00E+00	5,04E+04				
Type	Terrændæk	-	1,62E+05	0,00E+00	0,00E+00	5,12E+04	2,26E+03	2,15E+05				
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Terrændæk	-	1,62E+05	0,00E+00	0,00E+00	5,12E+04	2,26E+03	2,15E+05				
Konstruktion	Terrændæk	-	1,62E+05	0,00E+00	0,00E+00	5,12E+04	2,26E+03	2,15E+05				
Byggevarer	Trægulv, stavparket, 22 mm	0	-3,48E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,96E+04	0,00E+00	1,48E+04				
Byggevarer	Underlag PP	0	1,02E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,08E+02				
Byggevarer	Beton C20/25	0	4,40E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,62E+03	0,00E+00	4,56E+04				
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	1,46E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,46E+04				
Byggevarer	Mineraluld, terræn	0	1,37E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,36E+03	1,39E+05				
Hovedgruppe	Primære bygningsdele	-	6,41E+05	0,00E+00	0,00E+00	8,24E+04	3,33E+03	7,27E+05				
Type	Ydervæg	-	1,88E+05	0,00E+00	0,00E+00	7,71E+03	1,26E+03	1,97E+05				
Bygningsdel	S1 Facadevægge beton	-	9,71E+04	0,00E+00	0,00E+00	7,41E+02	7,84E+02	9,87E+04				
Konstruktion	Facade elementer beton	-	9,71E+04	0,00E+00	0,00E+00	7,41E+02	7,84E+02	9,87E+04				
Byggevarer	Teglsten, formur	0	5,04E+04	0,00E+00	0,00E+00	6,04E+02	0,00E+00	5,10E+04				
Byggevarer	Mörtel, muremørtel, formurs mørtel	0	1,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,72E+02	1,12E+04				
Byggevarer	Beslag mv, stål	0	8,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	6,83E-02	0,00E+00	8,68E+01				
Byggevarer	Mineraluld, alm	0	1,10E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,12E+02	1,11E+04				
Byggevarer	Porebeton 380 kg/m³	0	2,52E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,37E+02	0,00E+00	2,53E+04				
Bygningsdel	S1 Gavlvægge beton	-	7,36E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,10E+03	4,58E+02	7,52E+04				
Konstruktion	Gavl elementer beton	-	7,36E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,10E+03	4,58E+02	7,52E+04				
Byggevarer	Teglsten, formur	0	2,90E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,48E+02	0,00E+00	2,93E+04				
Byggevarer	Mörtel, muremørtel, formurs mørtel	0	6,06E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,87E+02	6,45E+03				
Byggevarer	Beslag mv, stål	0	5,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,93E-02	0,00E+00	5,00E+01				
Byggevarer	Mineraluld, alm	0	6,98E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,10E+01	7,05E+03				
Byggevarer	Beton C25/30	0	2,41E+04	0,00E+00	0,00E+00	7,48E+02	0,00E+00	2,49E+04				
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	7,43E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,43E+03				
Bygningsdel	S1 Skillevæggelement	-	-9,02E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,45E+03	1,71E+01	4,57E+03				
Konstruktion	Skillevæggelementer træ	-	-9,02E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,45E+03	1,71E+01	4,57E+03				
Byggevarer	Mineraluld, alm	0	1,68E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,71E+01	1,70E+03				
Byggevarer	Fermacell, GypsumFibreboard	0	1,18E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,16E+01	0,00E+00	1,22E+03				
Byggevarer	Høvlet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-4,94E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,37E+03	0,00E+00	4,28E+02				
Byggevarer	Fermacell, GypsumFibreboard	0	1,18E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,16E+01	0,00E+00	1,22E+03				
Bygningsdel	S1 Skillevægge betonelement	-	1,79E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,17E+02	0,00E+00	1,83E+04				
Konstruktion	Skillevæggelementer beton	-	1,79E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,17E+02	0,00E+00	1,83E+04				
Byggevarer	Beton C25/30	0	1,35E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,17E+02	0,00E+00	1,39E+04				
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	4,46E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E+03				
Type	Indervæg	-	9,03E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,13E+03	3,23E+01	9,25E+04				
Bygningsdel	S1 Vægge lejlighedsskel beton	-	8,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,00E+03	0,00E+00	8,25E+04				
Konstruktion	Lejlighedsskel beton	-	8,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,00E+03	0,00E+00	8,25E+04				
Byggevarer	Beton C25/30	0	6,45E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,00E+03	0,00E+00	6,65E+04				
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	1,60E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,60E+04				
Bygningsdel	S1, S2.a,b Indervægge Pladsopbygget	-	9,84E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,30E+02	3,23E+01	1,00E+04				
Konstruktion	Indervægge Pladsopbygget	-	9,84E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,30E+02	3,23E+01	1,00E+04				
Byggevarer	Fermacell, GypsumFibreboard	0	1,85E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,51E+01	0,00E+00	1,91E+03				
Byggevarer	Galvaniseret stålprofil	0	3,25E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,82E+00	3,26E+03				
Byggevarer	Mineraluld, alm	0	2,90E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,95E+01	2,93E+03				
Byggevarer	Fermacell, GypsumFibreboard	0	1,85E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,51E+01	0,00E+00	1,91E+03				
Type	Dæk	-	4,09E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,78E+04	2,73E+01	7,88E+04				
Bygningsdel	S1 dæk, huldæk	-	4,09E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,78E+04	2,73E+01	7,88E+04				
Konstruktion	Dæk huldæk	-	4,09E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,78E+04	2,73E+01	7,88E+04				
Byggevarer	Trægulv, stavparket, 22 mm	0	-2,23E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,18E+04	0,00E+00	9,45E+03				
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-3,93E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,79E+03	0,00E+00	8,57E+02				
Byggevarer	Mineraluld, alm	0	2,68E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,73E+01	2,71E+03				
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0	5,96E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,25E+03	0,00E+00	6,09E+04				
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	2,56E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,56E+03				
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	2,30E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,30E+03				
Type	Tag	-	3,22E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,47E+04	2,01E+03	3,59E+05				
Bygningsdel	S1 Tagelement huldæk	-	3,22E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,47E+04	2,01E+03	3,59E+05				
Konstruktion	Tagelement huldæk	-	3,22E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,47E+04	2,01E+03	3,59E+05				
Byggevarer	Mineraluld, trykfast	0	6,92E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,55E+02	6,99E+04				
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0	1,05E+05	0,00E+00	0,00E+00	2,18E+03	0,00E+00	1,07E+05				
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	4,48E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,48E+03				
Byggevarer	Gipskartonplade 13 mm, imprægneret	0	1,25E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,47E+02	0,00E+00	1,27E+04				
Byggevarer	Stålprofil	0	1,07E+03	0,00E+00	0,00E+00	8,46E-01	0,00E+00	1,08E+03				
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	0	1,07E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,24E+04	0,00E+00	4,31E+04				
Byggevarer	Mineraluld, trykfast	0	1,15E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,26E+03	1,17E+05				
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	4,04E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,04E+03				
Hovedgruppe	Komplettering	-	6,41E+04	7,73E+04	0,00E+00	1,29E+04	2,57E+02	1,55E+05				
Type	Vinduer	-	6,41E+04	7,73E+04	0,00E+00	1,29E+04	2,57E+02	1,55E+05				
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Vinduer	-	6,41E+04	7,73E+04	0,00E+00	1,29E+04	2,57E+02	1,55E+05				
Konstruktion	Lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	-	6,41E+04	7,73E+04	0,00E+00	1,29E+04	2,57E+02	1,55E+05				
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	1	1,35E+04	2,65E+04	0,00E+00	1,29E+04	0,00E+00	5,30E+04				
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu, pulverlak	1	1,50E+04	1,50E+04	0,00E+00	9,55E-01	0,00E+00	3,01E+04				
Byggevarer	Energirude (2-lags), termor											

10.16 Bilag 16 – Resultater GWP Rækkehus, Trin 1_pro

RÆKKEHUS – RESULTATER GWP-UDTRÆK FRA LCABYGG TRIN 1_PRO

Beskrivelse	Navn	Total	Udskiftninger					
			Total	Total	Total	Total	Total	Total
			GWP	GWP	GWP	GWP	GWP	GWP
			A1_3	B4	B6	C3	C4	SUM
			kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.
Sum	Bygning	-	6,29E+05	7,73E+04	0,00E+00	2,01E+05	2,96E+03	9,10E+05
Sum	Drift	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug el	El	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug varme	Varme	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sum	Bygningsdele	-	6,29E+05	7,73E+04	0,00E+00	2,01E+05	2,96E+03	9,10E+05
Hovedgruppe	Bygningsbasis	-	1,22E+05	0,00E+00	0,00E+00	9,91E+04	9,08E+02	2,22E+05
Type	Fundament	-	7,45E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,13E+03	0,00E+00	7,76E+04
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Fundament	-	7,45E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,13E+03	0,00E+00	7,76E+04
Konstruktion	Fundament	-	7,45E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,13E+03	0,00E+00	7,76E+04
Byggevarer	Fundament, C30/37 (M) FutureCEM	0	3,76E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,53E+03	0,00E+00	4,01E+04
Byggevarer	Optimeret letklinkerblok FutureCEM	0	3,56E+04	0,00E+00	0,00E+00	6,03E+02	0,00E+00	3,62E+04
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	1,24E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,24E+03
Type	Terrændæk	-	4,71E+04	0,00E+00	0,00E+00	9,60E+04	9,08E+02	1,44E+05
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Terrændæk	-	4,71E+04	0,00E+00	0,00E+00	9,60E+04	9,08E+02	1,44E+05
Konstruktion	Terrændæk	-	4,71E+04	0,00E+00	0,00E+00	9,60E+04	9,08E+02	1,44E+05
Byggevarer	Trægulv, stavparket, 22 mm	0	-3,48E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,96E+04	0,00E+00	1,48E+04
Byggevarer	Underlag PP	0	1,02E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,08E+02	1,93E+03
Byggevarer	Terrændæk C16/20 FutureCEM	0	3,71E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,99E+03	0,00E+00	4,00E+04
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	9,13E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,13E+03
Byggevarer	Sundolitt EPS Graphite 80	0	3,47E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,34E+04	0,00E+00	7,81E+04
Hovedgruppe	Primære bygningsdele	-	4,43E+05	0,00E+00	0,00E+00	8,86E+04	1,80E+03	5,33E+05
Type	Ydervæg	-	1,20E+05	0,00E+00	0,00E+00	8,07E+03	1,24E+02	1,28E+05
Bygningsdel	S1 Facadevægge beton	-	5,31E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,77E+02	7,04E+01	5,35E+04
Konstruktion	Facade_elementer_beton	-	5,31E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,77E+02	7,04E+01	5,35E+04
Byggevarer	Beslag mv, stål	0	8,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	6,83E-02	0,00E+00	8,68E+01
Byggevarer	Teglsten	0	2,55E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,40E+02	0,00E+00	2,57E+04
Byggevarer	Funktionsmørtel FMS	0	2,88E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,54E-04	0,00E+00	3,24E-03
Byggevarer	Isover Murfilit 37	0	3,57E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,04E+01	3,64E+03
Byggevarer	H+H Porebeton 380 kg/m3	0	2,39E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,37E+02	0,00E+00	2,41E+04
Bygningsdel	S1 Gavlvægge beton	-	5,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,53E+03	4,46E+01	5,21E+04
Konstruktion	Gavl_elementer_beton	-	5,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,53E+03	4,46E+01	5,21E+04
Byggevarer	Beslag mv, stål	0	5,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,93E-02	0,00E+00	5,00E+01
Byggevarer	Teglsten	0	1,47E+04	0,00E+00	0,00E+00	8,07E+01	0,00E+00	1,48E+04
Byggevarer	Funktionsmørtel FMS	0	1,66E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,04E-04	0,00E+00	1,86E-03
Byggevarer	Isover Murfilit 37	0	2,26E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E+01	2,31E+03
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,15 m FutreCEM	0	3,35E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,45E+03	0,00E+00	3,50E+04
Bygningsdel	S1 Skillevæggelement	-	-2,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,45E+03	9,49E+00	3,36E+03
Konstruktion	Skillevæggelementer træ	-	-2,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,45E+03	9,49E+00	3,36E+03
Byggevarer	Fermacell GypsumFibreboard	0	1,18E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,16E+01	0,00E+00	1,22E+03
Byggevarer	Isover Formstykker 37	0	4,80E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,49E+00	4,90E+02
Byggevarer	Høvllet konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-4,94E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,37E+03	0,00E+00	4,28E+02
Byggevarer	Fermacell GypsumFibreboard	0	1,18E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,16E+01	0,00E+00	1,22E+03
Bygningsdel	S1 Skillevægge betonelement	-	1,87E+04	0,00E+00	0,00E+00	8,08E+02	0,00E+00	1,95E+04
Konstruktion	Skillevæggelementer_beton	-	1,87E+04	0,00E+00	0,00E+00	8,08E+02	0,00E+00	1,95E+04
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,15 m FutreCEM	0	1,87E+04	0,00E+00	0,00E+00	8,08E+02	0,00E+00	1,95E+04
Type	Indervæg	-	9,79E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,95E+03	1,92E+01	1,02E+05
Bygningsdel	S1 Vægge lejlighedsskel beton	-	9,01E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,82E+03	0,00E+00	9,39E+04
Konstruktion	Lejlighedsskel_beton	-	9,01E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,82E+03	0,00E+00	9,39E+04
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,2 m FutureCEM	0	9,01E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,82E+03	0,00E+00	9,39E+04
Bygningsdel	S1, S2.a,b Indervægge Pladsopbygget	-	7,78E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,30E+02	1,92E+01	7,92E+03
Konstruktion	Indervægge_Pladsopbygget	-	7,78E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,30E+02	1,92E+01	7,92E+03
Byggevarer	Galvaniseret stålprofil	0	3,25E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,82E+00	3,26E+03
Byggevarer	Isover Formstykker 37	0	8,29E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,64E+01	8,45E+02
Byggevarer	Fermacell GypsumFibreboard	0	1,85E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,51E+01	0,00E+00	1,91E+03
Byggevarer	Fermacell GypsumFibreboard	0	1,85E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,51E+01	0,00E+00	1,91E+03
Type	Dæk	-	3,12E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,93E+04	1,52E+01	7,05E+04
Bygningsdel	S1 dæk, huldæk	-	3,12E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,93E+04	1,52E+01	7,05E+04
Konstruktion	Dæk_huldæk	-	3,12E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,93E+04	1,52E+01	7,05E+04
Byggevarer	Trægulv, stavparket, 22 mm	0	-2,23E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,18E+04	0,00E+00	9,45E+03
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-3,93E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,79E+03	0,00E+00	8,57E+02
Byggevarer	Isover Formstykker 37	0	7,67E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,52E+01	7,82E+02
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	0	5,53E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,76E+03	0,00E+00	5,80E+04
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	1,44E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,44E+03
Type	Tag	-	1,94E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,73E+04	1,64E+03	2,33E+05
Bygningsdel	S1 Tagelement_huldæk	-	1,94E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,73E+04	1,64E+03	2,33E+05
Konstruktion	Tagelement_huldæk	-	1,94E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,73E+04	1,64E+03	2,33E+05
Byggevarer	Stålprofil	0	1,07E+03	0,00E+00	0,00E+00	8,46E-01	0,00E+00	1,08E+03
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	0	1,07E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,24E+04	0,00E+00	4,31E+04
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Topplade 30 mm	0	1,51E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E+02	1,53E+04
Byggevarer	Rockwool TOPROCK lamel	0	5,55E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,80E+02	5,63E+04
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	0	9,68E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,84E+03	0,00E+00	1,02E+05
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	2,52E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,52E+03
Byggevarer	Gyproc Normal Standard Plasterboard	0	1,18E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,46E+02	1,25E+04
Hovedgruppe	Komplettering	-	6,41E+04	7,73E+04	0,00E+00	1,29E+04	2,57E+02	1,55E+05
Type	Vinduer	-	6,41E+04	7,73E+04	0,00E+00	1,29E+04	2,57E+02	1,55E+05
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c Vinduer	-	6,41E+04	7,73E+04	0,00E+00	1,29E+04	2,57E+02	1,55E+05
Konstruktion	Lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	-	6,41E+04	7,73E+04	0,00E+00	1,29E+04	2,57E+02	1,55E+05
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	1	1,35E+04	2,65E+04	0,00E+00	1,29E+04	0,00E+00	5,30E+04
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu, pulverlak	1	1,50E+04	1,50E+04	0,00E+00	9,55E-01	0,00E+00	3,01E+04
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1	3,56E+04	3,58E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,57E+02	7,16E+04

10.17 Bilag 17 – Mængder Etagebolig, Trin 1_gen**ETAGEBOLIG – MÆNGDER TRIN 1_GEN**

Beskrivelse	Navn	Indtastet mængde	Beregnet mængde	Vægt	
Sum	Bygningsdele			4.933.232,69	kg
Hovedgruppe	Bygningsbasis			1.123.109,11	kg
Type	Fundament			417.735,06	kg
Bygningsdel	S1_S2.a,b,c - Fundament_beton	216,78 m ²		417.735,06	kg
Konstruktion	Fundament_beton			417.735,06	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	7,00 kg/m ²	1.517,46 kg	1.517,46	kg
Byggevarer	Beton C30/37	0,80 m ³ /m ²	173,42 m ³	416.217,60	kg
Type	Terrændæk			705.374,05	kg
Bygningsdel	S1 - Terrændæk_Armeret beton + parketgulv	1.743,30 m ²		705.374,05	kg
Konstruktion	Terrændæk_Armeret beton + parketgulv			705.374,05	kg
Byggevarer	Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	1,00 m ² /m ²	1.743,30 m ²	15.515,37	kg
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	5,23 m ³	2.614,95	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	8,72 kg/m ²	15.201,58 kg	15.201,58	kg
Byggevarer	Beton C20/25 kopi 1	0,15 m ³ /m ²	261,50 m ³	627.588,00	kg
Byggevarer	Mineraluld, terræn	0,30 m ³ /m ²	522,99 m ³	44.454,15	kg
Hovedgruppe	Primære bygningsdele			3.775.738,58	kg
Type	Ydervæg			1.006.763,94	kg
Bygningsdel	S1 - Ydervæg_Beton, mineraluld, skifer	1.554,60 m ²		748.827,49	kg
Konstruktion	Ydervæg_Beton, mineraluld, skifer			748.827,49	kg
Byggevarer	Skifer	1,00 m ² /m ²	1.554,60 m ²	46.638,00	kg
Byggevarer	Aluminiumsprofil	3,00 kg/m ²	4.663,80 kg	4.663,80	kg
Byggevarer	Mineraluld, alm	0,30 m ³ /m ²	466,38 m ³	12.242,47	kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	1.554,60 m ²	310,92	kg
Byggevarer	Beton C25/30	0,18 m ³ /m ²	279,83 m ³	671.587,19	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	8,61 kg/m ²	13.385,11 kg	13.385,11	kg
Bygningsdel	S1 - Facade_Porebeton_mineraluld, skifer	2.928,60 m ²		257.936,45	kg
Konstruktion	Facade_Porebeton_mineraluld, skifer			257.936,45	kg
Byggevarer	Skifer	1,00 m ² /m ²	2.928,60 m ²	87.858,00	kg
Byggevarer	Aluminiumsprofil	3,00 kg/m ²	8.785,80 kg	8.785,80	kg
Byggevarer	Porebeton 472 kg/m ³	0,10 m ³ /m ²	292,86 m ³	138.229,92	kg
Byggevarer	Mineraluld, alm	0,30 m ³ /m ²	878,58 m ³	23.062,73	kg
Type	Indervæg			570.316,96	kg
Bygningsdel	S1 - Indervæg_beton	1.003,00 m ²		491.088,86	kg
Konstruktion	Indervæg_beton			491.088,86	kg
Byggevarer	Beton C25/30	0,20 m ³ /m ²	200,60 m ³	481.440,00	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	9,62 kg/m ²	9.648,86 kg	9.648,86	kg
Bygningsdel	S1 - Indervæg_let_stål_gips_mineraluld	1.694,90 m ²		79.228,10	kg
Konstruktion	Indervæg_let_stål_gips_mineraluld			79.228,10	kg
Byggevarer	Gipskartonplade, brandimprægneret	4,00 m ² /m ²	6.779,60 m ²	67.796,00	kg
Byggevarer	Mineraluld, alm	0,14 m ³ /m ²	237,29 m ³	6.228,76	kg
Byggevarer	Stålsprofil	3,07 kg/m ²	5.203,34 kg	5.203,34	kg
Type	Dæk			1.478.766,40	kg
Bygningsdel	S1 - Etagedæk_Huldæk	4.492,00 m ²		1.478.766,40	kg
Konstruktion	Etagedæk_Huldæk			1.478.766,40	kg
Byggevarer	Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	1,00 m ² /m ²	4.492,00 m ²	39.978,80	kg
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	13,48 m ³	6.738,00	kg
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0,13 m ³ /m ²	592,94 m ³	1.423.065,60	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	2,00 kg/m ²	8.984,00 kg	8.984,00	kg
Type	Konstruktion			5.094,65	kg
Bygningsdel	S1 - Kantbjælker	1,00 stk.		5.094,65	kg
Konstruktion	Kantbjælker			5.094,65	kg
Byggevarer	Stålsprofil	5.094,65 kg/stk.	5.094,65 kg	5.094,65	kg
Type	Tag			714.796,62	kg
Bygningsdel	S1 - Tag_Huldæk, mineraluld + tagpap	1.308,40 m ²		517.354,44	kg
Konstruktion	Tag_Huldæk, mineraluld + tagpap			517.354,44	kg
Byggevarer	WISA Gran krydsfiner, ubelagt	0,02 m ³ /m ²	27,48 m ³	13.188,67	kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	1.308,40 m ²	261,68	kg
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0,13 m ³ /m ²	172,71 m ³	414.501,12	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	2,00 kg/m ²	2.616,80 kg	2.616,80	kg
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	1,00 m ² /m ²	1.308,40 m ²	10.898,97	kg
Byggevarer	Mineraluld, trykfast	0,40 m ³ /m ²	523,36 m ³	75.887,20	kg
Bygningsdel	S1 - Tagterrasse/Altan_Huldæk, træterrasse	506,80 m ²		197.442,18	kg
Konstruktion	Tagterrasse/Altan_Huldæk, træterrasse			197.442,18	kg
Byggevarer	WPC Terrassendielen	1,00 m ² /m ²	506,80 m ²	506,80	kg
Byggevarer	Savet og tørrede konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	0,51 m ³	231,10	kg
Byggevarer	Tagpap base	2,80 kg/m ²	1.419,04 kg	1.419,04	kg
Byggevarer	Mineraluld, trykfast	0,40 m ³ /m ²	202,72 m ³	29.394,40	kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	506,80 m ²	101,36	kg
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0,13 m ³ /m ²	66,90 m ³	160.554,24	kg
Byggevarer	Stål, armeringsstål	2,00 kg/m ²	1.013,60 kg	1.013,60	kg
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	1,00 m ² /m ²	506,80 m ²	4.221,64	kg
Hovedgruppe	Komplettering			34.385,00	kg
Type	Vinduer			34.385,00	kg
Bygningsdel	S1_2.a,b,c - Vinduer og døre_Træ/alu	1.058,00 m ²		34.385,00	kg
Konstruktion	Vinduer og døre_Træ/alu			34.385,00	kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	7,00 kg/m ²	7.406,00 kg	7.406,00	kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu, pulverlak.	1,50 kg/m ²	1.587,00 kg	1.587,00	kg
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1,20 m ² /m ²	1.269,60 m ²	25.392,00	kg

10.18 Bilag 18 – Mængder Etagebolig, Trin 1_pro**ETAGEBOLIG – MÆNGDER TRIN 1_PRO**

Beskrivelse	Navn	Indtastet mængde	Beregnet mængde	Vægt	
Sum	Bygningsdele				4.476.020,10 kg
Hovedgruppe	Bygningsbasis				1.021.606,09 kg
Type	Fundament				392.588,58 kg
Bygningsdel	S1, S2,a,b,c- Fundament_beton	216,78 m ²			392.588,58 kg
Konstruktion	Fundament_beton				392.588,58 kg
Byggevarer	Fundament, C30/37 (M) FutureCEM	0,80 m ³ /m ²	173,42 m ³		391.071,12 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	7,00 kg/m ²	1.517,46 kg		1.517,46 kg
Type	Terrændæk				629.017,51 kg
Bygningsdel	S1 - Terrændæk_Armeret beton + parketgulv	1.743,30 m ²			629.017,51 kg
Konstruktion	Terrændæk_Armeret beton + parketgulv				629.017,51 kg
Byggevarer	Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	1,00 m ² /m ²	1.743,30 m ²		15.515,37 kg
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	5,23 m ³		2.614,95 kg
Byggevarer	Terrændæk C16/20 FutureCEM	0,15 m ³ /m ²	261,50 m ³		587.317,77 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	8,72 kg/m ²	15.201,58 kg		15.201,58 kg
Byggevarer	Sundolitt EPS Graphite 80	0,30 m ³ /m ²	522,99 m ³		8.367,84 kg
Hovedgruppe	Primære bygningsdele				3.420.029,01 kg
Type	Ydervæg				885.328,43 kg
Bygningsdel	S1 - Ydervæg_Beton, mineraluld, skifer	1.554,60 m ²			638.769,58 kg
Konstruktion	Ydervæg_Beton, mineraluld, skifer				638.769,58 kg
Byggevarer	Skifer	1,00 m ² /m ²	1.554,60 m ²		46.638,00 kg
Byggevarer	Aluminiumsprofil	3,00 kg/m ²	4.663,80 kg		4.663,80 kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	1.554,60 m ²		310,92 kg
Byggevarer	Rockwool REDair batts 300	0,30 m ³ /m ²	466,38 m ³		6.202,85 kg
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,15-0,20 m FutureCEM	1,00 m ² /m ²	1.554,60 m ²		580.954,01 kg
Bygningsdel	S1 - Facade_Porebeton_mineraluld, skifer	2.928,60 m ²			246.558,84 kg
Konstruktion	Facade_Porebeton_mineraluld, skifer				246.558,84 kg
Byggevarer	Skifer	1,00 m ² /m ²	2.928,60 m ²		87.858,00 kg
Byggevarer	Aluminiumsprofil	3,00 kg/m ²	8.785,80 kg		8.785,80 kg
Byggevarer	H+H Porebeton 472 kg/m ³	0,10 m ³ /m ²	292,86 m ³		138.229,92 kg
Byggevarer	Rockwool REDair batts 300	0,30 m ³ /m ²	878,58 m ³		11.685,11 kg
Type	Indervæg				497.458,23 kg
Bygningsdel	S1 - Indervæg_beton	1.003,00 m ²			427.679,20 kg
Konstruktion	Indervæg_beton				427.679,20 kg
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,2 m FutureCEM	1,00 m ² /m ²	1.003,00 m ²		427.679,20 kg
Bygningsdel	S1 - Indervæg_let_stål_gips_mineraluld	1.694,90 m ²			69.779,03 kg
Konstruktion	Indervæg_let_stål_gips_mineraluld				69.779,03 kg
Byggevarer	Gyproc Normal Standard Plasterboard	4,00 m ² /m ²	6.779,60 m ²		61.016,40 kg
Byggevarer	Isover Formstykker 37	0,14 m ³ /m ²	237,29 m ³		3.559,29 kg
Byggevarer	Stålsprofil	3,07 kg/m ²	5.203,34 kg		5.203,34 kg
Type	Dæk				1.403.300,80 kg
Bygningsdel	S1 - Etagedæk_Huldæk	4.492,00 m ²			1.403.300,80 kg
Konstruktion	Etagedæk_Huldæk				1.403.300,80 kg
Byggevarer	Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	1,00 m ² /m ²	4.492,00 m ²		39.978,80 kg
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	13,48 m ³		6.738,00 kg
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	1,00 m ² /m ²	4.492,00 m ²		1.347.600,00 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	2,00 kg/m ²	8.984,00 kg		8.984,00 kg
Type	Konstruktion				5.094,65 kg
Bygningsdel	S1 - Kantbjælker	1,00 stk.			5.094,65 kg
Konstruktion	Kantbjælker				5.094,65 kg
Byggevarer	Stålsprofil	5.094,65 kg/stk.	5.094,65 kg		5.094,65 kg
Type	Tag				628.846,90 kg
Bygningsdel	S1 - Tag_Huldæk, mineraluld + tagpap	1.308,40 m ²			455.401,70 kg
Konstruktion	Tag_Huldæk, mineraluld + tagpap				455.401,70 kg
Byggevarer	WISA Gran krydsfiner, ubelagt	0,02 m ³ /m ²	27,48 m ³		13.188,67 kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	1.308,40 m ²		261,68 kg
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Topplade 30 mm	0,03 m ³ /m ²	39,25 m ³		6.869,10 kg
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	1,00 m ² /m ²	1.308,40 m ²		10.898,97 kg
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Lamel	0,37 m ³ /m ²	484,11 m ³		29.046,48 kg
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	1,00 m ² /m ²	1.308,40 m ²		392.520,00 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	2,00 kg/m ²	2.616,80 kg		2.616,80 kg
Bygningsdel	S1 - Tagterrasse/Altan_Huldæk, træterrasse	506,80 m ²			173.445,20 kg
Konstruktion	Tagterrasse/Altan_Huldæk, træterrasse				173.445,20 kg
Byggevarer	WPC Terrassendielen	1,00 m ² /m ²	506,80 m ²		506,80 kg
Byggevarer	Savet og tørrede konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0,00 m ³ /m ²	0,51 m ³		231,10 kg
Byggevarer	Tagpap base	2,80 kg/m ²	1.419,04 kg		1.419,04 kg
Byggevarer	Dampspærre PE pr m ²	1,00 m ² /m ²	506,80 m ²		101,36 kg
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	1,00 m ² /m ²	506,80 m ²		4.221,64 kg
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Topplade 30 mm	0,03 m ³ /m ²	15,20 m ³		2.660,70 kg
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Lamel	0,37 m ³ /m ²	187,52 m ³		11.250,96 kg
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	1,00 m ² /m ²	506,80 m ²		152.040,00 kg
Byggevarer	Celsa Steel armering	2,00 kg/m ²	1.013,60 kg		1.013,60 kg
Hovedgruppe	Komplettering				34.385,00 kg
Type	Vinduer				34.385,00 kg
Bygningsdel	S1, 2,a,b,c - Vinduer og døre_Træ/alu	1.058,00 m ²			34.385,00 kg
Konstruktion	Vinduer og døre_Træ/alu				34.385,00 kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	7,00 kg/m ²	7.406,00 kg		7.406,00 kg
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu. pulverlak.	1,50 kg/m ²	1.587,00 kg		1.587,00 kg
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1,20 m ² /m ²	1.269,60 m ²		25.392,00 kg

10.19 Bilag 19 – Resultater GWP Etagebolig, Trin 1_gen

ETAGEBOLIG – RESULTATER GWP-UDTRÆK FRA LCABYGG TRIN 1_GEN

Beskrivelse	Navn	Total Udskiftninger	Total	Total	Total	Total	Total	Total
			GWP	GWP	GWP	GWP	GWP	GWP
			A1_3	B4	B6	C3	C4	SUM
			kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.	kg CO2 eq.
Sum	Bygning	-	1,11E+06	9,54E+04	0,00E+00	1,74E+05	1,94E+04	1,40E+06
Sum	Drift	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug el	El	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug varme	Varme	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sum	Bygningsdele	-	1,11E+06	9,54E+04	0,00E+00	1,74E+05	1,94E+04	1,40E+06
Hovedgruppe	Bygningsbasis	-	1,60E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,13E+04	7,17E+02	1,92E+05
Type	Fundament	-	4,14E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,39E+02	0,00E+00	4,16E+04
Bygningsdel	S1, S2, a,b,c - Fundament_beton	-	4,14E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,39E+02	0,00E+00	4,16E+04
Konstruktion	Fundament_beton	-	4,14E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,39E+02	0,00E+00	4,16E+04
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	1,14E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,14E+03
Byggevarer	Beton C30/37	0	4,02E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,39E+02	0,00E+00	4,05E+04
Type	Terrændæk	-	1,18E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,11E+04	7,17E+02	1,50E+05
Bygningsdel	S1 - Terrændæk_Armeret beton + parketgulv	-	1,18E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,11E+04	7,17E+02	1,50E+05
Konstruktion	Terrændæk_Armeret beton + parketgulv	-	1,18E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,11E+04	7,17E+02	1,50E+05
Byggevarer	Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	0	-9,12E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,55E+04	0,00E+00	1,64E+04
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-3,19E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,89E+03	0,00E+00	6,96E+02
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	1,14E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,14E+04
Byggevarer	Beton C20/25 kopi 1	0	4,65E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,71E+03	0,00E+00	4,83E+04
Byggevarer	Mineraluld, terræn	0	7,26E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,17E+02	7,33E+04
Hovedgruppe	Primære bygningsdele	-	8,73E+05	0,00E+00	0,00E+00	1,29E+05	1,83E+04	1,02E+06
Type	Ydervæg	-	4,03E+05	0,00E+00	0,00E+00	2,58E+03	1,37E+03	4,07E+05
Bygningsdel	S1 - Ydervæg_Beton, mineraluld, skifer	-	1,62E+05	0,00E+00	0,00E+00	1,96E+03	9,87E+02	1,65E+05
Konstruktion	Ydervæg_Beton, mineraluld, skifer	-	1,62E+05	0,00E+00	0,00E+00	1,96E+03	9,87E+02	1,65E+05
Byggevarer	Skifer	0	2,17E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+02	0,00E+00	2,18E+04
Byggevarer	Aluminiumsprofil	0	5,10E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,14E+00	5,10E+04
Byggevarer	Mineraluld, alm	0	1,94E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,97E+02	1,96E+04
Byggevarer	Dampspærre PE pr m²	0	6,94E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,85E+02	1,48E+03
Byggevarer	Beton C25/30	0	5,91E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,83E+03	0,00E+00	6,09E+04
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	1,00E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+04
Bygningsdel	S1 - Facade_Porebeton_mineraluld, skifer	-	2,41E+05	0,00E+00	0,00E+00	6,17E+02	3,80E+02	2,42E+05
Konstruktion	Facade_Porebeton_mineraluld, skifer	-	2,41E+05	0,00E+00	0,00E+00	6,17E+02	3,80E+02	2,42E+05
Byggevarer	Skifer	0	4,08E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,40E+02	0,00E+00	4,11E+04
Byggevarer	Aluminiumsprofil	0	9,60E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,79E+00	9,60E+04
Byggevarer	Porebeton 472 kg/m³	0	6,75E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,77E+02	0,00E+00	6,78E+04
Byggevarer	Mineraluld, alm	0	3,66E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,72E+02	3,69E+04
Type	Indervæg	-	8,00E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,50E+03	1,00E+02	8,16E+04
Bygningsdel	S1 - Indervæg_beton	-	4,96E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,31E+03	0,00E+00	5,09E+04
Konstruktion	Indervæg_beton	-	4,96E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,31E+03	0,00E+00	5,09E+04
Byggevarer	Beton C25/30	0	4,23E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,31E+03	0,00E+00	4,37E+04
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	7,24E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,24E+03
Bygningsdel	S1 - Indervæg_let_stål_gips_mineraluld	-	3,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,89E+02	1,00E+02	3,08E+04
Konstruktion	Indervæg_let_stål_gips_mineraluld	-	3,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,89E+02	1,00E+02	3,08E+04
Byggevarer	Gipskartonplade, brandimprægneret	0	1,53E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+02	0,00E+00	1,54E+04
Byggevarer	Mineraluld, alm	0	9,87E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+02	9,97E+03
Byggevarer	Stålprofil	0	5,33E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,20E+00	0,00E+00	5,33E+03
Type	Dæk	-	1,61E+05	0,00E+00	0,00E+00	7,96E+04	0,00E+00	2,40E+05
Bygningsdel	S1 - Etagedæk_Huldæk	-	1,61E+05	0,00E+00	0,00E+00	7,96E+04	0,00E+00	2,40E+05
Konstruktion	Etagedæk_Huldæk	-	1,61E+05	0,00E+00	0,00E+00	7,96E+04	0,00E+00	2,40E+05
Byggevarer	Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	0	-2,35E+04	0,00E+00	0,00E+00	6,57E+04	0,00E+00	4,22E+04
Byggevarer	Limtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-8,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+04	0,00E+00	1,79E+03
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0	1,86E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,88E+03	0,00E+00	1,90E+05
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	6,74E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,74E+03
Type	Konstruktion	-	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,11E+00	0,00E+00	5,22E+03
Bygningsdel	S1 - Kantbjælker	-	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,11E+00	0,00E+00	5,22E+03
Konstruktion	Kantbjælker	-	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,11E+00	0,00E+00	5,22E+03
Byggevarer	Stålprofil	0	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,11E+00	0,00E+00	5,22E+03
Type	Tag	-	2,24E+05	0,00E+00	0,00E+00	4,57E+04	1,69E+04	2,87E+05
Bygningsdel	S1 - Tag_Huldæk, mineraluld + tagpap	-	1,56E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,88E+04	1,89E+03	1,97E+05
Konstruktion	Tag_Huldæk, mineraluld + tagpap	-	1,56E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,88E+04	1,89E+03	1,97E+05
Byggevarer	WISA Gran krydsfiner, ubelagt	0	-1,78E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,19E+04	0,00E+00	4,09E+03
Byggevarer	Dampspærre PE pr m²	0	5,84E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,61E+02	1,25E+03
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0	5,41E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,13E+03	0,00E+00	5,52E+04
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	1,96E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,96E+03
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	0	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,58E+04	0,00E+00	2,10E+04
Byggevarer	Mineraluld, trykfast	0	1,12E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,22E+03	1,13E+05
Bygningsdel	S1 - Tagterrace/Altan_Huldæk, træterrace	-	6,79E+04	0,00E+00	0,00E+00	6,91E+03	1,50E+04	8,99E+04
Konstruktion	Tagterrace/Altan_Huldæk, træterrace	-	6,79E+04	0,00E+00	0,00E+00	6,91E+03	1,50E+04	8,99E+04
Byggevarer	WPC Terrasendielen	0	1,28E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,07E+04	1,08E+04
Byggevarer	Savet og tørrede konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-3,45E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,69E+02	0,00E+00	2,43E+01
Byggevarer	Tagpap base	0	7,53E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,58E+03	4,34E+03
Byggevarer	Mineraluld, trykfast	0	4,34E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,74E+02	4,39E+04
Byggevarer	Dampspærre PE pr m²	0	2,26E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,56E+02	4,82E+02
Byggevarer	Betonhuldæk (C45/55)	0	2,10E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,38E+02	0,00E+00	2,14E+04
Byggevarer	Stål, armeringsstål	0	7,60E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,60E+02
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	0	2,02E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,11E+03	0,00E+00	8,13E+03
Hovedgruppe	Komplettering	-	8,17E+04	9,54E+04	0,00E+00	1,33E+04	3,44E+02	1,91E+05
Type	Vinduer	-	8,17E+04	9,54E+04	0,00E+00	1,33E+04	3,44E+02	1,91E+05
Bygningsdel	S1, 2,a,b,c - Vinduer og døre_Træ/alu	-	8,17E+04	9,54E+04	0,00E+00	1,33E+04	3,44E+02	1,91E+05
Konstruktion	Vinduer og døre_Træ/alu	-	8,17E+04	9,54E+04	0,00E+00	1,33E+04	3,44E+02	1,91E+05
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	1	1,40E+04	2,73E+04	0,00E+00	1,33E+04	0,00E+00	5,46E+04
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu, pulverlak	1	2,01E+04	2,01E+04	0,00E+00	1,28E+00	0,00E+00	4,03E+04
Byggevarer	Energiude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1	4,76E+04	4,80E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,44E+02	9,60E+04

10.20 Bilag 20 – Resultater GWP Etagebolig, Trin 1_pro

ETAGEBOLIG – RESULTATER GWP-UDTRÆK FRA LCABYGG TRIN 1_PRO

Beskrivelse	Navn	Total Udskiftninger	Total	Total	Total	Total	Total	Total
			GWP	GWP	GWP	GWP	GWP	GWP
			A1_3 kg CO2 eq.	B4 kg CO2 eq.	B6 kg CO2 eq.	C3 kg CO2 eq.	C4 kg CO2 eq.	SUM kg CO2 eq.
Sum	Bygning	-	8,80E+05	9,54E+04	0,00E+00	2,09E+05	2,44E+04	1,21E+06
Sum	Drift	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug el	El	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Driftforbrug varme	Varme	-	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Sum	Bygningsdele	-	8,80E+05	9,54E+04	0,00E+00	2,09E+05	2,44E+04	1,21E+06
Hovedgruppe	Bygningsbasis	-	8,33E+04	0,00E+00	0,00E+00	5,75E+04	0,00E+00	1,41E+05
Type	Fundament	-	3,09E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,03E+03	0,00E+00	3,29E+04
Bygningsdel	S1, S2.a,b,c - Fundament_beton	-	3,09E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,03E+03	0,00E+00	3,29E+04
Konstruktion	Fundament_beton	-	3,09E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,03E+03	0,00E+00	3,29E+04
Byggevarer	Fundament, C30/37 (M) FutureCEM	0	3,02E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,03E+03	0,00E+00	3,22E+04
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	7,10E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,10E+02
Type	Terrændæk	-	5,24E+04	0,00E+00	0,00E+00	5,55E+04	0,00E+00	1,08E+05
Bygningsdel	S1 - Terrændæk_Armeret beton + parketgulv	-	5,24E+04	0,00E+00	0,00E+00	5,55E+04	0,00E+00	1,08E+05
Konstruktion	Terrændæk_Armeret beton + parketgulv	-	5,24E+04	0,00E+00	0,00E+00	5,55E+04	0,00E+00	1,08E+05
Byggevarer	Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	0	-9,12E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,55E+04	0,00E+00	1,64E+04
Byggevarer	Umtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-3,19E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,89E+03	0,00E+00	6,96E+02
Byggevarer	Terrændæk C16/20 FutureCEM	0	3,92E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,16E+03	0,00E+00	4,24E+04
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	7,11E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,11E+03
Byggevarer	Sundolitt EPS Graphite 80	0	1,84E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,30E+04	0,00E+00	4,13E+04
Hovedgruppe	Primære bygningsdele	-	7,15E+05	0,00E+00	0,00E+00	1,38E+05	2,41E+04	8,77E+05
Type	Ydervæg	-	3,78E+05	0,00E+00	0,00E+00	4,16E+03	7,23E+03	3,89E+05
Bygningsdel	S1 - Ydervæg_Beton, mineraluld, skifer	-	1,63E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,55E+03	3,02E+03	1,69E+05
Konstruktion	Ydervæg_Beton, mineraluld, skifer	-	1,63E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,55E+03	3,02E+03	1,69E+05
Byggevarer	Skifer	0	2,17E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,27E+02	0,00E+00	2,18E+04
Byggevarer	Aluminiumsprofil	0	5,10E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,14E+00	5,10E+04
Byggevarer	Dampspærre PE pr m²	0	6,94E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,85E+02	1,48E+03
Byggevarer	Rockwool REDair batts 300	0	9,98E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,23E+03	1,22E+04
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,15-0,20 m FutureCEM	0	7,93E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,42E+03	0,00E+00	8,27E+04
Bygningsdel	S1 - Facade_Porebeton_mineraluld, skifer	-	2,15E+05	0,00E+00	0,00E+00	6,17E+02	4,21E+03	2,20E+05
Konstruktion	Facade_Porebeton_mineraluld, skifer	-	2,15E+05	0,00E+00	0,00E+00	6,17E+02	4,21E+03	2,20E+05
Byggevarer	Skifer	0	4,08E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,40E+02	0,00E+00	4,11E+04
Byggevarer	Aluminiumsprofil	0	9,60E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,79E+00	9,60E+04
Byggevarer	H+H Porebeton 472 kg/m3	0	5,95E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,77E+02	0,00E+00	5,98E+04
Byggevarer	Rockwool REDair batts 300	0	1,88E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,20E+03	2,30E+04
Type	Indervæg	-	8,22E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,51E+03	8,69E+02	8,56E+04
Bygningsdel	S1 - Indervæg_beton	-	5,92E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,51E+03	0,00E+00	6,17E+04
Konstruktion	Indervæg_beton	-	5,92E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,51E+03	0,00E+00	6,17E+04
Byggevarer	Optimeret vægelement 0,2 m FutureCEM	0	5,92E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,51E+03	0,00E+00	6,17E+04
Bygningsdel	S1 - Indervæg_let_stål_gips_mineraluld	-	2,31E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,20E+00	8,69E+02	2,39E+04
Konstruktion	Indervæg_let_stål_gips_mineraluld	-	2,31E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,20E+00	8,69E+02	2,39E+04
Byggevarer	Gyproc Normal Standard Plasterboard	0	1,49E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,14E+02	1,57E+04
Byggevarer	Isover Formstykker 37	0	2,82E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,58E+01	2,88E+03
Byggevarer	Stålprofil	0	5,33E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,20E+00	0,00E+00	5,33E+03
Type	Dæk	-	1,34E+05	0,00E+00	0,00E+00	8,38E+04	0,00E+00	2,18E+05
Bygningsdel	S1 - Etagedæk_Huldæk	-	1,34E+05	0,00E+00	0,00E+00	8,38E+04	0,00E+00	2,18E+05
Konstruktion	Etagedæk_Huldæk	-	1,34E+05	0,00E+00	0,00E+00	8,38E+04	0,00E+00	2,18E+05
Byggevarer	Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	0	-2,35E+04	0,00E+00	0,00E+00	6,57E+04	0,00E+00	4,22E+04
Byggevarer	Umtræ konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-8,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,00E+04	0,00E+00	1,79E+03
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	0	1,62E+05	0,00E+00	0,00E+00	8,09E+03	0,00E+00	1,70E+05
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	4,20E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,20E+03
Type	Konstruktion	-	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,11E+00	0,00E+00	5,22E+03
Bygningsdel	S1 - Kantbjælker	-	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,11E+00	0,00E+00	5,22E+03
Konstruktion	Kantbjælker	-	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,11E+00	0,00E+00	5,22E+03
Byggevarer	Stålprofil	0	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,11E+00	0,00E+00	5,22E+03
Type	Tag	-	1,16E+05	0,00E+00	0,00E+00	4,74E+04	1,60E+04	1,79E+05
Bygningsdel	S1 - Tag_Huldæk, mineraluld + tagpap	-	7,81E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,00E+04	1,25E+03	1,19E+05
Konstruktion	Tag_Huldæk, mineraluld + tagpap	-	7,81E+04	0,00E+00	0,00E+00	4,00E+04	1,25E+03	1,19E+05
Byggevarer	WISA Gran krydsfiner, ubelagt	0	-1,78E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,19E+04	0,00E+00	4,09E+03
Byggevarer	Dampspærre PE pr m²	0	5,84E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,61E+02	1,25E+03
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Topplade 30 mm	0	7,34E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,03E+02	7,44E+03
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	0	5,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,58E+04	0,00E+00	2,10E+04
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Lamel	0	3,45E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,84E+02	3,50E+04
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	0	4,71E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,36E+03	0,00E+00	4,95E+04
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	1,22E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,22E+03
Bygningsdel	S1 - Tagterrasse/Altan_Huldæk, træterrasse	-	3,77E+04	0,00E+00	0,00E+00	7,39E+03	1,48E+04	5,98E+04
Konstruktion	Tagterrasse/Altan_Huldæk, træterrasse	-	3,77E+04	0,00E+00	0,00E+00	7,39E+03	1,48E+04	5,98E+04
Byggevarer	WPC Terrassendielen	0	1,28E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,07E+04	1,08E+04
Byggevarer	Savet og tørrede konstruktionstræprodukter af fyr og gran	0	-3,45E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,69E+02	0,00E+00	2,43E+01
Byggevarer	Tagpap base	0	7,53E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,58E+03	4,34E+03
Byggevarer	Dampspærre PE pr m²	0	2,26E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,56E+02	4,82E+02
Byggevarer	Phønix tagpap 2 lag - system 2	0	2,02E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,11E+03	0,00E+00	8,13E+03
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Topplade 30 mm	0	2,84E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,00E+01	2,88E+03
Byggevarer	Rockwool TOPROCK Lamel	0	1,34E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,88E+02	1,35E+04
Byggevarer	Optimeret Huldæk FutureCEM	0	1,82E+04	0,00E+00	0,00E+00	9,12E+02	0,00E+00	1,92E+04
Byggevarer	Celsa Steel armering	0	4,74E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,74E+02
Hovedgruppe	Komplettering	-	8,17E+04	9,54E+04	0,00E+00	1,33E+04	3,44E+02	1,91E+05
Type	Vinduer	-	8,17E+04	9,54E+04	0,00E+00	1,33E+04	3,44E+02	1,91E+05
Bygningsdel	S1, 2.a,b,c - Vinduer og døre_Træ/alu	-	8,17E+04	9,54E+04	0,00E+00	1,33E+04	3,44E+02	1,91E+05
Konstruktion	Vinduer og døre_Træ/alu	-	8,17E+04	9,54E+04	0,00E+00	1,33E+04	3,44E+02	1,91E+05
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, træ, hvidmalet	1	1,40E+04	2,73E+04	0,00E+00	1,33E+04	0,00E+00	5,46E+04
Byggevarer	Vinduesprofil, karm, alu, pulverlak	1	2,01E+04	2,01E+04	0,00E+00	1,28E+00	0,00E+00	4,03E+04
Byggevarer	Energirude (2-lags), termorude 2x4 mm, argonfyldt	1	4,76E+04	4,80E+04	0,00E+00	0,00E+00	3,44E+02	9,60E+04

10.21 Bilag 21 – Resultater med usikkerhedsfaktor

RESULTATER – GENERISK OG PRODUKTSPECIFIK MILJØDATA FOR BEST IN CLASS
KONVENTIONELLE BYGGEMATERIALER MED USIKKERHEDSFAKTOR 1,3 OG 1,1 (ENFAMILIEHUS,
RÆKKEHUS OG ETAGEBOLIG)

Tabel 19 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele med en betragtningsperiode på 50 år. Resultaterne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C1-3 (endt levetid) og inkluderer ikke tekniske installationer. Resultaterne er inkl. en usikkerhedsfaktor på 1,3 for generisk miljødata og 1,1 for branchespecifikke EPD'er for konventionelle byggematerialer (Trin 1.1_gen) og er inddelt mellem de tre boligtyper.

Trin 1.1_gen	Enfamiliehus [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Rækkehus [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Etagebolig [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]
Ydervæg	2,11	1,48	1,72
Vinduer	0,768	1,16	0,796
Terrændæk	1,79	1,62	0,625
Tag	1,09	2,63	1,17
Indervæg	0,413	0,690	0,340
Fundament	0,936	0,779	0,173
Dæk	-	0,592	1,00
Total	7,11	8,95	5,82

Tabel 20 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele med en betragtningsperiode på 50 år. Resultaterne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C1-3 (endt levetid) og inkluderer ikke tekniske installationer. Resultaterne er inkl. en usikkerhedsfaktor på 1,3 for generisk miljødata og 1,1 for branchespecifikke EPD'er for konventionelle byggematerialer (Trin 1.1_pro) og er inddelt mellem de tre boligtyper.

Trin 1.1_pro	Enfamiliehus [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Rækkehus [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Etagebolig [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]
Ydervæg	0,910	0,745	1,47
Vinduer	0,768	1,16	0,796
Terrændæk	0,941	0,863	0,362
Tag	0,544	1,35	0,593
Indervæg	0,302	0,596	0,280
Fundament	0,573	0,450	0,106
Dæk	-	0,426	0,741
Total	4,04	5,59	4,35

10.22 Bilag 22 – Resultater for 100 år

RESULTATER – BETRAGTNINGSPERIODE PÅ 100 ÅR (ENFAMILIEHUS, RÆKKEHUS, ETAGEBOLIG)

Tabel 21 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for Enfamiliehus for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele med en betragtningsperiode på 100 år (Trin 1_gen_100 og Trin 1_pro_100) sammenlignet med 50 år (Trin 1_gen og Trin 1_pro). Resultaterne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C1-3 (endt levetid) og inkluderer ikke tekniske installationer.

Enfamiliehus	Trin 1_gen [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1_pro [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1_gen_100 [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1_pro_100 [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]
Ydervæg	1,62	0,909	0,810	0,455
Vinduer	0,591	0,591	0,591	0,591
Terrændæk	1,38	0,917	0,689	0,458
Tag	0,855	0,520	0,548	0,421
Indervæg	0,318	0,302	0,159	0,151
Fundament	0,720	0,573	0,360	0,287
Total	5,48	3,81	3,16	2,36

Tabel 22 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for Rækkehus for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele med en betragtningsperiode på 100 år (Trin 1_gen_100 og Trin 1_pro_100) sammenlignet med 50 år (Trin 1_gen og Trin 1_pro). Resultaterne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C1-3 (endt levetid) og inkluderer ikke tekniske installationer.

Rækkehus	Trin 1_gen [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1_pro [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1_gen_100 [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1_pro_100 [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]
Ydervæg	1,14	0,744	0,584	0,386
Vinduer	0,896	0,896	0,896	0,896
Terrændæk	1,25	0,834	0,624	0,417
Tag	2,08	1,35	1,237	1,08
Indervæg	0,536	0,590	0,290	0,317
Fundament	0,599	0,450	0,299	0,225
Dæk	0,456	0,409	0,228	0,204
Total	6,95	5,27	4,16	3,52

Tabel 23 - Globalt opvarmningspotentiale (GWP) for Etagebolig for hele livscyklussen fordelt på bygningsdele med en betragtningsperiode på 100 år (Trin 1_gen_100 og Trin 1_pro_100) sammenlignet med 50 år (Trin 1_gen og Trin 1_pro). Resultaterne inkluderer livscyklusmodulerne A1-3 (produktion), B4 (udskiftning), C1-3 (endt levetid) og inkluderer ikke tekniske installationer.

Etagebolig	Trin 1_gen [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1_pro [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1_gen_100 [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]	Trin 1_pro_100 [kg CO ₂ -ækv./m ² /år]
Ydervæg	1,32	1,26	0,997	0,969
Vinduer	0,61	0,612	0,612	0,612
Terrændæk	0,48	0,346	0,241	0,173
Tag	0,92	0,575	0,514	0,341
Indervæg	0,26	0,275	0,156	0,163
Fundament	0,133	0,106	0,067	0,053
Dæk	0,771	0,699	0,386	0,350
Total	4,5	3,88	2,97	2,66

10.23 Bilag 23 – Miljødata for isolering

DOKUMENTATION ROCKWOOL

Rockwool data
 Kilde: epd-rockwool.pdf
 Ifølge ovenstående dokument er FU (functional unit)

Udklip A
Declared product / declared unit
 1m² of stone wool thermal insulation product with a thermal resistance of R=1 m²K/W.

LCA Calculation rules

Udklip B
 Declared Unit: The specific product, referred to in the declared unit is 1m² of Rockwool wool batt with a thermal resistance of 1m²K/W.
 Reference Product: The reference product is a 40mm thick ROCKWOOL stone wool batt with a density of 25kg/m³.
 For the calculation of the results in this declaration changes are based on the basis of the production volumes at the plants. This approach is considered conservative, and it ensures increased market competition as compared to higher density and capacity products. The reference and declared units shall be aggregated.

Declared unit	Value	Unit
Density	25	kg/m ³
Thickness	40	mm
Weight	1	kg
Conversion factor to 1 kg	1	

Som det fremgår af udklip B er vægten af FU 1 kg

Dette kan også omregnes ved at anvende EPD'ens data:
 FU (som GWP er angivet for) er 1 m² produkt i tykkelse 40 mm med densitet 25 kg/m³
 1 m² produkt i tykkelse 40 mm giver 1m² x 0,04 m = 0,04 m³
 Da densiteten af dette produkt er 25 kg/3, bliver vægten af produktet 0,04 m³ * 25 kg/m³ = 1 kg.
 Da samtlige RW produkter fremstilles ved samme process er GWP pr. kg altid det samme (fremgår af FU definitionen)
 Jeg har derfor taget udgangspunkt i FU, som er 1kg og omregnet til m³ for de forskellige produkter ift. produktets densitet.
 F.eks. Rockwool Flexibatts 32 kg/m³, og derfor ganger jeg data for FU med 32

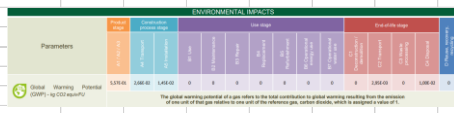
A1-A3	C1	C2	C3	C4
1,11	0	0,00377	0	0,0156

Data for FU kgCO₂ eqv. pr. kg uld
 Data for Flexibatts kg CO₂ eqv. pr. m³ produkt i 32 kg/m³ 35,20 0,000 0,121 0,000 0,499

DOKUMENTATION ISOVER

Isover data
 Da produktionsprocessen for Granulat og de øvrige produkter er forskellig er der brugt 2 forskellige værdier:

1. Granulatprodukt InsulSAFE, kilde EPD Isover InsulSafe



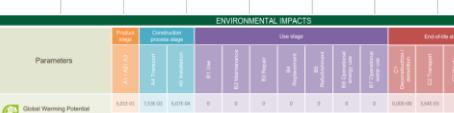
Description of the main components and/or materials for 1 m² of product with a thermal resistance of 1 K.m².W⁻¹ a thickness of 42 mm for the calculation of the EPD:

PARAMETER	VALUE (per functional unit)
Quantity of wool for 1 m ² of product	0.63 kg
Thickness of wool	42 mm
Surfacing	None
Packaging for the transportation and distribution	Polyethylene: 6.99 g/m ² Wood pallet: 21.0 g/m ² Label: 0.192 g/m ²
Product used for the installation	Blowing machine

Det fremgår af EPD'en, at tykkelse for FU er 42 mm.
 For at omregne data for m³, divideres GWP værdier med 42 mm og ganges med 1000 mm

2. De øvrige produkter beregnes ud fra resterende EPD'ere. CO₂ eqv. pr. kg er de samme for alle produkter

Her anvendes EPD for Murfilt 37.



Description of the main components and/or materials for 1 m² of product with a thermal resistance of 1 m²K/W for the calculation of the EPD:

PARAMETER	VALUE
Quantity of mineral wool	629 g
Thickness of mineral wool	37 mm
Surfacing	None
Packaging for the transportation and distribution	Polyethylene 18 g/m ² Wood pallet 69 g/m ²
Product used for the installation	None

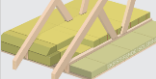
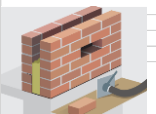
Vægten af FU er 629 gram, for at omregne GWP pr. kg divideres GWP værdier med 629 og ganges med 1000.

A1-A3	C1	C2	C3	C4
0,501	0,000	0,00364	0	0,0062

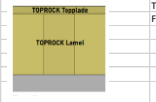
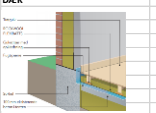
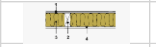
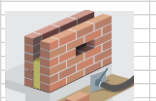
FU 0,80 0,00000 0,00579 0,00000 0,00984

Bruger man andre EPD'ere kan der forekomme mindre afvigelse pba. afrundinger




ENFAMILIEHUS – MILJØDATA FOR ISOLERING

Direkte omregning fra EPD'ere		A1-A3	C1	C2	C3	C4		
EPD værdier for FU (fremgår af EPD'en for Rockwool Isolering) FU er et produkt med densitet 25 kg/m ³ , lambda 40, tykkelse 40 mm, dvs. R = 1 Omregning til andre R værdier = GWP for R=1 * R faktisk. Eks: For Flexibatts lambda 34 i 250 mm er: Skaleringfaktor 1,4+0 (der er ikke noget facing på produktet) For tykkelse 250 mm skal der ganges med R-værdien for denne tykkelse, dvs. 250/34= 7,35 Beregningen bliver (fase A1-A3) = 1,1*1,4*7,35=11,319		1,11	0	0,00377	0	0,0156		
Isover EPD InsulSAFE vægt 0,63 kg, tykkelse 42 mm		0,557	0	0,00295	0	0,01		
Isover EPD Murfillt 37		0,501	0	0,00364	0	0,00984		
TAG Loft 		Rfaktisk tykkelse 1000 mm	A1-A3 kgCO ₂ /m ³	C1 kgCO ₂ /m ³	C2 kgCO ₂ /m ³	C3 kgCO ₂ /m ³	C4 kgCO ₂ /m ³	
	Omregningsfaktor							
	Rockwool Granulat Pro	1,1	24,390	29,780	0,000	0,101	0,000	0,419
	Isover InsulSAFE		23,810	13,262	0,000	0,070	0,000	0,238
Mineraluld granulat (Danske EPD'ere 50/50 RW og GU)			21,521	0,000	0,086	0,000	0,328	
Mineraluld blowable (Økobau), dens 50 kg/m ³			64,02	0	0,1452	1,247	0,6906	
Ydervæg Hulrum 		Rfaktisk tykkelse 1000 mm	A1-A3 kgCO ₂ /m ³	C1 kgCO ₂ /m ³	C2 kgCO ₂ /m ³	C3 kgCO ₂ /m ³	C4 kgCO ₂ /m ³	
	Omregningsfaktor							
	Rockwool Murbatts	1,1	27,027	33,000	0,000	0,112	0,000	0,464
	Isover Murfillt		27,027	13,541	0,000	0,098	0,000	0,266
Mineraluld (danske EPD'ere; 50/50 RW og GU)			23,270	0,000	0,105	0,000	0,365	
Mineraluld facadeinsulation (Økobau, 50/50 RW og GU) dens 46 kg/m ³			70,39	0	0,1479	1,27	0,7034	
Jeg har valgt facadeisolering, idet der ikke findes EPD for hulrumisolering (typisk for DE)								

RÆKKEHUS – MILJØDATA FOR ISOLERING

EPD Rockwool Isolering		A1-A3	C1	C2	C3	C4				
		1,11	0	0,00377	0	0,0156				
EPD Isover Robust TP over 90 mm		2,13	0	0,01710	0	0,0464				
EPD Isover Formstykker		0,44	0	0,00321	0	0,00868				
TAG Fladt tag isoleret med Toprock system (topplade + lameller) 		Omregningsfaktor	Rfaktisk tykkelse 1000 mm	A1-A3 kgCO ₂ /m ³	C1 kgCO ₂ /m ³	C2 kgCO ₂ /m ³	C3 kgCO ₂ /m ³	C4 kgCO ₂ /m ³	Tykkelse mm	
	Toppladen er altid 30 mm		6,4	26,316	186,947	0,000	0,635	0,000	2,627	
	Fås i tykkelser 200 til 500 mm		2,5	25,641	71,154	0,000	0,242	0,000	1,000	
	Disse to produkter udgør et samlet system, Toprock Toppladen er altid 30 mm og lamellens tykkelse varierer									
				26,316	56,053	0,000	0,450	0,000	1,221	
	Isover Robust TP over 90 mm									
	Mineraluld 50/50 RW og GU				65,340	0,000	0,352	0,000	1,135	1000
	Gennemsnit beregnes pr tykkelse, sæt tykkelse i det gule felt for at se gennemsn.				209,5	0	0,4633	3,976	2,203	
	Mineraluld flat roof (Økobau, 100 RW), 145 kg/m ³									
	DÆK 		Omregningsfaktor	Rfaktisk tykkelse 1000 mm	A1-A3 kgCO ₂ /m ³	C1 kgCO ₂ /m ³	C2 kgCO ₂ /m ³	C3 kgCO ₂ /m ³	C4 kgCO ₂ /m ³	
		1,2	27,027	36,000	0,000	0,122	0,000	0,506		
			27,027	11,919	0,000	0,087	0,000	0,235		
Mineraluld (Danske EPD'ere 50/50 RW og GU)				23,959	0,000	0,105	0,000	0,370		
Mineraluld floorinsulation (Økobau, 50/50 RW og GU), 85 kg/m ³				133,9	0	0,2716	2,331	1,291		
Mineraluld pitched roof insulation (Økobau, 50/50 RW og GU), 30 kg/m ³				46,52	0	0,09586	0,78322	0,4555		
Jeg har valgt at tage floorinsulation, da det er det, en bruger uden kendskab til vores produkter vil gøre.										
Indervægge langsgående og indervægge sekundære 		Omregningsfaktor	Rfaktisk tykkelse 1000 mm	A1-A3 kgCO ₂ /m ³	C1 kgCO ₂ /m ³	C2 kgCO ₂ /m ³	C3 kgCO ₂ /m ³	C4 kgCO ₂ /m ³		
		1,2	27,027	36,000	0,000	0,122	0,000	0,506		
			27,027	11,919	0,000	0,087	0,000	0,235		
	Mineraluld (Danske EPD'ere 50/50 RW og GU)				23,959	0,000	0,105	0,000	0,370	
Mineraluld partition wall (Økobau, 50/50 RW og GU), 28 kg/m ³				40,31	0	0,08404	0,7212	0,3996		
Facadevæg og gavlvæg 	Se "Case 1_Enfamiliehus"									

ETAGEBOLIG – MILJØDATA FOR ISOLERING

		Rockwool system	A1-A3	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4
		Tykkelse	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /m ²
 <p>Ydervæg og Facade med RedAir Battis</p>	RedAir battis	150	9,710	0,000	0,000	0,000	2,190	0,000	0,000	0,000	0,002	0,064	4,230	0,381
		250	17,476	0,000	0,000	0,000	2,190	0,000	0,000	0,000	0,002	0,091	4,230	0,490
		300	21,360	0,000	0,000	0,000	2,190	0,000	0,000	0,000	0,002	0,104	4,230	0,545
		350	25,243	0,000	0,000	0,000	2,190	0,000	0,000	0,000	0,002	0,117	4,230	0,600
 <p>Indervægge, let</p>		Se data for Case 2_Rækkehus												
 <p>Fladt tag isoleret med Toprock system (topplade + lameller)</p>		Se data for Case 2_Rækkehus												
<p>Toppladen er altid 30 mm Fås i tykkelser 200 til 500 mm</p>														

10.24 Bilag 24 – Critical Review

Critical Review

Emne

Til : Rikke Schack
Fra : Christine Collin
Bilag : Rapport inkl. kommentarer
Kopi til :

05. juli, 2021

Rambøll: Siden Critical Review 05. juli 2021, er der foretaget en tilretning af rapporten, hvor definitionen af trin er ændret. Det tidligere Trin 1 er nu Trin 1_gen og det tidligere Trin 2 er nu Trin 1_pro.

1. Introduktion

Dette notat er en opsummering af den kritiske review proces for studiet 'CO₂ besparelse ved konventionelt byggeri' udarbejdet af Rambøll på vegne af den mineralske byggebranche repræsenteret ved Dansk Beton, Danske Tegl og VIF (VarmelsoleringsForeningen).

1.1. Proces og grundlag

Formålet med det kritiske review er, at sikre at livscyklusvurderingsstudiet er udarbejdet i overensstemmelse med den internationale standard ISO 14044:2006. Reviewet skal sikre, at den anvendte metode er teknisk og videnskabelig valid, at datakilderne er relevante og acceptable og at studiet transparent kommunikerer forudsætninger, resultater og begrænsninger.

Reviewet er udarbejdet af Christine Collin fra Sweco på baggrund af det færdige udkast til rapport og analysearbejde, modtaget mandag d. 5. juli 2021, som led i afslutningen af projektet. Tilbage melding er udarbejdet både i dette notat men også med direkte kommentarer i rapportudkastet og i resultatberegningsskemaet.

Grundlaget for reviewet bestod af følgende dokumenter:

- Rapport
- Resultatbehandlingsark
- Inventory for Case 1, 2 og 3
- LCAByg filer for Case 1, 2 og 3 for både trin 1 og 2

Analysens datagrundlag dvs. tegninger og mængder af materialer (volumener, arealer, vægt) er ikke reviewet.

Udover den skriftlige kommentering er spørgsmål yderligere diskuteret ved et onlinemøde d. 7. juli og kommentarerne er besvaret af Rambølls ingeniører.

1.2. Konklusion

Overordnet er analysen fundet værende i overensstemmelse med ISO 14044.

1.3. Metode og afgrænsning

Den overordnede metode og systemafgrænsning af livscyklusvurderingen følger den danske metode fra bæredygtighedscertificeringen DGNB som følger den europæiske standard EN 15978 og er i overensstemmelse med ISO 14044:2006. Metoden indeholder ikke alle livscyklusmoduler, da det i praksis ikke har vist sig muligt pga. manglende data og dokumentationsprocesser i byggeriet. Metoden repræsenterer derfor ikke en fuldstændig livscyklus, men indeholder de væsentlige livscyklusmoduler og er sammenlignelig med den data der allerede findes i branchen for hele bygninger.

Spørgsmål/kommentarer

Er det korrekt forstået at materialerne blot udskiftes og at ikke også mængderne optimeres i Trin 2? Nærlæses Bilag vedr. danske beton og inventory er materialerne ikke blot udskiftet 1:1 men også optimeret ift. betonstyrke og evt. mængde, dvs. funktionen er ændret. Det skal fremgå tydeligt i rapporten hvad 'optimeringen' indebærer, hvilket det ikke gør på nuværende tidspunkt. Flere af disse 'optimeringer' kan også udføres med generisk data og ville derfor være en oplagt følsomhedsanalyse at udføre.

Rambøll: Der er ikke ændret i den faktiske styrkeklasse. Der er i de oprindelige beregninger fra Rambølls ingeniører henvist til styrkeklasse C16, men da der i sin tid ikke fandtes et miljødatasæt for beton med en styrkeklasse C16, blev der i Træ i byggeriet rapporten benyttet et datasæt fra Ökobaudat databasen på en styrkeklasse C25. Der er dog i mellemtiden udkommet et generisk datasæt for C20, hvorfor dette er benyttet i den nye beregning, så det er så det kan sammenlignes med det benyttede fra Dansk Beton på C16.

Der er i Case 2 (Rækkehus) benyttet en tidligere betonstandard DS 2426, som dog udgik i 2019. I henhold til denne skulle fundamenterne opføres med C25, men i den nye betonstandard DS/EN 206 DK NA skal det opføres med C30. Dette er derfor opdateret i begge trin, for at være sammenligneligt.

Der er tilføjet mere beskrivende tekst omkring dette i rapporten.

Der er valgt ikke at udføre yderligere følsomhedsanalyser på datatype for beton, ved bl.a. at udskifte generisk data til branche EPD'er for beton i Trin 1_gen, da det er denne miljødata Dansk Beton har fået Teknologisk Institut til at optimere til Trin 1_pro.

Kan I tydeliggøre at materialet udskiftes fra at være dokumenteret med generisk data til nu at dokumenteres med produktspecifik data 'best case' og at der fx ikke er tale om at polystyrenisolering udskiftes til et andet materiale.

Der er sikret, at alle materialer i Trin 1_gen er i overensstemmelse med de fremsendte materialer, der er fremsendt produktspecifik data på i Trin 1_pro. Det har derfor været nødvendigt at lave enkelte ændringer, som afviger fra det datagrundlag, der var i rapporten "CO₂-besparelse ved træbyggeri", for netop at

sikre korrekt metodisk sammenlignelighed de to trin imellem. Dette er beskrevet i Bilag 25, for samtlige ændringer, der er foretaget.

Afsnit 3.2

Afgræsningen i sammenligningsstudiet er i henhold til ISO 14044:2006 ift. at udelade energiforbruget fra driften, men det er ikke tydeligt, hvorledes man har sikret klimaskærmens egenskaber er uændrede ved udskiftning af materialer. Fx kan forskellige mineraluldsisoleringer have forskellige termiske egenskaber.

Ligeledes mangler der er en forklaring af, hvorledes det er sikret, at de akustiske forhold og brandmæssige forhold er ens? Hvis ikke det kan forklares kan man i stedet skrive, at det er antaget værende ens.

Rambøll: Der er ikke udskiftet materialetyper, og dermed heller ikke egenskaber. Der er blot udskiftet på datagrundlaget, altså om det er generisk eller produktspecifikt. Det er derfor antaget, at klimaskærmens termiske egenskaber er uændrede i og med, at der analyseres på samme materialetype. Samme begrundelse gør sig gældende for de akustiske og brandmæssige forhold.

Afsnit 4.1 Figur 2. side 9.

Man kan med fordel markere de felter, hvor det ikke giver mening at udskifte med en anden farve, så det tydeligt fremgår, at det ikke er fordi data mangler, men at det er fordi materialet ikke er relevant. Fx er gips i fundamentet ikke relevant.

Rambøll: Der er tilføjet en beskrivelse af dette i stedet for, da markeringen forvirrede mere.

Der mangler beskrivelse af, hvorfor nogle materialer ikke udskiftes, er det fordi der ikke findes relevant/betere data end generisk? Fx kunne man med fordel forklare at rækkehusene og flerfamiliehuset har flade tage, hvorfor de ikke får udskiftet tegltaget.

Rambøll: Der er tilføjet en generel kommentar, om at der udskiftes de steder, hvor det er relevant for bygningens udformning.

Hvordan har man håndteret det, hvis den specifikke data er dårligere miljømæssigt end det generiske data?

Rambøll: Dette er ikke håndteret, da det ikke har været fokus for opgaven. Der er vist hvilke klimamæssige besparelser, der kan være ved at benytte best in class konventionelle byggevarer med produktspecifikke miljøvaredeklarationer frem for generisk miljødata. De fleste produkter er derfor miljømæssigt bedre end det generiske data. Ligeledes har det været de tre brancheorganisationers ansvar at levere miljødata iht. EN15804, og de har i den forbindelse haft adgang til det i Trin 1_gen benyttede data.

Afsnit 6.1

Sammenligning med referencebygning sker på baggrund af BUILDs rapport af 60 cases, som angiver en middelværdi for de tekniske installationer. Datagrundlaget fra BUILD på de tekniske installationer er dog mangelfuldt, da kun mellem 10-22 projekter indeholdt installationer i beregningerne (nogle havde alle installationer med, mens kun 10 projekter havde afløb med). Dette er BUILDs rapport korrigeret

for, men denne usikkerhed skal man være opmærksom på. Hvordan er usikkerheden i datagrundlaget håndteret i denne beregning?

Rambøll: Der er tilføjet en beskrivelse omkring usikkerheden, men at det er det bedste estimat på de tekniske installationer på nuværende tidspunkt.

1.4. Fortolkninger og konklusioner

Rapporten er transparent og analyserne velbeskrevne og analysens begrænsninger er forsøgt identificeret gennem en følsomhedsanalyse.

For at konkludere på resultaterne er de sat i sammenhæng med BUILDs 60 cases og den kommende grænseværdi for CO₂ i bygningsreglementet, hvormed det konkluderes at alle tre bygningscases både i Trin 1 og 2 ligger under de kommende nationale krav i 2023 og at der ved anvendelse af 'best case' produktspecifik data kan opnås besparelser i CO₂-udledningen fra materialerne på mellem 14-32% for de konkrete cases. Da rapporten ser på tre konkrete cases er det også kun for de specifikke cases at konklusioner kan drages, hvilket også fremgår tydeligt i rapporten. Der kunne med fordel reflekteres yderligere over hvorfor byggeriernes basiscase (trin1) ligger under det tilsvarende gennemsnit for bygningstypologien i BUILD-rapporten? Bl.a. etagebyggeriet ligger meget lavt i Trin1.

Rambøll: Der er tilføjet i rapporten.

Konklusionen om lavere CO₂-udledning ved anvendelse af EPD-data modstrider BUILDs nyeste analyse¹, det er derfor vigtigt at understrege, at de udvalgte produkter repræsenterer det bedste alternativ ift. miljø på markedet og at de er optimerede ift. de data BUILD har anvendt. Afsnit 5.1 i Builds nye rapport:

"Referenceværdierne for alle bygninger, der er relateret til EPD-udskiftninger, er steget med 3 % og 2,5 %"

Rambøll: Der er tilføjet et afsnit omhandlende dette samt lavet en reference til BUILDs rapport.

Afsnit 4.3

Har man set på om de mere bæredygtige mineralske produkter medfører længere transportafstande eller særlige processer på byggepladsen, således at udledningerne forskydes fra ét livscyklusmodul til et andet?

Man kunne med fordel tilføje en beskrivelse af hvordan/om suboptimering er undgået.

Rambøll: Dette har der ikke været fokus på i rapporten, men der er som udgangspunkt benyttet produkter på det danske marked, som primært produceres i Danmark, men der kunne tilføjes et lille afsnit omkring vigtigheden af også at kigge på dette i en LCA. Der er under perspektivering en uddybning af vigtigheden i livscyklusmodul A4 og A5, som skal medtages jf. den frivillige bæredygtighedsklasse.

¹ BUILD Rapport 2021:13 Klimapåvirkning fra 60 bygninger - Opdaterede værdier baseret på nyere data og danske branche EPD'er.

Afsnit 5

Det bør tydeliggøres at resultaterne i tekst og figurer ikke kan sammenlignes med de kommende grænseværdier, da de udelukkende indeholder materialer eksklusiv installationer. Figur 7 kunne med fordel tildeles forklarende tekst for livscyklusmodulerne (A1-3 Produktion, B4 Udskiftninger etc.) for bedre kommunikation til ikke-LCA kyndige.

Rambøll: Dette er tilføjet i rapporten.

Afsnit 5.2

Det ser ikke ud til at optimeringen på beton og armering minimerer CO₂-udledningen ret meget i denne bygning (rækkehuse), kan det virkelig passe?

Rambøll: Beregningen er tjekket, og den er korrekt. Dette skyldes primært, at branche EPD'erne fra Dansk Beton, som benyttes til optimering af miljødata for beton i Trin 1_pro, som udgangspunkt har en højere udledning end det generiske data som benyttes i Trin 1_gen, så selv med tilsætning af FutureCEM, sker der ikke en stor reduktion.

Afsnit 7

Den udførte følsomhedsanalyse virker ikke som en relevant analyse, hvorfor er netop denne følsomhed undersøgt?

Rambøll: Dette er efter ønske fra de tre brancheorganisationer.

I skriver "Følsomheden i resultaterne vil blive beskrevet ved at udføre beregninger for en betragtningsperiode på 100 år". Denne ene følsomhedsanalyse kan ikke afdække alle følsomheder og bør formuleres anderledes. Derudover bør konklusionen af følsomhedsanalysen være mere klar. Følsomhedsanalysen viser netop at konklusionen ikke ændres ved den ændrede betragtningsperiode, hvilket var forventeligt, set i lyset af tilsvarende studier lavet af BUILD, bl.a. i rapporten med de 60 cases.

Til gengæld kunne Afsnit 6.2 oplagt flyttes til følsomhedsanalyseafsnittet, da denne delanalyse ser på følsomheden i datagrundlaget. Hertil kunne tilføjes refleksioner over, at vi i branchen har set produktspecifikke EPD'er som performer dårligere end tilsvarende generisk data, hvorfor usikkerhederne tilføjes i den danske DGNB metode. Her er konklusionen netop meget følsom overfor ændringer i resultaterne, fx vil case 1 og 2 ikke kunne overholde den fremtidige frivillige bæredygtighedsklasse i trin 1.

Rambøll: Afsnittet er flyttet op, og der er tilføjet yderligere forklaring i rapporten omkring følsomheden af datainput.

Andre relevante følsomhedsstudier kunne være ift. transport og byggeplads, hvad sker der når disse livscyklusmoduler skal medtages for at overholde bygningsreglement krav? Vi har set mange byggerier i branchen, som har store udledninger forbundet med fundamentet, placeringen af byggeriet har derfor også en betydning for CO₂-udledningen, da det er afgørende for om bygningen vil kræve pælefundering og spuns. Placeringen af bygningen kunne derfor også være en parameter i en alternativ følsomhedsanalyse.

Opsamling af mulige yderligere følsomhedsstudier:

- Datagrundlag (I hvor høj grad er konklusionen følsom overfor datainput? Tilføjes usikkerhed på 1,1, 1,3 etc. men måske særligt på de usikre input fra VIF og Rockwool)
- Optimeringer (er det forbedret data eller optimeringerne som batter?)
- Transport og byggeplads (Kan man overholde grænseværdier når transport og byggeplads medregnes?)
- Placering => hvad hvis mængderne ændres væsentligt? (fx fundamenter)

Rambøll: Der er medtaget følsomhedsanalysen på de 100 år samt følsomhed overfor datainput ved at medtage usikkerhedsfaktorer indført i den nye DGNB 2020 manual. Da de tre brancheorganisationer ikke ønsker resultaterne vist opdelt på materialeniveau men kun på bygningsdelsniveau, er følsomhedsanalyseens resultater ikke med fokus på input specifikt fra de enkelte brancheforeninger eller materialetyper.

1.5. Antagelser og teknisk validitet

Metoden for denne LCA er videnskabelig og teknisk valid, mens datagrundlaget bygger på både 3. parts verificeret produktspecifikdata, generisk data og data udarbejdet fra Teknologisk Institut, Rockwool og VIF, som ikke er 3. parts verificeret. På grund af den manglende 3. parts verificering er det oplagt at udføre følsomhedsanalyse på datainputtet, som foreslået ovenfor.

Rambøll: Dette er udført og tilføjet.

For at kunne publicere denne rapport er det nødvendigt at være transparent om datagrundlaget, hvorfor rapporterne fra Teknologisk Institut og beregninger fra Rockwool og VIF bør vedlægges som bilag.

Rambøll: Dette er vedlagt som bilag, og det har hele tiden været hensigten fra de tre brancheorganisationer at være så transparente som muligt.

Inventory

Hvilken data har været valgt i Trin 1, når der blot står anført '-' ? Der mangler transparens i hvilke data der er valgt. Man kunne med fordel blot gengive materialenavnet, hvis produktet er anvendt både i trin 1 og 2 og så vise med farver hvilke materialer der er ændrede. Generelt mangler der henvisninger/links til de specifikke oekobau datasæt i inventory.

Rambøll: Dette er ændret og tilføjet.

Generisk data anvendt i analyserne fra Oekobaudat er fra 2016 og dermed ikke de nyeste data, som findes fra foråret 2021. Produktspecifikdata fra EPD'er udløber efter 5 år, dette burde fremlægges transparent, men kan ikke ses i inventory eller bilag.

Rambøll: Dette er tilføjet i rapporten.

Hvorfor er der anvendt generisk økobau-data for basiscasene (trin 1) når der forefindes danske branche-EPD'er som er mere retvisende for det generelle danske marked fx på beton?

Rambøll: Dette er valgt, fordi man har taget udgangspunkt i rapporten: "CO₂-besparelse ved træbyggeri". Grundlaget for opgaven var at benytte samme datagrundlag, hvorfor der som udgangspunkt er benyttet samme datagrundlag som i den omtalte rapport, som er beregnet i LCAbyg3.2, som benytter databasen fra 2016. Der er enkelte steder lavet ændringer grundet nyere og mere retvisende

datasæt, for at gøre sammenligning metodisk korrekt. Branche EPD'er for beton er benyttet til at vise det optimerede potentiale med FutureCEM.

Enkelte steder er der anvendt data, som er udløbet, fx H+H EPD for porebeton, men der er argumenteret for, at det er det mest repræsentative datasæt tilgængeligt på nuværende tidspunkt, dette er også anført i bilag/inventory. Valget kunne underbygges med forklaring af at produktionen ikke er ændret, eller er forbedret, hvorfor det forventes at det nuværende EPD er på den sikre side.

Rambøll: Dette er angivet i inventory for det specifikke produkt.

Den anvendte data for Rockwool-produkter er ikke transparent angivet og er derfor ikke mulig at vurdere. Der mangler en sammenligning til publiceret data for at afdække følsomheden af resultaterne.

Rambøll: Rockwolls fremsendte datagrundlag er vedlagt med forklaringer for de anvendte miljødata for at skabe transparens.

Skaleringen af EPD'en for Isover Murfilt er baseret på en lineær interpolation som VIF har udført og ikke den pågældende EPD. Dette er ikke transparent angivet og er derfor ikke muligt at vurdere, men det er ikke tilrådeligt at fravige 3. parts verificeret data.

Rambøll: Isovers datagrundlag er vedlagt som bilag for at skabe mere transparens omkring det benyttede data.

Hvorfor er armeringsstålet udskiftet til en produktspecifik EPD for celsa steel? Denne besparelse er afgørende for konklusionerne på beton og armering, som er opgjort sammen i resultat-afsnittet og giver et ikke-transparent billede for læseren af hvor besparelserne kommer fra.

Rambøll: Dette er gjort på baggrund af det fremsendte datagrundlag fra Teknologisk Institut, hvor der ligeledes er optimeret på EPD for armering. Dette er beskrevet i afgrænsning af data, så man ved, at denne optimering indeholder både beton og armering. Der er ligeledes henvist til bilagsrapport fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk Institut.

Data anvendt for tagteglsten mangler henvisning/link til EPD data i inventory/bilag.

Rambøll: Dette er tilføjet, og fremgår ligeledes af Tabel 2.

Data anvendt for facadeteglsten er anført i bilag at være fra en fortrolig producent, men den er navngivet [REDACTED], som ser ud til at være produceret af [REDACTED]. Dette bør censureres i inventory/bilag i rapporten.

Rambøll: Dette er en fejl i første udkast og er ændret nu, så der blot står teglsten.

10.25 Bilag 25 – Ændringer fra rapporten "CO₂-besparelse ved træbyggeri" til rapporten "CO₂-besparelse ved konventionelt byggeri"

Enfamiliehus				
Bygningsdel	Materiale	Trin	Ændring	Begrundelse
Tag	Isolering	1_gen	Ændret fra generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, alm</i> til <i>Mineraluld, løs</i>	Der er i rapporten "CO ₂ -besparelse ved Træbyggeri" benyttet et miljødatasæt for Mineraluld, alm i taget for enfamiliehuset. Dette er i denne rapport ændret til Mineraluld, løs for at være sammenligneligt med det fremsendte miljødata fra ISOVER på insulsafe, som er løs isolering.
Gulv, terrændæk	Isolering	1_gen	Ændret fra generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, trykfast</i> til generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, terræn</i>	Ændringen er lavet for at kunne sammenligne med det fremsendte miljødata for Sundolitt EPS Graphite, samt at det er et mere repræsentativt miljødatasæt for isolering i terrændæk.
Fundament, Linje- og punktfundamenter	Beton	1_gen & 1_opt	Ændret fra C25/30 til C30/37	Der er i rapporten "CO ₂ -besparelse ved Træbyggeri" benyttet en tidligere betonstandard DS 2426, som dog udgik i 2019. I henhold til denne skulle fundamenterne opføres med C25, men i den nye betonstandard DS/EN 206 DK NA skal det opføres med C30. Dette er derfor opdateret i begge trin, for at være sammenligneligt. Dette er beskrevet i rapporten fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk institut vedlagt i Bilag 1.
Sokkel	Isolering	1_gen	Ændret fra generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, trykfast</i> til generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, terræn</i>	Ændringen er lavet for at kunne sammenligne med det fremsendte miljødata for Sundolitt EPS Graphite, samt at det er et mere repræsentativt miljødatasæt for isolering i terrændæk.

Rækkehus				
Bygningsdel	Materiale	Trin	Ændring	Begrundelse
Tag	Tagpap	1_gen & 1_opt	Ændret fra branche EPD på tagpap til EPD for Phønix tagpap	Den benyttede branche EPD i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " er efter udarbejdelse udløbet. EPD'en er ikke blevet opdateret, og der er derfor benyttet en EPD for Phønix tagpap, som er gyldig.
Fundament	Beton	1_gen & 1_opt	Ændret fra C25/30 til C30/37	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " benyttet en tidligere betonstandard DS 2426, som dog udgik i 2019. I henhold til denne skulle fundamenterne opføres med C25, men i den nye betonstandard DS/EN 206 DK NA skal det opføres med C30. Dette er derfor opdateret i begge trin, for at være sammenligneligt. Dette er beskrevet i rapporten fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk institut vedlagt i Bilag 1.
	Lecablok	1_gen	Ændret fra generisk miljødatasæt for <i>porebeton 380 kg/m³</i> til generisk miljødatasæt <i>letklinker, bagmur</i>	Dette skyldes at det valgtes af miljødata i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " ikke er retvisende for det materiale, der er benyttet i fundamentet. Derudover er der fremsendt et miljødatasæt til udskiftning i Trin 1_pro på optimering af letklinker (se Bilag 1 for Dansk Betons optimeringsforudsætninger udarbejdet af Teknologisk Institut), så for at der kan sammenlignes på tværs af de to trin, er denne ændret i rapporten.
Terrændæk	Trægulv	1_gen & 1_opt	Ændret fra generisk miljødatasæt for laminatgulv til generisk miljødatasæt for stavparket	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " benyttet et laminatgulv, der er ved en fejl blevet benyttet stavparket i denne rapport. Der er lavet en analyse af forskellene, og disse er minimale, hvorfor dette ikke anses som værende af større betydning.
	Beton	1_gen	Ændret fra C25/30 til C20/25	Der er i de oprindelige beregninger fra Rambølls ingeniører henvist til styrkeklasse C16, men da der i sin tid ikke fandtes et miljødatasæt for beton med en styrkeklasse C16, blev der i rapporten " <i>CO₂-besparelse</i>

				ved <i>Træbyggeri</i> " benyttet et miljødatasæt for beton fra Ökobaudat databasen med en styrkeklasse på C25. Der er dog i mellemtiden udkommet et generisk miljødatasæt for beton med en styrkeklasse på C20, hvorfor dette er benyttet i den nye beregning. Dette er ligeledes for, at der bedre kan sammenlignes med det benyttede miljødata fra Dansk Beton på C16.
	Isolering	1_gen	Ændret fra generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, trykfast</i> til generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, terræn</i>	Ændringen er lavet for at kunne sammenligne med det fremsendte miljødata for Sundolitt EPS Graphite, samt at det er et mere repræsentativt miljødatasæt for isolering i terrændæk.
Dæk (internt)	Trægulv	1_gen & 1_opt	Ændret fra generisk miljødatasæt for laminatgulv til generisk miljødatasæt for stavparket	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " benyttet et laminatgulv, der er ved en fejl blevet benyttet stavparket i denne rapport. Der er lavet en analyse af forskellene, og disse er minimale, hvorfor dette ikke anses som værende af større betydning.
	Isolering, mineraluld 45 mm	1_gen & 1_opt	Medtaget isolering på 45 mm	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " lavet en forglemmelse ved indtastning i LCAByg, og isoleringen i dækket er derfor ikke medtaget. Denne fejl er rettet i denne rapport og isoleringen er nu medtaget.
Indervæg – langsgående	45x95 mm C24 træ	1_gen & 1_opt	Kun medtaget 1 gang	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " sket en fejl i indtastning i LCAByg, og denne konstruktion er medtaget to gange. Denne fejl er rettet i denne rapport og er kun medtaget en gang.
Bruttoetageareal	areal	1_gen & 1_opt	Der er ændret fra 2.400 m ² til 3.452 m ²	Der er efter udgivelsen af rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " opdaget en fejl i det benyttede bruttoetageareal for Case 2 (Rækkehus). Dette er blevet tilrettet, således at resultaterne udregnet i kg CO ₂ -ækv./m ² pr. år passer med bygningens faktiske areal.

Etagebolig				
Bygningsdel	Materiale	Trin	Ændring	Begrundelse
Fundament, stribefundament	Beton	1_gen & 1_opt	Ændret fra C25/30 til C30/37	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " benyttet en tidligere betonstandard DS 2426, som dog udgik i 2019. I henhold til denne skulle fundamenterne opføres med C25, men i den nye betonstandard DS/EN 206 DK NA skal det opføres med C30. Dette er derfor opdateret i begge trin, for at være sammenligneligt. Dette er beskrevet i rapporten fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk institut vedlagt i Bilag 1.
	Armering	1_gen & 1_opt	Tilføjet armering på 7 kg/m ³	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " ikke medtaget armering i fundamenterne. Denne forglemmelse er fundet i forbindelse med udarbejdelse af bilag fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk Institut, som har medtaget armeringen i deres beregninger ud fra en antagelse fra Rambølls ingeniører på 7 kg/m ³ . Dette er beskrevet i rapporten fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk institut vedlagt i Bilag 1.
Terrændæk	Beton	1_gen	Ændret fra C25/30 til C20/25	Der er i de oprindelige beregninger fra Rambølls ingeniører henvist til styrkeklasse C16, men da der i sin tid ikke fandtes et miljødatasæt for beton med en styrkeklasse C16, blev der i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " benyttet et miljødatasæt for beton fra Ökobaudat databasen med en styrkeklasse på C25. Der er dog i mellemtiden udkommet et generisk miljødatasæt for beton med en styrkeklasse på C20, hvorfor dette er benyttet i den nye beregning. Dette er ligeledes for, at der kan sammenlignes med det benyttede miljødata fra Dansk Beton på C16.
	Isolering	1_gen	Ændret fra generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, trykfast</i> til generisk datasæt for <i>Mineraluld, terræn</i>	Ændringen er lavet for at kunne sammenligne med det fremsendte miljødata for Sundolitt EPS Graphite, samt at det er et mere repræsentativt miljødatasæt for isolering i terrændæk.

Etageadskillelse	Armering	1_gen & 1_opt	Tilføjet armering på 2 kg/m ²	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " ikke medtaget armering i etageadskillelsen. Denne forglemmelse er fundet i forbindelse med udarbejdelse af bilag fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk Institut, som har medtaget armeringen i deres beregninger ud fra en antagelse fra Rambølls ingeniører på 2 kg/m ² . Dette er beskrevet i rapporten fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk institut vedlagt i Bilag 1.
Altan	Tagpap	1_gen & 1_opt	Ændret fra branche EPD på tagpap til EPD for Phønix tagpap	Den benyttede branche EPD i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " er efter udarbejdelse udløbet. EPD'en er ikke blevet opdateret, og der er derfor benyttet en EPD for Phønix tagpap, som er gyldig.
	Armering	1_gen & 1_opt	Tilføjet armering på 2 kg/m ²	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " ikke medtaget armering i altanen. Denne forglemmelse er fundet i forbindelse med udarbejdelse af bilag fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk Institut, som har medtaget armeringen i deres beregninger ud fra en antagelse fra Rambølls ingeniører på 2 kg/m ² . Dette er beskrevet i rapporten fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk institut vedlagt i Bilag 1.
Tagkonstruktion	Tagpap	1_gen & 1_opt	Ændret fra branche EPD på tagpap til EPD for Phønix tagpap	Den benyttede branche EPD i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " er efter udarbejdelse udløbet. EPD'en er ikke blevet opdateret, og der er derfor benyttet en EPD for Phønix tagpap, som er gyldig.
	Isolering	1_gen Tykkelse i 1_gen & 1_opt	Ændret fra generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, alm</i> til generisk miljødatasæt for <i>Mineraluld, trykfast</i>	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " benyttet miljødata for Mineraluld, alm. Der er i denne rapport ændret til at benytte miljødata for Mineraluld, trykfast for at være sammenligneligt med det fremsendte miljødata fra Rockwool, samt at det er et mere repræsentativt miljødatasæt for isolering i taget. Derudover er der i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " sket en fejl i indtastning i LCAByg, hvor der er benyttet en mængde på 350

			Tykkelse ændret fra 350 mm til 400 mm	mm, men det fremgår af inventory og opbygning, at der er 400 mm. Denne fejl er ændret i denne rapport.
	Armering	1_gen & 1_opt	Tilføjet armering på 2 kg/m ²	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " ikke medtaget armering i altanen. Denne forglemmelse er fundet i forbindelse med udarbejdelse af bilag fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk Institut, som har medtaget armeringen i deres beregninger ud fra en antagelse fra Rambølls ingeniører på 2 kg/m ² . Dette er beskrevet i rapporten fra Dansk Beton udarbejdet af Teknologisk institut vedlagt i Bilag 1.
Facade (REDair MULTI system)	Isolering	1_gen & 1_opt	Tykkelse ændret fra 265 mm til 300 mm	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " sket en fejl i indtastning i LCAByg, hvor der er benyttet en mængde på 265 mm, men det fremgår af inventory og opbygning, at der er 300 mm. Denne fejl er ændret i denne rapport.
Kantbjælker	Stålprofiler	1_gen & 1_opt	Medtaget	Der er i rapporten " <i>CO₂-besparelse ved Træbyggeri</i> " i resultatbehandlingen sket en fejl, så denne ikke er medtaget i den samlede konstruktion i ydervæggen. Dette er der rettet op på i denne rapport, og disse indgår nu i ydervæggen.