

Hvor meget CO₂ spares ved at bygge med cirkulære byggevarer?

Kan det betale sig klimamæssigt at bygge med genbrugte byggevarer eller byggevarer med genanvendt indhold fremfor med byggevarer fremstillet af jomfruelige råvarer?

Den bedste måde at besvare dette spørgsmål på er ved at lave en livscyklusvurdering (LCA) af det aktuelle byggeprojekt. Men laves der ikke en LCA, er den næstbedste metode at anvende generiske nøgletal som en del af beslutningsgrundlaget for valg af byggevarer. I denne guide finder du relevante nøgletal til dette.

Stor forskel på klimabesparelse

Tabel 1 illustrerer klimabesparelsen – opgjort som livscyklusbaserede klimapåvirkninger – ved at anvende genbrugte byggematerialer eller byggevarer med et genanvendt indhold sammenlignet med konventionelle byggevarer fremstillet af jomfruelige materialer.

Tabel 1

Som det ses, viser nøgletallene i tabel 1 en stor variation. For nogle byggevarer ses meget store CO₂-besparelser (opgjort som CO₂-ækvivalenter) ved at benytte genbrugte byggevarer eller byggevarer med genanvendt indhold (fx for genbrug af tagsten eller betonelementer), mens der for andre stort set ikke er nogen CO₂-fordel (fx for beton med genanvendt tilslag).

| Nøgletal for klimabesparelse ved at bygge med genbrugte eller byggevarer med genanvendt indhold | | | |
|---|-------|---|-------|
| Klimabesparelse samt procentvis besparelse | | | |
| Genbrugsmursten | 49,3 | kg CO ₂ -ækv./m ² murværk | 77 % |
| Genbrugte murstenselementer | 38,9 | kg CO ₂ -ækv./m ² murværk | 61 % |
| Genbrugstagsten | 14,2 | kg CO ₂ -ækv./m ² tagsten | 98 % |
| Beton med 20 % genanvendt tilslag | 0,91 | kg CO ₂ -ækv./m ³ beton | 0,3 % |
| Genbrugte betonelementer/søjler/bjælker | 295 | kg CO ₂ -ækv./m ³ beton | 96 % |
| Genbrugte stålprofiler | 2.240 | kg CO ₂ -ækv./t stål | 78 % |
| Facadebeklædning af genbrugte ventilationsrør | 12,2 | kg CO ₂ -ækv./m ² stålfacade | 56 % |
| Genbrugte aluminiumsplader | 5.030 | kg CO ₂ -ækv./t aluminiumsplader | 81 % |
| Genbrugte bærende træbjælker og -stolper | 28,2 | kg CO ₂ -ækv./m ³ massivt træ | 77 % |
| Genbrugte gulvbrædder | 0,62 | kg CO ₂ -ækv./m ² trægulv | 78 % |
| Spånplade med 70 % genanvendt træ | 15,2 | kg CO ₂ -ækv./m ³ spånplade | 9,4 % |
| Gipsplader med 25 % genanvendt gips | 0,11 | kg CO ₂ -ækv./m ² gips | 10 % |
| Genbrugte indvendige døre | 40,2 | kg CO ₂ -ækv./m ² dør | 80 % |
| Kassevinduer af genbrugte termoruder | 41,8 | kg CO ₂ -ækv./m ² vindue | 95 % |
| Tagpap med 10 % genanvendt tagpap | 5,07 | kg CO ₂ -ækv./m ² tagpap | 69 % |

Vær opmærksom på, at CO₂-besparelserne er i forskellige enheder. Man kan derfor ikke bruge tabellen til at sammenligne på tværs af materialer. Værdierne i tabellen er baseret på publikationen Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning, forundersøgelse (SBI 2019:08). De oprindelige tal i publikationen, der ligger til grund for tabel 1, kan ses i tabel 2 på sidste side i denne guide. For en nærmere beskrivelse af de scenarier, processer og antagelser, der ligger bag værdierne, henvises til den oprindelige publikation.

Hvad er CO₂-ækvivalenter?

Man bruger opgørelsen 'kg CO₂-ækvivalenter' for enkeltheds skyld, så man kan nøjes med ét tal for drivhusgasserne. Ækvivalent betyder, at noget er lig med noget andet.

Det er særligt CO₂, man ønsker at reducere, da andelen af CO₂ i atmosfæren er væsentlig højere end koncentrationen af drivhusgasserne metan- og lattergas. 1 kg metan påvirker dog atmosfæren 25 gange hårdere end 1 kg CO₂. For lattergas er dette tal 298 gange. Dvs. 1 kg metan svarer til 25 kg CO₂-ækvivalenter, mens 1 kg lattergas svarer til 298 kg CO₂-ækvivalenter.



Foto fra Lendager Groups mock-up værksted.

Hvorfor er byggevarer med genanvendte materialer ikke altid en fordel?

De processer, der typisk indgår i en livscyklusvurdering (LCA), er produktion og bortskaffelse af det pågældende byggemateriale, herunder materiale med genanvendt indhold og materiale af jomfrueligt materiale.

Hvis processerne forbundet med bearbejdning af genanvendelige materialer har en større klimabelastning end fremstilling af de jomfruelige byggematerialer, så kan det faktisk være en belastning for klimaet at bygge med byggematerialer, der har genanvendt indhold. Klimabelastning er dog ikke er den eneste relevante miljøparameter. At spare ressourcer, særligt de knappe, er også vigtigt, og den besparelse indregnes ikke i forbindelse med opgørelser af klimapåvirkningen.

Typiske processer indregnet i en LCA

- Energi- og materialeforbrug ved fremstilling af det pågældende byggemateriale fra enten jomfruelige råvarer eller genanvendte råvarer, inkl. materialernes transport til henholdsvis fabrik eller behandlingssted.
- Energi- og materialeforbrug ved bortskaffelse af det pågældende byggemateriale enten fra jomfruelige eller genanvendte råvarer, inkl. materialernes transport samt de eventuelle klimabesparelser forbundet med, at affaldsmaterialer kan erstatte jomfruelige råvarer (fx nyt træ).



Hvornår er der en klimabesparelse ved genbrugte materialer eller materialer med genanvendt indhold?

Værdierne i tabel 1 på side 1 viser, at der i alle tilfælde er en klimabesparelse forbundet med at bygge med genbrugte byggematerialer eller byggematerialer med genanvendt indhold – sammenlignet med byggematerialer fremstillet af jomfruelige råvarer. For ét materiale (beton lavet med 20 % genanvendt tilslag) er den procentmæssige besparelse dog meget lille, hvilket betyder, at det reelt er usikkert, om der opnås en klimabesparelse. Hvis målet med genanvendelsen alene er CO₂-besparelser, bør der her udføres en nærmere vurdering, som kan mindske usikkerheden om de reelle besparelser.

Usikkerheder kan fx skyldes, at oparbejdningsprocessen forbundet med at genanvende et materiale indebærer et vist energi- eller materialeforbrug, hvor det i nogle tilfælde kan være afgørende at kende det præcise forbrug. Ligeledes kan det være afgørende, hvad den genbrugte byggevare eller hvad det genanvendte indhold erstatter, og hvor det substituerede produkt kommer fra. Transport kan for nogle materialer også være en afgørende parameter.

I det følgende beskrives de forhold, der gør sig gældende for de forskellige byggematerialer i tabellen.

Mursten og tagsten

At bygge med genbrugte mursten i stedet for mursten fremstillet af jomfruelige råvarer fører til en 77 % klimabesparelse.

En alternativ løsning er at genbruge hele murstenselementer, der bliver skåret ud af en gammel murstensfacade og støttes med beton og armering på bagsiden. Denne løsning er forbundet med en klimabesparelse på 61 % i forhold til et konventionelt opført nyt murværk med mursten fremstillet af jomfruelige råvarer og cementmørtel.

Denne lavere klimabesparelse ved at genbruge hele murstenselementer i forhold til at genbruge enkelte mursten kan virke ulogisk, da genbrug af enkelte mursten kræver rensning af de enkelte sten med et relativt stort spild i produktionen (knap 40 %), hvorimod der er et minimalt spild forbundet med at genbruge hele murstenselementer. Men her betyder forbruget af beton samt armering til at støtte murstenselementet, at den samlede klimapåvirkning ved at genbruge hele murstenselementer øges.

En endnu større klimabesparelse på 98 % kan opnås ved at vælge genbrugte tagsten fremfor tagsten fremstillet af jomfruelige materialer. Dette skyldes, at genbrugte tagsten næsten ingen oparbejdning kræver efter nedtagning.

For mursten og tagsten kan det konkluderes, at der højst sandsynligt er en betydelig klimabesparelse forbundet med at bygge med genbrugte sten, hvad enten det er med enkelte sten eller hele murstenselementer.



Beton

Anvendelse af såkaldt "genbrugsbeton", dvs. beton med tilslag lavet af knust, genanvendt betonaffald, indebærer en lille klimabesparelse på 0,3 % i forhold til konventionel beton. At besparelsen er så lille skyldes, at produktion af beton kræver cement, hvis fremstilling har en stor klimapåvirkning, hvorimod produktion af tilslag klimamæssigt spiller en mindre rolle og typisk kun udgør en lille del af den færdige beton.

For de data, som ses i tabel 1, er mængden af cement sat ens for henholdsvis beton med genanvendt tilslag og beton fremstillet af jomfruelige materialer. Dette er ikke nødvendigvis altid tilfældet. En nærmere analyse bør derfor udføres for at belyse det eksakte cementforbrug, da dette kan være afgørende for, om brug af tilslag fremstillet af genanvendt beton i sidste ende medfører en klimamæssig besparelse – eller i stedet udgør en klimamæssig belastning.

En anden parameter, som kan variere betydeligt fra byggeprojekt til byggeprojekt, er transport. Fx kan produktion af tilslag af genanvendt beton foregå enten på stedet uden transport ved brug af et mobilt knuseanlæg, eller det kan foregå andetsteds, sådan at betonen skal transporteres forskellige afstande afhængigt af det konkrete byggeprojekt.

Ligeledes kan det være afgørende, hvad det genanvendte tilslag erstatter. I tabel 1 er det antaget, at det genanvendte tilslag erstatter sand og grus. Som det fremgår af VCØB's guide "CO₂-nøgletal til at vælge behandling af forskellige affaldsfraktioner", kan resultatet være en større klimabesparelse, hvis den genanvendte beton i stedet for erstatter granit.

Genbrug af hele betonelementer, inkl. søjler og bjælker fremstillet af beton, fører til gengæld til en større klimabesparelse på 96 % i forhold til fremstilling af et tilsvarende betonelement lavet af jomfruelige materialer.

For beton kan det derfor konkluderes, at der højst sandsynligvis er en forholdsvis stor klimabesparelse forbundet med at vælge genbrugte betonelementer, herunder også søjler og bjælker, mens det anbefales at lave en nærmere case-specifik vurdering i forhold til brug af beton med genanvendt tilslag.



Foto fra Lendager Groups mock-up værksted.

Stål og aluminium

Anvendelse af genbrugte stålprofiler som bærende konstruktioner giver en klimabesparelse på 78 % i forhold til at benytte konventionelle stålprofiler fremstillet af 20 % stål af jomfrueligt stål og 80 % genanvendt stål.

Stål kan også bruges som facadebeklædning; her er det galvaniseret stål, der skal benyttes, for at det er modstandsdygtigt over for vind og vejr. Udtjente ventilationsrør i galvaniseret stål kan presses og omdannes til facadeplader, hvilket giver en 56 % klimabesparelse i forhold til at bruge konventionelt galvaniseret stål fremstillet af 20 % stål af jomfrueligt stål og 80 % genanvendt stål.

Aluminiumsplader, der anvendes som fx tag- eller facadebeklædning, kan også genbruges. Dette fører til en 81 % klimabesparelse i forhold til at bruge konventionelle aluminiumsplader bestående af genanvendt aluminium på 46 % og jomfrueligt aluminium på 54 %.

For metal generelt kan det derfor konkluderes, at der højst sandsynligt er en betydelig klimabesparelse i at vælge genbrugte materialer.



Træ

At benytte genbrugt konstrukstræ i form af fx bjælker og stolper frem for jomfrueligt træ giver en 77 % klimabesparelse. Ligeledes giver anvendelse af genbrugte gulvbrædder en klimabesparelse på 78 % i forhold til gulvbrædder i jomfrueligt træ. Tilsvarende besparelser vil kunne opnås ved at genanvende vinduestræ til facadebeklædning (lamelfacader af genanvendt vinduestræ).

At vælge en spånplade fremstillet med 70 % genanvendt træ medfører en 9 % klimabesparelse i forhold til at vælge en spånplade fremstillet af jomfruelige materialer.

For træ kan det derfor konkluderes, at der højst sandsynligt er en betydelig klimabesparelse ved at bygge med genbrugte byggevarer. En relativt mindre besparelse kan typisk også forventes ved at vælge spånplader fremstillet af genanvendt træ.

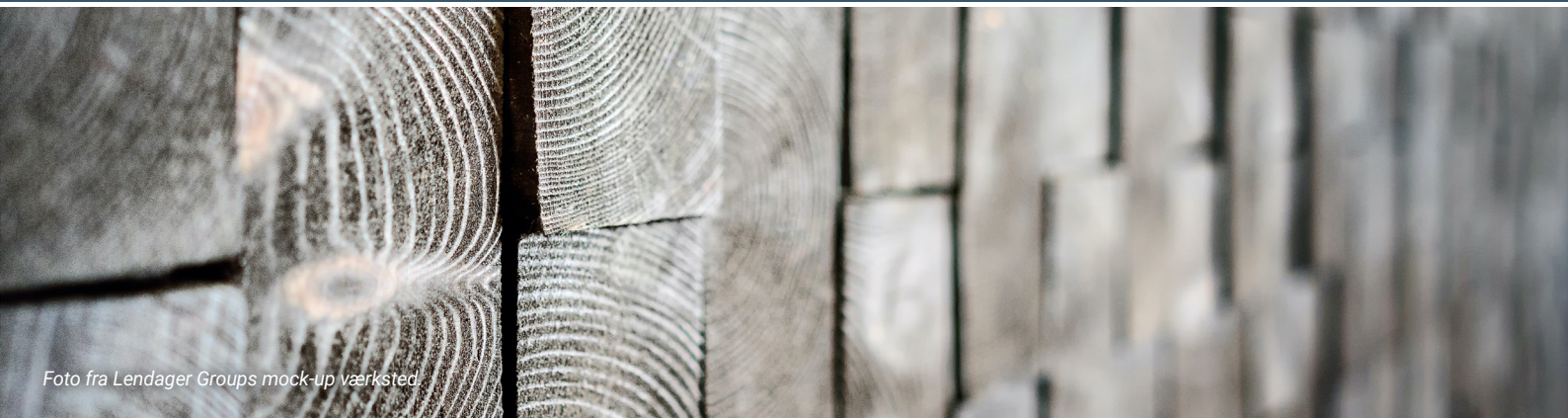


Foto fra Lendager Groups mock-up værksted

Gips

Anvendelsen af gipsplader fremstillet med 25 % genanvendt gips fører til en klimabesparelse på 10 % i forhold til at anvende en gipsplade produceret udelukkende af jomfruelige materialer.

For gips kan det derfor konkluderes, at der typisk kan forventes en klimabesparelse, som dog ikke er meget stor, ved at vælge gipsplader fremstillet af genanvendt gips.



Døre, vinduer og ruder

Valg af en genbrugt indvendig trædør i stedet for en ny dør betyder en væsentlig klimabesparelse på 80 %.

Direkte genbrug af termoruder giver typisk nogle udfordringer, da gamle termoruder som regel ikke opfylder de gældende energikrav i Bygningsreglementet. Ruderne kan dog stadig genbruges i fx specialfremstillede 2-lags kassevinduer bestående af to termoruder sat sammen og omkranset af ramme/karm af træ; denne løsning giver en 95 % klimabesparelse i forhold til et konventionelt nyt vindue.

For døre, vinduer og ruder kan derfor konkluderes, at der højst sandsynligvis er en betydelig klimabesparelse i at bygge med genbrugte døre, vinduer og ruder.

Tagpap

Anvendelsen af tagpap fremstillet af 25 % genanvendt tagpap fører til en klimamæssig besparelse svarende til 69 % i forhold til at anvende konventionelt tagpap fremstillet af jomfruelige råvarer.

For tagpap kan det derfor konkluderes, at der højest sandsynligvis er en betydelig klimabesparelse i at bygge med tagpap fremstillet af genanvendt tagpap.



Foto fra Lendager Groups mock-up værksted.



Hvad er genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse?

Genbrug:

Genbrug er, når produkter bruges igen til samme formål, som de oprindeligt var udformet til. Der sker oftest reelt "forberedelse med henblik på genbrug", ikke direkte genbrug uden forberedelse.

Genanvendelse:

Genanvendelse er, når affaldsmaterialer omforarbejdes til produkter, materialer eller stoffer, hvad enten de bruges til det oprindelige formål eller andre formål.

Nyttiggørelse:

Nyttiggørelse er, når affald opfylder et nyttigt formål ved at erstatte andre (ofte jomfruelige) materialer, der ellers ville være blevet anvendt til at opfylde en bestemt funktion.

Hvordan har VCØB udarbejdet tallene?

VCØB har forud for valg af kilde til at basere nøgletallene i tabel 1 på foretaget en grundig og kritisk analyse af eksisterende litteratur med udgangspunkt i følgende kriterier:

- **Kvalitet:** Der er udvalgt artikler og rapporter af anerkendt høj kvalitet, fx publikationer, der har været igennem en reviewproces fra en uafhængig tredjepart eller er udarbejdet af en uvildig organisation med stærke LCA-kompetencer. Derudover indeholder de relevante publikationer en grundig beskrivelse af den metodemæssige tilgang, sådan at resultaterne er transparente og reproducerbare.
- **Systemgrænser:** Opgørelsen skal som udgangspunkt omfatte alle de relevante led og skridt i fremstilling, og bortskaffelse af det/den pågældende byggemateriale/byggevarer.
- **Udgangspunktet for publikationerne er fremstilling af byggematerialer og ikke behandling af affald (fx produktion af 1 m³ spånplade lavet med genbrugstræ, og ikke behandling af 1 ton træaffald, som bruges til spånpladeproduktion).**
- **Udgivelsesår:** Der findes ikke en entydig definition af, hvad "forældede data" er. Visse processer er dog særligt følsomme over for brug af forældede data og forudsætninger. Et eksempel herpå er processer, hvor energiproduktion indgår, og hvor valget af en forældet teknologi eller energisammensætning kan være kritisk. Produktionen af energi udvikler sig løbende, og en forældet energikilde eller model for energifremskrivning (med "for meget" ikke-vedvarende energi) kan føre til urealistisk store klimabesparelser.

Kilder

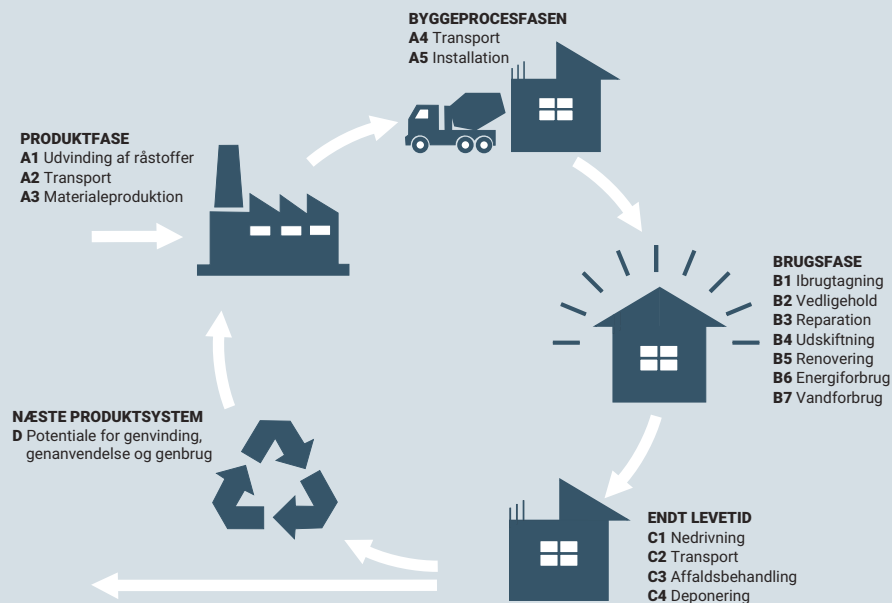
1. Andersen, C. E., Rasmussen, F. N., Zimmermann, R. K., Kanafani, K. & Birgisdottir, H. (2019): Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning. Forundersøgelse. SBI 2019:08. Polyteknisk Boghandel og Forlag ApS <https://build.dk/Assets/Livscyklusvurdering-for-cirkulaere-loesninger-med-fokus-paa-klimapaavirkning/SBI-2019-08.pdf>

2. Guide om CO₂-nøgletal til at vælge den bedste behandling af forskellige affaldsfraktioner, VCØB https://vcob.dk/media/1993/vcob_kviguide_co2_noegletal.pdf



Tabel 2

I tabel 2 ses de livscyklusbaserede klimapåvirkninger for forskellige byggevarer i både en konventionel jomfruelig og en genbrugt/genanvendt udgave for faserne A1-A3 (produktfasen: udvinding og transport af råmaterialer, fremstilling af materialet/produktet), faserne C3-C4 (endt levetid: affaldshåndtering og bortskaffelse), samt fase D (potentiale for genbrug eller genanvendelse).



Tabel 2

| Klimabelastning | Faser A1-A3 | Faser C3-C4 | Fase D | Enhed |
|---|-------------|-------------|--------|---|
| Konventionelt murværk | 66,36 | 1,07 | -3,32 | kg CO ₂ -ækv./m ² murværk |
| Genbrugsmursten | 14,38 | 1,07 | -0,65 | kg CO ₂ -ækv./m ² murværk |
| Genbrugte murstenselementer | 23,80 | 1,49 | -0,11 | kg CO ₂ -ækv./m ² murværk |
| Konventionelle tagsten | 14,95 | 0,20 | -0,63 | kg CO ₂ -ækv./m ² tagsten |
| Genbrugstagsten | 0,02 | 0,20 | 0,06 | kg CO ₂ -ækv./m ² tagsten |
| Konventionel beton | 330,48 | 12,20 | -34,40 | kg CO ₂ -ækv./m ³ beton |
| Beton med 20 % genanvendt tilslag | 327,97 | 12,20 | -32,80 | kg CO ₂ -ækv./m ³ beton |
| Genbrugte betonelementer, søjler/bjælker | 1,23 | 12,20 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ³ beton |
| Konventionelle stålprofiler | 2,63 | 0,32 | -0,07 | kg CO ₂ -ækv./kg stål |
| Genbrugte stålprofiler | 0,00 | 0,32 | 0,33 | kg CO ₂ -ækv./kg stål |
| Konventionel stålfacade af galvaniseret stål | 21,52 | 2,17 | -2,06 | kg CO ₂ -ækv./m ² stålfacade |
| Facadebeklædning af genbrugte ventilationsrør | 2,43 | 3,94 | 3,09 | kg CO ₂ -ækv./m ² stålfacade |
| Konventionelle aluminiumsplader | 23,52 | 0,67 | -10,31 | kg CO ₂ -ækv./m ² aluminiumplader |
| Genbrugte aluminiumsplader | 0,06 | 0,67 | 1,88 | kg CO ₂ -ækv./m ² aluminiumplader |
| Konventionelt træ | -887,65 | 924,16 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ³ massivt træ |
| Genbrugte bærende træbjælker og -stolper | -915,88 | 924,16 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ³ massivt træ |
| Konventionelt trægulv | -19,53 | 20,33 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ² trægulv |
| Genbrugte gulvbrædder | -20,15 | 20,33 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ² trægulv |
| Konventionel spånplade | -1185,30 | 1347,40 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ³ spånplade |
| Spånplade med 70 % genanvendt træ | -1200,52 | 1347,40 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ³ spånplade |
| Konventionel gips | 1,38 | 0,11 | -0,38 | kg CO ₂ -ækv./m ² gips |
| Gipsplader med 25 % genanvendt gips | 1,18 | 0,11 | -0,29 | kg CO ₂ -ækv./m ² gips |
| Konventionelle indvendige døre | -20,58 | 70,67 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ² dør |
| Genbrugte indvendige døre | -60,73 | 70,67 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ² dør |
| Konventionelt vindue | 27,81 | 15,97 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ² vindue |
| Kassevinduer af genbrugte termoruder | -29,97 | 31,95 | 0,00 | kg CO ₂ -ækv./m ² vindue |
| Konventionelt tagpap | 3,05 | 7,23 | -2,96 | kg CO ₂ -ækv./m ² tagpap |
| Tagpap med 10 % genanvendt tagpap | 2,51 | 0,76 | -1,02 | kg CO ₂ -ækv./m ² tagpap |