



Publikation 1

Introduktion og sammenfatning

Forfattere: Jacob D. Buhl, Artelia A/S
Mathilde S. Nilsson, Artelia A/S

Bidragere: David L. R. Eltang, Aarhus Kommune, Børn og Unge
Rune S. Andersen, Aarhus Kommune, Teknik og Miljø
Jimmy S. Larsen, Aarhus Kommune, Sundhed og Omsorg

Kontrolleret af: Louise Ø. Pedersen, Artelia A/S

Godkendt af: Steffen E. Maagaard, Artelia A/S

Layout: RAIN CREATIVE

Formål: Projektets formål er at opsamle erfaringer og generere viden til fremtidens mere klimabevidste daginstitutionsudbud. Projektet er støttet af den filantropiske forening Realdania, som en del af puljen 'Sammen om bæredygtigt byggeri'. Det anbefales at læse Publikation 1 – Introduktion og sammenfatning først.

1. Indledning

Byggeriet står for en betydelig del af Aarhus Kommunes klimapåvirkning. Samtidig har et mere vedvarende energimix og energioptimering af bygningsdriften gennem årene betydet, at andelen af klimapåvirkning fra byggematerialer i dag udgør en større andel end driftsfasen set over 50 år. Det er derfor relevant at øge fokus på reducere af klimapåvirkningen fra materialerne. Dette kræver viden og værktøjer, både internt i Aarhus Kommune og i branchen generelt.

En af Aarhus Kommunes største bygherrer er Magistratsafdeling for Børn og Unge, der på bygningsområdet arbejder med at skabe sunde og inspirerende læringsrum samt at sikre den rette kapacitet på skole- og daginstitutionssområdet. Dette sker bl.a. gennem løbende ombygning og opførelse af daginstitutioner, hvorfor der for denne bygningstype, er et stort, vidensgrundlag. Daginstitutioner kan derfor være med til at give vigtig viden til den grønne omstilling af byggeriet i Aarhus Kommune, og kommunens ambition om at dens byggerier skal overholde Bygningsreglementets lavemissionsklasse.

Projektets formål er at opsamle erfaringer og generere viden til fremtidige klimabevidste daginstitutionsudbud. Herudover at opsamle viden til andet byggeri i forhold til at reducere klimapåvirkningen mest muligt. Projektet tager primært udgangspunkt i tre nye daginstitutioner som omtales - Maltinggårdsvej, Lokesvej og Høiriisgårdsvej, - samt tre tidligere opførte daginstitutioner som omtales - Grenåvej, Tronkærgårdsvej og Frijsenborgvej. Alle seks institutioner har sit afsæt i Aarhus Kommune. Erfaringerne vurderes dog at have relevans for alle landets kommuner.

Projektet, som er døbt "Tværgående klimaanalyse – daginstitutioner", er støttet af Realdania, hvor Artelia har udarbejdet analyserne og publikationerne i tæt dialog med Aarhus Kommune.

Denne første publikation definerer rammen for den tværgående klimaanalyse, som i alt består af syv publikationer, men med ambition om at udvide med yderligere 1-2 publikationer. Herunder bl.a. en publikation der behandler det økonomiske perspektiv. Disse emner er udvalgt for at vise klimaudfordringerne, -potentialerne og -tendenserne for daginstitutioner. Emner som er essentielle for at komme nærmere mere klimabevidst byggeri til daginstitutioner.:

1. Introduktion og sammenfatning
2. LCA i processen
3. Nøgletal
4. Arbejdet med EPD'er
5. Endt levetid (C3-C4)
6. Potentialer for fremtidens (daginstitutioner)byggeri
7. Byggeproces (A4 og A5)

Den tværgående klimaanalyse er opbygget af flere publikationer for at gøre udgivelsen mere operationel, hvor modtagerne selv kan vælge emner. Publikationerne kan læses uafhængigt af hinanden, men det anbefales at læse publikation 1 først. Publikation 1 er den primære publikation med sammenfatninger af de seks behandlede emner. For mere og uddybende information henvises der til de enkelte publikationer.

2. Metode

Det globale klima er under hastig forandring og for at imødekomme denne udfordring er der fra januar 2023 indført nye klimakrav i Bygningsreglementet. Kravet betyder, at bygningers klimpåvirkning skal beregnes ud fra en livscyklusvurdering (LCA). Med dette krav sættes der fokus på hele bygningens livscyklus, som ofte inddeles i fem faser - produktfremstilling, byggeproces, brug, endt levetid og udenfor system (se Tabel 1). Ifølge Bygningsreglementet skal modulerne A1-A3 (produkt), B4 (udskiftninger - når byggevaarens levetid er under 50 år), B6 (drift), C3-C4 (bortskaffelse) samt D (genbrugs- og genanvendelsespotentiale) i dag dokumenteres i en bygnings-LCA over en 50-årig referencerperiode. Modul D skal dog rapporteres selvstændigt og indgår ikke i beregningen af bygningens samlede klimaaftryk.

Det miljødata, som anvendes til beregning af bygningens klimaaftryk, kan enten hentes i LCA-databaser, som generisk data, eller som miljøvaredeklarationer (EPD'er), der beskriver miljøpåvirkningen fra et specifikt produkt. Mere information om EPD'er kan findes i Publikation 4 – Arbejdet med EPD'er.

De tre daginstitutioner Mallinggårdsvej, Lokesvej og Høiriisgårdsvej er alle tilmeldt afprøvning af den frivillige bæredygtighedsklasse (FBK), hvor ni krav, udover Bygningsreglementets øvrige minimumskrav, skal dokumenteres for at gøre byggerierne mere bæredygtige. I nærværende projekt fokuseres der primært på to af kravene:

- Livscyklusvurdering
- Ressourceanvendelse på byggepladsen

Tabel 1.

Livscyklusfaser i henhold til EN 15978. Systemafgrænsningen for nybyggeri anvendt i den frivillige bæredygtighedsklasse er markeret med lysegrøn.

Processer	Moduler	Livscyklus faser
Råmaterialer	A1	Produkt
Transport	A2	
Fremstilling	A3	
Transport	A4	Byggeproces
Opførelse/montering	A5	
Brug	B1	Brug
Vedligehold	B2	
Reparation	B3	
Udskiftning	B4	
Renovering	B5	
Energiforbrug til drift	B6	
Vandforbrug til drift	B7	
Nedtagning/nedrivning	C1	Endt levetid
Transport	C2	
Affaldsbehandling	C3	
Bortskaffelse	C4	
Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse	D	Udenfor projekt

Fremtidsscenerier
50-årig referencerperiode

De tre benchmark daginstitutioner Grenåvej, Tronkærgårdsvej og Frijsenborgvej har ikke arbejdet med klimabelastningen på samme måde, som de nye daginstitutioner.

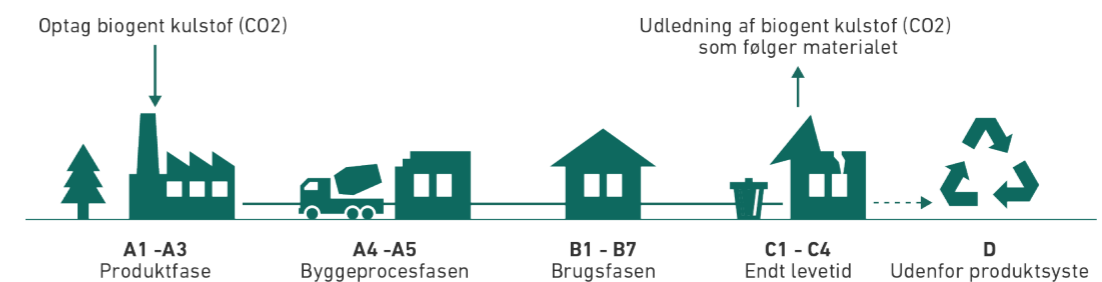
Publikationerne udarbejdet i nærværende projekt har et tværgående fokus på klimabelastning (CO₂), mens de øvrige miljøindikatorer fra LCA-beregningen ikke evalueres. Der findes forskellige afarter af LCA-metoder til at dokumentere klimabelastningen f.eks. FBK-, DGNB- og BR18-metoden, hvilket er gennemgået i Tabel 2. Metoderne læner sig op ad hinanden, men adskiller sig f.eks. ift. levetider, affaldsscenerier, detaljeringsgrad og usikkerhedsfaktorer, hvilket betyder at klimabelastningen ikke er direkte sammenlignelige.

I dette projekt dokumenteres klimabelastningen efter BR18-metoden, men afrapporterer derudover på fase A4 og A5 samt udendørsarealerne. Dette skal sikre en balance mellem et mere retvisende og fremadskuende klimaaftryk, og samtidig sikre erfaringer til branchen i forhold til andel af klimabelastningen fra modul A4 og A5 samt udendørsarealerne. Modul A4 og A5 belyses selvstændigt i Publikation 7 – Byggeproces (A4 og A5).

Den nuværende metode i BR18 er udfordret i forhold til at medregne klimagevinsten ved genbrugsmaterialer, fordi de skal regnes som nye materialer. Dette er en udfordring for Høiriisgårdsvej, hvor der arbejdes med genbrugsmaterialer. For at sikre en mere retvisende beregning af genbrugsmaterialerne medregnes kun klimabelastning fra endt levetid (C3-C4) i disse publikationer – hvorledes produktfasen (A1-A3) regnes med et klimaaftryk på 0.

For genbrugte biobaserede materialer, regnes det biogene carbon dog med som negativt i A1-A3, for at sikre at det biogene carbon (i f.eks. træ) er i balance. Metoden omtales typisk som -1/+1 metoden (kommer fra EN15804-standard), og er visualiseret i Figur 1. Mere information om emnet kan findes i BUILD's rapport 2021:27.

I Tabel 1 er bygningens livscyklus visualiseret gennem 5 faser og 17 moduler. Publikationerne forholder sig til de mørkegrønne moduler, mens de øvrige moduler på nuværende tidspunkt ikke er en del af evalueringsgrundlaget. Forventningen er, at der med tiden vil komme til at indgå flere moduler i LCA-beregningen i Bygningsreglementet, i takt med at datagrundlaget stiger.



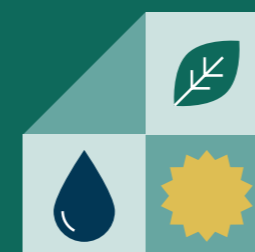
Figur 1.

-1/+1 metode til beregning af biogent kulstof i biobaserede produkter. Figur fra BUILD-rapport 2021:27.

Tabel 2.

Sammenligning af LCA-metoderne efter BR18, DGNB 2023 og FBK samt præcisering af den anvendte metode i nærværende projekt.

	BR18	DGNB 2023	FBK	Anvendt metode	
Referenceareal	Arealet relaterer sig til det areal, som CO2 udledningerne fra materialerne opgøres i forhold til. Opgøres efter BR18 - Bygningsreglementets vejledning om bygnings klimapåvirkning punkt 1.3.F.eks. medtages 25% af altanerarealerne jf. BR18.	Arealet skal opgøres efter BR18 - Bygningsreglementets vejledning om bygnings klimapåvirkning punkt 1.3.	FBK henviser til BR18 § 455, som kan afvige fra metoden i BR18 - Bygningsreglementets vejledning om bygnings klimapåvirkning punkt 1.3.	Samme metode som i BR18.	Generelt
	Bygningsdele	De inkluderede bygningsdele skal følge BR18, bilag 2, tabel 6.	De inkluderede bygningsdele skal følge BR18, bilag 2, tabel 6.	De inkluderede bygningsdele skal følge bilag 2: bygningsmodellen tabel 12 og 13. Eksempelvis skal udearealer også medregnes i FBK, mens de ikke er en del af BR18 eller DGNB.	
A1-A3	Både generisk miljødata iht. BR18 bilag 2 - tabel 7, branche-EPD'er, produktspecifikke EPD'er og projektspecifikke EPD'er må anvendes. Dette gælder både nye og genbrugte materialer. Der er ikke en prioriteret rækkefølge.	Produkt-/projektspecifikke EPD'er prioriteres over branche EPD'er og generisk data.	Både generisk miljødata iht. BR18 bilag 2 - tabel 7, branche-EPD'er, produktspecifikke EPD'er og projektspecifikke EPD'er må anvendes. Hvis konkrete leverancer er ukendte, eller hvis der ingen relevant EPD findes, anvendes generisk data fra Ökobaudat.	Samme metode som i BR18. Der afviges dog for genbrugsmaterialer, hvor klimabelastning fra endt levetid (C3-C4) kun medregnes. For biobaserede genbrugsmaterialer regnes det biogene karbon negativt i A1-A3, for at sikre at det biogene carbon er i balance jf. EN 15804.	Produktfase
A4	Dokumenteres ikke	Giver point at medregne, men er ikke et krav. Hvis A4 dokumenteres, skal det være efter FBK-metoden.	Udledning fra transport beregnes ud fra afstande og bilag 1: emissionsfaktorer, Tabel 7 og 8 (FBK) Ved ukendt transport: 500 km for byggevarer med standard lastbil og 200 km for jord	Samme metode som i FBK	
A5	Dokumenteres ikke	Giver point at medregne, men er ikke et krav. Hvis A5 dokumenteres, skal det være efter FBK-metoden.	Energiforbruget beregnes med faktorerne i Bilag 1: Emissionsfaktorer, Tabel 11 (FBK) Transport i byggeperioden, skal regnes på samme måde som A4. Ved ukendt spildprocent skal disse materialer tillægges 10 procent spild.	Samme metode som i FBK	
B4	Levetider skal følge BUILD rapport 2021:32 og principperne i kapitel 3.	Levetider skal følge BUILD rapport 2021:32 og principperne i kapitel 3. Levetider for vinduer, ydervægge og tag fastlægges via levetider.dk	Levetider skal følge SBI 2013:30, Appendix G – Faktiske middellevetider for bygningsdele.	Samme metode som i BR18	
B6	Driften beregnes som energibehov uden energifaktorer efter BR18 og SBI-anvisning 213. Energiforbruget beregnes altså gennem energirammen. Klimapåvirkningen beregnes med emissionsfaktorerne i BR18, bilag 2, tabel 8.	Samme metode som i BR18.	Samme metode som i BR18, men klimapåvirkningen beregnes med emissionsfaktorerne i Bilag 1: Emissionsfaktorer, Tabel 11. Her har gassen andre emissionsfaktorer.	Samme metode som i BR18	
C3-C4	Affaldsscenerier fra EPD'er anvendes direkte. Ved flere affaldsscenerier anvendes det mest konservative, medmindre andet kan dokumenteres. Ved manglende C3 og C4 modul skal erstatningsdata anvendes (BR18 bilag 2, tabel 7)	Samme metode som i BR18. Produkt-/projektspecifikke EPD'er prioriteres fremfor branche EPD'er og generisk data.	Ved brug af EPD, som er baseret på danske affaldsscenerier, skal C3-C4 anvendes. Ved brug af EPD, som ikke har et dansk affaldsscenerie, eller hvis C3-C4 ikke er deklareret i EPD'en, skal i stedet anvendes erstatningsmoduler fra bilag 1: Emissionsfaktorer, Tabel 10 (FBK).	Samme metode som i BR18. Der afviges dog for genbrugsmaterialer, hvor klimabelastning fra endt levetid (C3-C4) kun medregnes. For biobaserede genbrugsmaterialer, regnes det biogene karbon negativt i A1-A3, for at sikre at det biogene karbon er i balance	



Publikation 2

LCA i processen



Publikation 2 omhandler en række opmærksomhedspunkter til bygherre og rådgivere, i forbindelse med dokumentation af bygningers klimaaftryk. Erfaringerne bygger på processen med de tre daginstitutioner, hvor en struktureret og transparent LCA-proces er afgørende for at nedbringe bygningers klimaaftryk. Denne struktur er også vigtig for at kunne sammenligne på tværs af projekter og dermed at sikre en løbende erfaringsopsamling. Nedenstående figur viser et eksempel på, hvordan en overordnet LCA-proces kunne se ud ift. LCA-aktiviteter, opmærksomhedspunkter, buffer (sikkerhedsmargin) og afleveringer gennem byggeriets faser. For mere information og yderligere analyser henvises til publikation 2.

Fase	Aktiviteter/opmærksomhedspunkter	Buffer*	Aflevering	Skema 1.	
Klimat forbedringspotentiale	Ideoplæg	<ul style="list-style-type: none"> Valg af klimamålsætning og metodetilgang ved opstartsmøde Sammenligning med andre tilsvarende byggerier Hvilke bygningsdele er afgørende ift. klimaaftrykket, eksempelvis: Tagkonstruktionen, terrændæk, fundamenter, indervægge, ydervægge Overvej forskellige byggesystemer, eksempelvis: Spærkonstruktion vs. ståldæk (trapez), Trækassette vs. beton, Træskelet vs. stålskelet, Støbt terrændæk vs. pladeopbygning, Linjefundament vs. skurefundament Screenings-LCA Hvor langt er projektet fra målet? Opmærksomhedspunkter: jordbundsforhold, lokalplanskrav, særlige brand- og konstruktionsforhold, klimamålsætning ift. tidspunkt for ansøgning om byggetilladelse mm. 	10%	Statusnotat ¹ LCabyg fil Energiramme (erfaringstal)	Overordnede skabelon for LCA i processen.
	Dispositions/projektforslag	<ul style="list-style-type: none"> LCA-beregning gennemgås på statusmøde² Variantanalyser på CO₂-tunge bygningsdele og materialer Potentialet ift. brug af specifikke materialer Defaultværdier for installationer (for ambitiøse klimaprojekter, bør de opgøres selv) Fokus på levetider og udskiftninger Sikre sammenspil med energiramme (solceller, vinduer, isolering osv.) Inddragelse af entreprenør - afgørende materialevalg ift. klimamålsætningen flages for entreprenøren og evalueres ift. økonomien 	10%	Statusnotat ¹ LCabyg fil Energiramme	
	Myndighedsprojekt	<ul style="list-style-type: none"> Låsning af klimamålsætning Opdatering af variantanalyser på bygningsdelsniveau og materialeniveau Opdatering af LCA-beregning 	10%	Statusnotat ¹ LCabyg fil Energiramme	
	Udbud	<ul style="list-style-type: none"> Låsning af konstruktionsopbygninger ved statusmøde² Definer klimakrav til specifikke produkter f.eks. solceller, isoleringsmateriale, tagtype osv. Sikre at flere producenter kan overholde de definerede klimakrav, så fri konkurrence i offentlige udbud sikres. Opdatering af LCA-beregning 	5%	Statusnotat ¹ LCabyg fil Energiramme	
	Udførelse	<ul style="list-style-type: none"> Materialeliste fra entreprenør på de indkøbte byggevarer. Sikre overensstemmelse mellem de specificerede klimakrav og de anvendte materialer. Dokumentation af A4 og A5, hvis dette er et krav. 	5%	Statusnotat ¹ LCabyg fil Energiramme	
As built	<ul style="list-style-type: none"> LCA-beregning på baggrund af "As Built" materiale 	0%	Endelig dokumentation LCabyg fil Energiramme	Statusnotat ¹ : Beregningsforudsætninger, anvendt datagrundlag (generisk miljødata eller EPD'er), oprindelse af mængder (overslag, opmåling eller BIM-udtræk), ændringslog om væsentlige ændringer Statusmøde ² : Statusopdatering og præsentation af variantanalyser Buffer*: En sikkerhedsmargin til håndtering af uforudsete klimabelastninger gennem byggeriets faser.	



Publikation 3

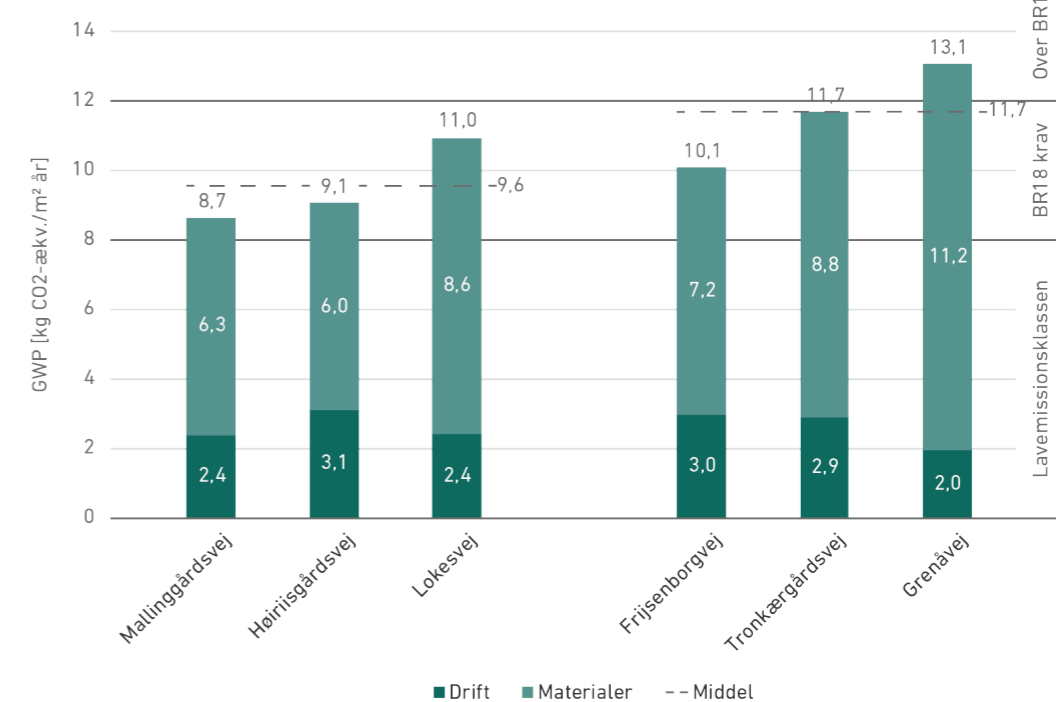
Nøgletal



Publikation 3 behandler en række klimanøgletal for de undersøgte daginstitutioner, for at skabe en bedre forståelse af, hvad der påvirker klimaafttrykket. Selvom de fleste daginstitutioner er under 1000 m² og dermed ikke skal efterleve klimakravet i BR18 på 12 kg CO₂ækv./m²/år er daginstitutioner som bygningstypologi er særligt interessante, fordi denne typologi ofte er udfordret i forhold til: skærpede brandkrav, stort klimaskærmsareal ift. etageareal, mange indervægge, høje luftmængder og renhedskrav. Alle er elementer, som typisk giver anledning til et højere klimaafttryk, men hvordan kan klimaafttrykket minimeres igennem valg af byggesystemer og specifikke produkter?

I Figur 2 er klimaafttrykket for de tre nye daginstitutioner (Mallinggårdsvej, Høriisgårdsvej og Lokesvej) sammenlignet med de tre lidt ældre benchmark daginstitutioner (Frijsenborgvej, Tronkærgårdsvej og Grenåvej). Generelt er benchmark daginstitutionerne opbygget af tunge materialer, hvilket sætter sit præg på klimaafttrykket fra materialer. I gennemsnit er det samlede CO₂-aftryk ca. 2 kg CO₂-ækv./m²/år højere for benchmark-institutionerne end de nyere

daginstitutioner, hvor særligt Mallinggårdsvej og Høriisgårdsvej presser gennemsnittet ned. Dette illustrerer potentialet ved at bygge i lette biobaserede materialer over terræn, f.eks. trækassetter, som er anvendt på Mallinggårdsvej og Høriisgårdsvej.



Figur 2.

Sammenligning af klimaafttrykket (A1-A3, B4, B6 og C3-C4) på bygningsniveau for de tre nye daginstitutioner og de tre benchmark-byggerier.

	Antal etager	Referenceareal	Byggeprincip	Fase	Miljødata
Mallinggårdsvej	1 etage	631 m ²	Let	As built	Generisk + EPD
Høriisgårdsvej	1 etage	709 m ²	Let	Udbud	Generisk
Lokesvej	2 etage	924 m ²	Tung	Disp./projekt	Generisk
Frijsenborgvej	1 etage	1.247 m ²	Tung/Let	As built	Generisk
Tronkærgårdsvej	1 etage	625 m ²	Tung	As built	Generisk
Grenåvej	2 etage	812 m ²	Tung	As built	Generisk

Figur 3 viser spredningen og middelværdierne for bygningsdelenes CO₂-aftryk for de nye og benchmark daginstitutioner. Det er særligt tagkonstruktionen, ydervægge og terrændækket, hvor man ser både stor spredning og høje CO₂-aftrykket, hvilket indikerer et CO₂-besparelspotentiale.

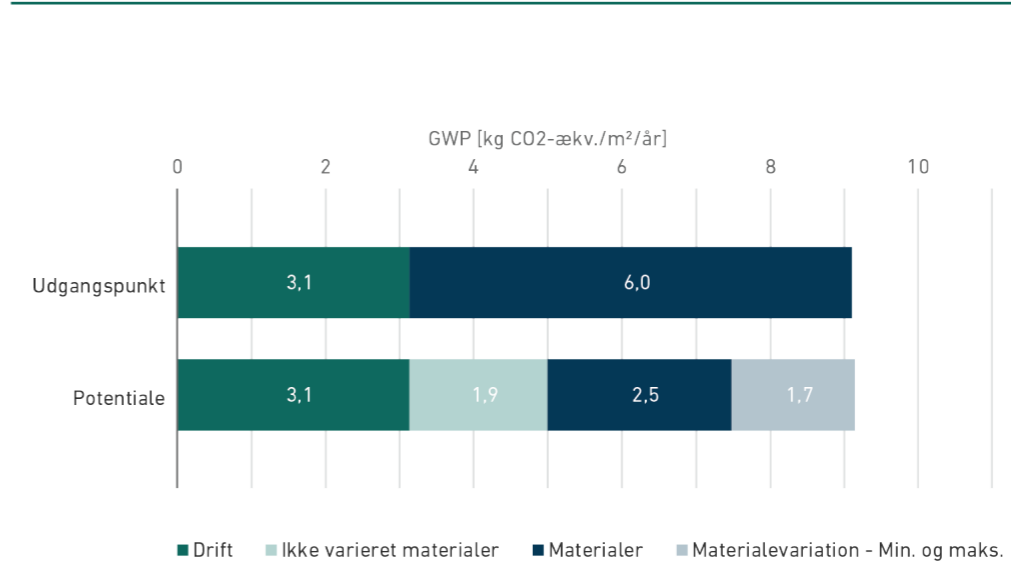
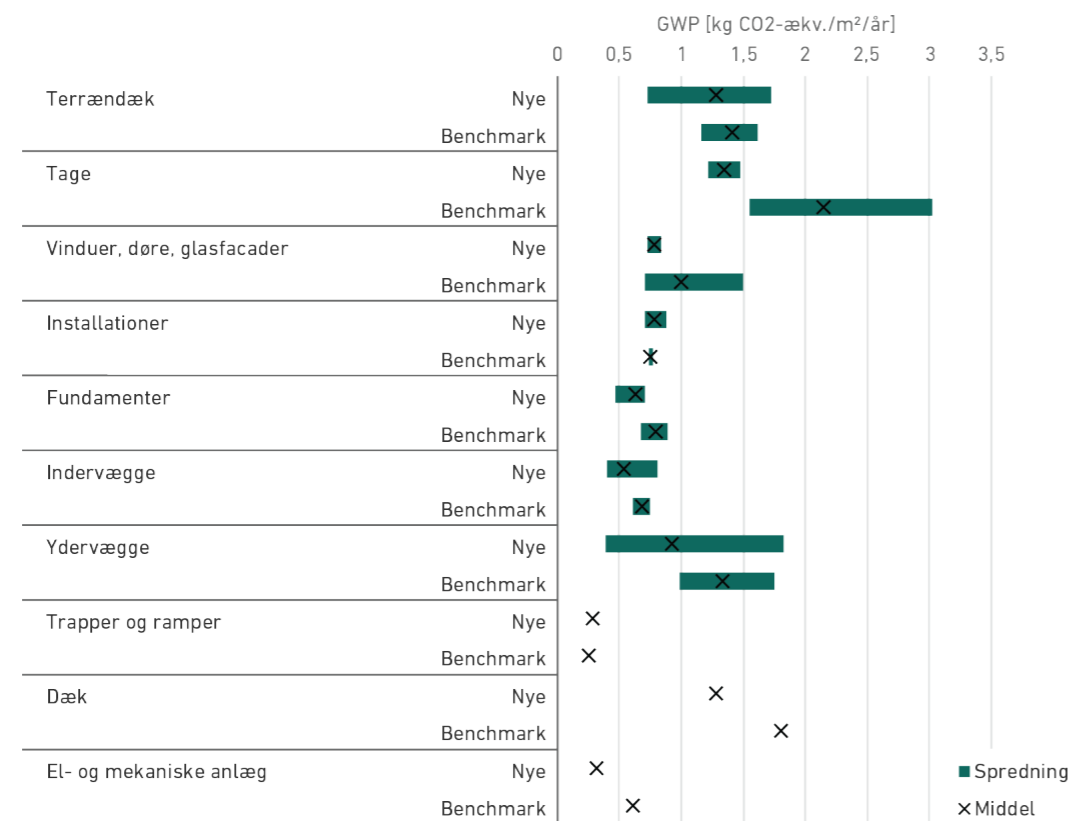
Figur 4 viser CO₂-besparelspotentialet for Høiriisgårdsvej ved valg af specifikke materialer for de 10 mest CO₂-tunge byggevarer, hvor der er sammenlignet med andre lignende produkter for at illustrere variationen. Høiriisgårdsvej vil potentielt

kunne reducere med 1,7 kg CO₂-ækv./m²/år og dermed komme ned på 7,4 kg CO₂-ækv./m²/år i samlet CO₂-aftryk, hvis der vælges de 'rigtige' – mindst CO₂-tunge – produkter. Vælges derimod de 'forkerte' – mest CO₂-tunge – produkter vil CO₂-aftrykket stige 0,1 kg CO₂-ækv./m²/år.

Denne analyse har udelukkende fokus på klimaaftryk, men det bør understreges at valg af materialer er en tværfaglig beslutningsproces hvor også økonomi, tilgængelighed og andre parametre er en del af den samlede ligning.

Figur 3.

Sammenligning af bygningsdelenes CO₂-aftryk for de nye institutioner (Mallinggårdsvej, Lokesvej og Høiriisgårdsvej) og de ældre benchmark institutioner (Frijsenborgvej, Tronkærgårdsvej og Grenåvej).



Figur 4.

Klimabesparelspotentiale ved valg af specifikke materialer for Høiriisgårdsvej.



Publikation 4

Arbejdet med EPD'er

En EPD (environmental product declaration) eller på dansk miljøvaredeklaration er en standardiseret metode til at kvantificere det miljømæssige aftryk for et produkt via en LCA. EPD'er er et vigtigt redskab i jagten på et mindre klimaaftryk, fordi EPD'er ofte har et lavere klimaaftryk end generisk data. I forbindelse med anvendelse af EPD'er er der dog en række opmærksomhedspunkter, som kræver bevågenhed ved anvendelse af EPD'er. Nogle af de primære opmærksomhedspunkter er uddybet i Tabel 3. For mere information og yderligere analyser

henvises der til publikation 4. Publikationens målgruppe er personer, som ønsker en dybere forståelse for de bagvedliggende forudsætninger og henvender sig derfor ikke i udgangspunktet til lægmænd.

Tabel 3.

Opmærksomhedspunkter ved anvendelse af EPD'er.

Opmærksomhedspunkter	Uddybning
Gyldighed	For at en EPD kan anvendes i Danmark skal den opfylde en række krav f.eks. være udarbejdet efter EN 15804, være verificeret af en 3. part og godkendt af en EPD-programoperatør, før den betragtes som værende gyldig. Der florerer EPD'er, som ikke nødvendigvis kan anvendes i Danmark, hvilket kræver opmærksomhed hos brugeren af EPD'en. Herudover er EPD'er jf. EN 15804 kun gyldige i 5 år, hvorefter den skal genverificeres, typisk efter revision.
Deklareret enhed	I EPD'er er der en deklareret enhed eller funktionel enhed (f.eks. 1 kg eller 1 m ²) oplyst for produktet. Dette er referencepunktet for EPD'en, hvor materialeforbrug, energi og affald opgøres i henhold til denne. De opgjorte miljøpåvirkninger indikerer dermed miljøpåvirkningen af livscyklussen af en deklareret enhed. Dette referencepunkt kan anvendes til at sammenligne produkter. Et væsentligt aspekt for at kunne sammenligne er, at produkterne opfylder samme funktion (f.eks. m ² isoleringsmateriale skal opfylde samme isolans for at kunne sammenlignes). Det er derfor et opmærksomhedspunkt, at EPD'er, som sammenlignes, opfylder samme deklareret enhed og samme funktion.
Metode A1 / A2	I den kommende årrække vil der være en række EPD'er, som både er udarbejdet efter EN 15804 +A1 og +A2. Ændringen i den metodiske tilgang mellem de to versioner medfører, at det kun er muligt at sammenligne GWP. Hvis der anvendes en EPD efter +A1 uden C3- eller C4-modul skal der anvendes et passende erstatningsmodul fra det generiske datagrundlag tabel 6.1 i BR18. Dette kan give udfordringer, særligt ift. de biogene materialer, hvor det biogene carbon således ikke nødvendigvis går i balance, hvilket kræver bevågenhed ved brug af erstatningsmoduler for at sikre at det biogene carbon regnes korrekt.
Levetider	LCA på bygninger regnes for en 50-årig referenceperiode. Produktets levetid er derfor vigtigt, idet dette har betydning for, hvorvidt der skal ske en udskiftning undervejs. Dette er også et vigtigt punkt ift. sammenligning af to produkter, som ikke nødvendigvis har samme levetid. Levetiden oplyst i EPD'en kan ikke nødvendigvis bruges i bygnings-LCA medmindre der findes en TGA (teknisk godkendelse af anvendelsen) på produktet. Hvis dette ikke er tilfældet, anvendes levetider fra levetidstabellen BUILD-rapport 2021:32 jf. BR18.
c-PCR (complementary product category rules)	c-PCR fastsætter specifikke regneregler for produktkategorier. EPD'er, som er baseret på c-PCR, sikrer større overensstemmelse i modelleringen af det respektive produkt. Det bør derfor fortrækkes at anvende EPD'er, der benytter c-PCR regneregler.

Opmærksomhedspunkter	Uddybning
Miljøpåvirkningskategori: "Use of secondary material"	Denne miljøpåvirkningskategori oplyser, hvor meget genanvendt materiale, der indgår i produktet. Dette kan også indebære genanvendt materiale i tilfælde af, at dette er anvendt i emballagen. Kategorien gør det derfor muligt at gennemskue, hvor mange kg genanvendt materiale der indgår i produktet, hvilket er et opmærksomhedspunkt i jagten på cirkulære og bæredygtige byggerier.
Affaldsscenerier	I EPD'er beskrives hvilke geografiske områder, som EPD'en er udarbejdet for f.eks. Europa. Dette har betydning for de modellerede affaldsscenerier, som C-modulerne baseres på. Jf. EN 15804 + A2 skal affaldsscenerier opbygges således at det afspejler den reelle affaldshåndtering for de geografiske rammer. Dette betyder f.eks., at når de geografiske rammer er sat til Europa, så skal et affaldsscenerie repræsentere et gennemsnitligt scenarie på tværs af Europa. Dette er vigtigt for at få en forståelse af det anvendte affaldsscenerie, og at to (på papiret) lignede produkter ikke nødvendigvis anvender samme affaldsscenerie. Affaldsscenerierne behandles som et selvstændigt emne i Publikation 5.
Datakvalitet i en EPD	Datakvalitet har en væsentlig betydning for resultaterne i en EPD. Derfor skal kvaliteten af de anvendte datasæt også vurderes jf. EN 15804 + A2. Kvaliteten vurderes på baggrund af geografisk, tidsmæssig samt teknologisk repræsentativitet. Den geografiske repræsentativitet vurderes ud fra, hvorvidt de anvendte datasæt afspejler de geografiske forhold, hvor produktet produceres. Den tidsmæssige repræsentativitet er en vurdering af om data afspejler nyere data. Den teknologiske repræsentativitet indebærer en vurdering af, hvorvidt det anvendte datasæt afspejler den teknologi, der anvendes i den reelle produktion (f.eks. valsning af stål). De mest anvendte databaser er LCA for Experts (tidligere GaBi) samt Ecoinvent. Generelt anerkendes databaserne LCA for Experts (tidligere GaBi) for at have de mest opdaterede og retvisende generiske datasæt.
Miljøcertifikater (GO'er) (Guarantees of Origin)	I udarbejdelsen af EPD'er er det tilladt at medregne producenternes købte miljøcertifikater f.eks. til brug af biogas i modul A3 (produktionen), og dermed forbedre klimaaftrykket af produktet på papiret. Dette kan have en stor betydning for klimabelastningen. I tilfælde, hvor der anvendes miljøcertifikater, skal det tydeligt fremgå af EPD'en. Det er derfor vigtigt, f.eks. i en sammenligning af produkter at oplyse, hvis klimaaftrykket bygger på miljøcertifikater, så bygherre kan træffe beslutninger på et oplyst grundlag.
Biogent carbon	For biogene materialer anvendes -1/+1 metoden, hvor det biogene carbon samlet set skal være i balance over hele livscyklussen. For visse produkter f.eks. stråtag sker der en forrådnelsesproces i B-fasen, hvor noget af det biogene carbon udledes til atmosfæren. Dette er en udfordring, idet BR18-metoden kun betragter modulerne A1-A3, B4, B6, C3, C4 og (D), hvilket betyder at forrådnelsesprocessen i B-fasen ikke medregnes. CO2-aftrykket for f.eks. stråtag kan derfor samlet set syne negativt, hvis kun modulerne iht. BR18 betragtes. Ved brug af biogene produkter er det derfor vigtigt at sikre at det biogene carbon går i balance.



Publikation 5

Endt levetid



Tabel 4.

Relevante spørgsmål til modul C3, C4 og D.

Kritiske spørgsmål	
	<ul style="list-style-type: none"> Anvendes der EPD, generisk eller erstatningsdata til modellering af affaldsscenarioet? Er EPD'en efter EN15804 + A1 eller A2? Hvilket affaldsscenario er modelleret i EPD'en? Hvad er det repræsentative (danske) affaldsscenario for dette produkt, og følger EPD'en dette? Er der anvendt en c-PCR? For hvilket marked er EPD'en deklareret? Er produktet produceret med genanvendt materiale?

Publikation 5 retter fokus mod modul C3-C4 under fasen "endt levetid", men berører også modul D "uden for projekt". Publikationen behandler nogle af de faldgruber, der kan være forbundet med disse faser. I Tabel 4 er der samlet en række kritiske spørgsmål, som med fordel kan stilles ved vurdering af modul C3, C4 og D.

For mere information og yderligere analyser henvises der til publikation 5. Publikationens målgruppe er personer, som ønsker en dybere forståelse for de bagvedliggende forudsætninger og henvender sig derfor ikke i udgangspunktet til lægmænd.

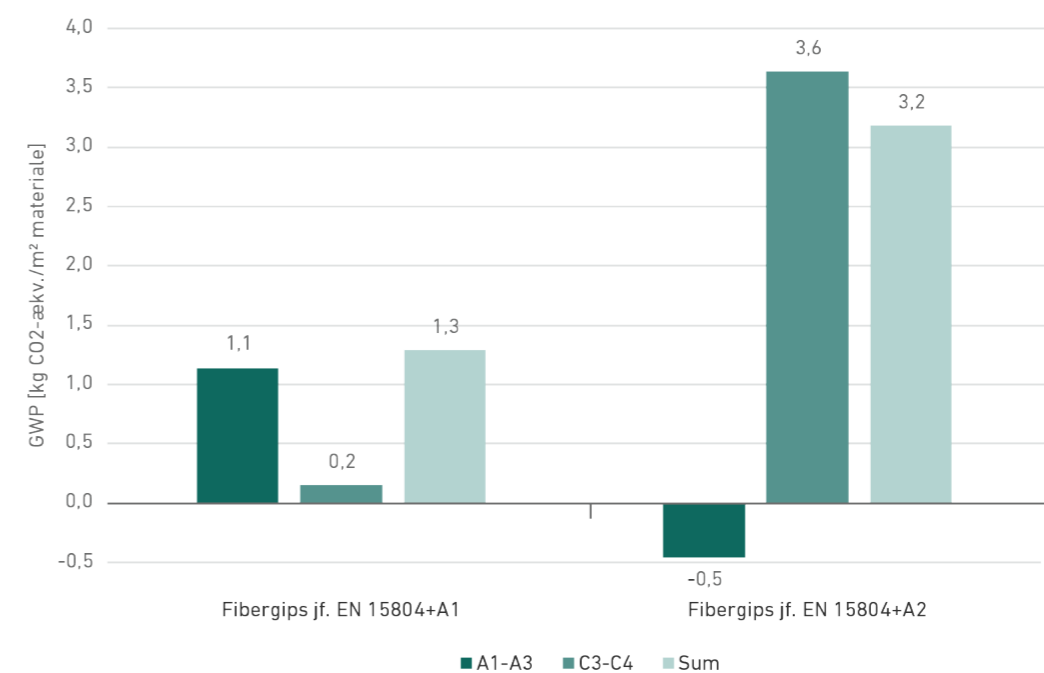
Affaldsscenarioer

I BR18 er det muligt at anvende EPD'er uagtet af, hvor EPD'en stammer fra, så længe denne følger standarden EN 15804 + A1/A2. Dette betyder, at hvis der anvendes en EPD fra et land, som affaldsbehandler på anden vis end i Danmark, så kan der blive anvendt et ikke repræsentativt affaldsscenario for produktet. Det betyder, at klimaaftrykket fra affaldsscenarioet ikke nødvendigvis afspejler

CO₂-udledningen til atmosfæren. Herudover er det et vigtigt opmærksomhedspunkt ved sammenligning af produkter.

Erstatningsmoduler

Et andet opmærksomhedspunkt ved brugen af EPD'er efter EN 15804 + A1 er, at disse EPD'er ikke nødvendigvis deklarerer modul C3-C4. I dette tilfælde skal passende erstatningsmoduler fra BR18, bilag 2, tabel 7 anvendes, for at opnå en fyldestgørende klimaberegning. Benyttelse af de generiske affaldsscenarioer kan dog give et forfjelt billede, som eksemplificeret i Figur 2, hvor erstatningsmodulet for affaldsscenarioet ikke er konservativt nok. For biogene produkter (som f.eks. fibergips) skal man være påpasselig med at anvende erstatningsmoduler, da det kan give et forkert klimaaftryk. Denne sammenligning er lavet i figur 5.



Figur 5.

Klimaaftrykket for fibergips efter EN15804 +A1 (MD21019) med erstatningsmodul for affaldsscenarioet ('manuelt' tilføjet) og efter EN15804 +A2-metoden med specifikt affaldsscenario (MD22138 - modelleret i EPD).

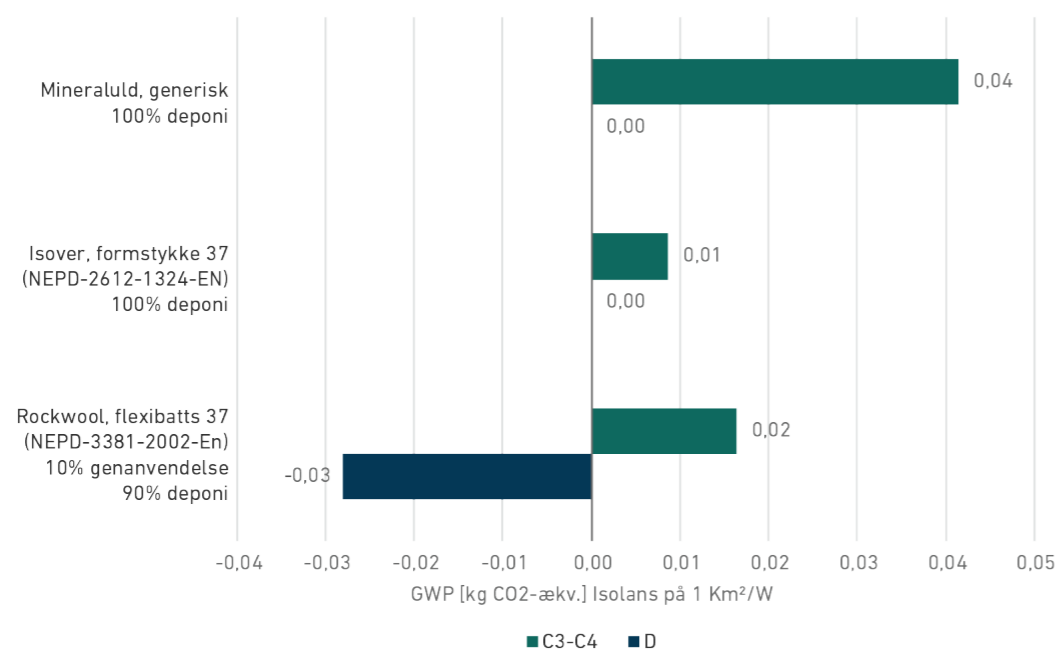
c-PCR

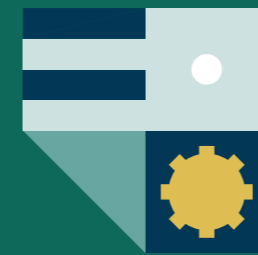
EPD'er udformes med afsæt i c-PCR (complementary product category rules), såfremt der eksisterer et for produktet. c-PCRs primære opgave er at etablere ens beregningsforudsætninger for de konkrete materialetyper, således at sammenligningsgrundlaget i højere grad harmoniseres. Der er typisk større overensstemmelse i klimapåvirkninger fra modul C3-C4 ved anvendelse af c-PCR. Et andet opmærksomhedspunkt er, hvordan det anvendte affaldsscenario påvirker gevinster i modul D.

Figur 6 viser et eksempel på, hvordan deponi (på papiret) kan se bedre ud i C3-C4, da Isovers klimapåvirkning fra C3-C4 er mindre end Rockwools. Forklaringen kan være at Rockwool antager 10 % genanvendelse, hvilket kræver energi. Konsekvensen er at Isover ingen genvinster har i modul D, hvilket er tilfældet for Rockwool. Det er derfor vigtigt at kigge på hele livscyklusen, selvom modul D ikke er en del af klimaaftrykket, i jagten på cirkularitet.

Figur 6.

Sammenligning af klimaaftrykket fra model C3-C4 og modul D for forskellige mineraluldsprodukter.





Publikation 6

Potentialer

Publikation 6 beskæftiger sig med erfaringer, overvejelser og potentialer i arbejdet mod et lavere CO₂-aftryk for fremtidens daginstitutioner.

Erfaringerne kan også perspektiveres til andre bygningstypologier. Publikationen behandler nedenstående emner, mens sammenfatningen kun behandler de emner som er understreget.

For mere information og yderligere analyser henvises der til publikation 6:

- Byggesystemer – Tung vs. let
- Genbrugsmaterialer – BR18 vs. DGNB
- Isoleringsmaterialer – Typer og klasser
- Isoleringsniveauer – Trade off analyser
- Brandkrav - muligheder og udfordringer
- Lokalplanskrav – Facadebeklædning
- Perspektivering – Ekstrapolering

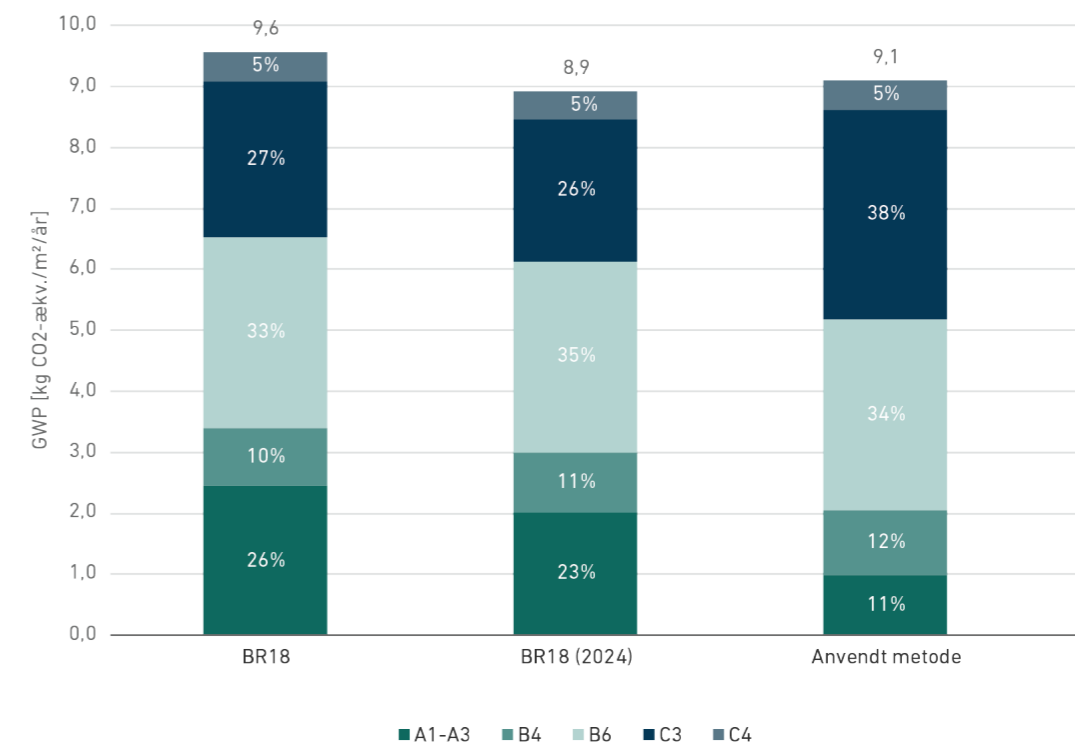
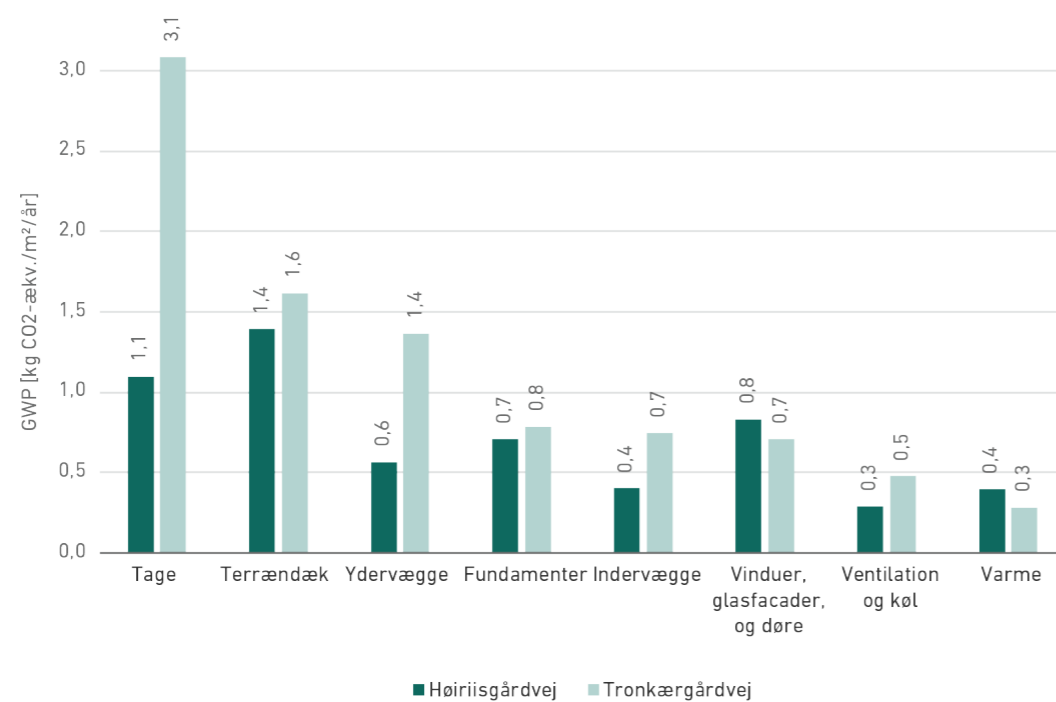
Byggesystemer – tung vs. let

Byggesystemet er en afgørende parameter ift. klimaaftrykket, hvilket tydeligt kan observeres ved at sammenligne byggesystemerne for de to daginstitutioner Høiriisgårdsvej og Tronkærgårdsvej – se Figur 7.

Her adskiller tagkonstruktionen, ydervæg og indervægge sig særligt fra hinanden. Tronkærgårdsvej har anvendt primært tunge materialer som beton og stål, mens Høiriisgårdsvej ønsker at anvende mere lette materialer som træ. Tronkærgårdsvej kunne potentielt have sparet 3 kg CO₂-ækv./m²/år, svarende til 25% ved brug af lettere tag- og vægopbygninger.

Figur 7.

Sammenligning af CO₂-aftrykkene for de 8 CO₂-tungeste bygningsdele for daginstitutionerne Høiriisgårdsvej og Tronkærgårdsvej



Figur 8.

Sammenligning af CO₂-aftrykket med forskellige metode tilgange for genbrugsmaterialer. Der tages udgangspunkt i Høiriisgårdsvej.

Genbrugsmaterialer

Fremadrettet får genbrugte byggematerialer en afgørende rolle i arbejdet mod at nedbringe klimaaftrykket fra byggeri, men en af udfordringerne i dag er forskellige metode-tilgange til beregning heraf.

I Figur 8 er 3 forskellige metode-tilgange undersøgt med udgangspunkt i Høiriisgårdsvej. Tallene understreger, at selvom der kun er genanvendt en mindre andel af materialer på Høiriisgårdsvej, så kan BR18 metoden alligevel hæve det dokumenterede CO₂-aftryk med 0,5-0,7 kg CO₂-ækv./m²/år på bygningsniveau – hvilket ikke afspejler det reelle aftryk. Mere information om metoderne kan findes i publikation 6.

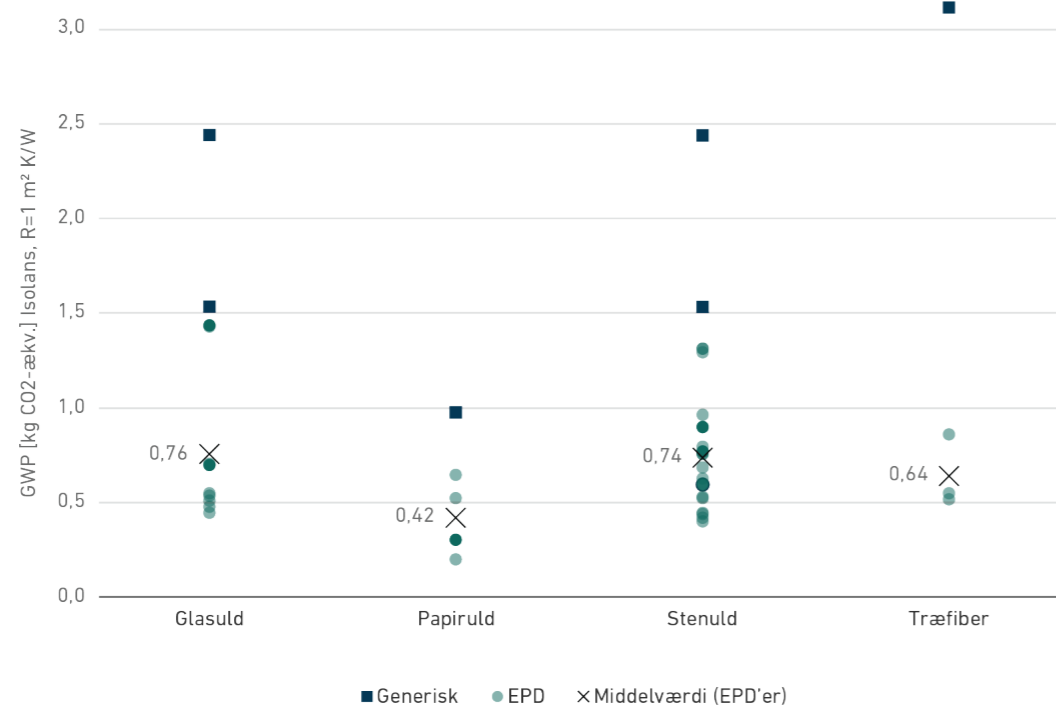
Isoleringsmaterialer

I forbindelse med valg af isoleringsmateriale findes der en lang række isoleringsprodukter på markedet. De største kategorier er glasuld, stenuld, papiruld og træfiber indenfor bløde batts og løsfyld. I Figur 9 er forskellige isoleringsprodukter sammenlignet ift. til deres CO₂-aftryk ved en isolans (R) på 1 m² K/W. Figur 9 viser en relativ stor spredning både indenfor og på tværs af produktkategorierne, hvor det laveste CO₂-aftryk kan opnås ved brug af papiruld (data fra 04-2023).

Ved brug af biobaserede produkter, som papiruld og træfiber, sker der desuden en forskydning af CO₂-udledningen, hvor udledningen primært sker i C-modulerne (år 50) i stedet for i produktionsfasen A1-A3 (år 0), som er gældende for mere traditionelle produkter eksempelvis glas- og stenuld. For mere information og yderligere analyser henvises der til publikation 6.

Figur 9.

Sammenligning af CO₂-aftrykket for forskelle isoleringsmaterialer med en isolans på 1 m² K/W



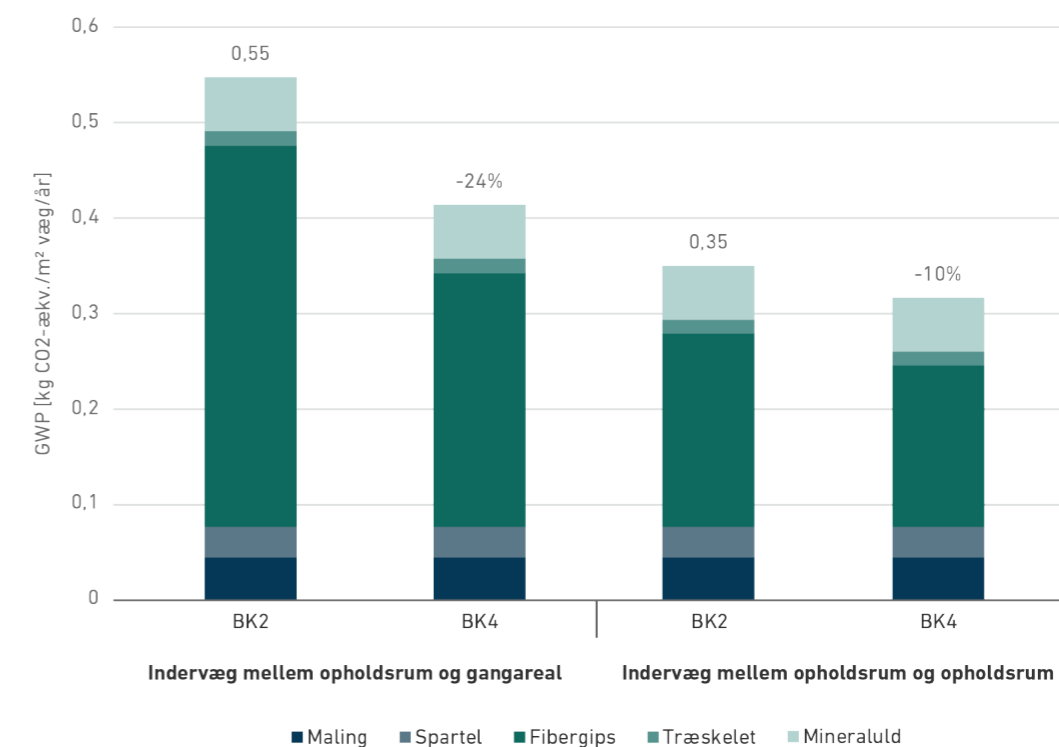
Brandkrav

Brandkravene til daginstitutioner betyder ofte ekstra materialer, som både koster på CO₂- og anlægsbudgettet. I Tabel 5 er nogle af CO₂-besparelspotentialer ved at skifte fra brandklasse 2 (BK2) til brandklasse 4 (BK4) undersøgt for forskellige indervægstyper. Størstedelen af væggene skal overholde EI60 i BK2. Dette krav vurderes at kunne minimeres til EI30 for rum med vågne personophold og direkte adgang til det fri.

For indervægge mellem opholdsrum og gangarealerne er der et CO₂-besparelspotentiale på 24 % på konstruktionsniveau, fordi fibergipsmængden kan reduceres fra 2x15 mm til 2x10 mm. For indervægge mellem to opholdsrum af samme type vil der være et CO₂-besparelspotentiale på 10 %.

Disse analyser illustrerer nogle muligheder ved at skifte brandklasse, men denne kon-

vertering er naturligvis også forbundet med en øget udgift på rådgiversiden, fordi BK4 brandrådgivere er dyrere end BK2 rådgivere. Det bør vurderes fra projekt til projekt om materialebesparelserne kan modsvare den øgede rådgiverudgift. Den potentielle klimagavnst bør dog altid være en del af beslutningsgrundlaget.



Tabel 5.

Sammenligning af CO₂-besparelspotentialer på konstruktionsniveau ved at gå fra brandklasse 2 (BK2) til brandklasse 4 (BK4) for indervægstyper med forskellige lydkrav. Der er anvendt produkt-specifikke miljødata i sammenligningen, som tager udgangspunkt i Mallinggårdsvej.



Publikation 7

Byggeproces (A4 og A5)

Publikation 7 sætter fokus på klimaaftrykket fra byggeprocessen (modul A4 og A5), som er en del af den frivillige bæredygtigheds-klasse. Publikationen forsøger blandt andet at stille skarp på, hvor meget disse faser udgør af det samlede klimaftryk og hvordan de kan estimeres i de indledende faser.

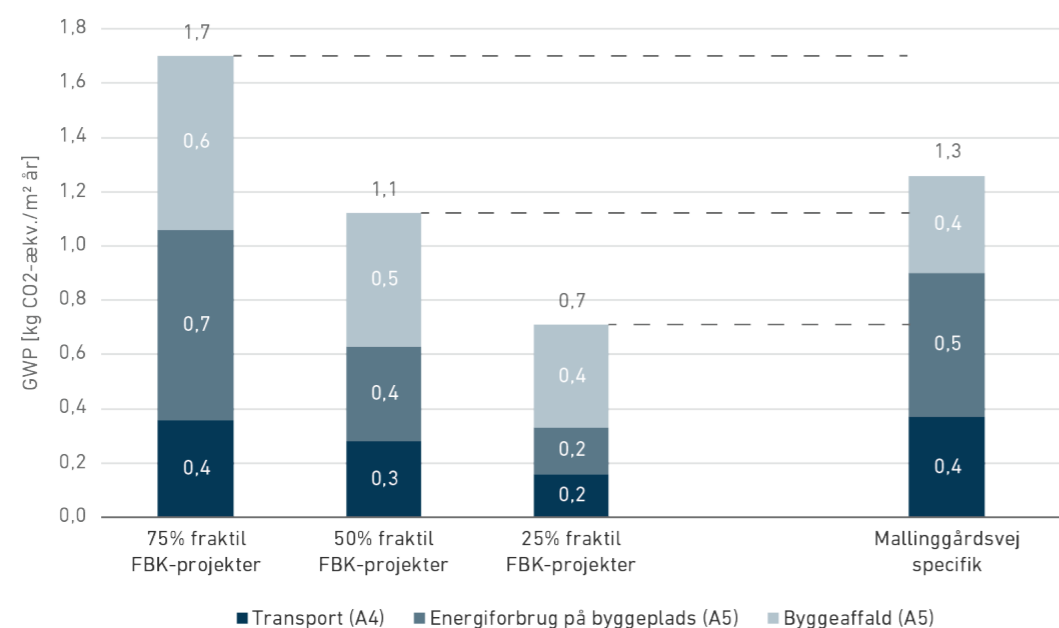
BUILDs foreløbige FBK-opsamlingsresultater fra foråret 2023 af A4 og A5 er sammenlignet med opgørelsen fra Mallinggårdsvej i Figur 10. Det observeres at 50 % fraktilen for A4 og A5 på tværs af bygningstypologierne ligger på 1,1 kg CO₂-ækv./m²/år, mens det for Mallinggårdsvej ligger på 1,3 kg CO₂-ækv./m²/år, hvilket er 18 % højere end 50 % fraktilen. Det er primært transporten og energiforbruget på byggepladsen, som bidrager til at Mallinggårdsvej ender over 50 % fraktilen, mens mængden af byggeaffald er reduceret ift. 50 % fraktilen. Generelt viser de tre fraktiler en stor spredning mellem de undersøgte FBK-projekter, hvilket indikerer både et stort forbedringspotentiale, men samtidigt en potentiel klimasyn-

der, hvis man ikke er opmærksom på A4 og A5. Der bør pointeres at dokumentation af A4 og A5 stadig er meget nyt, hvorfor at data-usikkerhed også kan være en del af forklaringen på den store spredning. Har man f.eks. været dårlig til at registrere alt ressourceforbrug på byggepladsen, så vil det kunne give indtryk af et mere klimavenligt byggeri. BUILD har i deres arbejde forsøgt håndtere dette ved at opkvalificere data, men der vil forventeligt stadig være et mørketal.

Resultaterne viser at inddragelse af byggeprocessen (A4 og A5) kan hæve klimaaftrykket i betydelig grad, hvilket bør indtænkes i forhold til fremtidige klimakrav. Ambitionsniveauet for modul A4 og A5 bør tilpasses det enkelte projekt iht. størrelse, budget o.l. Erfaringerne fra BUILD indikere at LCA-modulerne A4 og A5 udgør 10-15% af bygningernes samlede klimapåvirkning. De fleste byggerier har en klimapåvirkning, uden A4 og A5, på 8-12 kg CO₂-ækv./m²/år. Det betyder at spændet for klimapåvirkningen fra

Figur 10.

Sammenligning af BUILDs foreløbige resultater om A4 og A5 i forhold til opgørelsen fra Mallinggårdsvej



byggeprocessen (A4-A5) ofte ligger i størrelsesordenen af 0,8 til 1,6 kg CO₂-ækv./m²/år.

Baseret på BUILD's erfaringer og AaK egne erfaringer med A4 og A5 kan ambitionsniveauet, som tommelfingerregel inddeles i 3 grænseværdier :

- **"business as usual"**
Max. 1,5 kg CO₂-ækv./m²/år
- **"nu skal du tænke dig om"**
Max. 1,0 kg CO₂-ækv./m²/år
- **"imponerende"**
Max. 0,5 kg CO₂-ækv./m²/år

For mere information og yderligere analyser henvises der til publikation 7.

