



Publikation 2

LCA i processen



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

Bidrager: 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 klima-bevidste 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

Denne publikation behandler en række opmærksomhedspunkter til bygherrer, rådgivere og andre interesserede i byggebranchen til bedre håndtering af LCA i processen. Opmærksomhedspunkterne er opsamlet med udgangspunkt i identificerede udfordringer, som knytter sig til arbejdet med LCA i processen – helt fra ideoplæg til as built. Der tages primært udgangspunkt i erfaringer fra forløbet på daginstitutionen Mallinggårdsvej, da de to øvrige Lokesvej og Høiriisgårdsvej ikke er tilstrækkelig langt i processen endnu. Emner som kvalitets-sikring, LCA i byggeriets faser, entrepris-former, detaljeringsniveau og datakvalitet belyses i nærværende publikation.

Med afsæt i disse opmærksomhedspunkter og suppleret af tidligere erfaringer er der udarbejdet en overordnet skabelon for

rapporteringsstrukturer gennem byggeriets faser (se skema 1). En struktureret og transparent LCA-afrapportering er afgørende for at nedbringe bygningers klimaaftryk, men også for at kunne sammenligne på tværs af projekter og bygningstyper og dermed sikre en løbende erfaringsopsamling, som er hel essentiel for det fremadrettede arbejde.

Skema 1.

Overordnede skabelon for LCA i processen.

Fase	Aktiviteter/opmærksomhedspunkter	Buffer*	Aflevering
Klimaforbudningspotentiale	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)
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

Statusnotat¹: Beregningsforudsætninger, anvendt datagrundlag (generisk miljødata eller EPD'er), oprindelse af mængder (overslag, opmåling eller BIM-udtræk), ændringslog om væsentlige ændringer

Statusmøde²: Statusopdatering og præsentation af variantanalyser

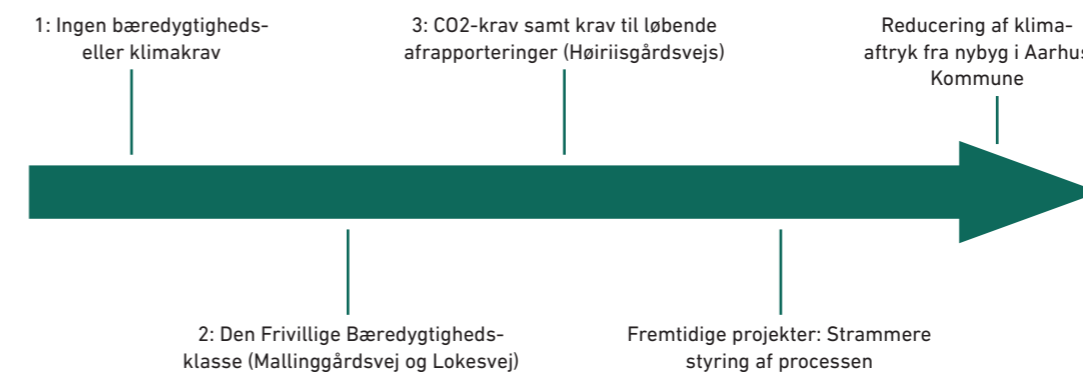
Buffer*: En sikkerhedsmargin til håndtering af uforudsete klimabelastninger gennem byggeriets faser.

2. LCA i byggeriets faser

Det er særligt i de indledende faser, at klimaaftrykket fra byggeriet har potentiale for at blive optimeret. LCA-overvejelser bør derfor være en del af beslutningsgrundlaget fra byggeriets start, mens f.eks. byggesystemer og primære materialer stadig kan ændres. Gennem byggeriets faser bør LCA-beregninger løbende opdateres for at følge og sikre klimaaftrykkets udvikling. I alle faser er der mulighed for at skabe klimabesparelser, men generelt mindskes mulighederne i takt med at byggeriet konkretiseres og låses på forskellige niveauer gennem faserne. Hvis bygherre og/eller bygherrerådgiver er tydelig omkring målsætninger og konsekvenser ved ikke at opnå disse, vil det være med til at skabe den nødvendige opmærksomhed på klimaaftryk og et øget fokus på processen.

Tabel 1 viser hvilke LCA-aktiviteter der specifikt er arbejdet med på Mallinggårdsvej, Lokesvej og Høiriisgårdsvej. Aarhus Kommune har gennem arbejdet med de tre institutioner gjort vigtige erfaringer som bygherre ift., hvad det kræver at komme i mål med en ambitiøs klimamålsætning. Generelt har det vist sig udfordrende at opnå den klimamæssige målsætning på maksimalt 8,5 kg CO₂-ækv./m²/år for det enkelte projekt. Dette skyldes bl.a., at Aarhus Kommune ikke havde forudgående erfaringer og data at

tilrettelægge deres byggerier ud fra. Gennem projekterne har Aarhus Kommune fået opbygget en større viden i relation til klimabelastning fra nybyggeri f.eks. betydningen af lokalplansmæssige materialekrav, anvendelseskategorien for byggeriet, beregningsmæssige forudsætninger og udfordringer forbundet med arbejdet med genanvendte konstruktioner og materialer. Erfaringer, som alle har forbedret Aarhus Kommunes videns- og datagrundlag, så de står bedre rustet til at gennemføre reduktion af klimabelastningen fra fremtidigt byggeri. Denne udvikling er visualiseret i Figur 1. En uddybning af Aarhus Kommunes refleksioner kan findes i afsnit 7.



Figur 1.

Visualisering af Aarhus Kommunes øget erfaring gennem projektet.

Tabel 1.

LCA-aktiviteter i processen for Mallinggårdsvej, Lokesvej og Høiriisgårdsvej.

	Mallinggårdsvej	Lokesvej	Høiriisgårdsvej
Rådgiverudbud	Input til udbudsbeskrivelse vedr. FBK – både i Projekt- og opfordrings-skrivelse samt Ydelsesbeskrivelse.	Input til udbudsbeskrivelse vedr. FBK – både i Projekt- og opfordrings-skrivelse samt Ydelsesbeskrivelse. (Samarbejde mellem Aarhus Kommune og Artelia).	Input til udbudsbeskrivelse vedr. bæredygtighed – både i Projekt- og opfordrings-skrivelse samt Ydelsesbeskrivelse. Herunder præcisering af FBK-krav samt yderligere projektspecifikke krav f.eks. CO2-krav, genbrug af materialeressourcer fra eksisterende bygningsmasse, indregning af usikkerhedsfaktorer i de indledende faser og krav til LCA-afrapporteringer ved hvert faseskift. (Samarbejde mellem Aarhus Kommune og Artelia).
Idéoplæg/skitseforslag	-	-	-
Byggeprogram / Dispositionsforslag	Indledende LCA på bygningsniveau med indtastning af materialer og mængder fra Revit. Drift vurderet ud fra erfaringstal.	Projektmateriale er låst her til udarbejdelse af tværgående klimaanalyse. (OBS: Materiale er låst efter genopstart af projekt – se tidsplan i Tabel 2)	Opstartsmøde med totalrådgiver. Videre-delning af erfaringer og opmærksomhedspunkter fra indledende arbejde på Mallinggårdsvej og Lokesvej. Fokus på byggeprincipper, overordnede materialevalg og LCA-sparring generelt. (Møde afholdt mellem totalrådgiver, Aarhus Kommune og Artelia). Indledende LCA-varian-tanalyser samt LCA på bygningsniveau udarbejdet til FBK. Opsamlet i notat inkl. beskrivelse af forudsætninger. Derudover U-værdi-analyse for facader ift. skærpet krav fra Aarhus Kommune (LCA og LCC). Undersøgelse af klimamæssig gevinst ved at fravige skærpede krav.

	Mallinggårdsvej	Lokesvej	Høiriisgårdsvej
Projektforslag/ Myndighedsprojekt	Indledende LCA-varian-tanalyser samt LCA på bygningsniveau udarbejdet til FBK. Opsamlet i notat inkl. beskrivelse af forudsætninger.	Indledende LCA-varian-tanalyser samt LCA på bygningsniveau udarbejdet til FBK. (OBS: Udarbejdet inden projektpause – se tidsplanen i Tabel 2).	Problematik: lokalplan udfordrer CO2-reduktion i projektet. Derfor forhåndsdialog med myndigheder om facade- og tagbeklædning, som lever op til lokalplankrav. Hertil udarbejdet LCA-varianstudier af forskellige forslag. Forslag også sammenlignet med referenceopbygning for at synliggøre CO2-besparelse. (Udarbejdet af totalrådgiver med sparring fra Artelia).
Udbudsprojekt	Udarbejdelse af skemaer til dokumentation af klimabelastning fra byggeprocessen (modul A4 og A5) ifm. FBK.	-	Projektmateriale er låst her til udarbejdelse af tværgående klimaanalyse.
Udførelsesprojekt	-	-	-
Projektopfølgning og 'som udført'	Endelig LCA på bygningsniveau udarbejdet til FBK inkl. dokumentation af klimabelastning fra byggeprocessen (A4-A5). Projektmateriale er låst her til udarbejdelse af tværgående klimaanalyse.	-	-

Tabel 2.

Tidsplan for Mallinggårdsvej, Høiriisgårdsvej og Lokesvej, som viser hvornår projektmaterialer til den tværgående klimaanalyse er låst.

		Mallinggårdsvej	Lokesvej	Høiriisgårdsvej
2020	SEP			
	OKT	Byggeprogram og dispositionsforslag		
	NOV			
	DEC			
JAN				
2021	FEB	Projektforslag / myndighedsprojekt	Byggeprogram og dispositionsforslag	
	MAR			
	APR	Udbudsprojekt	Projektforslag / myndighedsprojekt	
	MAJ			
	JUN	Udbud		Dispositionsforslag
	JUL			
	AUG			
	SEP			
	OKT	Udførelsesprojekt		
	NOV			
	DEC			
	JAN			
2022	FEB	Udførelse	Projektpause / besparelsesrunde	Projektforslag / myndighedsprojekt
	MAR			
	APR			Udbudsprojekt
	MAJ			
	JUN			Udbud
	JUL			
	AUG			
	SEP			
	OKT			
	NOV			
	DEC			
	JAN			
2023	FEB	Låsning af materiale til tværgående klimaanalyse	Genstart	Projektpause / besparelsesrunde
	MAR			
	APR		Rev. dispositionsforslag	
	MAJ			
	JUN		Udbudsprojekt	Genstart
	JUL			
	AUG			
	SEP			
	OKT			
	NOV			
	DEC			
	JAN			

I nedenstående uddybes aktiviteterne/ opmærksomhedspunkterne i skema 1, hvor der tages udgangspunkt i faserne fra YBL18. Det bør understreges at dette er et oplæg til inspiration, fordi LCA-processen kan være meget forskellig og gennemgå hellere ikke altid alle de nævnte faser.





2.1 Ideoplæg

I forbindelse med ideoplægget bør der defineres en klimamålsætning for byggeriet for at sikre, at projektets parter arbejder efter det samme mål. I Aarhus Kommunes er klimamålsætningen fastlagt på forhånd for bygninger over 1.000 m², som alle skal opføres iht. lavemissionsklassen. For mindre bygninger under 1.000 m² fastsættes ambitiøse målsætninger fra projekt til projekt.

I begge tilfælde fastsættes målsætningen allerede i forbindelse med indstillinger om anlægsbevilling til Byrådet. For at sikre at klimamålsætningen overholdes kræver det et tæt samarbejde mellem ingeniør, arkitekt, entreprenør og bygherre. På visse projekter kan der med fordel arbejdes med CO₂-budgetter, hvor hver disciplin for en andel af CO₂-budgettet, som løbende styres og opdateres at LCA-rådgiveren.

I ideoplægget er det generelt hensigtsmæssigt at trække på tidligere erfaringer fra eksempelvis lignende bygningstypologier, for at lokalisere de områder, hvor der skal rettes særlig opmærksomhed på. For daginstitutioner er det typisk tagkonstruktionen, ydervægge og terrændækket, hvor man typisk kan se høje CO₂-aftryk og stor spredning i CO₂-aftrykket. Tendensen kan observeres i Figur 2, som behandles nærmere i publikation 3.

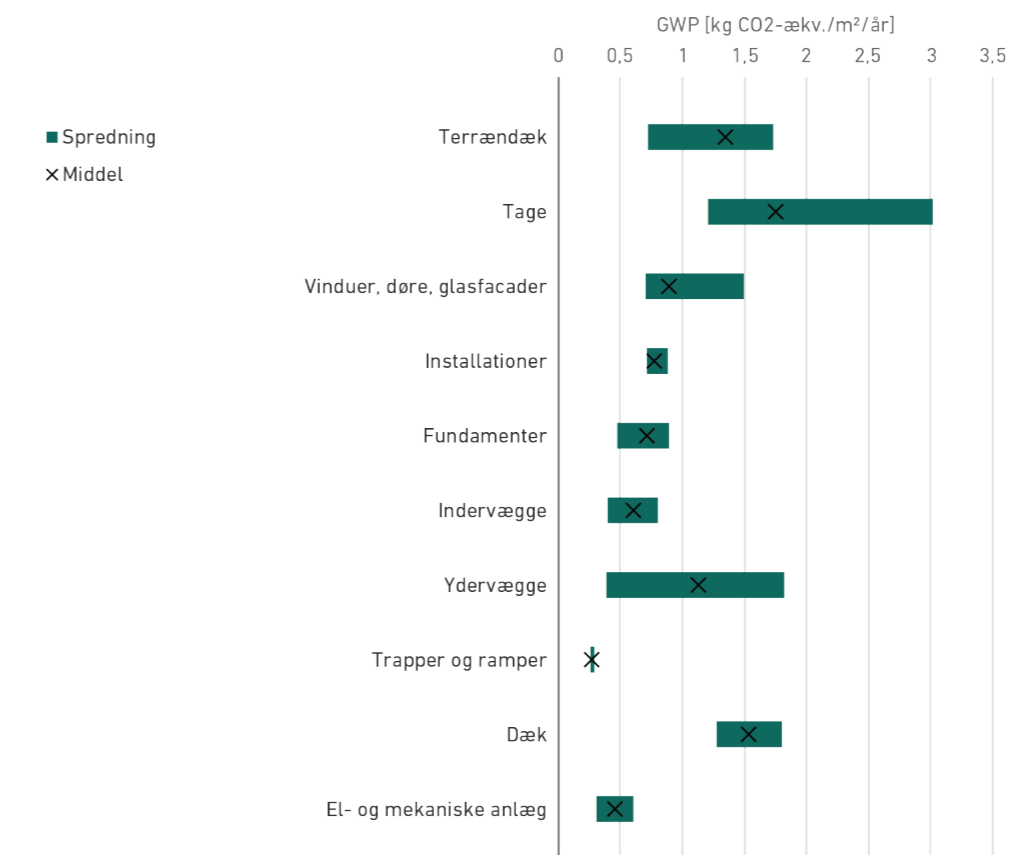
Hvis projektet har en ambitiøs klimamålsætning, bør der laves en screenings-LCA ud fra indledende geometri og tanker om projektet med henblik på at undersøge, hvor langt projektet er fra målet.

Herudover er det essentielt tidligt at få identificeret forhold, som kan have

betydelig indvirkning på klimaaftrykket eksempelvis særlige jordbundsforhold, lokalplanskrav og skærpede brand- og konstruktionsforhold. For dagtilbudsbyggeriet gælder eksempelvis at det betragtes som anvendelseskategori 6. Dette medfører en række skærpede brandkrav, som f.eks. kan være begrænsende i forhold til valg af biobaserede materialer og konstruktioner med et lavt klimaaftryk.

Ligeledes er det vigtigt at have fokus på tidspunktet for ansøgning om byggetilladelse, da kravene til forventede stramninger af hhv. standard CO₂-krav, lavemissionsklassen samt mindre bygninger under 1.000 m² kommer hurtigt set i lyset af byggeriers relativt lange forløb. I konteksten af kommunalt byggeri, som kan blive udsat pga. ændringer i demografiske prognoser eller anlægsbudgetter, kan det have betydning for projektets realisering af klimamålsætningen om projektet udskydes over en længere periode.

For hver fase bør der udarbejdes et statusnotat, som indeholder beregningsforudsætninger, anvendt datagrundlag (generisk miljødata eller EPD'er), oprindelse af mængder (overslag, opmåling eller BIM-udtræk) og ændringslog om væsentlige ændringer. Herudover skal filerne på LCA-beregningen og energirammen afleveres til bygherre for granskning.



Figur 2.

Spredning og middelværdi af klimaaftrykket for bygningsdele for 6 daginstitutioner.

2.2 Dispositions-/ projektforslag

For mindre klimaambitiøse projekter kan der ventes til dispositions-/projektforslaget med at opstarte en indledende LCA-beregning. Denne kan tage udgangspunkt i standardkonstruktioner og standardværdier for installationer, for at synliggøre de største klimamæssige besparelspotentialer for det pågældende projekt.

På dette tidspunkt kan der med fordel indarbejdes en buffer på 10 % for at sikre noget robusthed til håndtering af projektændringer i de efterfølgende faser. En buffer på 10 % er vurderet 'fornuftig' på baggrund af erfaringer fra Mallinggårdsvej samt tidligere erfaringer. På baggrund af et øget erfaringsgrundlag fra tidligere projekter, vil det i fremtiden forventeligt også være muligt at arbejde med individuelle sikkerhedsfaktorer for bygningsdele, så prioriteten kan lægges på bygningsdele med størst usikkerhed og potentiale, og undgå unødvendige meromkostninger til de "sikre" bygningsdele.

For de mest klimabelastende konstruktioner bør der udføres 2-3 variantanalyser på konstruktions- og materialeniveau, hvor der også kan synliggøres potentialer ved anvendelse af alternative byggesystemer samt indarbejdelse af EPD'er og/eller genbrugsmaterialer. I forbindelse med variantanalyserne bør forhold om brand, akustik, energi, fugt, statik, bygbarhed, økonomi mm. inddrages for at sikre et tværfagligt sammenligningsgrundlag. Det er vigtigt, at variantanalyserne bruges aktivt, så det ikke bliver en analyse for analysens skyld. Variantanalyserne kan med fordel kombineres med totaløkonomiske betragtninger (LCC). Den samlede variantanalyse på klimabelastning og økonomi, kan tjene som et godt beslutningsredskab i prioritering af de enkelte klimaindsatser.

Hertil er en tidlig inddragelse af entreprenøren afgørende for at sikre, at f.eks. afgørende materialevalg ift. klimamålsætningen flages

for entreprenøren og evalueres ift. økonomien. En tidlig inddragelse af entreprenøren kan bidrage til:

1. Ejerskab for den bæredygtige omstilling helt ud på byggepladsen, da entreprenøren selv har været med til at udvikle projektet
2. Reduktion af fejl og mangler under udførelsen, hvilket medfører mindre materialepild
3. Mere kvalificeret arbejde med bygbarhed under udførelsen
4. Bedre affaldshåndtering
5. En grønnere byggeplads



2.3 Myndighedsprojekt

I myndighedsprojektet bør klimamålsætningen fastlåses. Variantanalyser og LCA-beregninger opdateres på baggrund af den nyeste viden om projektet, og det sikres, at klimamålsætningen fortsat kan efterleves.

I denne fase bør LCA'en baseres på en energirammeberegning, nyeste konstruktionsopbygninger og EPD'er på de afgørende materialer ift. at nå klimamålsætningen. I forhold til at kunne håndtere ændringer i projektet bør der fastholdes en buffer på 10 % til klimakravet.

2.4 Udbudsprojekt

I forbindelse med udbuddet bør LCA-beregningen opdateres og de kritiske materialevalg låses ved at definere klimakrav på konstruktions- og/eller byggevareniveau. For offentlige projekter skal det sikres at flere producenter kan overholde de definerede klimakrav, så fri konkurrence i offentlige udbud sikres. Bufferen til klimakravet kan sænkes til på 5 %.



2.5 Udførelse

I denne fase skal entreprenørerne registrere og indsamle dokumentation for modul A4 og A5 (energi- og ressourceforbrug til og på byggepladsen), hvis dette er krav fra bygherre. For at overholde eventuelle klimakrav til A4 og A5 er det afgørende at forbrug registreres og gøres tilgængelig for byggeledelsen løbende, så der kan foretages korrigerende handlinger undervejs efter behov. Herudover kan der efterspørges en materialeliste fra entreprenørerne på de indkøbte byggevarer for at sikre overensstemmelse med de specificerede klimakrav til byggevarerene.

I forbindelse med ændringer iht. udbudsprojektet er det afgørende, at disse beror på et oplyst grundlag - eksempelvis at der er udført dokumenterende variantsammenligninger og at ændringer ajourføres

i en ændringslog, for at reducere risikoen for overskridelse af klimamålsætningen og potentielle tvister mellem bygherre og rådgiver eller entreprenør.

2.6 As Built

Til As Built udarbejdes den endelige LCA-beregning eksklusive buffer, som dokumenterer at klimamålsætningen for byggeriet er overholdt. Som minimum skal byggerier, hvor der er søgt byggetilladelse i 2023/24, og med et opvarmet etageareal på over 1.000 m² overholde en grænseværdi på 12 kg CO₂-ækv./m²/år. En ambitiøs målsætning giver her den fordel, at en eventuel overskridelse er et forhold mellem bygherre og rådgiver (eller entreprenør) og ikke vil

komme til at udgøre risiko med hensyn til at opnå ibrugtagningstilladelse. Den endelige dokumentation for overholdelse af klimakravene indsendes sammen med færdigmelding af byggeriet til kommunens byggesagsbehandling. Det er afgørende at bygherre har fastsat hvorledes LCA-dokumentation ønskes afleveret vha. en fælles ydelsesbeskrivelse, så data kan indsamles, struktureret og videreføres til fremtidige projekter.

3. Entrepriseformer

Entrepriseformen kan få stor indvirkning på klimaaftrykket. Eksempelvis stiller en totalentreprise store krav til udbudsmaterialet for at sikre klimamålsætningen, fordi bygherre fjerner sin indflydelse tidligt i processen. Denne entrepriseform kræver derfor veldefinerede målsætninger i udbudsmaterialet. En hovedentreprise giver bedre mulighed for at følge og påvirke projektet i længere tid for bygherre og rådgivere, hvilket betyder at bygherres rådgivere har større

mulighed for at indarbejde mere klimavenlige løsninger i projektet.

En fagentreprise pådrager endnu større ansvar til bygherre og rådgiverne, men samtidigt øger det også muligheden for indflydelse gennem næsten hele byggeprocessen. I denne type udbud er det ofte mindre entreprenører, som byder ind på opgaven. Disse entreprenører består både af folk, som har mindre erfaring med klimavenlige løsninger, hvilket stiller øget krav til bygherre og rådgivere. På den anden side består gruppen også af entreprenører, som har stort kendskab til brugen af alternative materialer og mere klimavenlige løsninger.

Tidlig entreprenørinddragelse optimerer mulighederne for at reducere klimaaftrykket af det kommende byggeri. Entreprenøren samarbejder med totalrådgiverteamet i en projektudviklingsfase, hvor materialevalg, bygbarhed, reduktion af fejl og mangler, byggepladsdesign, affaldshåndtering og et ejerskab for den grønne omstilling helt ud til den enkelte håndværker på pladsen får bedre muligheder



4. Kvalitetssikring

Det nye klimakrav i bygningsreglementet betyder, at mange forskellige typer af rådgivere kommer til at beskæftige sig med LCA-beregninger. Dette kan potentielt introducere betydelige fejlkilder, fordi vidensniveauet er forskelligt på nuværende tidspunkt.

En kvalitetssikring af LCA-beregningen for Mallinggårdsvej er blevet foretaget, hvor ændringerne er opsummeret i Tabel 3. Tilretning af beregningen viser signifikante forskelle i klimaaftrykket på bygningsdelsniveau, mens det samlede klimaaftryk kun varierer 2 %. Det virker dog 'tilfældigt', at det samlede klimaaftryk kun ændres 2 %, når de store udsving betragtes på delniveau. For Mallinggårdsvej har der været flere ændringer af bygningskonstruktionerne undervejs i processen, hvilket kræver en opmærksom LCA-ansvarlig – både ift. at få ændringerne med i den endelige LCA-beregning, men også undervejs være inde over beslutningerne med et klimamæssigt perspektiv for øje. Dette eksempel understreger vigtig-

heden af en gennemarbejdet LCA-beregning, når erfaringsopsamling sker på både bygnings- og bygningsdelsniveau. Samtidigt viser det også en udfordring i branchen, som bør være et opmærksomhedspunkt for alle bygherrer.

Nogle af de største forskelle observeres for installationerne, hvor installationsmængderne er blevet overestimeret i den afleverede beregning. Denne forskel kunne have været minimeret ved brug af standardværdierne i BR18, også selvom standardværdierne er konservative. I dag observeres generelt store forskelle i installationsaftrykket, hvilket til dels skyldes at ikke alle LCA-rådgivere har det rette tekniske kendskab. For fundamentene kan der også observeres betydelige forskelle, hvilket skyldes en fejlindtastning, som har overestimeret fundamentstørrelsen signifikant. Herudover ses markante forskelle for tage, hvilket skyldes valg af en forkert isoleringstype. Alle eksempler understreger, at det tværfaglige samarbejde er essentielt i arbejdet med LCA.

Tabel 3.

Kvalitetssikring af LCA-beregningen for Mallinggårdsvej. Moduler: A1-A3, A4, A5, B4, B6 og C3-C4.

	Delpunkter i LCA-beregningen	Afleveret LCA	Gransket LCA	
		kg CO2-ækv./m ² /år		
BR18	Drift	2,21	2,42	9%
	Terrændæk	1,73	1,79	3%
	Tage	1,31	1,71	30%
	Fundamenter	1,00	0,70	-30%
	Vinduer, døre og glas	0,72	0,80	11%
	Ventilation og køl	0,76	0,34	-55%
	Ydervægge	0,55	0,52	-5%
	Indervægge	0,42	0,45	6%
	Varme	0,41	0,32	-22%
	Vand	0,19	0,11	-44%
	Afløb	0,00	0,00	0%
	FBK	Byggeplads (energi)	0,54	0,54
A4 (transport)		0,48	0,46	-4%
A5 (spild)		0,42	0,36	-15%
Udendørs areal		0,69	0,69	0%
	Sum (BR18)	9,31	9,15	-2%
	Sum (BR+FBK)	11,44	11,19	-2%





5. Detaljeringsniveau

I gennem byggeriets faser fra ideoplæg til as built sker der en naturlig detaljering af projektet, som i mange tilfælde betyder, at CO₂-aftrykket stiger. Dette er også tilfældet for Mallinggårdsvej, hvor LCA-beregningen fra myndighedsprojektet er sammenlignet med As Built i Tabel 4. På bygningsniveau er CO₂-aftrykket steget med 4 % iht. BR18 metoden, men 11 % hvis der kigges på FBK-metoden. Af Tabel 4 fremgår det at energiforbrug på byggepladsen og transport af materialer (A4) i myndighedsprojektet ikke er blevet estimeret, hvilket giver betydelige forskelle mellem myndighedsprojekt og As Built for FBK-metoden.

Generelt kan der observeres signifikante udsving indenfor de forskellige delpunkter. Eksempelvis er kategorierne "Vinduer, døre og glasfacader" steget med 0,4 kg CO₂-ækv./m²/år og "Terrændæk" steget 0,3 kg CO₂-ækv./m²/år. For fremadrettet at håndtere denne usikkerhed bør der arbejdes med en buffer, som løbende bør vurderes og opdateres gennem en erfaringsdatabase med lig-

nende tidligere projekter. Erfaringsmæssigt bør der arbejdes med en buffer på 10 % i de indledende faser, hvilket også havde været et fornuftigt niveau for Mallinggårdsvej. Forskellen havde dog været større, hvis ikke der var anvendt EPD'er på udvalgte materialer, hvilket belyses nærmere i næste afsnit om datakvalitet.

I forbindelse med dokumentation af klimaftrykket skal den anvendte metodetilgang tydeligt fremgå. Eksempelvis er ovenstående resultater opgjort både efter BR18-metoden og FBK-metoden. Hvis klimaftrykket for Mallinggårdsvej opgøres efter BR18-metoden er CO₂-aftrykket 8,7 kg CO₂-ækv./m²/år i stedet for 10,6 kg CO₂-ækv./m²/år efter FBK-metoden. Forskellene mellem de to metoder er fremhævet i Publikation 1.

LCA-delpunkter	Myndighedsprojekt	As Built		
kg CO ₂ -ækv./m ² /år				
BR18	Drift	2,31	2,42	4%
	Terrændæk	1,39	1,73	24%
	Tage	1,42	1,48	4%
	Fundamenter	0,63	0,71	13%
	Vinduer, døre og glas	0,43	0,80	87%
	Ventilation og køl	0,54	0,34	-38%
	Ydervægge	0,79	0,38	-51%
	Indervægge	0,49	0,40	-19%
	Varme	0,27	0,32	17%
	Vand	0,07	0,11	64%
Afløb	0,00	0,00	0%	
FBK	Byggeplads (energi)	0,00	0,53	+100%
	A4 (transport)	0,06	0,37	+100%
	A5 (spild)	0,49	0,36	-26%
	Udendørs areal	0,64	0,69	8%
Sum (BR18)	8,35	8,68	4%	
Sum (BR+FBK)	9,54	10,63	11%	

Tabel 4.

Sammenligning af klimapåvirkningen fra myndighedsprojekt ift. As Built for daginstitutionen Mallinggårdsvej. Moduler medregnet i LCA'en: A1-A3, A4, A5, B4, B6 og C3-C4.

6. Datakvalitet

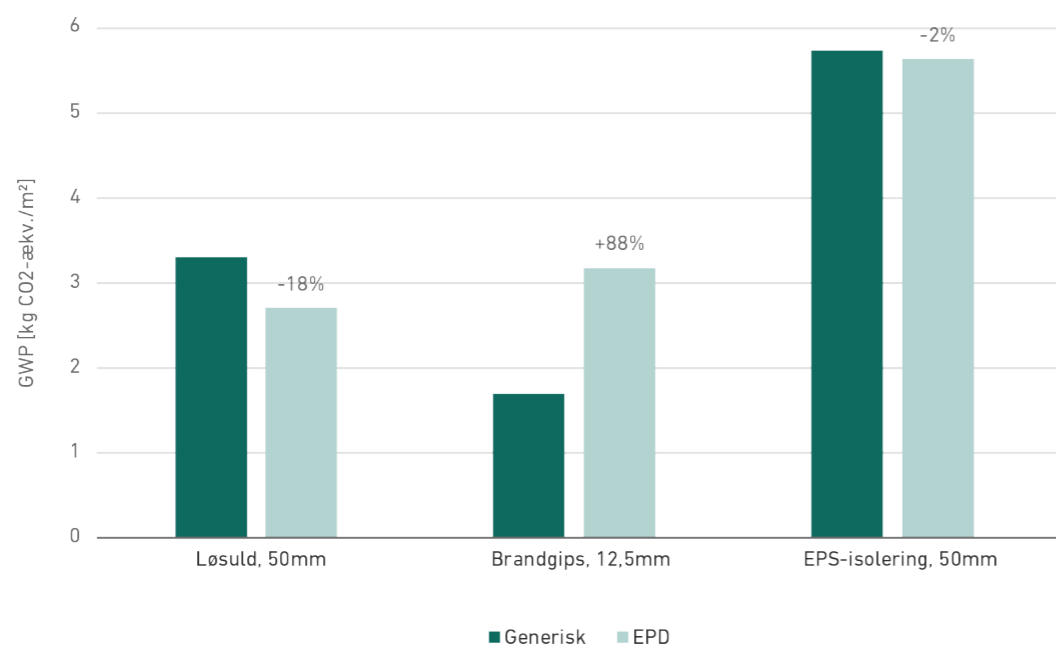
I forbindelse med bygnings-LCA'er kan generisk miljødata fra BR18, bilag 2, tabel 7, bruges. Generisk miljødata skal gerne afspejle et konservativt, men også repræsentativt klimaafttryk og dermed fremme indarbejdelse af EPD'er i LCA-beregninger, som afspejler et mere reelt CO₂-aftryk. Dette forhold mellem generisk miljødata og EPD'er fordrer en mere reel dataopsamling. Mere information om EPD'er kan findes i Publikation 4. I visse tilfælde kan EPD'er dog bidrage til et højere dokumenteret klimaafttryk end ved brug af generisk miljødata, så der ikke nødvendigvis ligger en CO₂-besparelse i at anvende EPD'er. I Figur 3 er klimaforskellen mellem generisk- og EPD-data vist for en række udvalgte materialer. For eksempelvis brandgips stiger klimaafttrykket med 88 % pr. m² overfalde ved brug af en specifik EPD sammenlignet med generisk miljødata.

For Mallinggårdsvej er der oplyst specifikke EPD'er på bl.a. isoleringsmaterialer, gips og tagpap. Ved indarbejdelse af disse

EPD'er både stiger og falder klimaafttrykket på materialeniveau, hvilket understreger at man ikke altid kan regne med et lavere dokumenteret CO₂-aftryk ved indarbejdelse af EPD'er. Artelia's erfaring er dog, at dette er mere undtagelsen end reglen. Det kan dog være risikabelt at medregne et fremtidig lavere klimaafttryk før det konkrete byggeri og de konkrete produkter er betragtet. På konstruktions- og bygningsniveau falder klimaafttrykket dog for Mallinggårdsvej, da gevinsterne samlet set er større end tabene for de påvirkede bygningsdele (terrændækket, ydervægge, indervægge og tage) – se Tabel 5. Den samlede CO₂-gevinst ved brug af EPD'er er 0,5 kg CO₂-ækv./m²/år på bygningsniveau for Mallinggårdsvej.

Figur 3.

Sammenligning af klimaafttrykket med generisk data og EPD'er for en række udvalgte materialer (Paroc løsul: NEPD-2392-11-28-EN, Fermacell: MD-22138-EN, Jackopor 80: NEPD-4127-3339-EN).



LCA-delpunkter	Generisk	EPD'er	% Change
kg CO ₂ -ækv./m ² /år			
Terrændæk	1,79	1,73	-4%
Tage	1,71	1,48	-13%
Ydervægge	0,52	0,38	-26%
Indervægge	0,45	0,40	-12%
Sum	4,47	3,99	-11%

Tabel 5.

Sammenligning af CO₂-aftrykket på bygningsniveau ved indarbejdelse af EPD'er ift. generisk miljødata på Mallinggårdsvej.

7. Refleksioner fra Aarhus Kommune

Gennem arbejdet med de tre dagtilbudsbyggerier på Mallinggårdsvej, Lokesvej og Høiriisgårdsvej, har vi i Aarhus Kommune gjort os indledende erfaringer med målbar klimareduktion for vores byggeri gennem livscyklusanalyser (LCA). Vores erfaringer spænder fra et overordnet niveau vedr. vidensopbygning, samspil mellem LCA og generel projektstyring, rollefordeling mv. til et mere detaljeorienteret niveau i den enkelte LCA i forbindelse med udvælgelse af bygningstypologi, variantanalyser, materialer samt betydningen af bl.a. datakvalitet og opfølgning.

Generelt er vi blevet opmærksomme på, at arbejdet med LCA kræver en målrettet og vedholdende indsats fra alle byggeriets parter fra bygherre over rådgiver og LCA-specialist til håndværker. De udfordringer og tilpasninger, der følger med et byggeprojekt, påvirker ofte ligeledes LCA'en gennem projektets forløb. Det kan medføre behov for tilpasninger i disponeringer, konstruktioner og materialer, som kan påvirke projektøkonomi eller prioriteringer i forhold til byggeriets anvendelse og drift.

Den klimamæssige målsætning, for de tre dagtilbudsbyggerier, da den blev defineret i 2020, var at opnå et GWP på maksimalt 8,5 kg CO₂-ækv./m²/år for det enkelte projekt. Det har vist sig vanskeligt at opnå, særligt fordi vi ikke havde forudgående erfaringer og data at tilrettelægge vores byggerier ud fra.

Vi manglede eksempelvis viden om betydningen af lokalplansmæssige materialekrav, anvendelseskategori for byggeriet, beregningsmæssige forudsætninger og udfordringer forbundet med at arbejde med genanvendte konstruktioner og materialer. Gennem projekterne har vi fået et videns- og datagrundlag at bygge videre på, der vil gøre reduktion af klimabelastningen fra fremtidigt byggeri muligt.

Arbejdet med livcyklusanalyser har vist et behov for at beskrive rådgiverydelsen detaljeret, så LCA-data kan indsamles struktureret og ensartet. Ensartet data vil gøre Aarhus Kommune i stand til at identificere potentialer eller afvigelser ved sammenligning med referencebyggerier, samt identificere best practice på bygningsdelsniveau og opbygge et klimaeffektivt konstruktionsbibliotek. Denne viden vil løbende blive opbygget gennem fremtidige projekter, samt ved at udbrede benchmark-metoden til flere bygningstyper.

En veldefineret ydelsesbeskrivelse kan indeholde krav til specifikke datapunkter, godkendelse ved faseskifte og rettidig bygherregranskning for at sikre at klimapåvirkningen får fokus i de tidligere faser og at klimapåvirkningen ikke stikker af mellem idefasen og aflevering. Struktureret afrapportering skal have fokus på at skabe rammerne for en rettidig kvalitetssikring af beregninger, mængder, forudsætninger og samspil med energirammen. BIM-modeller som grundlag for LCA-beregning indeholder en del tekniske faldgruber, hvorfor en LCA-specialist til at kvalitetssikre det digitale tegningsmateriale og mængder og sammenholde dem med bygningsdelsbeskrivelser er nødvendig. I hvert fald indtil BIM-modeller og kravene til dem der udfører dem er blevet højnet.

En af de vigtigste pointer er, at værdien i LCA-beregninger ikke ligger i den enkelte beregning, men i sammenligningen på tværs af flere beregninger, så nye bygninger står på et vidensgrundlag fra tidligere byggerier, hvilket kræver en struktureret og transparent LCA-proces.

