



Videncenter om
Bygningers
Klimapåvirkninger

LCA ifølge klimakravene

**Introduktion til LCA i henhold til klimakravene
i bygningsreglementet**

December 2022





Indhold

Introduktion	5
Klimakravene i bygningsreglementet	6
Metode for LCA	9
Bygningens livscyklus	10
LCA gennem projektforløbet	14
Informationsbehov til LCA'en	18
Tips til mængdeopgørelsen	21
Generiske miljødata og EPD'er	22
Roller og opgaver for byggeriets parter	24
Eksempel	31
Materialevalg 1: Klassisk	33
Materialevalg 2: Klimaforbedret	35
Analyse af resultater	37
Ordliste	38
Referencer og litteratur	39



Introduktion

Baggrund er klimakravene

Denne publikation giver rådgivere og andre interesserede i byggebranchen en introduktion og praktisk viden om livscyklusvurdering (LCA) i byggeri. Publikationen understøtter byggebranchen i at efterleve klimakravene, der trådte i kraft i bygningsreglementet 1. januar 2023.

Publikationen kan læses uden forudgående erfaring med LCA. Den giver et godt grundlag for i praksis at arbejde med klimakravene og anvende beregningsværktøjer.

Publikationens beregninger er udført i beregningsværktøjet LCAByg, der er et dansk værktøj for livscyklusvurderinger i byggeri. Det kan anvendes til at udføre den klimaberegning (LCA), som er et krav i bygningsreglementet for nybyggeri, der skal overholde energirammen. Der kan dog også anvendes andre værktøjer til at beregne.

Brug publikationen på forskellige måder

Man kan læse publikationen som en helhed for at få en grundig introduktion til LCA i praksis. Den kan også anvendes som et opslagsværk, der løbende kan understøtte designprocessen, og den kan benyttes i undervisningsøjemed.

Indhold

Det er kun de aspekter i en LCA, som er relevante for klimakravene, som udfoldes i denne publikation. For uddybende information henvises til litteraturlisten.

Publikationen illustrerer værdien af LCA i løbet af et byggeprojekt, og hvilke informationer man har brug for. Der fokuseres på to situationer: LCA i designfasen og endelig LCA af det opførte byggeri. Det er alene LCA af det opførte byggeri, der er krav om i bygningsreglementet, men publikationen lægger også vægt på designfasen.

Det er særligt i designfasen, bygningens klimapåvirkning kan reduceres, og her man kan sikre, at CO₂-grænseværdien for byggeri over 1.000 m² kan overholdes.

Afsnittet om mængder giver anbefalinger til, hvordan man kan opgøre mængder allerede i designfasen. Mængderne er centrale for beregning af materialers klimapåvirkning.

Afsnittet om miljødata forklarer, hvad miljødata er, og hvad forskellen er på generiske data og EPD'er (miljøvaredeklarationer). Til sidst gennemgås et bygningseksempel, som viser, hvordan man kan træffe valg i sin bygning for at reducere klimapåvirkningen. Da byggebranchen allerede har stor erfaring med at nedbringe energiforbruget til bygningsdriften, fokuserer eksemplet på materialevalg og ikke bygningens energiforbrug.

Selvom eksemplet er et parcelhus, kan metoden principielt overføres til større nybyggerier. Beregningsresultaterne har udelukkende illustrative formål og kan ikke overføres til andre projekter.

Lavemissionsklassen i bygningsreglementet

Udover den lovpligtige grænseværdi på 12,0 kg CO₂-ækv. pr. m² pr. år for byggerier over 1.000 m² er der også en frivillig lavemissionsklasse i bygningsreglementet.

Vælger man at følge den frivillige lavemissionsklasse, skal man overholde en grænseværdi på 8,0 kg CO₂-ækv. pr. m² pr. år for byggeriet uanset størrelse.

Klimakravene i bygningsreglementet

Klimabelastningen fra byggeri skal nedbringes. Derfor er der nu nye klimakrav i bygningsreglementet.

Der sker store CO₂-udledninger fra byggeri ved både opførelse af bygninger og ved energiforbrug til opvarmning og drift af bygninger.

I takt med, at vi siden 2008 – takket være strammere energikrav – har reduceret driftsenergiforbruget i vores bygninger, udgør byggematerialerne en stigende andel af klimabelastningen fra nybyggeri.

Det er denne klimabelastning, de to nye klimakrav i bygningsreglementet fra 1. januar 2023 adresserer. De skaber større fokus på at reducere de udledninger, der stammer fra byggematerialerne til nybyggeri.

Kravene fremgår af henholdsvis § 297 og § 298 i bygningsreglementet.

1. Det første krav betyder, at bygningsejeren skal dokumentere et nybyggeris samlede klimapåvirkning. Det gøres med en klimaberegning, også kaldet en LCA-beregning. Det vil sige en beregning af byggeriets klimapåvirkning over en periode på 50 år. Kravet gælder for alle nybyggerier, der er omfattet af energirammen.
2. Det andet krav betyder, at der for opførelsen af bygninger over 1.000 m² er en øvre grænseværdi på 12,0 kg CO₂-ækvivalenter pr. m² pr. år for den samlede klimabelastning fra materialer og bygningens energiforbrug, som byggeriet ikke må overstige.



Fra 2025 vil der være en grænseværdi for alt nybyggeri omfattet af energirammen uanset størrelse. Denne grænseværdi er endnu ikke politisk besluttet.

Følg med her, hvor der sker løbende opdateringer: <https://bpst.dk/da/Byggeri/Baeredygtigt-byggeri/NY-Klimakrav-i-bygningsreglementet>

Gælder for opvarmede bygninger

Klimakravene gælder for de samme typer nybyggeri, som i forvejen er omfattet af krav om at overholde energirammen, dvs. bygninger opvarmet til over 5 °C med få undtagelser¹⁾. Det svarer til omtrent 2/3 af alt nybyggeri i Danmark.

1) Tilbygninger, midlertidige flytbare pavilloner og sommerhuse er ikke omfattet, jf. bygningsreglementets § 251, stk. 2.

Figur 1

Klimakravene i bygningsreglementet



≤ 1000 m²

- Rapporteringskrav (klimaberegning)
- Ingen grænseværdi



> 1000 m²

- Rapporteringskrav (klimaberegning)
- Grænseværdi på 12,0 kg CO₂-ækv. pr. m² pr. år

Ansvar og dokumentation

- Det er bygningsejerens ansvar at overholde klimakravene.
- Dokumentation for, at klimakravene overholdes, skal indsendes til byggemyndigheden i kommunen sammen med færdigmeldingen af byggeriet.

Bygninger med et berettiget større CO₂-udslip

Visse typer af bygninger, som har et berettiget større materialebehov og dermed en større klimapåvirkning, fx laboratorier, industribygninger med ekstra høj nyttelast og bygninger med behov for ekstrarundering, er omfattet af en særlig undtagelse ved beregning af grænseværdien.



An aerial photograph showing a quarry with turquoise water, a large forested area, and a road. The quarry is a large, rectangular excavation with high, light-colored walls. The water in the quarry is a vibrant turquoise color. The forest is dense and green, with some trees showing yellowing leaves. A road curves through the forest and around the quarry. In the background, there are green fields and a few buildings.

Metode for LCA

Den første del af publikationen fortæller om metoden for livscyklusvurderinger (LCA) generelt, hvordan man udfører en LCA for at overholde klimakravene, og hvordan LCA kan indgå i et projektforsløb.

Derudover gennemgås, hvilke informationer man skal have til rådighed for at kunne udføre en LCA, og hvilke roller de forskellige parter har i forhold til at udføre LCA'en og bygge, så den fastsatte CO₂-grænseværdi kan overholdes.

Bygningens livscyklus

I en LCA opdeles bygningens livscyklus i standardiserede faser og moduler for at gøre livscyklusvurderingen overskuelig og så enkel som muligt at håndtere.

Hvad er en livscyklus?

Bygningers klimapåvirkning rækker langt udover den periode, som man normalt ville opfatte som deres levetid. Det starter ved udvindingen af råstoffer og fremstilling af byggevarer, som kan finde sted lang tid før, idéen om et byggeprojekt opstår. Der er klimapåvirkninger i selve byggeprocessen, og der vil også være klimapåvirkninger ved bygningens fremtidige udskiftninger samt fra energiforbrug til drift.

Bygninger har potentielt en meget lang levetid og kan gennemgå mange renoveringer og forbedringer over tid. Men det må antages, at de fleste bygninger på et tidspunkt rives ned, helt eller delvist, og at materialerne affaldsbehandles eller recirkuleres til sidst i bygningens livscyklus. For at sikre sammenlignelighed i beregning af klimapåvirkningen for alle projekter, anvender man som standard en periode på 50 år, som også kaldes for betragtningsperioden. Dette gælder uanset, om bygningen i praksis vil have en kortere eller længere levetid

Defineret i europæiske standarder

Byggeris livscyklus beregnes i henhold til den europæiske standard DS/EN 15978:2012 (CEN, 2012a).

// Der anvendes i LCA'en som standard en periode på 50 år, uanset om bygningen i praksis vil have en kortere eller længere levetid.

Livscyklusen består af fem faser, som er inddelt i 17 moduler (se figur 2 og figur 3). Standarden sætter de overordnede rammer for, hvilke processer der indgår i faserne, og hvordan de skal beregnes. På baggrund af dette præciserer bestemmelserne i bygningsreglementet, hvordan reglerne skal anvendes i praksis i Danmark for at overholde kravene.

Da LCA for hele byggeriets livscyklus er en omfattende opgave, som p.t. ikke ville kunne håndteres i et byggeprojekt på en hensigtsmæssig måde, indgår der i klimakravene kun moduler, der er forbundet med tilstrækkeligt erfaringsgrundlag og relevante beregningsregler (se figur 2). Udvælgelsen af bestemte livscyklusfaser kaldes for en systemafgrænsning. Den systemafgrænsning, der er for beregningen for klimakravene, er politisk besluttet.

Faser og moduler i LCA

Første fase i livscyklusen er Produktfasen (A1-A3). Denne fase indgår i klimakravenes beregningsgrundlag. Anden fase er Byggeprocesfasen (A4-A5), som ikke indgår i klimakravene for nuværende. Derfor er A4 og A5 undtaget i den LCA-beregning, der skal udføres efter klimakravene i bygningsreglementet.

I bygningens tredje fase – Brugsfasen (B) – indgår modulerne B4 og B6 i klimakravene. B4 er udskiftning af bygningsdele, hvis levetid er kortere end betragtningsperioden (50 år), mens B6 er bygningens energiforbrug til opvarmning, ventilation, belysning og anden bygningsdrift. De øvrige moduler i Brugsfasen indgår ikke i klimakravene, dvs. vedligehold og reparationer, renovering og vandforbrug til drift.

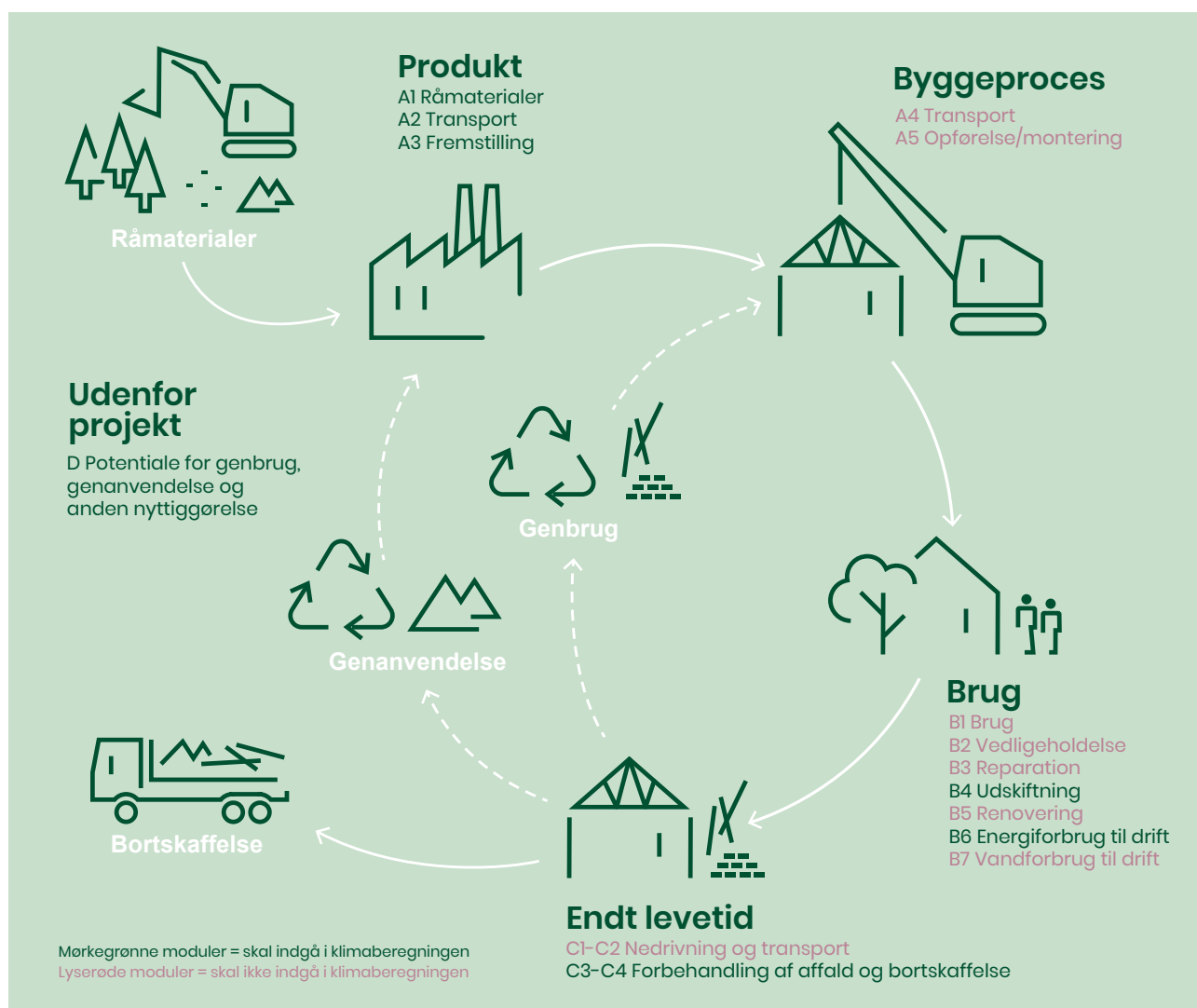
Efter Brugsfasen kommer Endt levetid (C), hvor bygningen nedrives (C1-C2) og forbehandles til affald (C3) samt bortskaffes (C4). Det er kun C3 og C4, der indgår i klimakravene.

Ved affaldsbehandlingen kan der være en gavnlig effekt ved genbrug, genanvendelse eller anden nyttiggørelse. Dette er fase D, som kaldes Uden for projekt. D-fasen skal i forhold til klimakravene indgå i dokumentationen, men skal ikke regnes med i LCA-resultatet. Det skal i stedet for opgøres separat. Den gavnlige effekt i fase D tilkommer den næste livscyklus, som materialerne vil indgå i.

Generelt kan klimapåvirkningen ved produktion af byggevarer (A1-3) påvirkes mest direkte gennem en LCA, da disse processer og beslutninger omkring produktion af byggevarerne foregår her og nu.

Brugsfasen (B) er baseret på antagelser om, hvordan bygningen bruges og vedligeholdes i betragtningsperioden. Klimakravenes beregningsgrundlag er baseret på energiforbrug beregnet efter bygningsreglementets regler om energirammeberegning og på scenarier for den forventede udvikling af energiforsyningen i Danmark. Der tages altså højde for en fremtid med en forventet stigende mængde af vedvarende energi til el, ledningsgas og fjernvarme.

Endt levetid (C) og Uden for projekt (D) er baseret på den nuværende affaldsbehandling, da der ikke er etableret scenarier for den fremtidige affaldsbehandling.



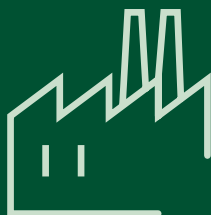
Figur 2.

De fem faser og 17 moduler, der kan indgå i en bygnings livscyklusvurdering (LCA). I en LCA ifølge bygningsreglementet skal kun de mørkegrønne moduler og faser indgå.

Figur 3

Bygningens livscyklusvurdering (LCA) er opdelt i fem faser og 17 moduler. Otte af modulerne indgår i den LCA, som skal laves for at efterleve klimakravene i bygningsreglementet.

Moduler, der i dag ikke skal indgå i LCA ifølge klimakravene pga. manglende data, er markeret med lyserød tekst. Det forventes, at der med tiden vil komme til at indgå flere moduler i beregningen.



Produkt

- A1** Råmaterialer
- A2** Transport
- A3** Fremstilling

A1–A3: Råmaterialer, Transport og Fremstilling

Modulerne vedrører klimapåvirkninger fra produktionen af byggevarer.

Mængder og materialer opgøres på basis af projektet.

Data for materialernes klimapåvirkning hentes fra generiske data i BR18 bilag 2, tabel 7, eller fra relevante EPD'er for byggevarerne.

De generiske data findes også i værktøjet LCAByg23.



Byggeproces

- A4** Transport
- A5** Opførelse/montering

A4: Transport

Modulet vedrører klimapåvirkninger fra transporten, dvs. leveringskæden fra fabrik til byggeplads. Modulet indgår ikke i klimakravene.

A5: Opførelse/montering

Modulet vedrører klimapåvirkninger fra energiforbrug under byggeprocessen.

Modulet indeholder også spild af byggematerialer på byggepladsen og efterfølgende affaldsbehandling. Modulet indgår ikke i klimakravene.



Brug

- B1** Brug
- B2** Vedligeholdelse
- B3** Reparation
- B4** Udskiftning
- B5** Renovering
- B6** Energiforbrug til drift
- B7** Vandforbrug til drift

B4: Udskiftning

Ved vurdering af antallet af udskiftninger (B4) indgår de scenarier, som også gælder for Produkt- og byggefasen (A) samt for Endt levetid (C) og Uden for projekt (D).

Det betyder, at klimapåvirkninger for hver udskiftning svarer til summen af påvirkninger fra A og C, mens resultater for D indgår i en særskilt sum for D.

B6: Energiforbrug til drift

Modulet vedrører klimapåvirkningen fra byggeriets energiforbrug til drift.

Byggeriets energibehov bestemmes ved en energirammeberegning efter SBI-anvisning 213 (SBI, 2018).

B1-B3, B5 og B7: Indgår ikke i klimakravene



Endt levetid

- C1** Nedtagning / nedrivning
- C2** Transport
- C3** Forbehandling af affald
- C4** Bortskaffelse

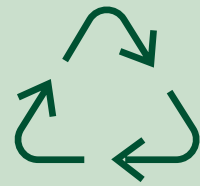
C3-C4: Affaldsbehandling og Bortskaffelse

Modulerne vedrører klimapåvirkningen fra forbehandling af affald og bortskaffelse efter nedtagning af byggeriet.

Fasen Endt levetid beror på antagelser om forbehandling af affald og håndtering og behandling af affald fra nedrivninger på basis af scenarier og miljødata fra dagens praksis i Danmark.

Det skyldes bl.a., at der ikke findes politiske scenarier, som peger tilstrækkeligt langt ud i fremtiden.

C1-C2: Indgår ikke i klimakravene



Uden for projekt

- D** Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse

D: Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse

Fasen vedrører scenarier for potentielle klimagevinster eller -belastninger, som går ud over bygningens livscyklus.

Det gælder fx mulighed for genbrug og genanvendelse i en ny sammenhæng, som kan være med til at reducere forbruget af jomfruelige materialer i en anden bygning.

Eksport af bygningsrelateret vedvarende energi, som går ud over energirammen, bliver også opgjort i denne fase.

D-fasen udgør ikke en egentlig del af livscyklussen og skal ikke medregnes i grænseværdien ifølge klimakravene i bygningsreglementet. Modulet skal dog opgøres og dokumenteres separat fra de øvrige resultater.

LCA gennem projektforløbet

Der er kun krav om en LCA ved færdigmelding af byggeriet i henhold til bygningsreglementet. Men for at have mulighed for at optimere en bygning klimapåvirkning anbefales det at udarbejde livscyklusvurderingen allerede fra de tidlige designfaser. Disse sider giver forslag til dette.

LCA i designfasen

Byggeri er i konstant udvikling, og hvert projekt er unikt med hensyn til den proces, det går igennem.

Selvom det er vanskeligt at forudse alle beslutninger, der har indflydelse på en bygning klimapåvirkning, giver det god mening at udføre en LCA allerede i starten af projektet. Det er nemlig her, de største potentialer ligger for at optimere bygningers klimamæssige ydeevne.

Byggeprojekter starter normalt på et overordnet niveau i form af et idéoplæg eller lignende. Selvom der er langt fra idéoplæg til den konkrete bygning, fastlægges de overordnede linjer ofte tidligt. Derfor er det hensigtsmæssigt at granske oplægget tidligt og gøre klimapåvirkningen til en del af beslutningsgrundlaget. Overordnet set kan man gå ud fra, at alle aktiviteter, materialer og energiforbrug bidrager til bygningens klimapåvirkning. Fx kan alene valget af byggegrund fastlægge mange parametre for udformningen af bygningen, byggeprocessen og den efterfølgende brugsfase.

I løbet af projektforløbet vil der ske præciseringer, og der bliver truffet flere og flere beslutninger om bygningens udformning. I takt med projektets detaljering bør også LCA modellen præciseres, så de foreløbige resultater i designfasen tilnærmer sig den endelige LCA ved færdigmelding (se figur 4). Der kan til en vis grad være mulighed for at optimere klimapåvirkningen i alle projektfaser (se figur 5).

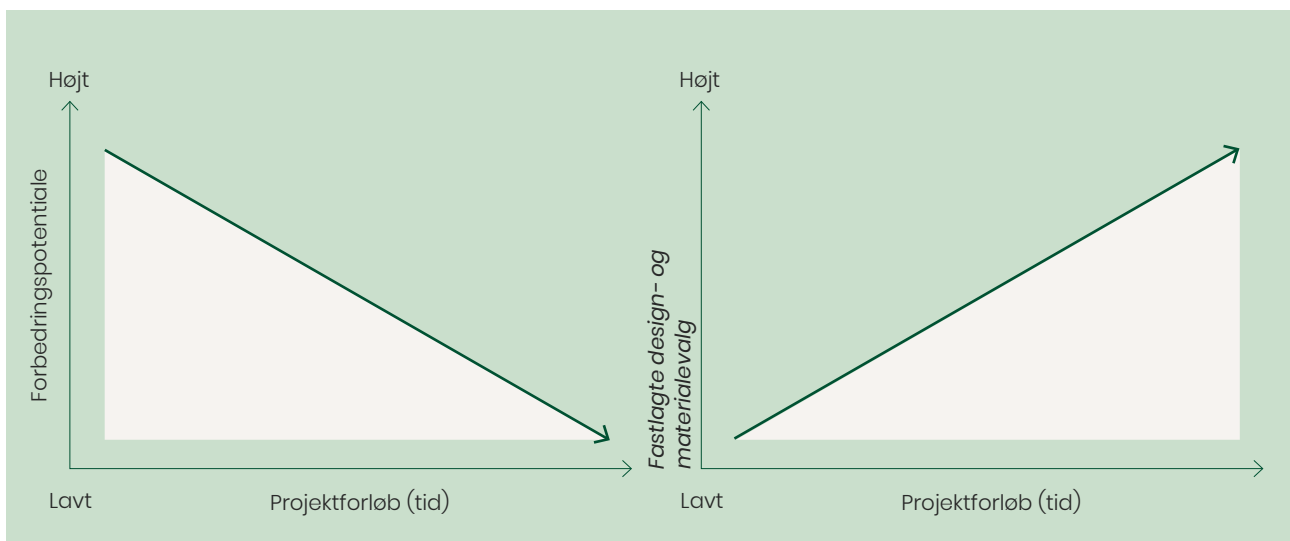
Idé

En projektidé kan med fordel granskes ved hjælp af LCA'er fra lignende eksisterende byggesager. I takt med, at man udfører LCA'er for flere og flere byggerier, vil man opbygge et større erfaringsgrundlag.

En anden tilgang til at få tidlig indsigt i klimapåvirkningen er at undersøge væsentlige forskelle i varianter for projektet, som er vanskelige at ændre senere i projektet. Det kan være fundering, terrænregulering, bygningsgeometri, konstruktionsprincip, byplanmæssige forhold osv.

Hvis udgangspunktet er et eksisterende byggeri, kan der udføres en LCA, som sammenligner renoveringsscenarier med scenarier for tilbygning eller nedrivning og nybyggeri for at vurdere klimafordelen ved at renovere fremfor at bygge nyt.

//
Det giver god mening at udføre LCA allerede i starten af projektet. Det er nemlig her, hvor de største potentialer ligger for at optimere bygningers klimamæssige ydeevne.



Figur 4. Det største potentiale for at reducere klimapåvirkningen ligger i de tidlige projektfaser. Forbedringspotentialet falder med projektforløbet, hvorimod omfanget af allerede fastlagte design- og materialevalg vokser med projektforløbet

Projektforslag

Et godt tidspunkt til at udføre en LCA er, når der foreligger et konkret designforslag. Omfanget af bygningsdele og mængder estimeres så godt som muligt og kan baseres på standardkonstruktioner. Ved manglende data kan der anvendes erfaringstal og standardkonstruktioner fx fra LCAbyg. Som udgangspunkt anvendes generiske miljødata.

For de bygningsdele, der bidrager mest til projektets klimapåvirkning, kan der udføres variantstudier, som gerne må koordineres med energikonceptet (dvs. opvarmingsform, isoleringsniveau, kølebehov mv.) Variantstudier kan indebære at opstille forskellige varianter for både den overordnede designløsning, opbygningen af bygningsdele og valg af specifikke byggevarer og -materialer – og herved afdække forskellene i forhold til klimapåvirkning.

Myndighedsprojekt

Ved ansøgning om byggetilladelse er mange parametre fastlagt for byggeriet. LCA-beregningen bør være opdateret for at have sikkerhed for, at byggeriet kan overholde bygningsreglementets klimakrav og evt. skærpede klimamålsætninger fra bygherren.

Udbudsprojekt

Ved tidspunktet for udbudsprojektet vil de fleste detaljer være fastlagt, og LCA-beregningen bør være opdateret. Eventuelle krav til entreprenører om mængdeopgørelser og produktdata skal indarbejdes i udbudsmaterialet. Hvis beregningsresultatet afhænger af specifikke produktvalg, skal funktionskrav til byggevarernes klimabelastning også være indarbejdet i entrepriseudbuddet.

Det er vigtigt at sikre et vist spillerum for valg af de faktiske byggevarer og konstruktioner, og det er centralt, at eventuelle ændringer i processen, som kan påvirke klimapåvirkningen, vil kunne håndteres.

Udførelse

Under opførelse af byggeriet skal der føres kontrol med indkøb af varer med hensyn til at sikre den aftalte klimapåvirkning. Dette gælder også for underleverandører. LCA-beregningen bør opdateres ved projektændringer.

Ibrugtagning

Efter byggeprocessens afslutning kan det endelige LCA-resultat beregnes, og bygningssejeren kan se og dokumentere, om de aftalte målsætninger for projektet er indfriet. Den endelige dokumentation for overholdelse af klimakravene indsendes sammen med færdigmelding af byggeriet til kommunen. For bygninger over 1.000 m² skal grænseværdien på max 12,0 kg CO₂-ækv. pr. m² pr. år overholdes. For bygninger under 1.000 m² er der ikke nogen grænseværdi, men LCA-beregningen skal stadig laves og indsendes som dokumentation.

Driftsfasen

Drifts- og vedligeholdelsesplanen kan være med til at sikre lave emissioner i løbet af bygningens levetid fx med LCA-baserede retningslinjer for indkøb og løbende optimering af bygningsdriften.

Figur 5

Oversigt over, hvordan LCA med fordel kan indgå i projektforsøbet, og hvilke muligheder der er for at påvirke klimapåvirkningen i de forskellige projektfaser. (Bemærk, at ifølge klimakravene er der alene krav om den endelige LCA.)

	LCA i designfasen		Indledende LCA
	Idéoplæg og byggeprogram	Dispositions- og projektforslag	Myndighedsprojekt
LCA-aktiviteter	<p>LCA-screening på basis af lignende eksisterende byggesager.</p> <p>Sammenligning af varianter af bygningsdele, som typisk har stor påvirkning.</p>	<p>Estimer af mængder.</p> <p>Standard bygningskonstruktioner.</p> <p>Bygningsdele vurderes med generiske miljødata.</p>	<p>LCA'en er baseret på bygningsmodellen i BR18 bilag 2, tabel 6. Energi til bygningsdrift (B6) er baseret på energirammeberegningen.</p> <p>Bygningsdele vurderes med generiske miljødata.</p>
Mulighed for påvirkning	<p>Typologi og byggemetode har stor indflydelse på klimapåvirkningen og kan være rammesat inden en egentlig designfase.</p> <p>Hertil hører parametre som valg af byggegrund, byplanmæssige forhold, adgang og parkering, fundering, dagslys og energiforsyning.</p> <p>Nybyggerier kan have meget forskellige miljøprofiler i den konkrete sag.</p>	<p>Udvikling af projektet understøttes med regelmæssige screeninger.</p> <p>Det er relevant at udføre variantstudier ved større ændringer.</p> <p>Størst opmærksomhed bør være på hot-spots.</p>	<p>Ansøgningen om byggetilladelse er et godt tidspunkt til at sætte bindende målsætninger for projektet, herunder for klima- og miljømæssig ydeevne, eventuelt ved at aftale skærpede klimakrav såsom efterlevelse af lavemissionsklassen i bygningsreglementet.</p>

Endelig LCA

Udbud	Udførelse	Færdigmelding af bygningen	Drift
<p>Tilbudsgivere for byggeprojektet skal inddrage målsætninger for maksimal klimapåvirkning af bygningsdele eller byggeriet som helhed i deres kalkulationer.</p> <p>Der bør regnes med en sikkerhedsmargen til at håndtere uforudsete risici som fx ændringer af leverandør, produkt eller byggeproces.</p> <p>Bygningsejeren kan fastsætte tildelingskriterier, så klimapåvirkningen af den indledende LCA også overholdes i det færdige byggeri.</p>	<p>Entreprenøren kan registrere leverancer til byggepladsen og indsamle dokumentation i form af følgesedler, fakturaer, måleraflysninger og lignende til brug for senere beregning af påvirkninger fra materialer.</p> <p>Ønsker man at inkludere byggeprocessen (A4-A5) i sin LCA – hvilket ikke er et krav ifølge bygningsreglementet – skal man også registrere transport af materialer til byggepladsen, energiforbrug og transport på og fra byggepladsen samt materialespild.</p>	<p>Ved at dokumentere de forskellige faser beregnes projektets samlede klimapåvirkning. Det er muligt at trække mængdedata fra BIM eller opgøre dem ud fra tegningsmateriale. Alternativt bruges de faktiske materialeforbrug.</p> <p>Dokumentationen for den endelige LCA indsendes til kommunen sammen med færdigmeldingen af byggeriet.</p> <p>Ved en LCA, der går ud over klimakravene og inkluderer byggepladsen, skal man også dokumentere leverancer, materialespild og energiforbrug under byggeprocessen.</p>	
<p>Derudover er det relevant at stille krav om registrering af materialeforbrug for at efterleve klimakravene. Der kan også stilles krav om dokumentation af spild, energi og transport under byggeprocessen, hvis bygningsejeren ønsker en mere omfattende LCA, end bygningsreglementet foreskriver.</p> <p>Udbuddet bør indeholde regler for at håndtere ændringer i byggeprocessen, som påvirker den endelige LCA.</p>	<p>Entreprenøren påvirker LCA'en ved sine indkøb af byggevarer. De bør understøtte de aftalte grænser for klimapåvirkningen.</p> <p>Registrering af dokumentation skal planlægges fra start og kontrolleres regelmæssigt. Dette gælder også for aftaler med underleverandører.</p> <p>Gennemfører man en LCA, som også omfatter byggepladsen, kan entreprenøren aktivt bidrage til lavere klimapåvirkning ved at reducere spild, energiforbrug og transport på byggepladsen.</p>	<p>Drifts- og vedligeholdelsesplanen kan være grundlag for fortsat at sikre lave emissioner i løbet af bygningens levetid.</p> <p>Det kan fx ske med LCA-baserede retningslinjer om indkøb og løbende optimering af bygningsdriften.</p> <p>De anvendte scenarier om bygningens drift bør holdes op imod den faktiske drift i løbet af bygningens levetid for at høste erfaringer til kommende projekter.</p>	<p>Drifts- og vedligeholdelsesplanen kan være grundlag for fortsat at sikre lave emissioner i løbet af bygningens levetid. Det kan ske med LCA-baserede retningslinjer for indkøb og løbende optimering af bygningsdriften.</p> <p>De anvendte scenarier om bygningens drift bør holdes op imod den faktiske drift i løbet af bygningens levetid for at høste erfaringer til eventuelle kommende projekter.</p>

Informationsbehov til LCA'en

En række informationer er nødvendige for at kunne vurdere klimapåvirkninger fra materialer og energiforbrug. Figur 6 viser de væsentlige behov for information, delt op i den ikke-obligatoriske LCA i designfasen og den obligatoriske endelige LCA.

Bygningsdele (A1-A3, B4, C3-C4, D)

Valget og mængden af materialer har direkte indflydelse på LCA-resultatet, især for byggevarer med et forholdsvis stort bidrag til resultatet fx beton til fundamentet. Derfor er kendskab til typer og mængder af materialer vigtigt for at beregne bygningens klimapåvirkning.

I BR18 bilag 2, tabel 6, er der en liste over, hvilke bygningsdele der skal indgå i den obligatoriske LCA-beregning, og hvilke forenklinger der er tilladt.

BR18 bilag 2, tabel 7, kan benyttes til beregningen. Desuden kan der benyttes miljødata for byggevarer fra miljøvaredeklarationer (EPD'er), som leveres af producenter og brancheorganisationer (se side 22-23).

I designfasen og i den indledende LCA kan der anvendes generiske miljødata og overslag på bygnings-specifikke data, da mange valg og beslutninger om byggeriet stadig står åbne.

Her kan LCA-beregningen bruges som et aktivt værktøj, der understøtter beslutninger om fx designløsninger og materialevalg. Mængdedata kan trækkes fra BIM eller opgøres fra tegningsmaterialet. Der begynder også at være muligheder for direkte koblinger mellem BIM og LCA-værktøjer, så man i designfasen hurtigt kan se, hvilken indflydelse de forskellige beslutninger i forhold til design- og materialevalg har på byggeriets klimaafttryk.

I den endelige obligatoriske LCA skal man sikre, at de data, man anvender, repræsenterer byggeriet, som det er blevet opført ("as built").

Da mængdeberegning kan være tidskrævende, kan der med fordel arbejdes på en smidig kobling af mængder mellem en eventuel LCA i designfasen og den endelige LCA. Ofte kan der være synergi i at koordinere flere typer analyser som økonomi og energi, hvor der med fordel kan benyttes en fælles model for estimater og løbende præciseringer i projektets forløb.

Se figur 6 for et overblik over informationsbehovet.

Afsnittet 'Tips til mængdeopgørelsen' (side 20-21) uddyber muligheden for forenklinger af mængdeberegningen for LCA allerede i designfasen.

Levetider

I LCA'en indgår byggevarers levetid for at beregne det forventede antal af udskiftninger. Levetiderne, som er standardiserede i BUILD rapport 2021:32, skal angives for hver byggevarer. De standardiserede levetider er også tilgængelige i LCAByg. Det er muligt at anvende andre levetider end de standardiserede, forudsat man kan dokumentere en længere levetid for den pågældende byggevarer, jf. BUILD-rapport 2021:32.

Energi til bygningsdrift (B6)

Information om energi til bygningsdrift hentes fra den obligatoriske energirammeberegning.

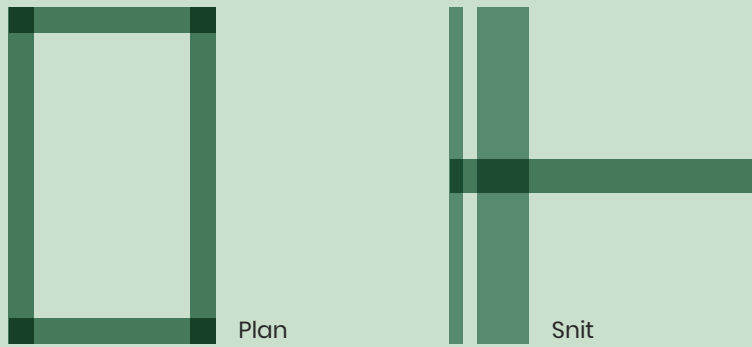
Det gælder både for en evt. foreløbig beregning for LCA i designfasen og for den endelige obligatoriske LCA, som skal indsendes sammen med færdigmeldingen af byggeriet.

Figur 6

Informationsbehov i LCA i forhold til klimakravene i bygningsreglementet. Som en hjælp er angivet informationsbehovet for LCA i designfasen, men det er kun den endelige LCA, der er obligatorisk

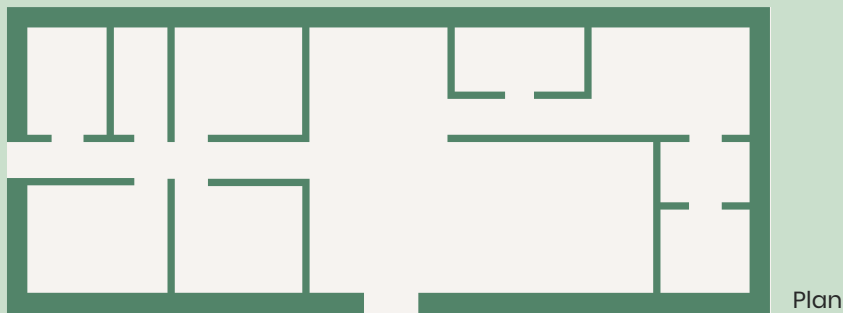
		LCA i designfasen (ikke obligatorisk)	Endelig LCA (obligatorisk)
Bygningsdele: A1-A3, B4, C3-C4, D	Mængder	<p>Mængder beregnes ved overslag.</p> <p>Antagelser kan være konservative for at undgå for optimistiske resultater.</p> <p>Ukendt materialevalg kan defineres ud fra erfaringsværdier eller typiske løsninger fx i LCAbyg.</p>	<p>Mængder og materialer opgøres på baggrund af færdigt byggeri.</p> <p>Udtræk af mængder fra bygningsmodeller /tegninger.</p> <p>Mængder af fabriksbeton og lignende kan baseres på følgesedler.</p>
	Miljødata (CO ₂ -data)	<p>Enten bruger man de generiske værdier i bygningsreglementet eller data fra EPD'er.</p>	<p>Enten bruger man de generiske værdier i bygningsreglementet eller data fra EPD'er.</p>
	Levetid for materialer	<p>Standardlevetider i henhold til BUILD-rapport 2021:32.</p> <p>Levetider findes også i LCAbyg og de integrerede eksempelkonstruktioner.</p>	<p>Standardlevetider i henhold til BUILD-rapport 2021:32.</p> <p>Levetider findes også i LCAbyg og de integrerede eksempelkonstruktioner.</p>
Drift: Energi til bygningsdrift B6	Beregnet energibehov	<p>Be18 energirammeberegning eller estimat fra lignende byggesag.</p>	<p>Endelig Be18 energirammeberegning, som ligger til grund for energimærkningen.</p>

Figur 7



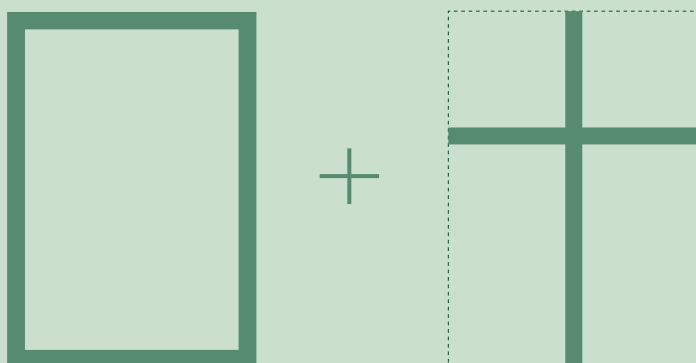
A

Mængdeopgørelse med overlap ved tilstødende bygningsdele kan accepteres i designfasen.



B

Arealer af gulv og loft kan estimeres uden at fratække arealet af vægge.



C

Vinduer, døre, glasfacader bør medtage materialevalg og mængde af profiler.

Tips til mængdeopgørelsen

Materiale-mængder er grundlaget for LCA af de indlejrede klimapåvirkninger og skal bruges til faserne A1-A3, C3-C4, B4 og D.

Mængder og typer af byggematerialer er fundamentet

Mængden af de forskellige materialer og byggevarer, der indgår i et byggeri, er fundamentet for beregning af materialers klimapåvirkning i en LCA for faserne A1-A3, C3-C4, B4 og D. Det er derfor afgørende, at alle materialer medtages i regnskabet i henhold til bygningsreglementets afgrænsning af bygningsmodellen i BR18 bilag 2, tabel 6, til klimakravene. Mængder for den færdige bygning kan fastsættes ud fra en teoretisk beregning af mængder fra projekteringen, som man kvalitetssikrer ved at dokumentere de faktiske entrepriser.

LCA i designfasen

Laver man en fuldstændig bygningsmodel i designfasen kan man sikre, at en LCA udført i designfasen giver et retvisende estimat over bygningens klimapåvirkning, når byggeriet er færdigbygget. Dermed kan man også bedre sikre, at byggeriet overholder grænseværdien for byggeri over 1.000 m² på 12,0 kg CO₂ pr. m² pr. år.

Samtidig skal mængdeopgørelsen være nem og hurtig for at kunne håndtere ændringer og varianter i designprocessen. Det er derfor oplagt til en vis grad at forenkle mængdeberegningen i designfasen, hvis der er ufuldstændige oplysninger i projektet.

Brug konservative estimater

Ved at anvende konservative estimater undgår man at ende med forudsætninger, der er for optimistiske, og der kan give udfordringer senere i projektet i forhold til at overholde grænseværdien.

Så snart projektet kan levere mere akkurate antagelser om mængder og materialevalg, anbefales det at opdatere bygningsmodellen, så den gradvist forfines i projektforløbet.

Konkret kan forenklingen bestå i at

- Estimere mængder af bygningsdele ved at medregne overlap og hjørner (figur 7A).
- Opgøre de forskellige lag i en konstruktion på basis af arealet beregnet fra de ydre dimensioner.
- Beregne gulvarealet uden at fratække afbrydelser i form af vægge (figur 7B).

Alle disse greb forøger materiale-mængden og dermed klimapåvirkningen. Denne sum kan dog bruges som buffer for ændringer i det videre projektforløb.

Vinduer kan enten opgøres på basis af arealet eller de konkrete vinduer (figur 7C). Den arealbaserede tilgang kan bruges til overslag, eller hvis der er mange ens vinduer. I begge tilfælde bør mængden af alle profiler modelleres, enten baseret på vinduets design eller på basis af en sandsynlig udformning, selv hvis vinduernes glasandel endnu ikke er fastlagt.

Især ved aluminiumsvinduer overstiger ramme, karm og sprosser rudens klimapåvirkning. Derudover er der markant forskel på klimapåvirkningen mellem 2 og 3-lags ruder. Derfor anbefales det især i sådanne situationer at bruge konservative estimater.

Generiske miljødata og EPD'er

Begrebet miljødata dækker over informationskilder for miljøpåvirkning af byggevarer og processer i LCA. Dataene udvikles af LCA-eksperter og kan anvendes i LCA af bygninger. Der kan anvendes generiske data såvel som specifikke EPD'er.

Byggevarer

Miljødata for materialernes produktion (A1-A3) og affaldsbehandling (C3-C4) ligger som udgangspunkt i de generiske data i bilag 2, tabel 7, til bygningsreglementets klimakrav. Der må ikke anvendes andre generiske data end dem i bilag 2, tabel 7, til bygningsreglementet. Disse generiske data indgår også i LCAbyg23.

Man kan også benytte miljøvaredeklARATIONER (Environmental Product Declarations, EPD). Ved at benytte EPD'er kan man sikre, at LCA-beregningen bliver så præcis som mulig. Anvendelse af EPD'er er dog ikke et lovkrav.

EPD'er kan være projektspecifikke, produktspecifikke eller repræsentere et gennemsnit for en bestemt produkttype (en branche-EPD). En projektspecifikt eller produktspecifikt EPD er relateret til ét produkt, et produktsortiment fra en bestemt producent eller et specifikt projekt.



I den obligatoriske LCA kan man bruge generiske miljødata – eller EPD'er for at opnå en mere præcis klimaberegning.

Vælg de mest præcise data for at sikre overholdelse af grænseværdien

I den obligatoriske LCA er det relevant at vælge miljødata for byggevarer, som repræsenterer byggevarerne bedst muligt. Det betyder, at passende projektspecifikke eller produktspecifikke EPD'er kan være det første valg, særligt for byggerier over 1.000 m², som skal overholde grænseværdien på 12,0 kg CO₂-ækvivalenter pr. m² pr. år.

Hvis der ikke findes en projektspecifikt eller produktspecifikt EPD, kan man bruge branche-EPD'er i stedet.

Kilder til generiske miljødata og EPD'er

Generiske miljødata, som anvendes i Danmark

BR18 bilag 2, tabel 7, til klimakravene

EPD Danmark
epddanmark.dk

Institut Bauen und Umwelt, Tyskland
ibu-epd.com

The International EPD® System
environdec.com

EPD-Norge
epd-norge.no

Div. producenter og forhandlere

Som nævnt kan man også vælge blot at benytte de generiske data i bilag 2, tabel 7.

EPD'er kan enten rekvireres hos programoperatørerne, producenterne eller brancheorganisationerne. Leverandører eller producenter af byggevarer kan hjælpe med at finde den rette EPD, hvis man er i tvivl.

EPD'er, som anvendes i LCA i henhold til klimakravene, skal overholde en række kvalitetskrav (få overblik over de vigtigste krav i tabel 1).

En EPD skal være udviklet i henhold til standarden DS/EN 15804 (CEN, 2012b, og CEN, 2019) og være verificeret af uvildig tredjepart. EPD'er er typisk gyldige for en periode på 5 år og skal i henhold til klimakravene være gyldige på det tidspunkt, hvor byggevarerne blev anvendt i byggeriet og/eller på tidspunktet for færdigmelding af byggeriet.

EPD'er findes langt fra for alle byggevarer, som anvendes i Danmark. I disse tilfælde er det nødvendigt at bruge de generiske data.

Derudover skal EPD'en repræsentere det produkt, som anvendes i byggeriet. Det vil sige, at det deklarede produkt i EPD'en skal repræsentere det konkrete produkt, der anvendes i byggeriet.

Væsentlige parametre at være opmærksom på er desuden funktionelle egenskaber som fx tryk- og trækstyrke, isoleringsevne, brandegenskaber, levetider og akustiske egenskaber.

Tabel 1

Kvalitetskrav for miljøvaredeklarationer (EPD)

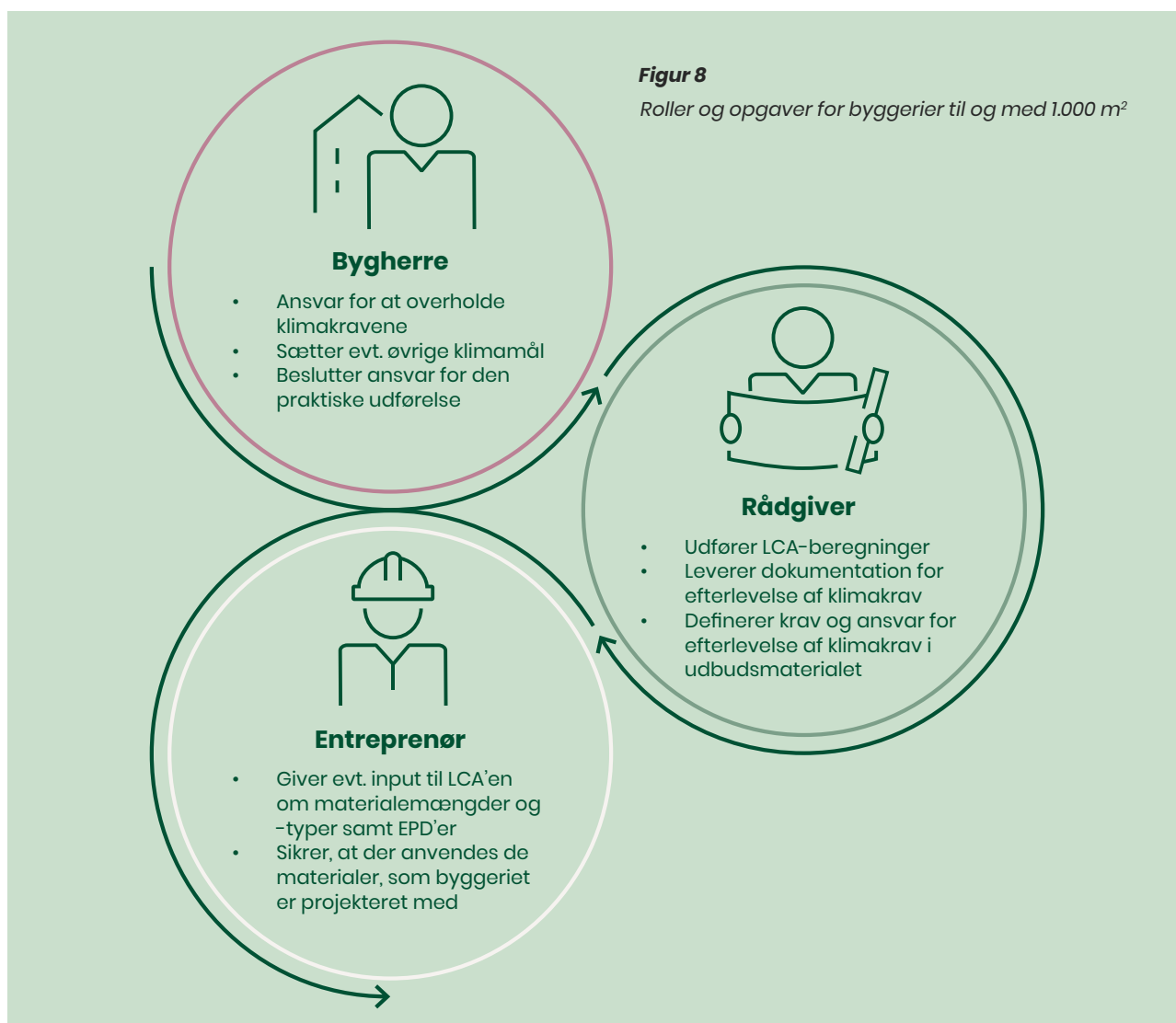
Gyldighed	EPD'er udløber efter 5 år. Sørg for, at de anvendte EPD'er er gældende, især ved længerevarende forløb i større projekter.
Datakvalitet	EPD'er skal overholde DS/EN 15804 og være tredjepartsverificeret.
Omfang	EPD'er medtager som minimum fasen Produkt (A1-3). Faserne C og D fra en EPD kan medtages under forudsætning af, at de repræsenterer danske affaldsscenerier.
Produktionssted	Produktionsstedet kan have stor indflydelse på resultaterne, herunder med hensyn til energiforsyning.
Anvendelse	Beskriver, hvilken anvendelse EPD'en gælder for. Det vurderes, om der findes EPD'er, som er mere repræsentative end generiske data og, i givet fald, hvilken EPD der er mest repræsentativ.
Funktionel enhed	Angiver den enhed resultaterne er beregnet i, typisk kvadratmeter, kilo eller kubikmeter. Vær opmærksom på, at omregning af enheder er en typisk fejlkilde i LCA. Dobbeltjek gerne med lignende datasæt i LCAByg.

Roller og opgaver for byggeriets parter

De nye klimakrav indebærer en række nye roller og opgaver for de parter, der er involveret i et byggeri.

For de forskellige parter involveret i et nybyggeri resulterer klimakravene i nye opgaver og roller. Bygningsejer (bygherre), rådgiver og entreprenør er velkendte aktører i nybyggeri.

Men rollerne som bæredygtighedsleder og bæredygtighedsrådgiver er nye roller og medfører nye ansvarsområder, der kan være hensigtsmæssige at introducere – særligt for nybyggeri større end 1000 m².



Mindre byggerier til og med 1.000 m²

Bygningsejer/bygherre

Bygningsejeren – dvs. som regel byggherren i et byggeprojekt – har det overordnede ansvar for, at klimakravene overholdes. Det betyder, at der ved færdigmelding af et byggeri skal foreligge en LCA, der dokumenterer byggeriets klimapåvirkninger. Bygningsejeren skal sikre, at den påkrævede dokumentation sendes til kommunen i forbindelse med færdigmelding af byggeriet.



Byggherren bør sørge for, at der er indgået aftale om, hvem der har ansvar for at udføre LCA-beregningen, og hvem der eventuelt skal levere data til LCA-beregningen.

For mindre byggerier på 1.000 m² og under er der ikke krav i bygningsreglementet til resultatet af LCA'en.

Det er dog stadig vigtigt, at udbudsmaterialet entydigt definerer ansvar for opgørelse af mængder og miljødata for byggevarer og materialer til LCA'en.

Mindre byggerier på 1.000 m² og under kan være meget forskellige i forhold til økonomi og kompleksitet og variere fra fx et mindre stuehus til en børnehave eller en mellemstor kontorbygning.

Bæredygtighedsambitionerne kan derfor være meget forskellige. Det er derfor en god ide, at byggherren tager stilling til, om der er en målsætning for maksimal klimapåvirkning. Det kunne fx være, at byggherren ønsker at opfylde den frivillige lavemissionsklasse i bygningsreglementet eller at følge den grænseværdi, der gælder for byggeri over 1.000 m².

Hvis byggherren har en målsætning ud over bygningsreglementets minimumskrav, kan byggherren med fordel følge den rolle- og opgavefordeling som beskrevet på næste side for byggeri over 1000 m².

Rådgiver

Rådgiveren er typisk den aktør, der får ansvar af bygningsejeren for at udarbejde LCA-beregningen og dokumentere byggeriets klimapåvirkninger ved færdigmelding. Som regel vil rådgiver være arkitekt eller ingeniør på projektet.



Det kan endvidere være rådgiverens ansvar at sikre, at der bliver indarbejdet relevante produkt- eller materialekrav i udbudsmaterialet, og at udbudsmaterialet definerer ansvar for input til LCA'en blandt projektets parter.

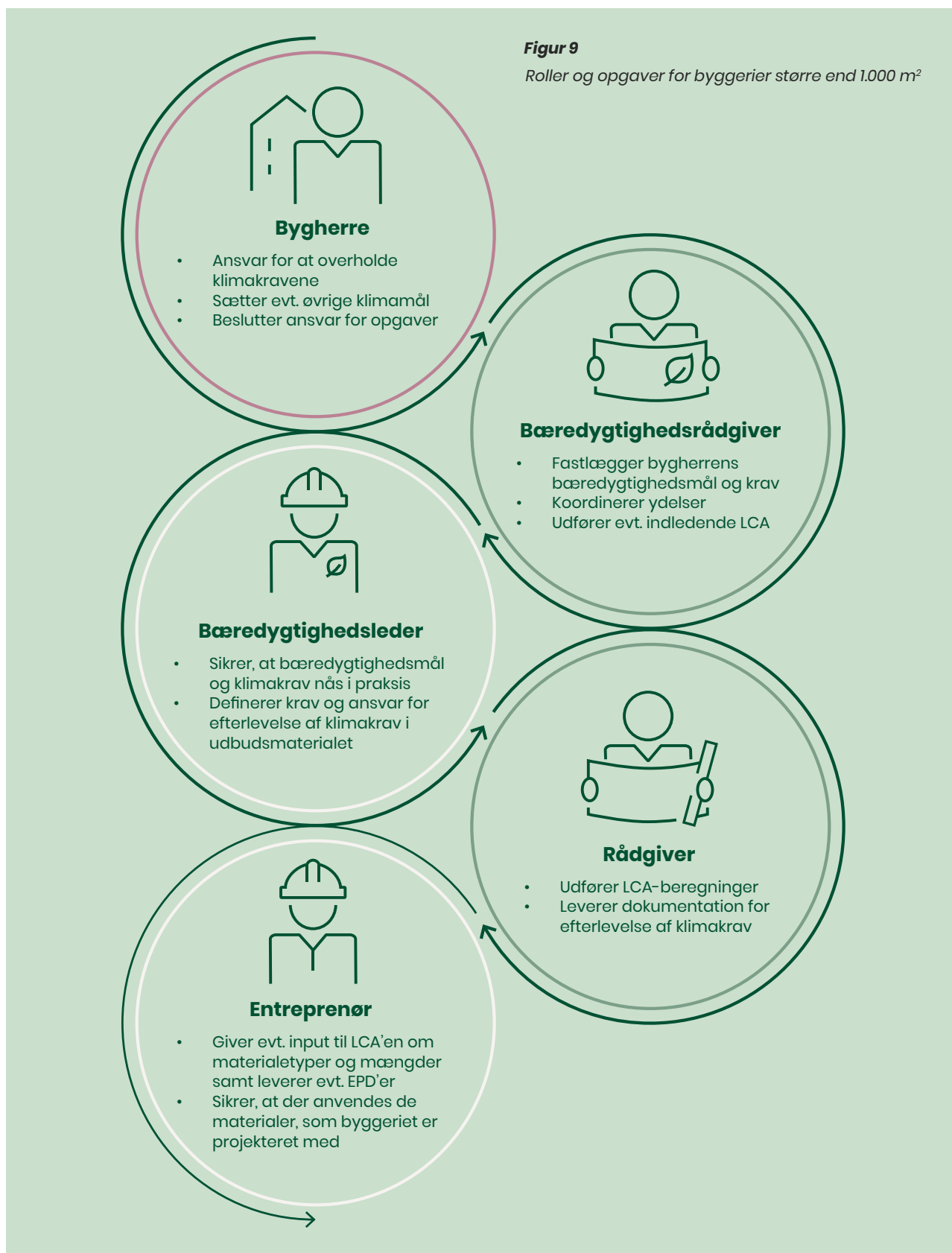
Entreprenør

Entreprenøren er den part, byggherren har indgået aftale med om levering og udførelse af hele eller dele af byggeriet. Entreprenøren koordinerer projektets udførelse med sine eventuelle underleverandører og underentreprenører.



Entreprenøren skal sikre, at der anvendes de materialer, som byggeriet er projekteret med, eller – ved behov for ændringer – at der bruges materialer med en klimapåvirkning svarende til eller mindre end de oprindelige materialers klimapåvirkning.

Entreprenøren kan også have en rolle i forhold til at levere inputs til LCA'en i form af oplysninger om materialetyper og mængder anvendt i byggeriet, herunder evt. oplysninger om materialernes CO₂-aftryk i form af EPD'er.



Byggerier større end 1.000 m²

Bygningsejer/bygherre

Bygningsejeren – dvs. som regel den samme som bygherren i et byggeprojekt – har det overordnede ansvar for, at klimakravene overholdes.



Det betyder, at der ved færdigmelding af et byggeri skal foreligge en LCA, der dokumenterer byggeriets klimapåvirkninger, og at byggeriets klimapåvirkninger ikke overskrider 12,0 kg CO₂-ækv./m²/år. Bygningsejeren skal sikre, at den påkrævede dokumentation sendes til kommunen i forbindelse med færdigmelding af byggeriet.

For at sikre, at det opførte byggeri ikke overskrider grænseværdien for CO₂, er det altid en god idé, at der regnes på byggeriets klimapåvirkninger allerede tidligt i processen og løbende igennem projektet.

Det anbefales, at bygherren får udarbejdet og godkender en plan for LCA-beregninger. Bygherren bør også godkende løbende afrapporteringer fra LCA-beregningerne.

Resultaterne fra disse beregninger udgør for bygherren og resten af projektteamet et væsentligt grundlag for relevante beslutninger vedrørende materialevalg og designløsninger mv.

Til sidst er det også bygherren, som godkender den endelige obligatoriske LCA, inden den indsendes til kommunen i forbindelse med færdigmelding.

Bæredygtighedsrådgiver

Hvis byggeriet har en bæredygtighedsrådgiver, vil vedkommende typisk enten referere til bygherrerådgiveren eller være en del af bygherrerådgiverens team.



Bæredygtighedsrådgiveren har ofte som opgave at fastlægge bygherrens vision og mål for bæredygtighed i projektet.

Bæredygtighedsrådgiveren får typisk opgaven med at koordinere bæredygtighedsydelse og klimakravene med hinanden og med de øvrige ydelser i projektet i forbindelse med programmeringsfasen.

Det kan også være bæredygtighedsrådgiverens opgave at gennemføre en evt. første indledende LCA i idéfasen baseret på projektmaterialet for at sikre, at klimakravenes grænseværdi kan overholdes.

Tillæg om bæredygtighedsydelser

Ansvarsområderne bæredygtighedsrådgiver og bæredygtighedsleder beskrives i 'Tillæg om bæredygtighedsydelser 2022' udgivet af Danske Arkitektvirksomheder og Foreningen af Rådgivende Ingeniører. Dette tillæg supplerer de to organisationers Ydelsesbeskrivelse for Byggeri og Landskab 2018 (YBL 18) og Ydelsesbeskrivelse for Bygherrerådgivning 2019 (YBB 19).

Formålet med tillægget om bæredygtighedsydelser er at styrke aftalegrundlaget for rådgivningsydelser om social, miljømæssig og økonomisk bæredygtighed i byggeriet.

Beskrivelsen af roller og opgaver på disse sider tager delvist afsæt i 'Tillæg om bæredygtighedsydelser 2022' og tillæggets bilag. Bilaget indeholder et paradigme for et ydelsesskema for LCA til at præcisere ydelsen til det konkrete projekt samt til at fordele ansvaret mellem involverede parter.

Man skal dog være opmærksom på, at beskrivelsen af LCA-beregning som en særydelse i 'Tillæg om bæredygtighedsydelser 2022' ikke er opdateret i forhold til klimakravene og ikke forholder sig til, at det for opvarmet nybyggeri pr. 1. januar 2023 er obligatorisk at udføre en LCA.



Bæredygtighedsleder

Hvis byggeriet har en bæredygtighedsledelse, kan opgaven være placeret under projekteringslederen eller byggelederen – eller hos en dedikeret bæredygtighedsleder.



Især på større eller særligt ambitiøse projekter er der ofte en selvstændig bæredygtighedsleder, som refererer til projekterings- eller byggeleder.

Bæredygtighedslederen vil typisk have til opgave at sikre, at bygherrens mål og krav om bæredygtighed, der er stillet for projektet, bliver nået, herunder også at klimakravene efterleves.

Dette gøres gennem planlægning, koordinering, styring og opfølgning i byggeriets faser frem til og med aflevering på en måde, som understøtter de projekterende og udførende i at nå de stillede mål om bæredygtighed.

I forhold til klimakravet kan det være bæredygtighedslederens opgave igennem hele projektet – startende fra udarbejdelse af dispositionsforslaget, over myndighedsprojekt og udbudsprojekt til udførelse og aflevering – at understøtte den koordinering og opfølgning, som sikrer, at byggerier over 1.000 m² ikke overskrider grænseværdien på 12,0 kg CO₂-ækv./m²/år.

Det vil endvidere typisk være bæredygtighedslederens opgave at sikre, at der i udbudsbetingelser og udbudsmaterialet bliver indarbejdet eventuelle produkt- og materialekrav, som er vigtige for LCA'ens udfaldskrav.

Bæredygtighedslederen kan også have opgaven med at sikre, at udbudsmaterialet entydigt definerer ansvar for input til LCA'en blandt projektets parter.

Rådgiver

Rådgiveren er her den aktør, der af bygherren typisk får opgaven med at udarbejde LCA-beregningen og dokumentere byggeriets klimapåvirkninger ved færdigmelding. Det vil ofte være en ingeniør- eller arkitektvirksomhed.



For byggerier over 1.000 m² anbefales det at udarbejde flere LCA-beregninger gennem projektet, og det vil i givet fald som regel være rådgiverens opgave at udføre disse beregninger. Der kan også være behov for variantanalyser og optimeringer igennem projektet.

Hvis der ikke er en dedikeret bæredygtighedsrådgiver og en dedikeret bæredygtighedsleder, vil disse opgaver ofte ligge hos rådgiveren – dog sådan at noget af bæredygtighedsledelsen vil ligge hos entreprenøren.

Entreprenør

Entreprenøren er den part, bygherren har indgået aftale med om levering og udførelse af hele eller dele af byggeriet. Entreprenøren koordinerer projektets udførelse med sine underleverandører og underentreprenører. Hvordan entreprenøren involveres i klimakravene, vil afhænge af projekttype, entreprisestørrelse og sammensætningen af den samlede projektgruppe.



For byggerier over 1.000 m² kan entreprenøren have en rolle i forhold til at levere input til LCA'en i form af oplysninger om materialetyper og mængder anvendt i byggeriet, herunder evt. oplysninger om materialernes CO₂-aftryk i form af EPD'er.

Entreprenøren skal sikre, at der anvendes de materialer, som byggeriet er projekteret med, eller – ved behov for ændringer – at der bruges materialer med en klimapåvirkning svarende til eller mindre end de oprindelige materials klimapåvirkning.



An aerial photograph of a rural landscape. The foreground is dominated by large, vibrant green fields, likely corn or soybeans, with visible tractor tracks. A dense line of tall, thin trees, possibly a windbreak or forest, runs horizontally across the middle ground. In the background, there are several buildings, including a large, modern-looking house with a dark roof and a smaller, more traditional house with a gabled roof. The lighting suggests late afternoon or early morning, with long shadows and a warm, golden glow.

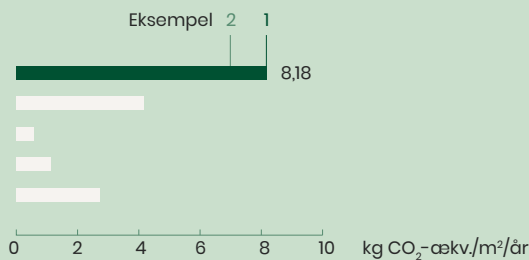
Eksempel

Anden del af publikationen tager afsæt i et enfamiliehus som praktisk eksempel på, hvordan man kan bruge LCA til at reducere en bygnings klimapåvirkning gennem analyser og materialevalg.



Samlet projekt

AI-3
B4
B6
C3-4

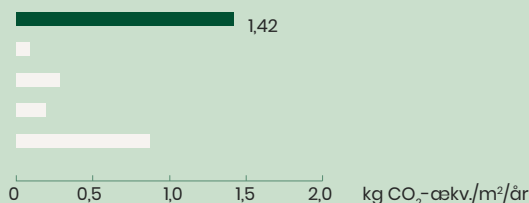


Ydervægge



Samlet

Spartling, plastmaling
100 mm porebeton
300 mm glasuldsisolering
Teglsten, skalmur

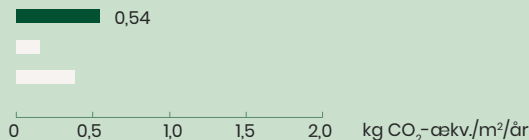


Indervægge



Samlet

Begge sider: Spartling, plastmaling
100 mm porebeton

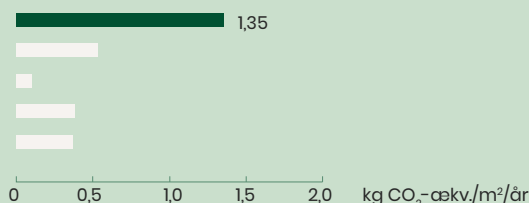


Tag og loft



Samlet

Tegltag
Gitterspær, 25 gr. hældning
300 + 70 mm stenuldsisolering
2 x gipsplader, spartling, plastmaling

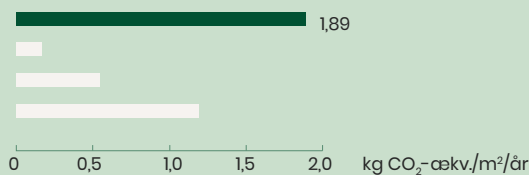


Terrændæk



Samlet

Bræddegulv (keramiske fliser i bad)
120 mm betondæk (uden varmeslanger)
350 mm EPS-isolering, grus

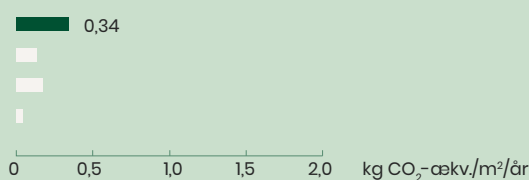


Vinduer og døre



Samlet

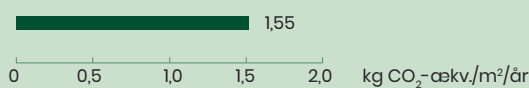
Træ-/aluprofiler til vinduer og yderdøre
2-lags termoruder
9 indiv. døre (formpressede), 1 glasdør



Resterende bygningsdele

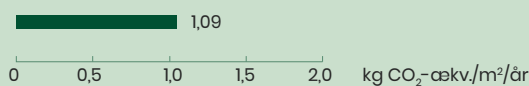
(fundament og tekniske installationer)

Samlet



Energiforbrug til drift (B6)

Samlet



Materialevalg 1: Klassisk

Her og på de næste sider illustreres forskelle i klimapåvirkningen ved to forskellige materialevalg. Materialevalg 1 viser klimapåvirkningen ved et klassisk materialevalg, mens Materialevalg 2 viser klimapåvirkningen ved et mere klimaoptimeret materialevalg.

Formål

Eksemplet her og på de næste sider viser to forskellige materialevalg for den samme bygning. Formålet er at give et indtryk af LCA-processen, og hvordan resultater for klimapåvirkningen konkret kan reduceres ved at ændre materialevalg og konstruktioner.

Der er valgt et simpelt eksempel i form af et en-familiehus, men det kan også inspirere ved større byggerier, da det er principperne for betydningen af materialevalg, som demonstreres.

Eksemplet fokuserer udelukkende på materialevalg for nogle af de væsentlige bygningsdele.

Andre optimeringstiltag såsom bygningsgeometri, antal etager eller plantypologi er ikke medtaget her.

Fakta om eksemplet

Eksemplet tager udgangspunkt i et tænkt enfamiliehus i ét plan. Det har et etageareal på 184 m² med køkkenalrum, fire værelser og to badeværelser. Matriklen ligger uden for fjernvarme- og naturgasområder.

Bygningen er projekteret efter BR18 og overholder de almindelige energikrav. Huset opvarmes med en varmepumpe i kombination med lokal jordvarme. Klimaresultaterne for energiforbrug til drift (B6) er fremskrevet på basis af et forventet scenario, hvor elproduktionen i stigende grad bliver baseret på vedvarende energikilder.

Det øverste bjælke-diagram viser klimapåvirkningen for det samlede projekt inkl. en opdeling på de enkelte livscyklusfaser.

Derefter er der bjælke-diagrammer, som viser resultaterne for fem bygningsdele, som bliver varieret i Materialevalg 2.

Det nederste bjælke-diagram viser klimapåvirkningen fra øvrige bygningsdele, der er ens i begge eksempler. Disse inkluderer fundament og installationer. Udearealer skal ikke inkluderes i en LCA for at leve op til klimakravene og er derfor heller ikke inkluderet her.

Om beregningen

LCA-metoden og beregningsforudsætningerne følger som udgangspunkt bygningsreglementet. Der er anvendt en betragtningsperiode på 50 år og beregningen omfatter A1-A3, B4, B6 og C3-C4. Der anvendes udelukkende generiske miljødata.

Eksemplet er baseret på et tænkt projekt. Resultaterne kan ikke overføres til konkrete projekter og er ikke nødvendigvis repræsentative. Energi til bygningsdrift er på BR18 niveau. Beregningerne er udført i LCAByg, men i en ældre version end LCAByg 23. Dermed er de generiske miljødata anvendt i beregningerne ikke nødvendigvis identiske med de generiske data, der anvendes i forhold til klimakravene, og som findes i BR18 bilag 2, tabel 7.

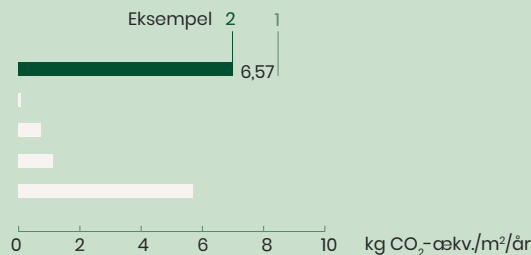
Projektets klimapåvirkning kan sammenholdes med andre bygninger for at udtrykke bygherrens målsætning. Der er efterhånden blevet udført LCA'er for en lang række bygninger i Danmark.

Bygningseksemplerne ligger i den lave ende af referenceværdier fra en undersøgelse af 60 bygninger, som BUILD gennemførte i 2020. Det skyldes især den lave klimapåvirkning til driften B6, da opvarmningsformen i eksemplet er baseret på jordvarme.



Samlet projekt

A1-3
B4
B6
C3-4

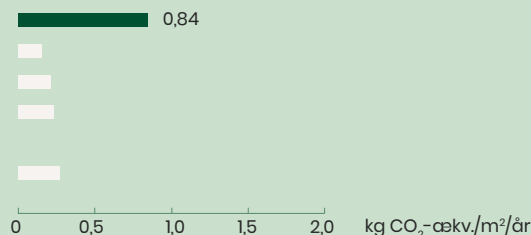


Ydervægge



127 m²

Samlet
Krydsfiner-/gipsplade, spartling, plastmaling
450 mm træskelet
450 mm papiruldsisolering
+ 70 mm glasuldsisolering
Skiferbeklædning

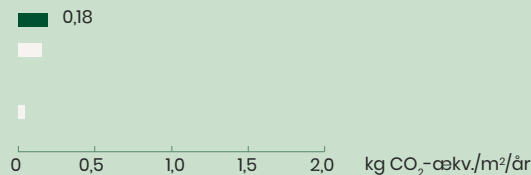


Indervægge



121 m²

Samlet
Begge sider: Krydsfiner, gipsplade,
spartling, silikatmaling
100 mm træskelet, 70 mm papiruldsisolering

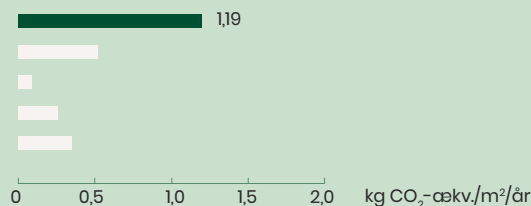


Tag og loft



251/184 m²

Samlet
Skiferbelægning
Gitterspær, 25 gr. hældning
350 mm papiruld, 70 mm stenuld
2 x gipsplader, spartling, silikatmaling

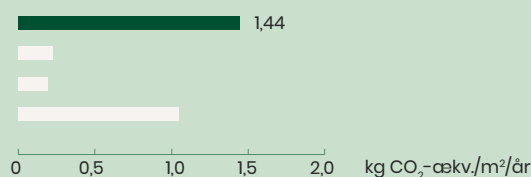


Terrændæk



184 m²

Samlet
Bræddegulv (naturstensfliser i bad)
Let terrændæk, 22 mm spånplade
300 mm grå EPS-isolering, grus

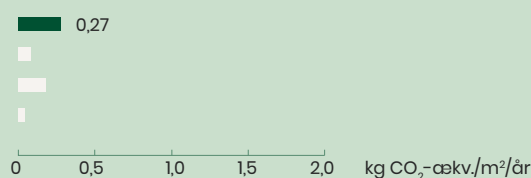


Vinduer og døre



20 m²

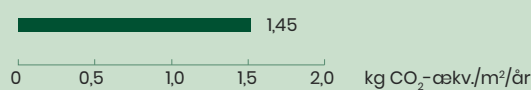
Samlet
Træprofiler til vinduer og ydørdøre
2-lags termoruder
9 indiv. fyldningsdøre, 1 glasdør



Resterende bygningsdele

(fundament og tekniske installationer)

Samlet



Energiforbrug til drift (B6)

Samlet



Materialevalg 2: Klimaforbedret

Materialevalg 2 har et træskelet i ydervæggene samt forbedret isolering og klimaskærm i forhold til klimapåvirkning.

Den største forskel på Materialevalg 2 i forhold til Materialevalg 1 er fraværet af beton i terrændækket. Ved at anvende et let, træbaseret dæk på isoleringen bortfalder klimapåvirkninger fra beton og armeringsstål. Da et let dæk og de lette vægge forringer bygningens varmeakkumulation, bliver det her nødvendigt at isolere bedre. Her anvendes der et kraftigt lag papiruldsisolering. Til facaden er valgt skiferbeklædning.

Bygningen har den samme tagkonstruktion med gitterspær som ved Materialevalg 1. Til forskel anvendes her papiruld til isolering og skifer som tagbelægning.

Til sidst er indervæggene optimeret i forhold til klimapåvirkningen. Isoleringen består af akustisk optimeret, tungere papiruld og overfladebehandlingen er afsluttet med silikat frem for plastmaling.

Alt i alt er klimapåvirkningen i dette eksempel reduceret med ca. 1,5 kg CO₂-ækv./m²/år i forhold til Materialevalg 1.

Resultatet kunne eventuelt forbedres yderligere med en træbaseret facadebeklædning eller i-profiler i væg- og tagkonstruktioner.

Derudover kan der også optimeres på de resterende bygningsdele, som ikke var medtaget i variationen af materialevalget her. Disse inkluderer fundamenter og tekniske installationer, som har samme klimapåvirkning som i Materialevalg 1.

Klimapåvirkningen fra energiforbruget til drift, B6, er også den samme som i Materialevalg 1.



Analyse af resultater

Data, som indgår i en LCA for en hel bygning, kan være uoverskuelige. Med de rette analyseredskaber kan resultaterne ses fra forskellige vinkler og hjælpe med at finde potentialet for forbedringer. Et eksempel er en hotspot-analyse .

Hot-spot analysen

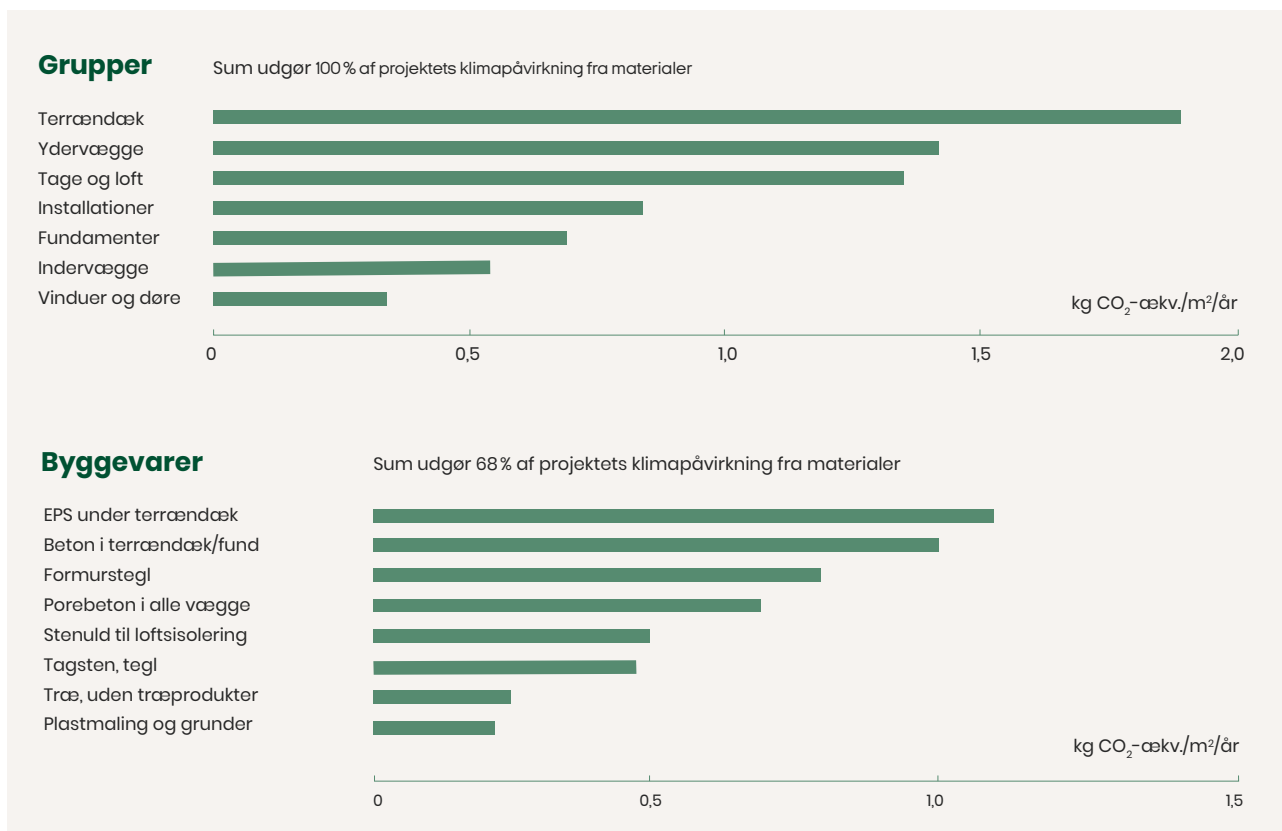
Hot-spot analyser viser resultater af en LCA sorteret efter størrelsen af klimapåvirkningen for de forskellige bygningsdele. På denne måde kan man hurtigt finde de elementer, som bidrager mest til projektets samlede klimapåvirkning og derfor bør få størst fokus i forhold til et mere klimavenligt materialevalg.

Listen kan fx i LCAByg vises for forskellige niveauer som grupper, konstruktionslag eller byggevarer.

Figur 10 viser grupper og byggevarer for eksemplets Materialevalg 1.

Figur 10

Ranglister, hvor resultater er sorteret efter de 10 emner med den højeste klimapåvirkning i projektet



Ordliste

Betragtningsperiode

Den periode, som indgår i beregninger af bygningens livscyklus. Ved endt betragtningsperiode beregnes også påvirkninger fra nedrivning af bygningen, selvom den kan foregå senere. Klimakravene i bygningsreglementet fastlægger perioden til 50 år.

Byggevarer

I LCA for bygninger betegner byggevarer den mindste enhed, som bygningen består af. Det handler typisk om produkter, som kan bestå af ét eller flere materialer, fx beton eller vinduesruder.

Bygningsmodel

Den samlede mængde af materialer i en bygning og evt. tilhørende udeareal. Udearealer indgår ikke i bygningsmodellen for klimakravene.

CO₂-ækv.

Kg CO₂-ækv. er enheden for klimapåvirkning og er en forkortelse for kg CO₂-ækvivalenter (equivalents). CO₂-ækvivalenter er en værdi for udledningen af en række drivhusgasser, hvis bidrag til den globale opvarmning bliver beregnet i relation til kuldioxid (CO₂). Andre drivhusgasser er for eksempel metan og lættermgas. Den engelske version af CO₂-ækv. er CO₂-eq eller CO₂-e. Begge dele ses også brugt i Danmark.

Endt levetid

Tidspunktet, hvor en byggevare regnes med at være udtjent, betegner C-fasen i en bygnings eller byggevarers livscyklus.

Environmental Product Declaration, EPD

Se Miljøvaredeklaration.

Genbrug og genanvendelse

Når materialer indgår i en ny livscyklus. Genbrug er direkte anvendelse af fx en eksisterende dør som dør i en ny væg. Genanvendelse er omdannelse til et nyt produkt.

Global Warming Potential, GWP

Se Klimapåvirkning.

Klimapåvirkning

Miljøpåvirkningsindikator for den potentielle globale opvarmning af jordens overfladetemperatur på baggrund af øget koncentration af drivhusgasser, som bidrager til drivhuseffekten. Indikator regnes i kuldioxid-ækvivalenter, hvor de forskellige drivhusgassers påvirkning bliver omregnet til kuldioxids effekt på den globale opvarmning i atmosfæren. Enhed: kg CO₂ ækv./m² pr. år. Klimapåvirkning kan også kaldes for CO₂-aftryk og carbon footprint.

Konstruktion

Betegner her en funktionel del af en bygningsdel, fx ydervæggens facadebeklædning eller etagedækkets gulv. Består af en eller flere byggevarer.

Levetid

Levetiderne af bygningsdele er tidsperioden fra indbygning til udskiftning. Der anvendes standardiserede værdier (standardlevetider) fra SBI-rapport 2021:32.

LCAbyg

Software, som understøtter udførelsen af LCA af bygninger og bygningsdele. Programmet kan bl.a. bruges til LCA i henhold til klimakravene i bygningsreglementet. Det kan hentes gratis på lcabyg.dk. Det er muligt at anvende andre levetider end de standardiserede, forudsat man kan dokumentere en længere levetid for den pågældende byggevare, jf. BUILD-rapport 2021:32.

Livscyklus

Bygningens livscyklus er perioden fra udvinding af råstoffer til nedrivningen, dvs. fra vugge til grav. Den er opdelt i livscyklusfaser, jf. DS/EN 15978.

Miljøpåvirkning

Bygningens påvirkning af miljøet er yderst kompleks. I LCA bruges derfor en forenklet række af indikatorer defineret i standarder (DS/EN 15978 og DS/EN15804). Klimapåvirkningen er den mest kendte af indikatorerne og den, der reguleres med klimakravene i bygningsreglementet.

Miljøvaredeklaration, EPD

En EPD er en vurdering af en byggevarers miljøaftryk efter DS/EN 15804, som kan indgå i en LCA af en bygning. Inden for bestemte produkter skal man overholde ensartede beregningsregler (Product Category Rules, PCR) for at sikre sammenlignelige resultater.



Referencer og litteratur

BUILD, 2021

SBi-rapport 2021:13,
Klimapåvirkninger fra 60 bygninger

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Ökobaudat version 13-03-2020, oekobaudat.de

CEN, 2012a. DS/EN 15978:2012

Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg –
Vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet
– Beregningsmetode

CEN, 2012b. DS/EN 15804 + A1:2013

Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg.
Miljøvaredeklarationer. Grundlæggende regler for
produktkategorien byggevarer

CEN, 2019. DS/EN 15804:2012 + A2:2019

Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg.
Miljøvaredeklarationer. Grundlæggende regler for
produktkategorien byggevarer

BUILD, 2021

BUILD-rapport 2021:32,
BUILD levetidstabel, version 2021

SBi, 2018

SBi-anvisning 213, Bygningers energibehov

Bygningsreglement 2018



Videncenter om
Bygningers
Klimapåvirkninger

www.ByggeriOgKlima.dk
info@ByggeriOgKlima.dk

Få hjælp hos Videncenter om Bygningers Klimapåvirkninger

Videncenter om Bygningers Klimapåvirkninger, VCBK, hjælper byggebranchen med vejledning til at blive klar til de nye klimakrav og styrker branchens viden om og kompetencer til at dokumentere nybyggeriers samlede klimapåvirkninger.

VCBK tilbyder vejledning til hele byggebranchen, herunder bygherrer, rådgivere, entreprenører og håndværksvirksomheder, kommuner m.fl. om klimakravene. De kan hos VCBK finde vejledningsmaterialer, webinarer, oplæg og arrangementer til fri benyttelse.

VCBK tilbyder også materialer og forløb for undervisere og uddannelsessteder for at oplyse om de nye klimakrav, sådan at de kan sprede viden videre til byggebranchen.

Alle kan tilmelde sig VCBK's nyhedsbrev og også følge med i viden om de nye klimakrav via centrets kanaler på Facebook og LinkedIn. Desuden kan man stille spørgsmål til centrets fagfolk via e-mail.