

## LCA på hele bygninger

Udarbejdet af Harpa Birgisdottir og Sussie Stenholt Madsen, Statens Byggeforskningsinstitut/AAU

Livscyklusperspektivet er en essentiel del af forståelsen af bæredygtigt byggeri. For den miljømæssige kvalitet handler det om at betragte miljøpåvirkninger og ressourceforbrug gennem hele byggeriets levetid – fra opførelse til drift, nedrivning og genanvendelse. Bygherre, bygningsdesignere og rådgivere møder i stigende grad både krav og spørgsmål om hvorledes bygningers miljøpåvirkninger kan reduceres, fx ved certificering af bæredygtigt byggeri.

Formålet med denne pjece og den dertilhørende projektfil med beregninger er at vise, hvorledes LCAbyg kan bruges i en konkret byggesag. Udover at dokumentere bygningens miljøpåvirkninger, kan LCAbyg anvendes til at analysere, hvorledes de forskellige bygningsdele, konstruktioner, byggevarer og faser bidrager til de samlede miljøpåvirkninger og dermed, hvor de største forbedringspotentialer kan findes.

Via et konkret eksempel illustreres det, hvorledes værktøjet kan anvendes til at skabe det første overblik over miljøpåvirkningerne for en bygning og hvordan det kan bruges til at undersøge, hvor der kan arbejdes med at forbedre bygningens miljømæssige profil. Eksemplet er delvist baseret på erfaringer fra konkrete projekter, men beregningerne bør ikke betragtes som generelle eller som anbefaling af én løsning fremfor en anden.

### Eksempelbygningen

Sundhedshuset Brønderslev vil blive anvendt som udgangspunkt for dette eksempel. Dog med nogle enkle modifikationer i forhold til den virkelige case.

Fakta om eksempelbygningen:

- Størrelse: 5103 kvm
- Opførelses år: 2012-2015
- Betragtningperiode: 100 år

### Konstruktioner

- Terrændæk består af trykfast mineraluldsamt 10 cm armeret betondæk.
- Ydervægge udføres som sandwichfacade hvorpå der monteres ophængningslister for skærmtegl
- Vinduer og døre udføres i glas/aluminium
- Altaner udføres med en bærende konstruktion i stål der beklædes med aluminium
- Vægge indvendigt består af hhv. betonelementvægge, malerbehandlede gipsvægge samt nogle glasvægge.
- Konstruktioner består af betondæk samt et antal tværstabiliserende massive betonvægge.
- Tagpaptag bygget op af en dobbelt tagpaptækning og ca. 350 mm kileskåret mineraluld på et underlag af beton.
- Gulve udføres i linoleum. Sportsgulve i træningsstue udføres i stavparket.
- Loftet udføres som gipsskinnefløjt samt træbeton.

Udgangspunktet for beregning af denne case er et studie, hvor man kender de endelige mængder for de materialer, der indgår i bygningen. At skabe et byggeri med en lav påvirkning på miljøet er en iterativ proces. Man kan med fordel lave nogle forundersøgelser for de konstruktioner man vælger inden man endeligt dimensionerer sin bygning, se evt. eksemplet "LCA af konstruktioner" for inspiration til dette.



Figur 1 Sundhedshuset Brønderslev tegnet af C.F.Møller. ©Thomas Mølvig

## Opbyg af bygningen i LCAbyg

### Bygningsdele

Under fanebladet "Bygningsdele" indtastes oplysningerne om bygningsdelens konstruktioner, byggevarer, mængder og levetider.

Casen bygges op ved at tilføje bygningsdele til projektet. Bygningsdelene består af *konstruktioner*. Man kan enten bruge eller tilrette en eksisterende konstruktion fra værktøjet eller oprette en ny. Konstruktionerne opbygges af en række *byggevarer*, som i de fleste tilfælde allerede findes i værktøjets database. Hvis byggevarer ikke findes i databasen, kan man fx finde en miljøvaredeklaration (EPD) for den pågældende byggevarer og oprette dataene for byggevarer i LCAbyg.

### Drift

Under fanebladet "Drift" indtastes data for bygningens driftsenergi. Her indtastes de aktuelle værdier for varmeforbrug og elforbrug. Her vælges også, hvilken varmeforsyningsform bygningen har samt hvilket et driftsscenario der ønskes. Der er mulighed for at vælge et scenario som bruger 2015-data for driftsenergiforsyningens miljøpåvirkninger for hele betragtningstiden eller et scenario som er baseret på politiske mål om en øget andel af vedvarende energi i dansk energiforsyning. Det indebærer værdier for forventet sammensætning af energikilder i perioden 2015-2050 baseret på politiske målsætninger.

### Overblik over mængder

Fanebladet "Mængder" giver dig hurtigt overblik over de mængder, der relateres til selve opførelsen af bygningen. Her angives også den valgte levetid for byggevarerne. I dette faneblad kan man hurtigt få et overblik over ens indtastede mængder og undersøge om man har indtastet korrekt, hvilket altid anbefales.

### Resultatvisning

Når man har sikret sig, at man har lavet de korrekte indtastninger kan man se nærmere på bygningens resultater. LCAByg giver en række muligheder for at illustrere og analysere sine resultater.

LCAByg giver mulighed for at få vist resultaterne for ni miljøpåvirkningskategorier se hvilke i tabel 1, men det er også muligt at vælge at få vist resultatet for hver enkelt indikator for sig selv. I denne pjeces er det for omfangets skyld valgt primært at illustrere mulighederne i LCAByg ved at vise resultaterne for global opvarmning (GWP).

Tabel 1 De ni miljøpåvirkningskategorier som LCAByg beregner resultatet for.

Kategorier	Forkortelse	Enhed
Global opvarmning	GWP	CO2 -ækvivalenter
Ozonlagsnedbrydning	ODP	R11-ækvivalenter
Fotokemisk ozondannelse	POCP	Ethen-ækvivalenter
Forsuring	AP	SO2-ækvivalenter
Næringssaltbelastning	EP	PO4-ækvivalenter
Udtømning af abiotiske ressourcer – grundstoffer	ADPe	Sb-ækvivalenter
Udtømning af abiotiske ressourcer – fossile brændsler	ADPf	MJ
Primærenergiforbrug	PEtot	kWh
Sekundære brændsler	Sek	kWh

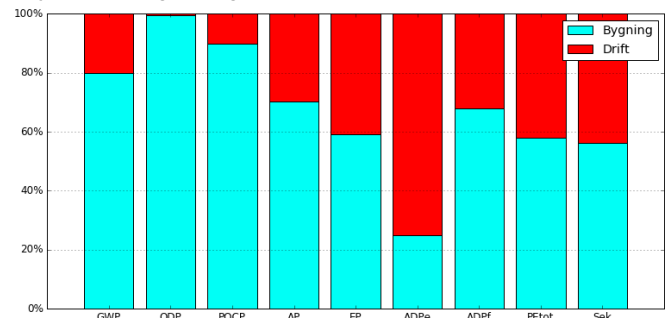
Det er muligt at se resultaterne på listeform, hvor alle resultaterne og delresultaterne kan aflæses. Resultaterne angives for hele betragtningsperioden på 100 år og det oplyses, hvor mange gange en byggevarer udskiftes over betragtningsperioden.

En anden mulighed er at se resultaterne via diagrammer. Diagrammerne kan være med til hurtigt at give et overblik over projektets resultater. LCAByg giver mulighed for at få vist resultaterne i en række forskellige diagrammer, som kan hjælpe til at forstå de vigtigste parametre der bidrager til miljøpåvirkningerne og dermed også informationer om, hvor man som designer kan finde et potentiale for at forbedre bygningens miljømæssige profil.

### Analyse af resultater

Diagrammerne i LCAByg kan anvendes på en række forskellige måder til at analysere ens data og anvendelsen af dem er op til den enkelte. Men det er altid en god idé at starte med at danne sig et overblik og derefter gå mere detaljeret til værks de steder, hvor ens analyse viser, at de største udledninger kommer fra. En fremgangsmåde til at lokalisere forbedringspotentialer for ens bygning via diagrammerne illustreres i det følgende.

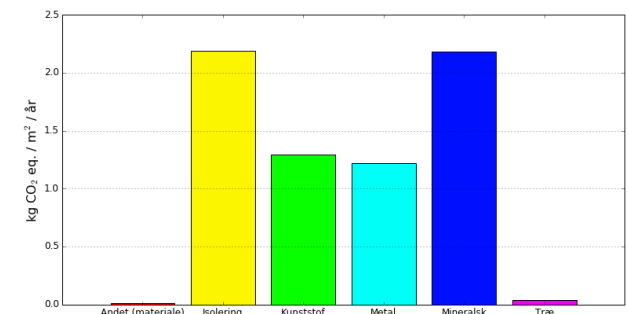
I det første faneblad "Bygning vs. Drift" viser LCAByg forholdet mellem påvirkningerne fra drift og bygning over hele betragtningsperioden. Det er muligt at få vist resultatet for de ni påvirkningskategorier, som vist i Figur 2, men det er også muligt at vælge at få vist resultatet for hver enkelt indikator for sig selv. For denne case viser figuren, at de største påvirkninger kommer fra materialerne til bygningen i 8 ud af 9 miljøpåvirkningskategorier.



Figur 2. Resultater for bygning vs. drift ved anvendelse af fremskrivningsscenario, for betragtningsperiode på 100 år.

Det er derfor interessant at undersøge, om der ligger et potentiale for at nedbringe miljøpåvirkningerne der relateres til materialerne.

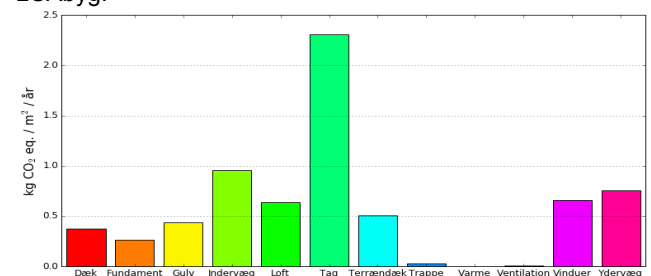
LCAByg giver mulighed for at få vist miljøpåvirkningerne fordelt på materialegrupper, hvilket bidrager til at danne sig et overblik over, hvilke typer materialer bygningen indeholder og, hvilke typer materialer de største bidrag kommer fra. I figur 3 vises hvorledes de forskellige materialegrupper bidrager til den globale opvarmning (GWP). Det ses, at en særlig stor del kommer fra de mineralske materialer og isolering i denne case.



Figur 3 Miljøpåvirkninger (her angivet i GWP i kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per m<sup>2</sup> per år), fordelt på materialer.

Til at komplementere dette overblik er det en god idé at se nærmere på, hvordan udledningerne fordeler sig på bygningsdelstyper.

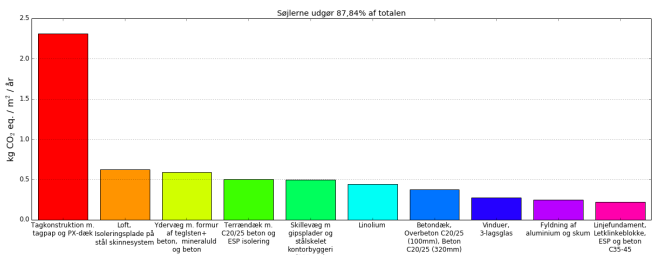
Dette er muligt under fanebladet "Bygning: Typer". Man skal være opmærksom på, at opdelingen mellem bygningsdelene afspejler, hvorledes man har valgt at bygge sit eksempel op i LCAByg.



Figur 4 Miljøpåvirkninger (her angivet i GWP i kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per m<sup>2</sup> per år) fordelt på bygningsdelstyper.

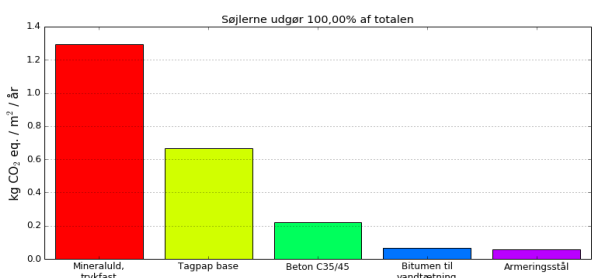
Som det ses af Figur 4, så er det i denne case særligt bygningsdelstypen "Tag", som giver anledning til de største udledninger af GWP.

Ved at lave en hotspotanalyse er det muligt at dykke yderligere et niveau ned og undersøge, hvilke 10 konstruktioner der bidrager mest til f.eks. GWP. En hotspotanalyse af de 10 konstruktioner, der giver anledning til de største påvirkninger af GWP ses i Figur 5. Det ses, at det største bidrag kommer fra tagkonstruktionen.



Figur 5 Hotspotanalyse for konstruktioner (her i GWP i kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per m<sup>2</sup> per år)

For at undersøge, hvilke byggevarer, der giver anledning til dette bidrag kan man slå alle andre bygningdele end "Taget" fra og lave en hotspotanalyse af byggevarerne i denne bygningsdel. I figur 6 kan det aflæses, at udledningerne særligt kommer fra den trykfaste isolering og tagpappen i taget.

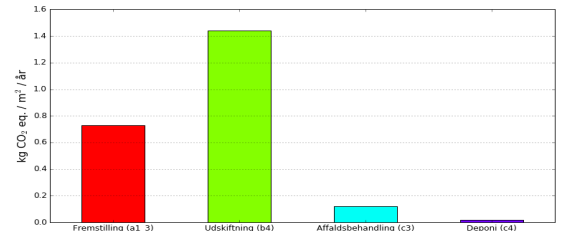


Figur 6 Hotspot analyse for byggevarer i bygningsdelen "Tag" (her i GWP i kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per m<sup>2</sup> per år)

Årsagen til at tagkonstruktionen og særligt disse byggevarer giver anledning til særligt høje udledninger kan undersøges nærmere ved at betragte, hvordan miljøpåvirkningerne fordeler sig over bygningens faser.

I fanebladet "Bygning: faser" viser LCAByg, hvordan påvirkningerne fordeler sig over bygningens faser. Hvis man igen udelukkende vælger at se på tagkonstruktionen ses det, at udskiftningen har en stor betydning. Under resultatvisningen i fanebladet "Resultat" er det muligt at se, at tagpappen skal udskiftes 4 gange og mineralulden 2 gange i løbet af betragtningsperioden på 100 år, hvilket giver

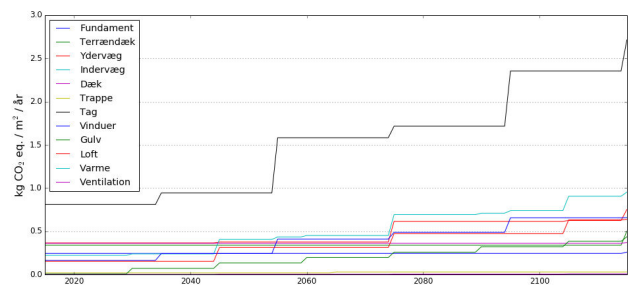
anledning til de relativt høje udledninger, der sker for udskiftningen. Hvis man i stedet vælger en tagbelægning med en længere levetid, vil man kunne undgå de mange udskiftninger.



Figur 7 Udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per m<sup>2</sup> per år her for bygningsdelen "Tag" fordelt over bygningens faser.

En anden måde at se på faserne betydning er diagrammerne for de akkumulerede udledninger. LCAByg giver mulighed for at se de akkumulerede udledninger over betragtningsperioden fordelt på "bygningen inkl. drift", "bygningen og drift", "hovedgrupper" samt "typer".

Betragter man de akkumulerede udledninger opdelt på typer som er illustreret i Figur 8 ses det tydeligt ved de lodrette stigninger i grafen, hvordan udskiftningerne i taget giver anledning til væsentlige akkumulerede udledninger over betragtningsperioden.



Figur 8 Akkumulerede udledninger opdelt på typer (her angivet i GWP i kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per m<sup>2</sup> per år)

**Eksport til Excel**

Udover de diagrammer som LCAByg viser direkte under fanebladet "Diagrammer" er det muligt at hente data fra LCAByg til Excel og lave sine egne grafer.

**Opsamling**

Denne analyses resultater viste, at de største udledninger af GWP kom fra taget og at dette særligt skyldtes hyppige udskiftninger over betragtningsperioden. Det vil derfor være anbefalelsesværdigt at undersøge alternative tagkonstruktioner for projektet. Enten i form af alternative tagkonstruktioner eller andre belægninger. Dette er gjort i eksemplet "LCA på konstruktioner".

Det er vigtigt også at bemærke, at denne undersøgelse kun har taget udgangspunkt i GWP og at det anbefales også at tage de øvrige miljøpåvirknings kategorier i betragtning.

Denne analyse kan gentages for andre konstruktioner, som giver anledning til essentielle bidrag. Man kan evt. i sin videre undersøgelse slå de bygningsdele fra, som man har undersøgt eller som man har vurderet ikke kan ændres.

**Få mere at vide**

Du kan hente den seneste udgave af LCAByg via hjemmesiden [lcabyg.dk](http://lcabyg.dk). Værktøjet LCAByg er udviklet af SBI/AAU på vegne af Trafik- og Byggestyrelsen. Du kan med jævne mellemrum finde relevante kurser, seminarer mv. hos professionelle kursusudbydere og faglige organisationer mfl.