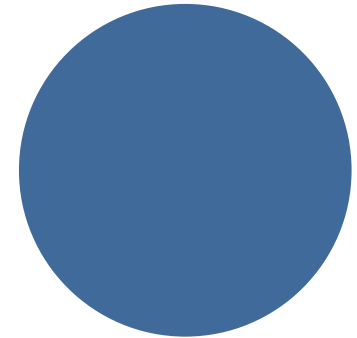
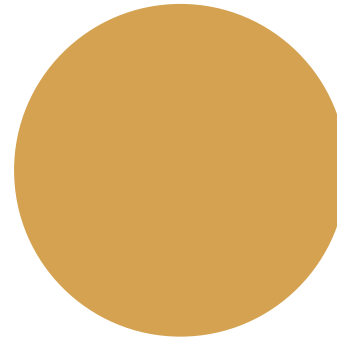
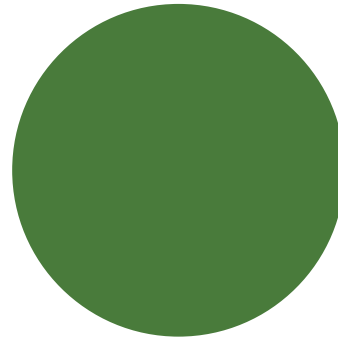


# LCA-profiler for bygninger og bygningsdele

Vejledning til værktøj til brug tidligt i designprocessen



Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet  
Henning Larsen Architects  
Rambøll



# Intro

Denne vejledning og værktøj er udarbejdet i InnoBYG regi. InnoBYG er byggebranchens innovationsnetværk for bæredygtigt byggeri. Initiativet til kataloget kommer fra byggebranchen selv. Udover den tid og økonomi branchen har lagt i udarbejdelsen, er kataloget, som andre projekter under InnoBYG, støttet af Styrelsen for Forskning og Innovation.

Værktøjet *LCAP-værktøj.xlsm* sigter mod at kunne bidrage til designrelaterede og strategiske valg tidligt i designprocessen i det bæredygtige byggeri ved at præsentere et katalog af LCA-profiler for en række bygningsdele, som kan sættes sammen til at regne LCA-profiler for hele bygninger.

Der er beregnet LCA-profiler på ni forskellige bygningsdele, hver af disse med en lang række forskellige konstruktionsløsninger. Beregningerne er foretaget med den systemafgrænsning og database der benyttes i LCA-delen af det danske certificeringssystem for bæredygtige bygninger DGNB. Værktøjet indeholder flere hundrede bygningsdele der er beregnet LCA-profiler for.

Værktøjet *LCAP-værktøj.xlsm* kan hentes på [www.innobyg.dk](http://www.innobyg.dk).

Værktøjet er blevet til i et samarbejde mellem Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, Henning Larsen Architects og Rambøll. Følgende nøglemedarbejdere har deltaget i projektforsløbet:

- Rob Marsh, seniorforsker, SBI, Aalborg Universitet (projektleder)
- Freja Nygaard Rasmussen, videnskabelig assistent, SBI, AAU
- Signe Kongebro, arkitekt MAA, Henning Larsen Architects
- Mikkel Hune, arkitekt MAA, Henning Larsen Architects
- Tom Hay, bygningsingeniør, Rambøll
- Kasper L. Køppen, bygningsingeniør, Rambøll.

Samarbejdet er sket gennem en række tværfaglige workshops, hvor bygningsdele, konstruktionsopbygninger og materialeforbrug er blevet fastlagt til brug i LCA-beregningerne. De strategiske problemstillinger, der påvirker valget af bygningsdel og dermed LCA-profilen i den tidlige designprocess, er også blevet fastlagt. Kataloget og værktøjet er blevet afprøvet tidligt i designprocessen af projektdeltagere for at sikre dataindsigten og brugbarheden.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet  
Energi og miljø  
Juni 2014

*Søren Aggerholm*  
Forskningschef

# Sådan bruges LCAP-værktøj.xlsm

Det første faneblad, *Bygning*, indeholder bygningens LCA-profil.

De andre faneblade indeholder de beregnede LCA-profiler for bygningsdele.

For at beregne bygningens LCA-profil skal du følge seks trin:

## 7: Se resultater

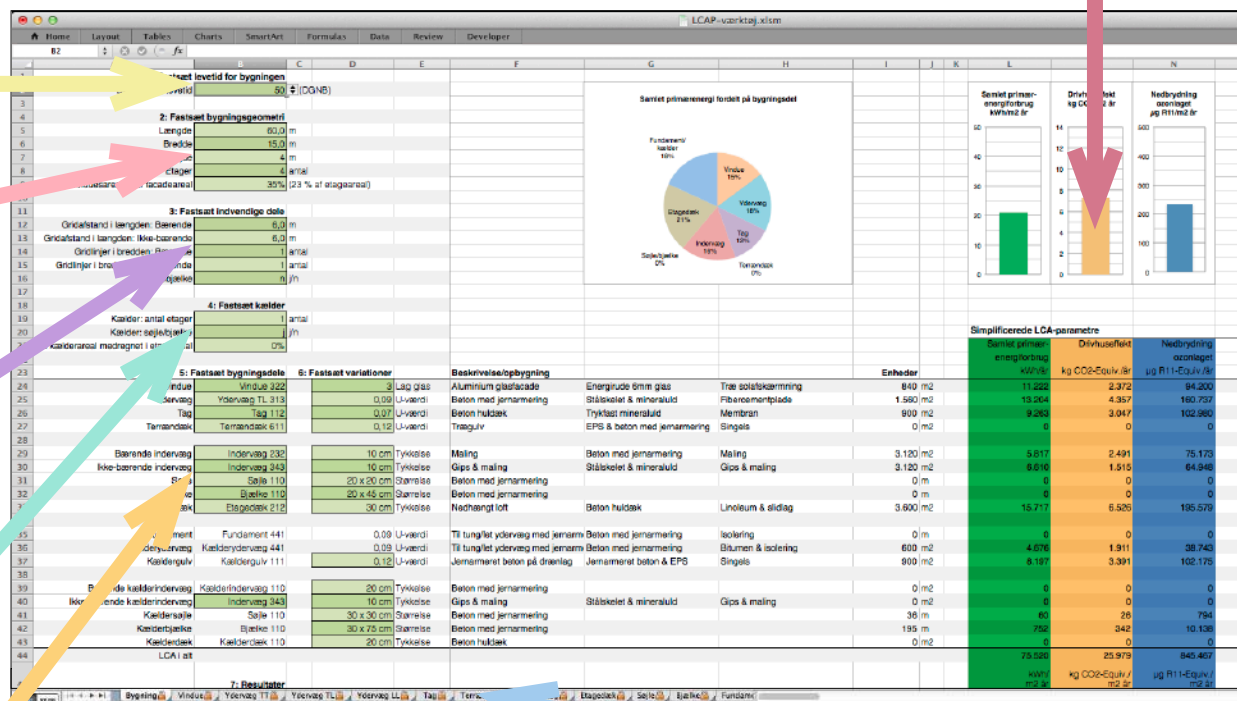
### 1: Fastsæt levetid for bygningen

### 2: Fastsæt bygningsgeometri

### 3: Fastsæt indvendige dele

### 4: Fastsæt kælder

### 5 & 6: Fastsæt bygningsdele og variationer



## 8: Se LCA-profiler for bygningsdele

# 1: Fastsæt levetid for bygningen

Du starter ved at indtaste data i det første faneblad, *Bygning*, i værktøjet *LCAP-værktøj.xlsm*.

Her fastsættes bygningens levetid ved hjælp af drop-down menuen. Bygningens levetid har indvirkning på den årlige miljøpåvirkning, og derfor på valget af LCA-profilen for hver bygningsdel.

Der skal fastsættes én af følgende levetider for bygningen:

## 50 år

Som bruges i DGNB-systemet for alle bygningstyper.

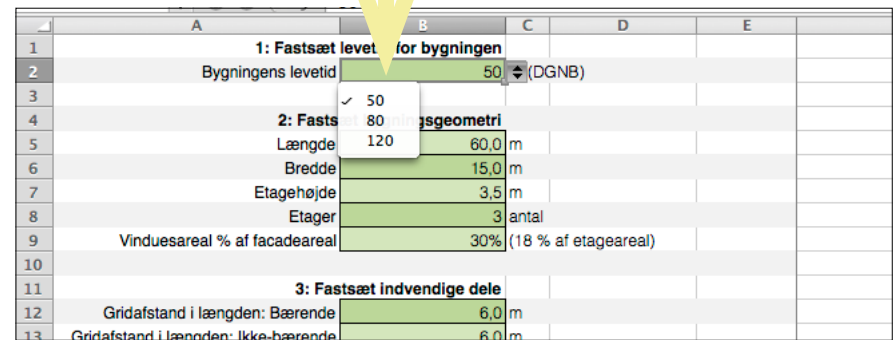
## 80 år

Som bruges for kontor, handel & service mv.

## 120 år

Som bruges for énfamiliehuse, rækkehuse, etageboliger og kulturelle bygninger.

## 1: Fastsæt levetid for bygningen



	A	B	C	D	E
1		<b>1: Fastsæt levetid for bygningen</b>			
2		Bygningens levetid	50	(DGNB)	
3			50		
4		<b>2: Fastsæt bygningens geometri</b>			
5		Længde	120	60,0	m
6		Bredde		15,0	m
7		Etagehøjde		3,5	m
8		Etager		3	antal
9		Vinduesareal % af facadeareal		30%	(18 % af etageareal)
10					
11		<b>3: Fastsæt indvendige dele</b>			
12		Gridafstand i længden: Bærende		6,0	m
13		Gridafstand i længden: Ikke-bærende		6,0	m

# 2: Fastsæt bygningsgeometri

Her fastsættes bygningens overordnede geometriske forhold. Det antages, at bygningen er retvinklet i alle tre retninger. Krummede eller vinklede bygninger kan simplificeres til firkantede former.

## Længde

Her angives bygningens længde.

## Bredde

Her angives bygningens bredde eller dybde.

## Etagehøjde

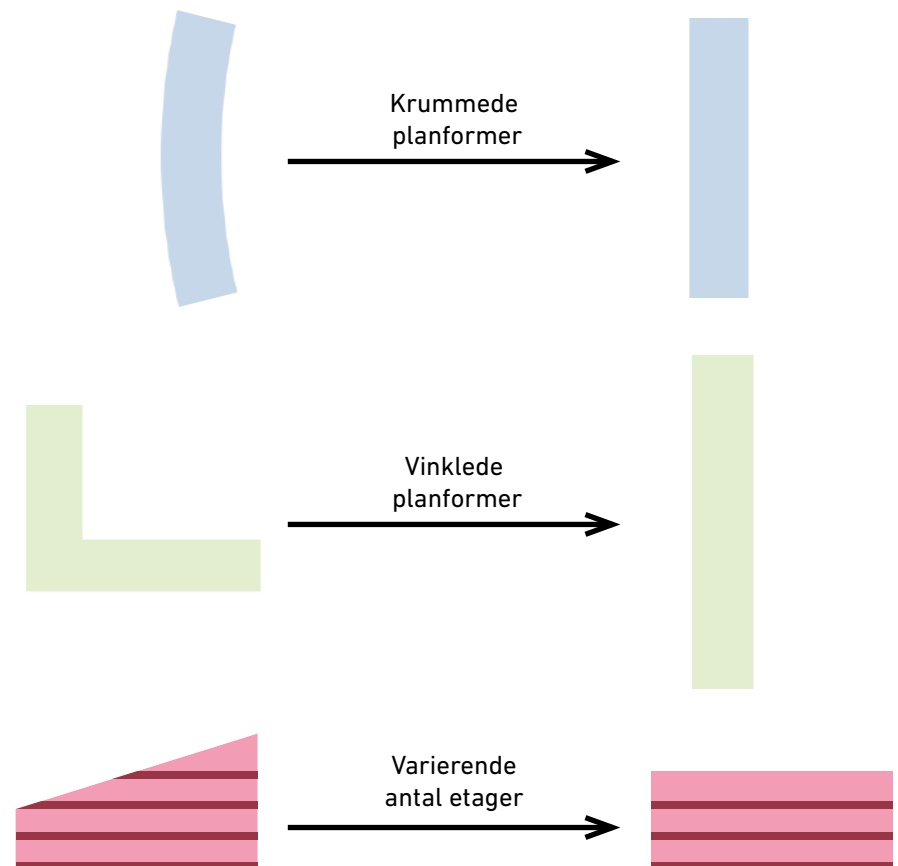
Her angives etagehøjden, som svarer til gulv-til-gulv højden.

## Etager

Her angives antallet af etager (eksklusiv kælderetager). Hvis der er varierende etagehøjder, skal gennemsnittet bruges.

## Vinduesareal som % af facadeareal

Vinduesarealet angives som en andel af facadearealet. Tallet er gennemsnittet for bygningens fire facader. Værktøjet beregner og fremviser automatisk vinduesarealet som en andel af bygningens etageareal.



# 3: Fastsæt indvendige dele

Her fastsættes omfanget af de indvendige bygningsdele:

## Gridafstand i længden: Bærende

I bygningens længde fastsættes gridafstanden for de bærende konstruktioner. De kan være tværgående, bærende indervægge eller søjle/bjælke-løsninger. Værktøjet dividerer bygningslængden med gridafstanden for at beregne antallet af opdelinger og runder ned til et heltal.

## Gridafstand i længden: Ikke-bærende

I bygningens længde fastsættes gridafstanden for de ikke-bærende indervægge. Værktøjet dividerer bygningslængden med gridafstanden for at beregne antallet af opdelinger og runder ned til et heltal.

## Gridlinjer i bredden: Bærende

I bygningens bredde fastsættes antallet af gridlinjer for de bærende konstruktioner. De kan være langsgående, bærende indervægge eller søjle/bjælke-løsninger.

Antallet af gridlinjer skal ikke omfatte gridlinjerne langs facaden. Disse gridlinjer medregnes automatisk, hvis der fastsættes en søjle/bjælke-løsning, og hvis ydervæggen ikke har en bagvæg af beton med jernarmering.

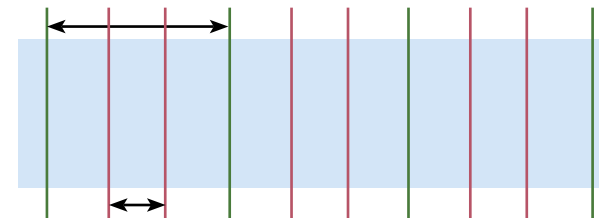
## Gridlinjer i bredden: Ikke-bærende

I bygningens bredde fastsættes antallet af gridlinjer for de ikke-bærende indervægge.

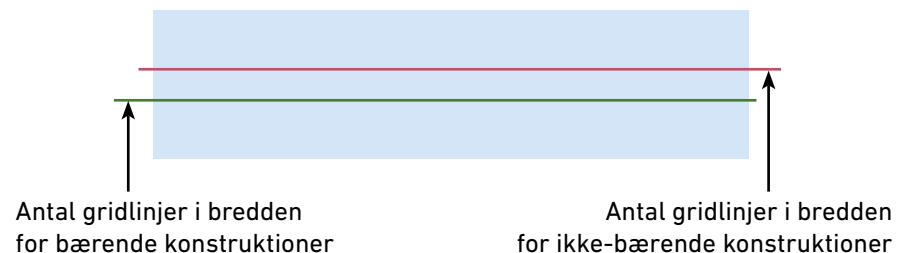
## Søjle/bjælke

Her fastsættes, om bygningen bruger søjle/bjælke-løsninger (ja/nej) for de indvendige bærende konstruktioner. Hvis der fastsættes, at bygningen er uden søjle/bjælke-løsninger, antages det, at der anvendes bærende indervægge.

Gridafstand i længden for bærende konstruktioner



Gridafstand i længden for ikke-bærende konstruktioner



# 4: Fastsæt kælder

Her fastsættes kældrens omfang og type med baggrund i nogle simplificerede forudsætninger.

## **Kælder: antal etager**

Her angives antallet af kælderetager. Hvis antallet af kælderetager fastsættes til 0, antages det, at bygningen anvender terrændæk.

Det forudsættes, at kælderen har samme etagehøjde som bygningen. Kældrens eller fundamentets dimensioner beregnes på baggrunden af bygningens overordnede geometri.

## **Kælder: søjle/bjælke**

Her fastsættes, om kælderen bruger søjle/bjælke-løsninger (ja/nej) for de indvendige bærende konstruktioner:

- Hvis der fastsættes en søjle/bjælke-løsning, antages det at kælderen bruges til parkeringskælder uden ikke-bærende kælderindervægge.
- Hvis der ikke fastsættes en søjle/bjælke-løsning, antages det, at der bruges bærende indervægge.

Omfanget af de indvendige bygningsdele i kælderen beregnes på baggrunden af bygningens overordnede geometri og indvendige dele.

## **% kælderareal medregnet i etageareal**

Her fastsættes andelen af kælderetagearealet som medregnes i bygningens samlede etageareal. Det bruges til beregningen af LCA-profilerne pr. kvadratmeter bygning:

- Bygningsreglementets energibestemmelser anvender et tal på 0 % for uopvarmede kælderarealer og 100 % for opvarmede kælderarealer.
- DGNB-systemet anvender et tal på 50 % for kælderarealerne.

# 5 & 6: Fastsæt bygningsdele og variationer

Her fastsættes de forskellige bygningsdele og variationer ved hjælp af dropdown-menuer:

- Bygningsdele vælges på baggrund af en bygningsdel-kode, fx. *Tag 112*, som beskrives på de efterfølgende faneblade.
- Hver bygningsdel beskrives med en simplificeret, tredelt beskrivelse, som følger dens opbygning indefra og ud, fx. *Murvæk - Isolering - Træbeklædning*.

Følgende bygningsdele er omfattet:

## Klimaskærm

- Vindue
- Ydervæg
- Tag
- Terrændæk

## Indvendige dele

- Bærende & ikke-bærende indervæg
- Søjle
- Bjælke
- Etagedæk

## Fundament & kælder

- Fundament
- Kælderydervæg
- Kældergulv
- Bærende kælderindervæg
- Ikke-bærende kælderindervæg
- Kældersøjle
- Kælderbjælke
- Kælderdæk

## 5: Fastsæt bygningsdele

5: Fastsæt bygningsdele		
Vindue	Vindue 322	
Ydervæg	Ydervæg LL 337	
Tag	Tag 112	
Terrændæk	Tag 111	æk 611
	✓ Tag 112	
Bærende indervæg	Tag 113	æg 232
Ikke-bærende indervæg	Tag 114	æg 343
	Tag 211	
Søjle	Tag 212	øjle 110
Bjælke	Tag 213	jælke 110
Etagedæk	Tag 214	æk 212
	Tag 311	
Fundament	Tag 312	ent 551
Kælderydervæg	Tag 313	æg 551
Kældergulv	Tag 421	ulv 111
	Tag 422	
Bærende kælderindervæg	Tag 423	æg 110
Ikke-bærende kælderindervæg	Tag 424	æg 343
	Tag 425	
Kældersøjle	Tag 426	øjle 110
Kælderbjælke	Tag 427	jælke 110
Kælderdæk	Tag 428	æk 110

## Bygningsdel-koder

Se efterfølgende faneblade

## 6: Fastsæt variationer

6: Fastsæt variationer		Beskrivelse/opbygning
3	Lag glas	Aluminium glasfacade
0,09	U-værdi	Gipsplade & træplade
0,07	U-værdi	Beton huludlæk
✓ 0,07	0,12 U-værdi	Trægulv
0,09		
0,12	10 cm Tykkelse	Maling
	10 cm Tykkelse	Gips & maling
	20 x 20 cm Størrelse	Beton med jernarmatur
	20 x 45 cm Størrelse	Beton med jernarmatur
	30 cm Tykkelse	Nedhængt loft
	0,09 U-værdi	Til let ydervæg
	0,09 U-værdi	Til let ydervæg
	0,12 U-værdi	Jernarmet beton
	20 cm Tykkelse	Beton med jernarmatur
	10 cm Tykkelse	Gips & maling
	30 x 30 cm Størrelse	Beton med jernarmatur
	30 x 75 cm Størrelse	Beton med jernarmatur
	20 cm Tykkelse	Beton huludlæk

## Bygningsdelenes beskrivelse/opbygning

Se efterfølgende faneblade



## Klimaskærm

### Vindue

Her fastsættes vinduestypen, baseret på de typer vist i fanebladet *Vindue*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for energiruden:

- 2 lag glas
- 3 lag glas.

### Ydervæg

Her fastsættes ydervægstypen, baseret på de typer vist i følgende faneblade:

- *Ydervæg TT* for ydervægge med tung bagmur og formur
- *Ydervæg TL* for ydervægge med tung bagmur og let beklædning
- *Ydervæg LL* for let skeletvægge med let beklædning.

Der skal fastsættes én af følgende variationer for isoleringsniveauet:

- U-værdi = 0,09 W/m<sup>2</sup> K
- U-værdi = 0,12 W/m<sup>2</sup> K
- U-værdi = 0,15 W/m<sup>2</sup> K.

### Tag

Her fastsættes tagtypen, baseret på de typer vist i fanebladet *Tag*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for isoleringsniveauet:

- U-værdi = 0,07 W/m<sup>2</sup> K
- U-værdi = 0,09 W/m<sup>2</sup> K
- U-værdi = 0,12 W/m<sup>2</sup> K.

### Terrændæk

Her fastsættes terrændækket, baseret på de typer vist i fanebladet *Terrændæk*.

Der skal fastsættes én af følgende variationer for isoleringsniveauet:

- U-værdi = 0,07 W/m<sup>2</sup> K
- U-værdi = 0,09 W/m<sup>2</sup> K
- U-værdi = 0,12 W/m<sup>2</sup> K.

## Indvendige bygningsdele

### Bærende & ikke-bærende indervæg

Her fastsættes både de bærende og ikke-bærende indervægge, baseret på de typer vist i fanebladet *Indervæg*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for tykkelsen:

- 10 cm
- 15 cm
- 20 cm.

### Søjle

Her fastsættes søjletypen, baseret på de typer vist i fanebladet *Søjle*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for størrelsen:

- 20 x 20 cm
- 30 x 30 cm
- 40 x 40 cm.

### Bjælke

Her fastsættes bjælketypen, baseret på de typer vist i fanebladet *Bjælke*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for størrelsen:

- 20 x 45 cm
- 30 x 75 cm
- 40 x 100 cm.

### Etagedæk

Her fastsættes etagedækket, baseret på de typer vist i fanebladet *Etagedæk*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for tykkelsen:

- 20 cm
- 30 cm
- 40 cm.

## Fundament & kælder

### Fundament

Fundamentet og dets U-værdi fastsættes automatisk på baggrund af valget af klimaskærmens ydervægstype og dens U-værdi.

### Kælderydervæg

Kælderydervægge og deres U-værdi fastsættes automatisk på baggrund af valget af klimaskærmens ydervægstype og dens U-værdi.

### Kældergulv

Kældergulvet er fastsat som betongulv, som vist i fanebladet *Kældergulv*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for isoleringsniveauet:

- U-værdi = 0,07 W/m<sup>2</sup> K
- U-værdi = 0,09 W/m<sup>2</sup> K
- U-værdi = 0,12 W/m<sup>2</sup> K.

### Bærende kælderindervæg

De bærende indervægge er fastsat som betonvægge, som vist i fanebladet *Kælderindervæg*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for tykkelsen:

- 10 cm
- 20 cm
- 30 cm.

### Ikke-bærende kælderindervæg

Her fastsættes kælderens ikke-bærende indervægge, baseret på de typer vist i fanebladet *Indervæg*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for tykkelsen:

- 10 cm
- 15 cm
- 20 cm.

### Kældersøjle

Kælderens søjler er fastsat som betonsøjler, som vist i fanebladet *Søjle*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for størrelsen:

- 20 x 20 cm
- 30 x 30 cm
- 40 x 40 cm.

### Kælderbjælke

Kælderens bjælker er fastsat som betonbjælker, som vist i fanebladet *Bjælke*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for størrelsen:

- 20 x 45 cm
- 30 x 75 cm
- 40 x 100 cm.

### Kælderdek

Kælderdekke er fastsat som betonhuldæk, som vist i fanebladet *Kælderdek*. Der skal fastsættes én af følgende variationer for tykkelsen:

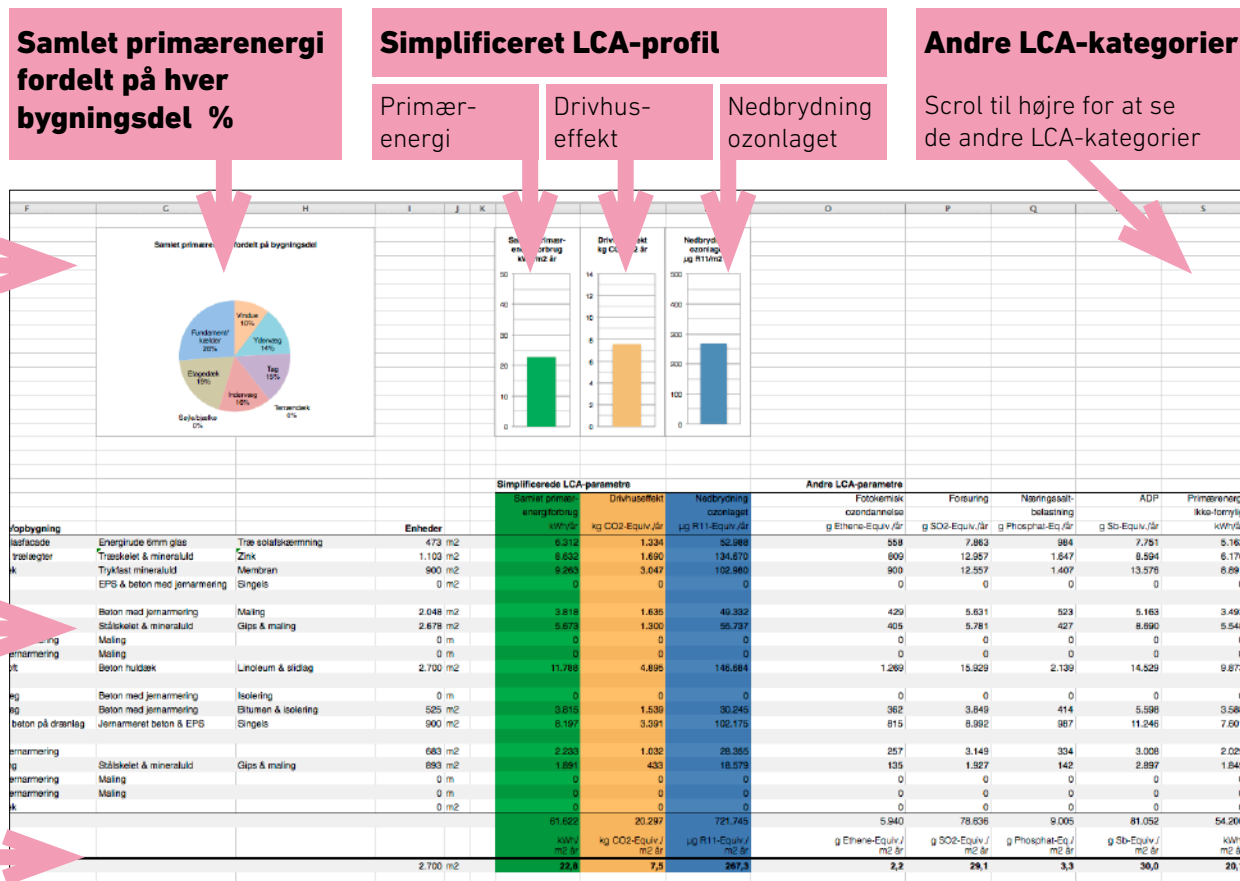
- 20 cm
- 30 cm
- 40 cm.

# 7: Se resultater

Resultaterne vises grafisk for hele bygningen.

Lagkagediagrammet viser det samlede primærenergiforbrug fordelt på hver bygningsdel.

Søjlediagrammerne viser den simplificerede LCA-profil pr. kvadratmeter bygning pr. år.



# 8: Se LCA-profiler for bygningsdele

De resterende faneblade indeholder LCA-profilerne for alle de bygningsdele, som anvendes i værktøjet. Hvert faneblad har samme struktur, som vist på den næste side. Følgende bygningsdele er omfattet:

## Klimaskærm

- Vindue
- Ydervæg TT (for ydervægge med tung bagmur og formur)
- Ydervæg TL (for ydervægge med tung bagmur og let beklædning)
- Ydervæg LL (for let skeletvægge med let beklædning.)
- Tag
- Terrændæk

## Indvendige dele

- Indervæg
- Etagedæk
- Søjle
- Bjælke

## Fundament & kælder

- Fundament
- Kælderydervæg
- Kældergulv
- Kælderindervæg
- Kælderdæk

## 8: Se LCA-profiler for bygningsdele

32	Bjælke	Bjælke 110	20 x 45 cm	Størrelse	Beton med jernarmering		
33	Etagedæk	Etagedæk 212	30 cm	Tykkelse	Nedhængt loft	Beton hulud	
34							
35	Fundament	Fundament 441		0,09 U-værdi	Til tunglet ydervæg med jernarm	Beton med jernarmering	
36	Kælderydervæg	Kælderydervæg 441		0,09 U-værdi	Til tunglet ydervæg med jernarm	Beton med jernarmering	
37	Kældergulv	Kældergulv 111		0,12 U-værdi	Jernarmeret beton på drænlag	Jernarmeret beton & EPS	
38							
39	Bærende kælderindervæg	Kælderindervæg 110	20 cm	Tykkelse	Beton med jernarmering		
40	Ikke-bærende kælderindervæg	Indervæg 343	10 cm	Tykkelse	Gips & maling	Strålskelet & mineraluld	
41	Kældersøjle	Søjle 110	30 x 30 cm	Størrelse	Beton med jernarmering		
42	Kælderbjælke	Bjælke 110	30 x 75 cm	Størrelse	Beton med jernarmering		
43	Kælderdæk	Kælderdæk 110	20 cm	Tykkelse	Beton hulud		
44	LCA i alt						
45	7: Resultater						
46	LCA i alt pr m2 etageareal						Etageareal
47							
58							

Normal View Ready Sum=50

### Bygningsdelens navn

### Bygningens levetid

50, 80 eller 120 år

### Variationer

U-værdi, tykkelse, størrelse

### Scrol til højre

Se de andre levetider, variationer mv. ved at scrolle til højre

Bygningsdel-kode	Beskrivelse/ opbygning			50 år							
				U-værdi = 0.15 W/m2K							
				Samlet primærenergi-forbrug kWh/ (m2 x år)	Drivhuseffekt kg CO2-Equiv./ (m2 x år)	Nedbrydning ozonlaget µg R11-Equiv./ (m2 x år)	Fotokemisk ozondannelse g Ethene-Equiv./ (m2 x år)	Forsuring g SO2-Equiv./ (m2 x år)	Nærings salt-belastning g Phosphat-Equiv./ (m2 x år)	ADP g Sb-Equiv./ (m2 x år)	Primært forbrug ikke-form kWh/ (m2 x år)
Ydervæg TL 111	Murværk	Stålskelet & mineraluld	Fyrtræ beklædning	7,97	1,50	64,54	0,68	6,36	0,60	9,07	
Ydervæg TL 112	Murværk	Stålskelet & mineraluld	Lærketræ beklædning	6,48	1,48	69,69	0,70	6,69	0,63	9,10	
Ydervæg TL 113	Murværk	Stålskelet & mineraluld	Fibercementplade	6,24	1,98	78,31	0,76	7,71	0,71	11,02	
Ydervæg TL 114	Murværk	Stålskelet & mineraluld	Natursten	10,62	2,38	204,59	0,88	10,64	0,76	13,52	
Ydervæg TL 115	Murværk	Stålskelet & mineraluld	Skærmtegl	7,82	1,92	62,77	0,68	6,70	0,64	11,63	
Ydervæg TL 116	Murværk	Stålskelet & mineraluld	Aluminium	8,93	2,12	106,29	0,81	8,07	0,67	12,31	
Ydervæg TL 117	Murværk	Stålskelet & mineraluld	Zink	9,42	2,26	127,16	0,96	13,30	1,59	12,63	
Ydervæg TL 121	Murværk	Stålskelet & papiruld	Fyrtræ beklædning	7,09	1,28	54,21	0,63	5,34	0,46	7,78	
Ydervæg TL 122	Murværk	Stålskelet & papiruld	Lærketræ beklædning	7,60	1,27	59,36	0,65	5,66	0,49	7,81	
Ydervæg TL 123	Murværk	Stålskelet & papiruld	Fibercementplade	7,37	1,77	67,98	0,71	6,69	0,57	9,10	
Ydervæg TL 124	Murværk	Stålskelet & papiruld	Natursten	9,74	2,17	194,25	0,83	9,61	0,62	12,24	
Ydervæg TL 125	Murværk	Stålskelet & papiruld	Skærmtegl	6,95	1,70	52,44	0,63	5,68	0,50	10,35	

### Bygningsdel-koder

Bruges i drop-down menuer i fanebladet *Bygning*

### Bygningsdelenes beskrivelse og opbygning

Tredelt opbygning indra og ud

### LCA-kategorier til simplificeret LCA-profil

### Andre LCA-kategorier

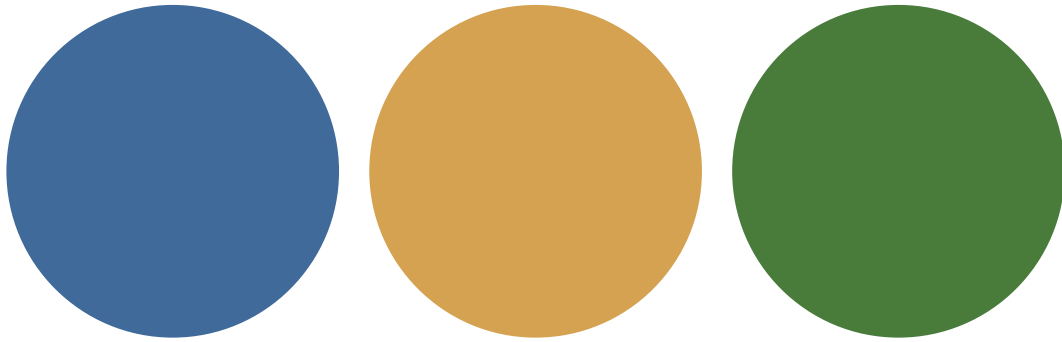
Scrol til højre for at se alle LCA-kategorier



# Kolofon

<b>Titel</b>	LCA profiler for bygninger og bygningsdele - vejledning til værktøj til brug tidligt i designprocessen
<b>Udgave</b>	1. udgave
<b>Udgivelsesår</b>	2014
<b>Forfatter</b>	Rob Marsh
<b>Sprog</b>	Dansk
<b>Sidetal</b>	16
<b>Emneord</b>	Byggeri, bygningsdele, LCA-vurdering, IT-værktøj
<b>Layout &amp; design</b>	Rob Marsh
<b>Diagrammer</b>	Rob Marsh
<b>Udgiver</b>	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-Post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.



**STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT**  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN