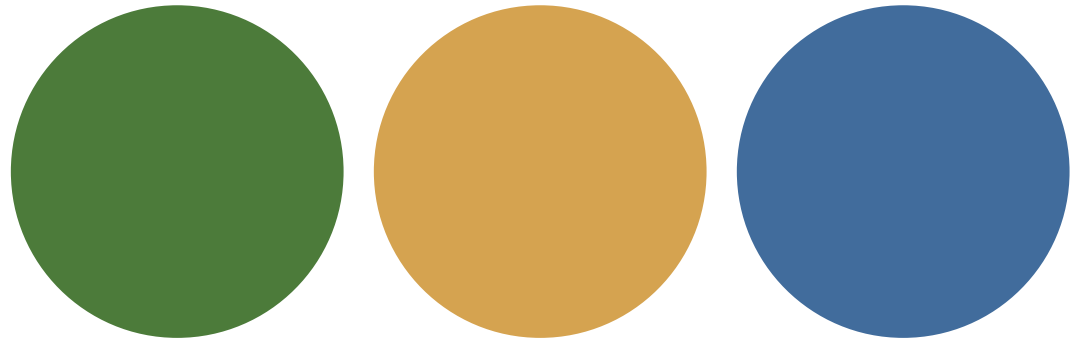


LCA-profiler for bygninger og bygningsdele

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.

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

- 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 dataindholdet og brugbarheden.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Energi og miljø
Juni 2014

Søren Aggerholm
Forskningschef

Sådan bruges LCAP-værktøj.xlsm

Den første faneblade, *Bygning*, indeholder bygningens LCA-profil.

De andre faneblader 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

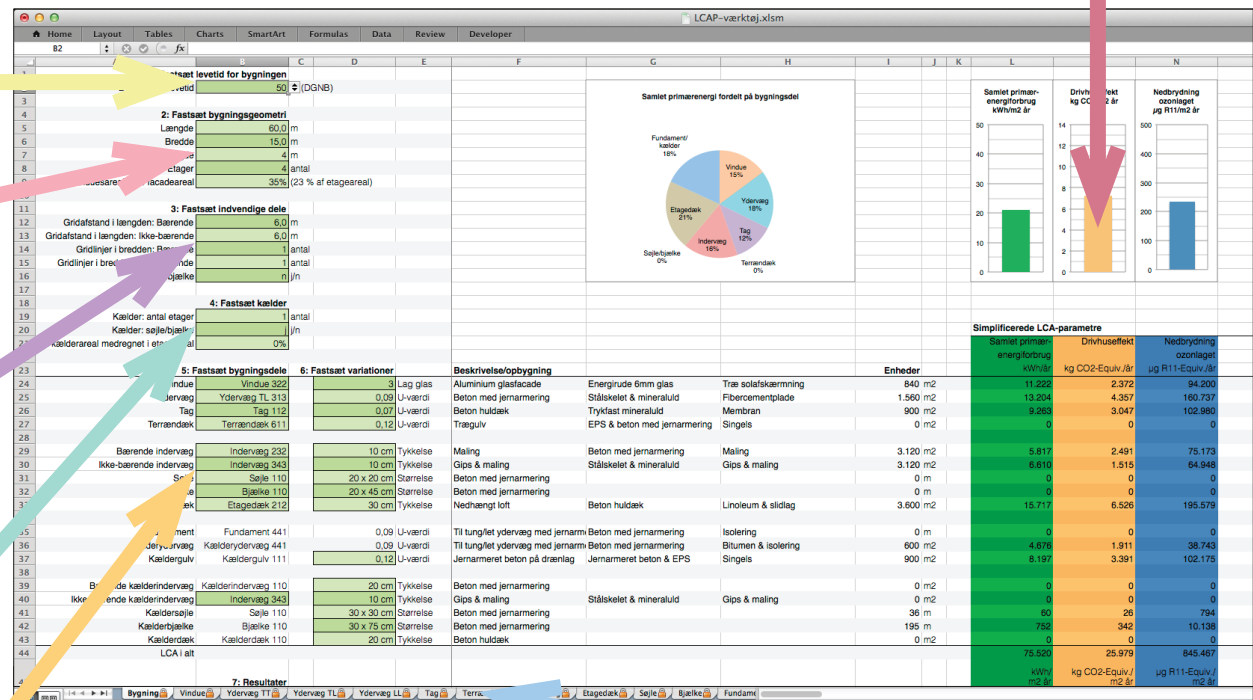
2: Fastsæt bygningsgeometri

3: Fastsæt indvendige dele

4: Fastsæt kælder

5 & 6: Fastsæt bygningsdele og variationer

8: Se LCA-profiler for bygningsdele



1: Fastsat levetid for bygningen

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

Her fastsættes bygningens levetid ved hjælp af drop-down menuen. Bygningens levetid har en virkning på det 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: Fastsat levetid for bygningen

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

2: Fastsat bygningsgeometri

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

Længde

Her angives bygningens længde.

Bredde

Her angives bygningens bredde eller dybde.

Etagenhøjde

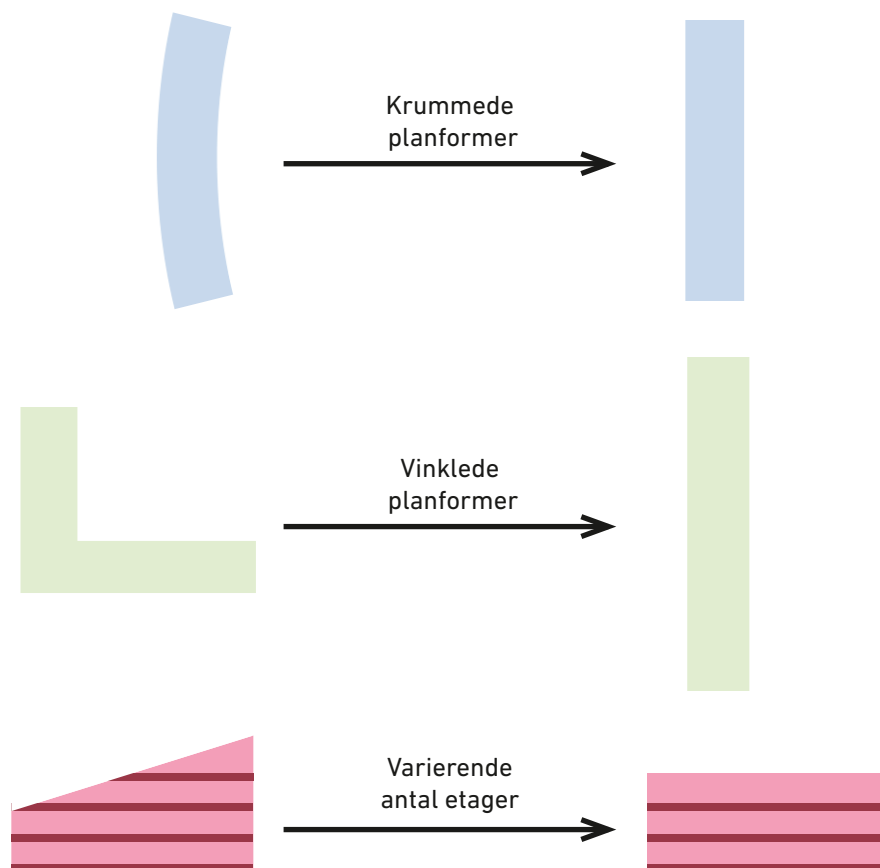
Her angives etagehøjden, som svarer til gulv-til-gulv højden.

Etager

Her angives antallet af etager (eksklusiv kælderetager). Hvis der er varierende etagehøjder, så 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: Fastsat 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 og afrunder ned for at beregne antallet af opdelinger.

Gridafstand i længden: Ikke-bærende

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

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.

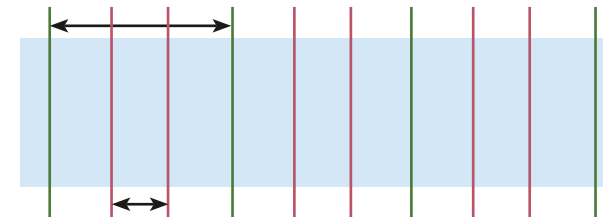
Gridlinjer i bredden: Ikke-bærende

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



Antal gridlinjer i bredden for bærende konstruktioner

Antal gridlinjer i bredden 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 fundamenter.

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	Vindue 322
Ydervæg	Ydervæg LL	Ydervæg LL 337
Tag	Tag	Tag 112
Terrændæk	Tag 111	Terrændæk 611
	Tag 112	
	Tag 113	
Bærende indervæg	Tag 114	Bærende indervæg 232
Ikke-bærende indervæg	Tag 211	Ikke-bærende indervæg 343
Søjle	Tag 212	Søjle 110
Bjælke	Tag 213	Bjælke 110
Etagedæk	Tag 214	Etagedæk 212
	Tag 311	
	Tag 312	
Fundament	Tag 313	Fundament 551
Kælderydervæg	Tag 314	Kælderydervæg 551
Kældergulv	Tag 421	Kældergulv 111
	Tag 422	
	Tag 423	
Bærende kælderindervæg	Tag 424	Bærende kælderindervæg 110
Ikke-bærende kælderindervæg	Tag 425	Ikke-bærende kælderindervæg 343
	Tag 426	
Kældersøjle	Tag 427	Kældersøjle 110
Kælderbjælke	Tag 428	Kælderbjælke 110
Kælderdæk	Tag 429	Kælderdæk 110

Bygningsdel-koder

Se efterfølgende faneblade

6: Fastsæt variationer

6: Fastsæt variationer		Beskrivelse/opbygning
3	Lag glas	Aluminium glasfacade
0,09	U-værdi	Gipsplade & træbeklædning
0,07	U-værdi	Beton huludlæk
0,07	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/m² K
- U-værdi = 0,12 W/m² K
- U-værdi = 0,15 W/m² 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/m² K
- U-værdi = 0,09 W/m² K
- U-værdi = 0,12 W/m² 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/m² K
- U-værdi = 0,09 W/m² K
- U-værdi = 0,12 W/m² 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 dens U-værdi fastsættes automatisk på baggrund af valget af klimaskærmens ydervægstype og dens U-værdi.

Kælderydervæg

Kælderydervægge og dens 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/m² K
- U-værdi = 0,09 W/m² K
- U-værdi = 0,12 W/m² 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 kældrens 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

Kældrens 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

Kældrens 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.

Kælderdæk

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

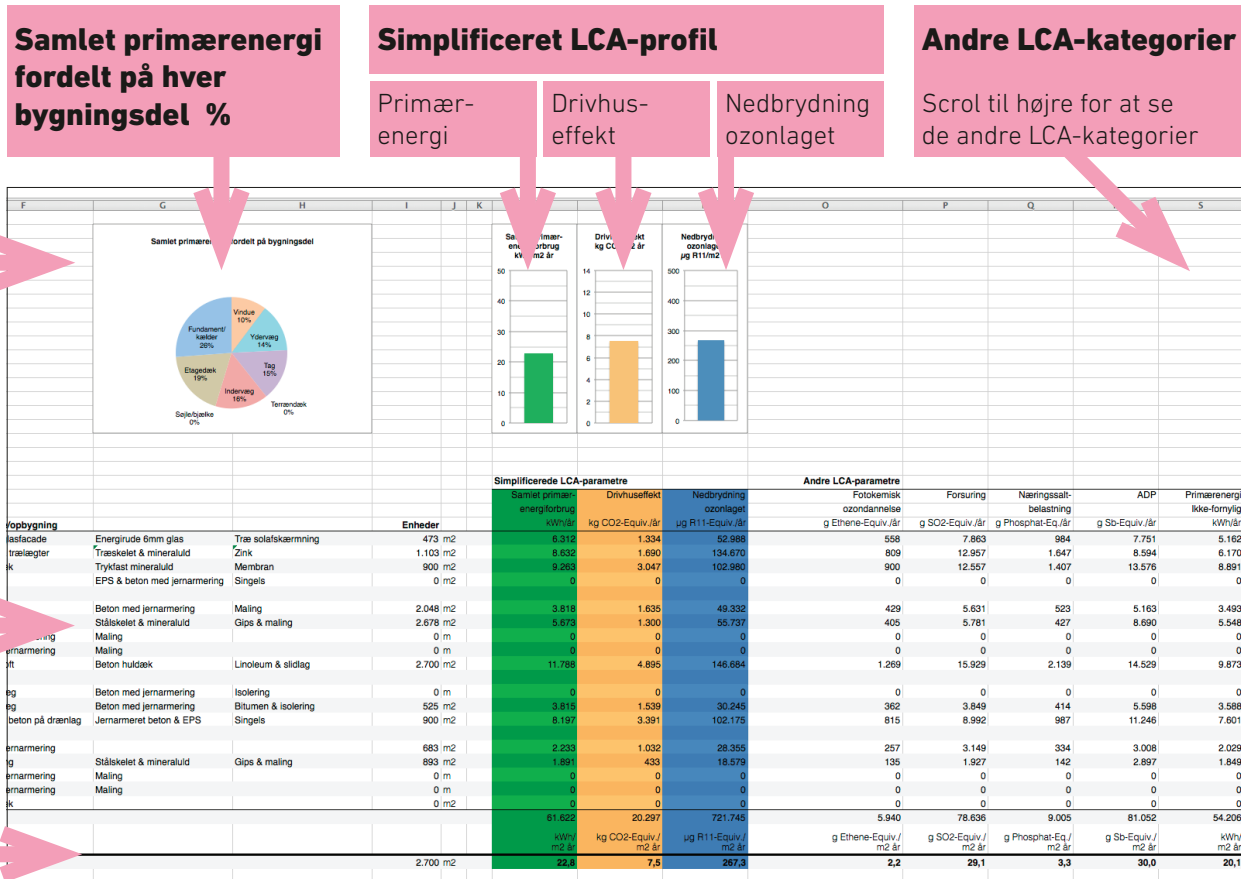
- 20 cm
- 30 cm
- 40 cm.

7: Se resultater

Resultaterne vises grafiske for hele bygningen.

Kagediagrammet viser det samlede primærenergiforbrug fordelt på hver bygningsdel.

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



Resultattallene for hver bygningsdel (pr. år)

Resultattallene for hele bygningen (pr. m² år)

8: Se LCA-profiler for bygningsdele

De resterende faneblader indeholder LCA-profilerne for alle de bygningsdele, som anvendes i værktøjet. Hver faneblade 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
34					Beton huldæk
35	Fundament	Fundament 441	0,09	U-værdi	Til tung/let ydervæg med jernarm
36	Kælderydervæg	Kælderydervæg 441	0,09	U-værdi	Beton med jernarmering
37	Kældergulv	Kældergulv 111	0,12	U-værdi	Til tung/let ydervæg med jernarm
38					Beton med jernarmering
39	Bærende kælderindervæg	Kælderindervæg 110	20 cm	Tykkelse	Jernarmeret beton på drænlag
40	Ikke-bærende kælderindervæg	Indervæg 343	10 cm	Tykkelse	Jernarmeret beton & EPS
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 huldæk
44	LCA i alt				
45	7: Resultater				
46	LCA i alt pr m2 etageareal				Etageareal
47					
48					

Normal View Ready Sum = 50

Bygningdelens 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

Bygningdel-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)	Næringssalt- belastning g Phosphat-Equiv./ (m2 x år)	ADP g Sb-Equiv./ (m2 x år)	Primæren- forbrug Ikke-form kWh/ (m2 x år)
Ydervæg TL												
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		8,48	1,48	69,69	0,70	6,69	0,63		9,10
Ydervæg TL 113	Murværk	Stålskelet & mineraluld	Fibercementplade		8,24	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		9,00
Ydervæg TL 124	Murværk	Stålskelet & papiruld	Natursten		9,74	2,07	194,25	0,83	9,61	0,62		12,24
Ydervæg TL 125	Murværk	Stålskelet & papiruld	Skærmtegl		6,95	1,00	52,44	0,63	5,68	0,50		10,35

Bygningdel-koder

Bruges i drop-down menuer i fanebladet *Bygning*

Bygningdelenes beskrivelse og opbygning

Tredelt opbygning indra og ud

LCA-kategorier til simplificeret LCA-profil

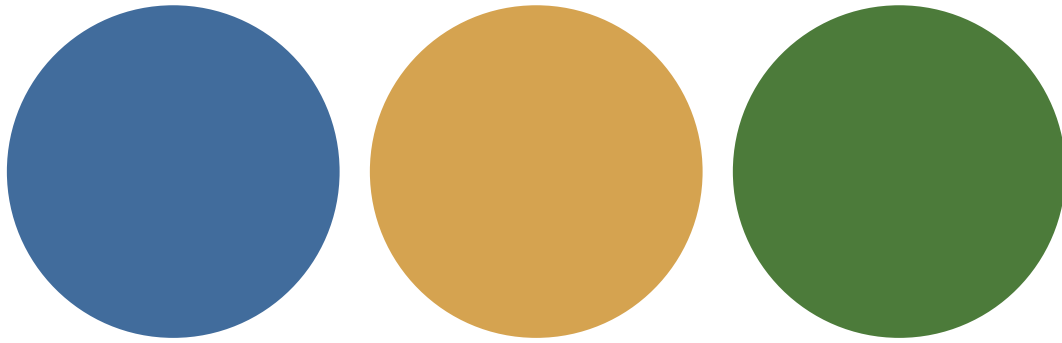
Andre LCA-kategorier

Scrol til højre for at se alle LCA-kategorier

Kolofon

Titel	LCA profiler for bygninger og bygningsdele - vejledning til værktøj til brug tidligt i designprocessen
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2014
Forfatter	Rob Marsh
Sprog	Dansk
Sidetæl	16
Emneord	Byggeri, bygningsdele, LCA-vurdering, IT-værktøj
Layout & design	Rob Marsh
Diagrammer	Rob Marsh
Udgiver	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