

# Bæredygtighed og klimakrav i byggebranchen



HjulmandKaptain

# Program

- 15:00 – 15:45: Bæredygtigt byggeri v/ Charlotte Jakobsen og Anne Hedegaard fra Frandsen & Søndergaard
- 16.00 – 16:45: Implementering af klimakrav i udbudsmaterialet v/ Jeanne Schou og Martin Holmgaard Thomsen fra HjulmandKaptain
- 16:45 – 17:30: Let anretning og netværk i fredagsbaren



HjulmandKaptain

# Bæredygtigt byggeri

Vi er...



## Anne Hedegaard

Civilingeniør,  
Bæredygtighedschef,  
Bæredygtighedsleder,  
DGNB-auditor  
Bestyrelsesmedlem, NBE  
Bestyrelsesmedlem, We Build DK  
Mere end 12 års erfaring med  
bæredygtighed i byggebranchen

[ah@frandsen-sondergaard.dk](mailto:ah@frandsen-sondergaard.dk)  
+ 45 61 42 13 05



## Charlotte Jakobsen

Civilingeniør,  
DGNB-konsulent  
Konsulent i Svanemærket  
byggeri  
Fokusområder: DGNB, LCA &  
miljøfarlige stoffer i  
byggematerialer

[cj@frandsen-sondergaard.dk](mailto:cj@frandsen-sondergaard.dk)  
+ 45 51 16 21 92

# Bæredygtighedsafdelingen 2023



**FRANSEN &  
SØNDERGAARD**  
ingeniør- & bæredygtighedsrådgivning



**Anne Hedegaard**  
Bæredygtighedschef,  
Civilingeniør,  
Bæredygtighedsleder,  
DGNB-auditor  
Bestyrelsesmedlem, NBE  
Bestyrelsesmedlem, We Build  
DK



**Lasse Hagerup**  
Fagligleder Bæredygtighed  
Bygningskonstruktør,  
Bæredygtighedsleder,  
DGNB-konsulent  
DGNB-Auditor  
Konsulent i Svanemærket  
byggeri  
EPD ansvarlig.



**Karina Vedel  
Kronborg**  
Tegnestueleder  
DGNB-auditor  
VVS-ingeniør,  
Projektledelse, Indeklima  
Konsulent i Svanemærket  
byggeri



**Peter Gasberg**  
Adm. direktør, partner,  
Ingeniør, Merkonom og  
DGNB-konsulent



**Greta Szefer**  
Bygningskonstruktør  
DGNB-konsulent  
EPD ansvarlig.



**Edvinas  
Damikaitis**  
Bygningskonstruktør  
DGNB-medarbejder  
EPD medarbejder



**Vladimira  
Papazova**  
Bygningskonstruktør,  
DGNB konsulent



**Jacob Scharling  
Jørgensen**  
VVS-ingeniør  
DGNB-konsulent



**Jonas  
Buurgaard**  
Bygningskonstruktør  
DGNB-konsulent  
Konsulent i Svanemærket  
byggeri



**Charlotte  
Jakobsen**  
Civilingeniør  
DGNB-konsulent  
Konsulent i Svanemærket  
byggeri

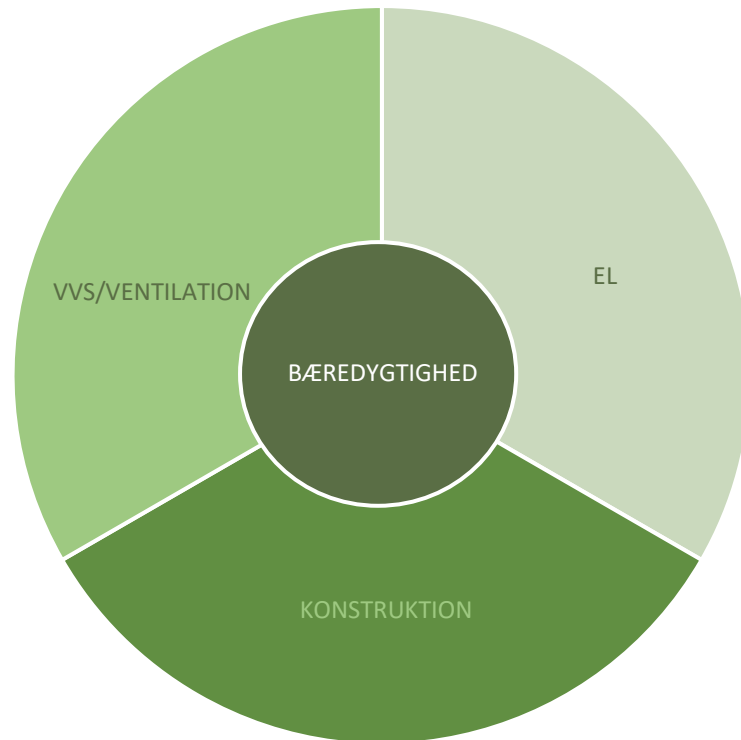


**Kristoffer  
Jørgensen**  
Partner, El-ingeniør  
DGNB-konsulent



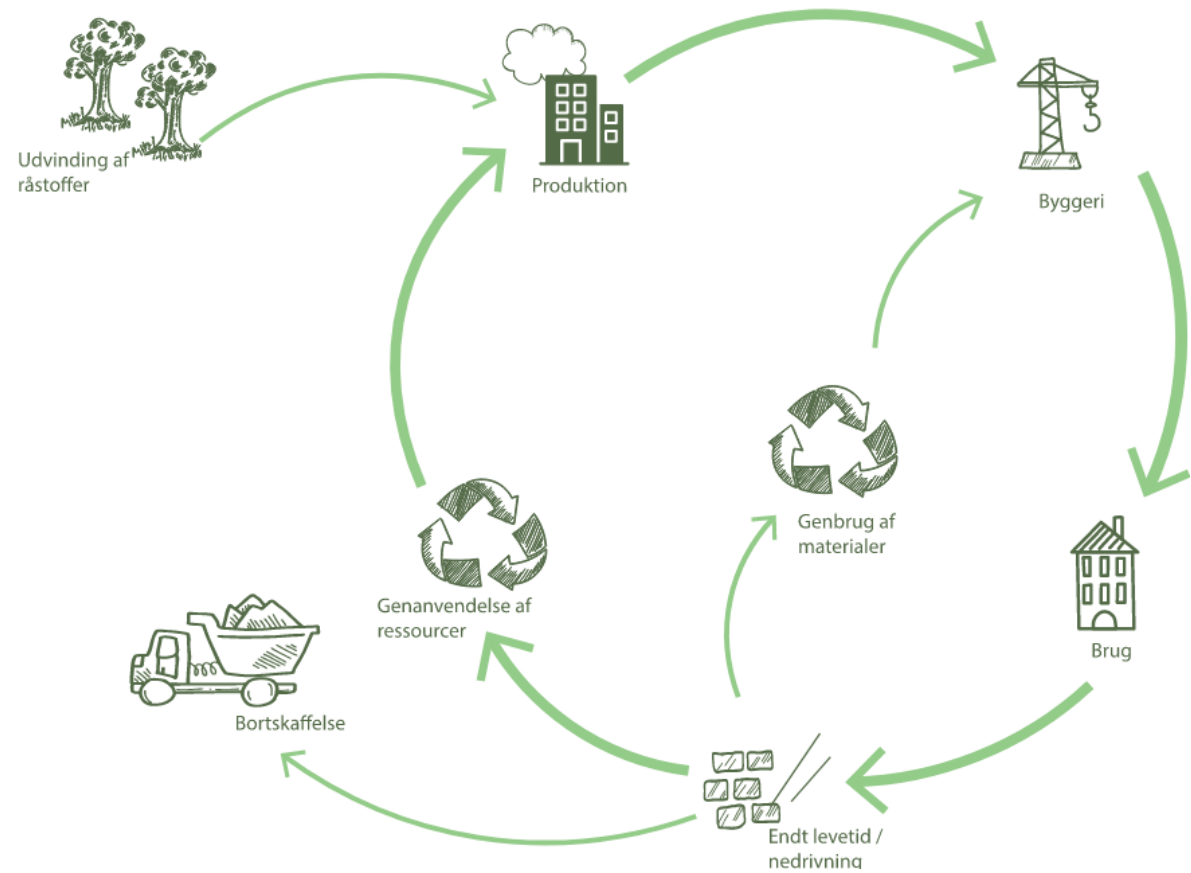
**Anne Bejder**  
Civilingeniør, DGNB-  
medarbejder, cirkulær  
økonomi

# Vores arbejde med bæredygtighed

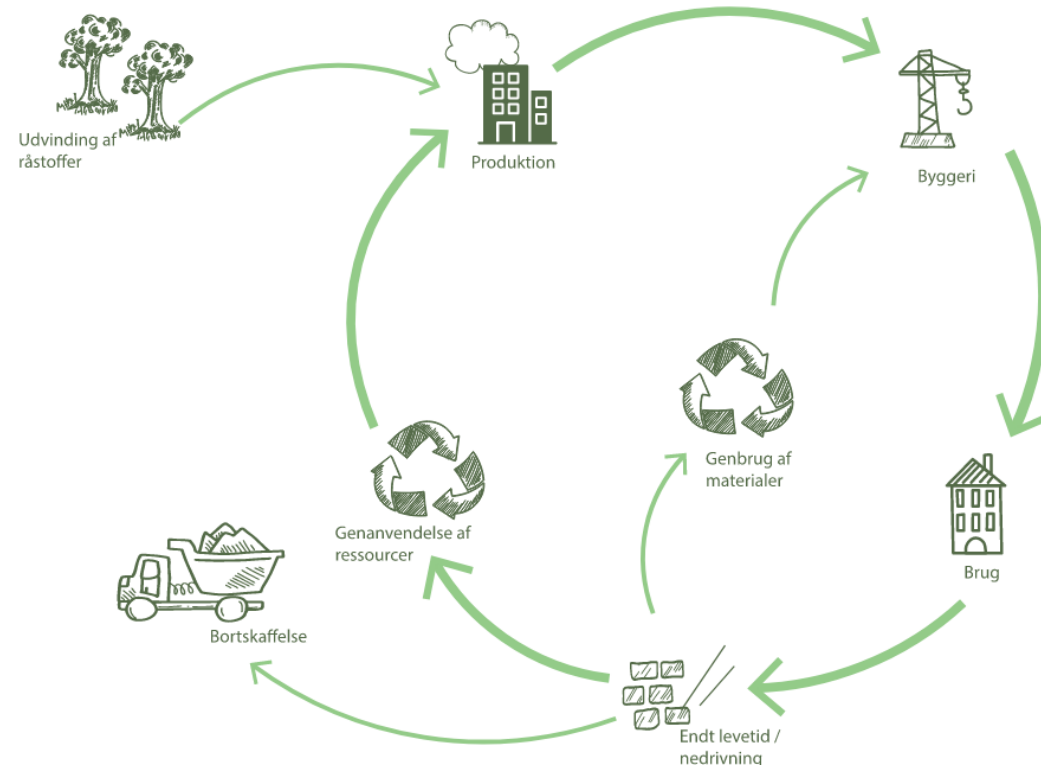
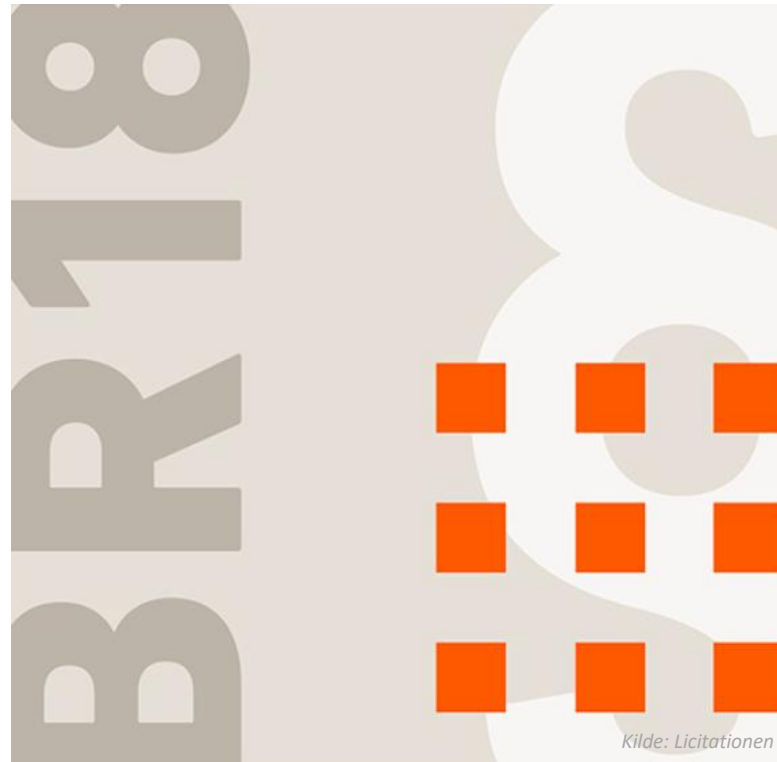


# Dagsorden

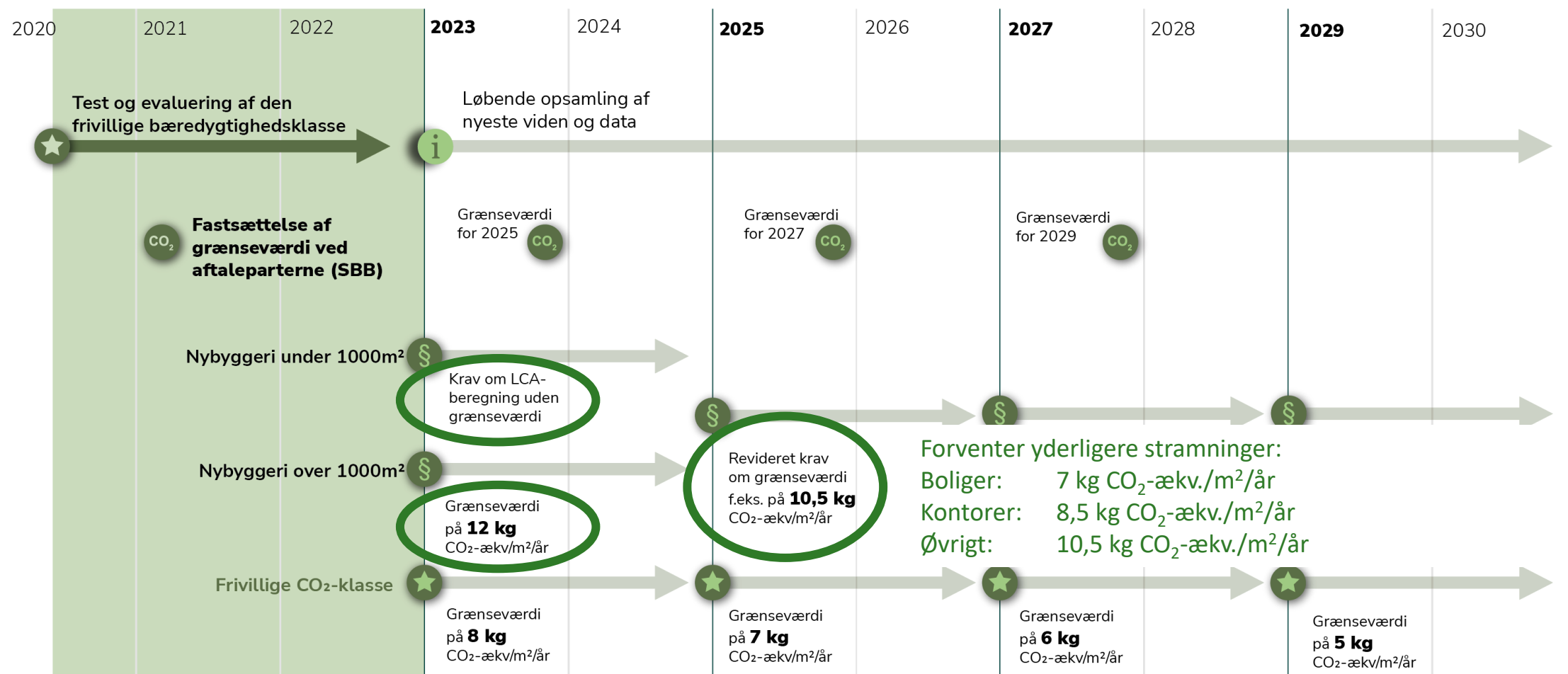
- De nye klimakrav 2023
- LCA - hvad er det?
- EPD'er: Et konkurrenceparameter
  
- Hvad bringer fremtiden?
- Udbudseksempler



# Klimakrav i BR fra 2023



# Lovkrav i BR fra 2023





# Omfattede komponenter

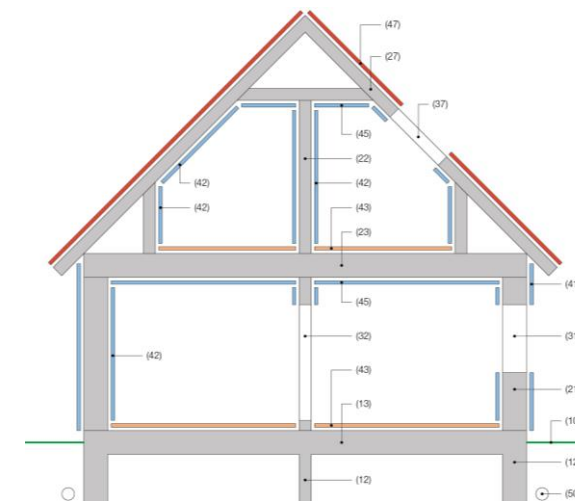
Tabel 6 jf. § 297, Stk. 4

## Medtages:

- Tag, ydervægge, indervægge, dæk og lignende, medregnes fra malingen på den indvendige side til beklædningen på den udvendige side.
- Tekniske anlæg og hovedføringsveje, dog kun de lige kanaler/rør
- Ventilationsaggregat, inklusiv varme- og køleflader samt kanalsystemet til ventilation

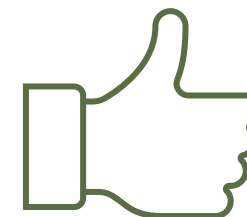
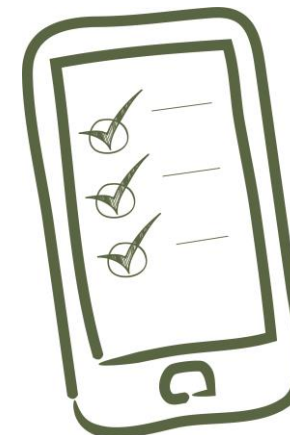
## Medtages ikke:

- Mindre fastgørelsesmidler, fx søm, skruer, hulplader murbindere eller lignende
- Fugemateriale, lokale membraner og fugtspærre i fundamenter, samt håndlister, fodpaneler og lignende lister
- Installationer i jord, belysningsarmaturer mv.
- Sanitet og diverse komponenter



# Håndhævelse af klimakrav?

- Ved ansøgning om byggetilladelse: ingen indsendelse af dokumentation
- Ved færdigmelding af byggeriet: indsendelse af LCA-beregning, som dokumenterer bygningens samlede klimapåvirkning
- Stikprøvekontrol i 10 pct. af de givne ibrugtagningstilladelser til større byggerier – herunder LCA-beregning
- Evt. Politianmeldelse og bøde



# Klimakravene vs. DGNB?



**RÅDET  
FOR  
BÆREDYGTIGT  
BYGGERI**



50 % (samlet)  
Minimum 35 % i  
hvert hovedområde

Sølv



65 % (samlet)  
Minimum 50 % i  
hvert hovedområde

Guld



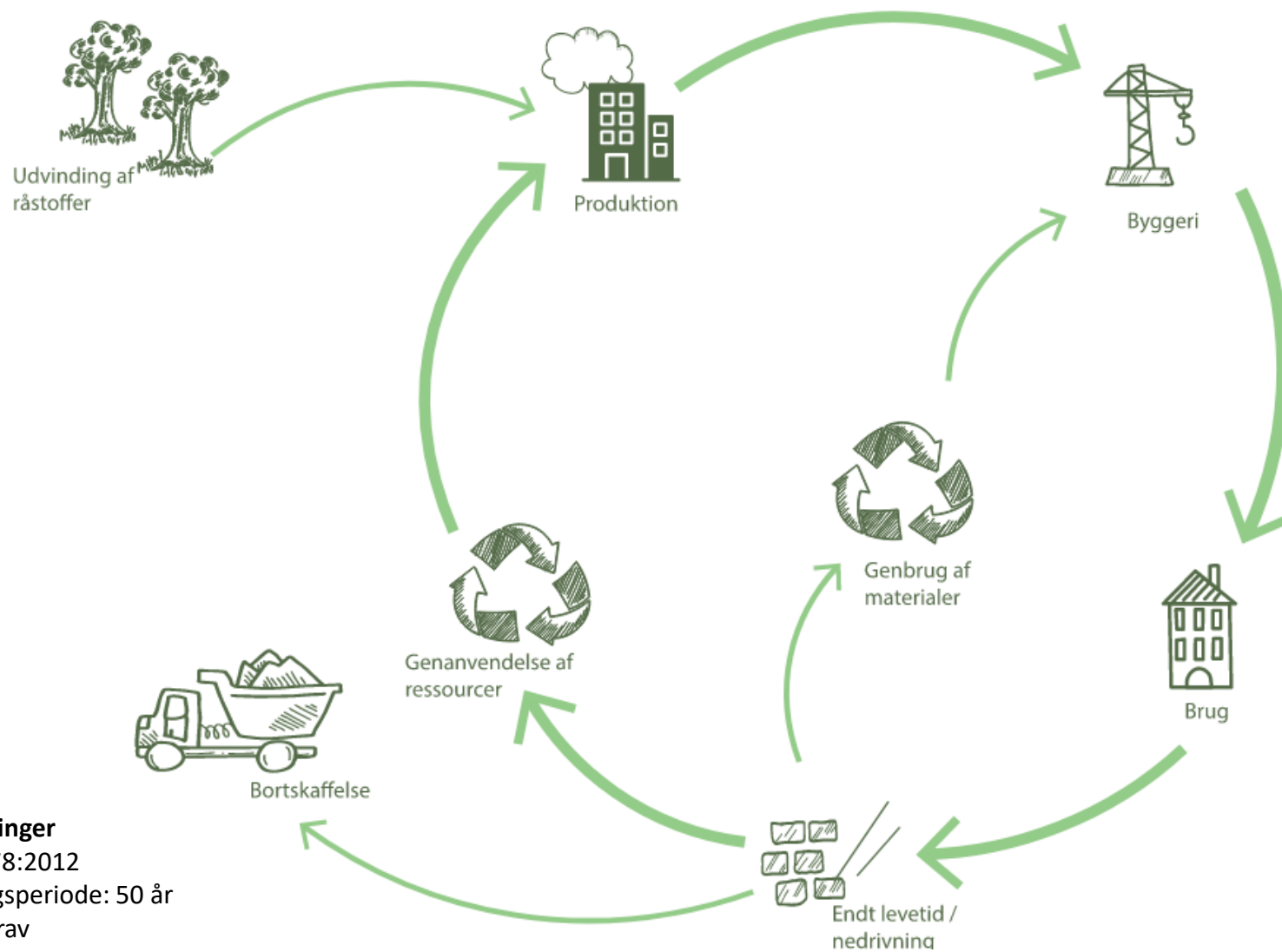
80 % (samlet)  
Minimum 65 % i  
hvert hovedområde

Platin

- Ny DGNB 2023 manual
- **ENV1.1** - Livscyklusvurdering (LCA) er nu et **knock-out kriterie**
- **DGNB Guld** bliver sværere at opnå!
- **DGNB Guld**: CO<sub>2</sub>-udledning på **9 kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup> pr. år** eller mindre!

# LCA, hvad er det?

# LCA-analyse



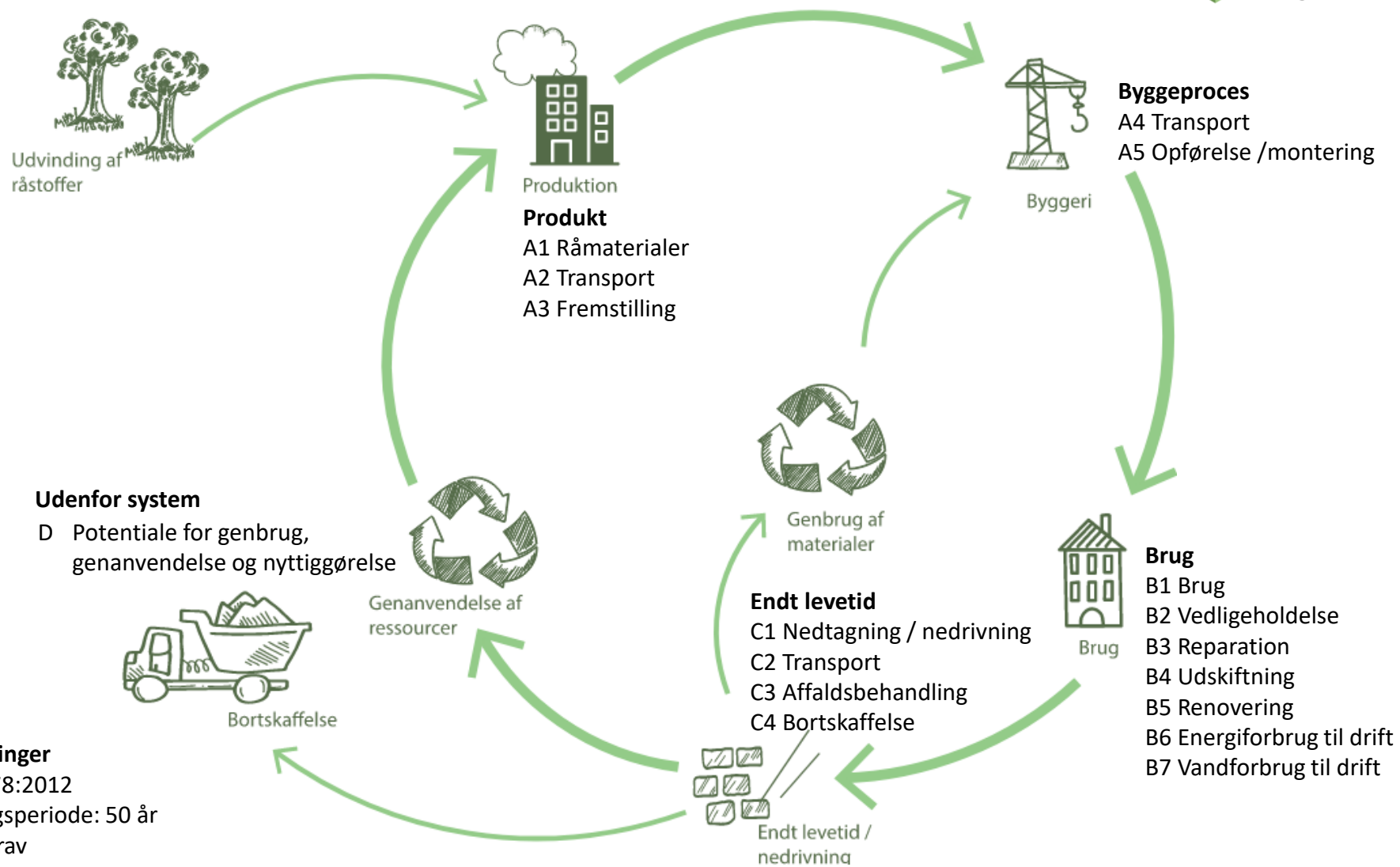
## Forudsætninger

DS/EN15978:2012

Betragtningsperiode: 50 år

Vugge → grav

# LCA-analyse



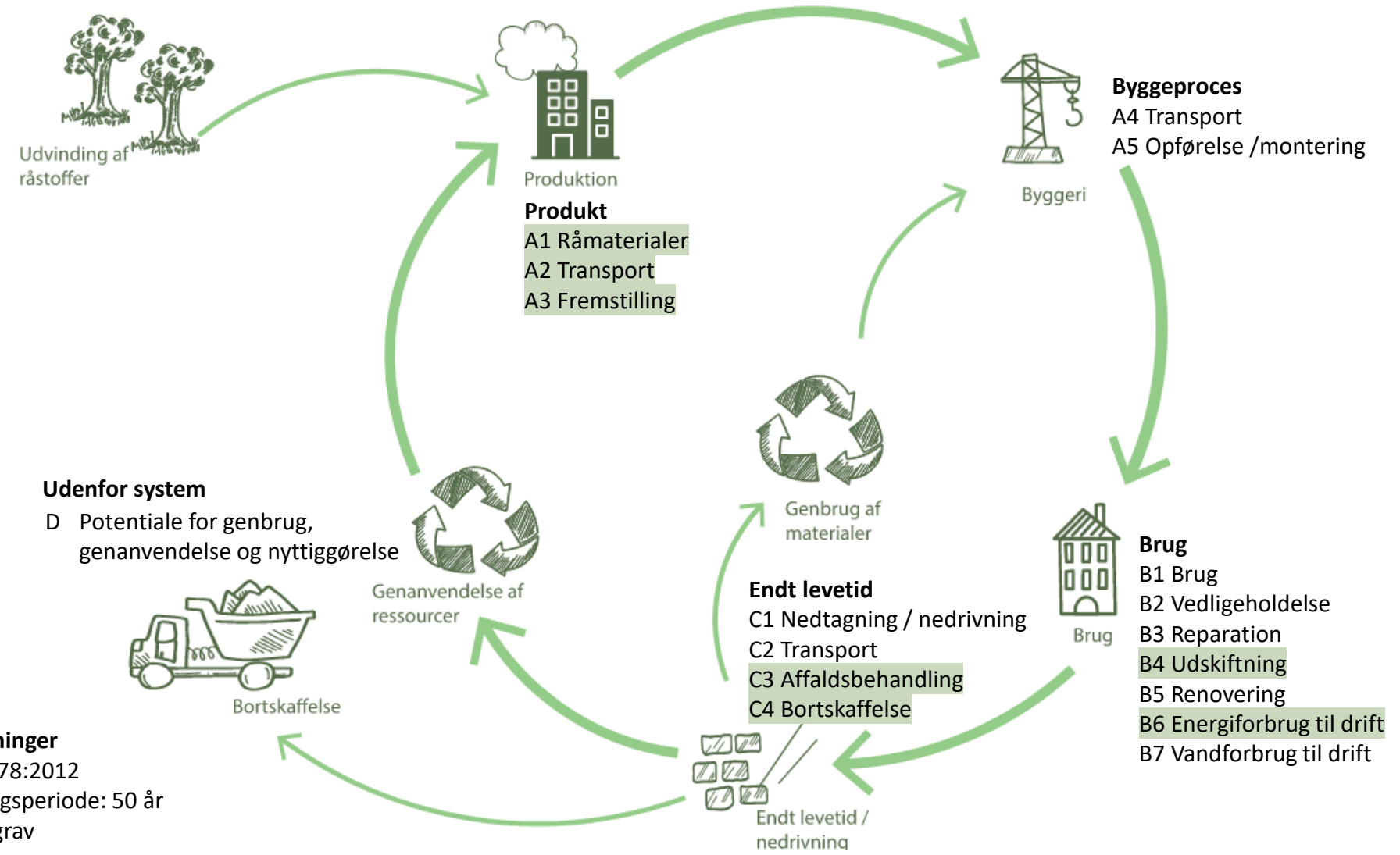
## Forudsætninger

DS/EN15978:2012

Betragtningsperiode: 50 år

Vugge → grav

# LCA-analyse



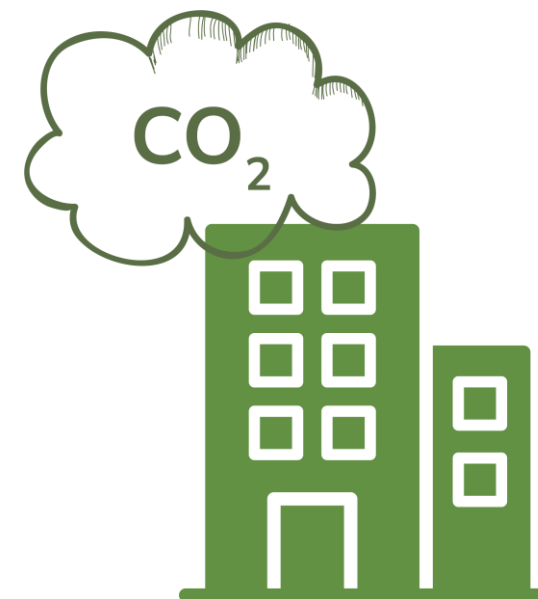
**Udenfor system**  
D Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse

**Forudsætninger**  
DS/EN15978:2012  
Betragtningsperiode: 50 år  
Vugge → grav

# LCA – Beregningsgrundlag



Mængder og opbygninger  
Datagrundlag  
Nøgletal fra energiramme  
Opvarmet areal [m<sup>2</sup>]  
Etagereal [m<sup>2</sup>]

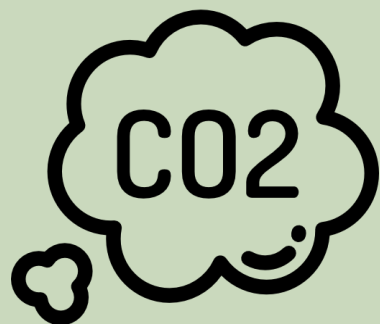


**GWP**  
GLOBAL WARMING POTENTIAL

**Kg CO<sub>2</sub> ækvivalenter/m<sup>2</sup>/år**



# Hvad er en CO<sub>2</sub>-ækvivalent?



1 kg CO<sub>2</sub> svarer til  
1 kg CO<sub>2</sub> ækv.



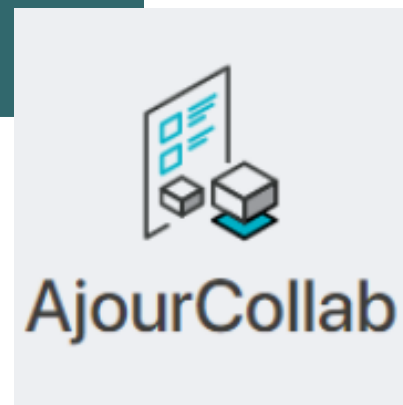
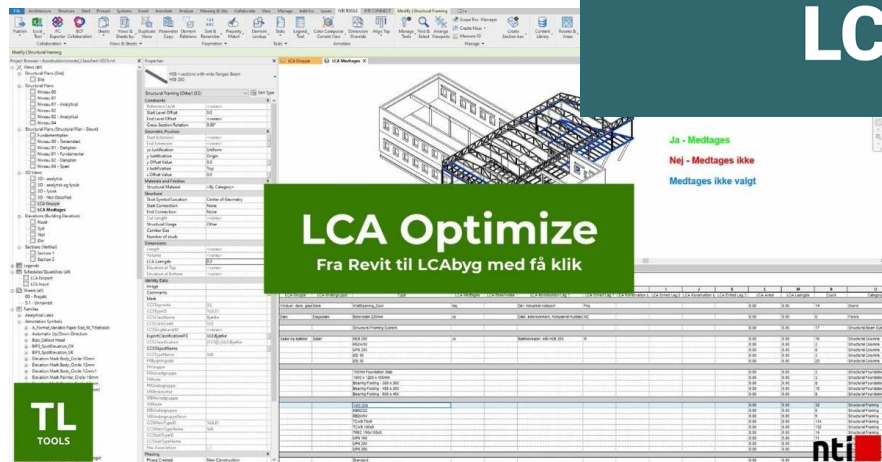
1 kg metan svarer til  
25 kg CO<sub>2</sub> ækv.



1 kg lattergas svarer til  
298 kg CO<sub>2</sub> ækv.



# LCA værktøjer

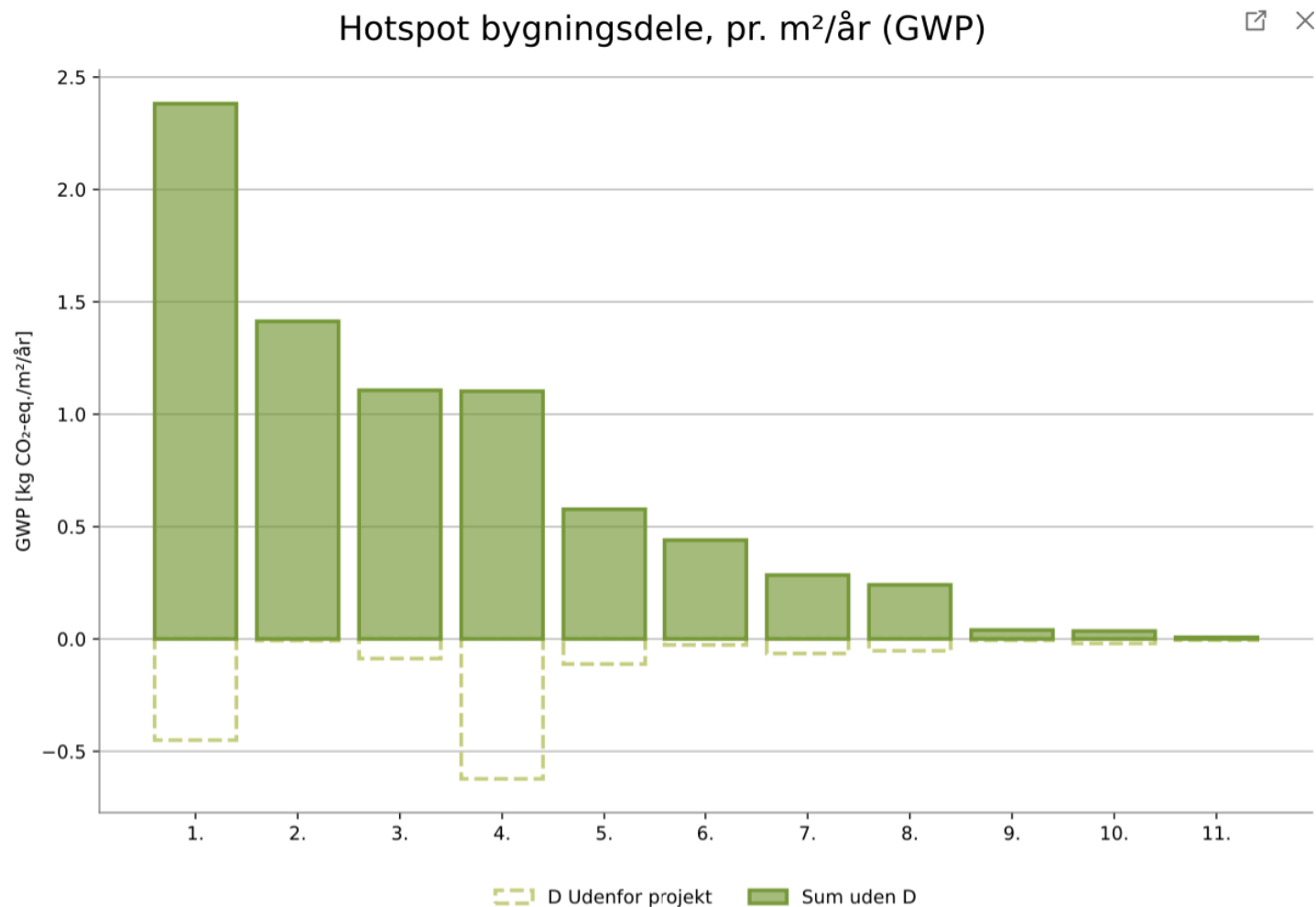


## LCA Lettere og hurtigere

Hold overblikket i din model  
og kom let videre til LCAbyg.



# LCA som værktøj



## Hotspot analyse

Indikator: GWP

Opgerelse: Pr. m<sup>2</sup> pr. år

Niveau: Bygningsdele

Sorter efter D

Saml navne

## Tabeldata

	Navn	Sum uden D
1	Terrændæk	2,382e+00
2	Ydervægge	1,413e+00
3	Randfundamenter	1,107e+00
4	Tagkonstruktion	1,102e+00
5	Gulvarmeanlæg	5,771e-01
6	Indervægge	4,399e-01
7	Vinduer og udvendige døre	2,842e-01
8	Varmeanlæg	2,408e-01
9	Indvendige døre	3,977e-02
10	Ventilationsanlæg	3,517e-02
11	Vand og afløb	7,305e-03

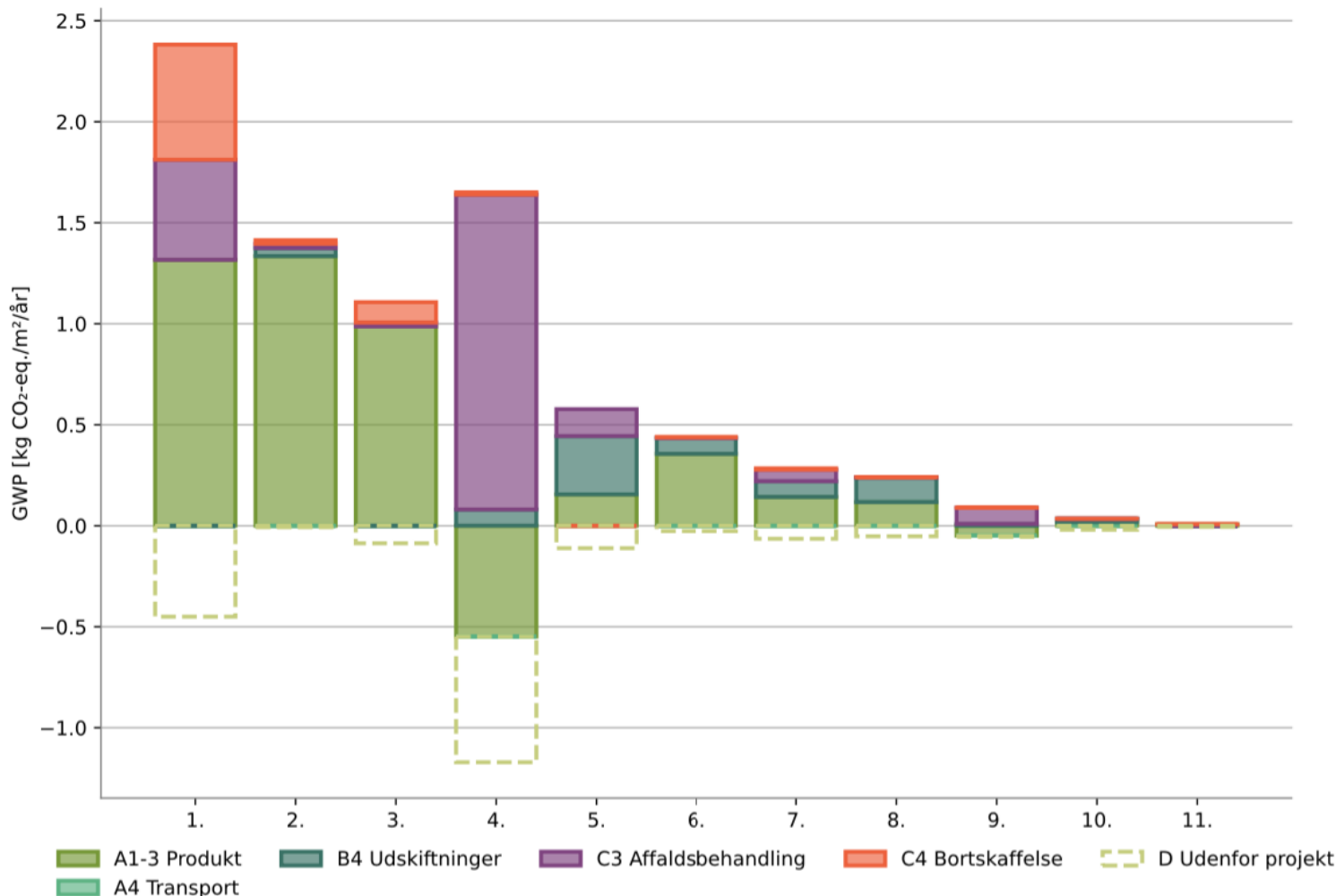
Kopier tabeldata

Eksporter tabeldata

← Træk i sidepanelet for at se flere resultater i tabellen

# LCA som værktøj

## Hotspot bygningsdele, pr. m<sup>2</sup>/år (GWP)



### Avanceret hotspot

Indikator: GWP  
Opførelse: Pr. m<sup>2</sup> pr. år  
Niveau: Bygningsdele

Sorter efter D  
 Saml navne

#### Hvilke faser skal vises?

- A1-3 Produkt
- A4 Transport
- B4 Udskiftninger
- C3 Affaldsbehandling
- C4 Bortskaffelse
- D Udenfor projekt

### Tabeldata

	Navn	A1-3
1	Terrændæk	1,316e+00
2	Ydervægge	1,335e+00
3	Randfundamenter	9,865e-01
4	Tagkonstruktion	-5,485e-01
5	Gulvarmeanlæg	1,550e-01
6	Indervægge	3,557e-01
7	Vinduer og udvendige døre	1,422e-01
8	Varmeanlæg	1,167e-01
9	Indvendige døre	-4,938e-02
10	Ventilationsanlæg	1,755e-02
11	Vand og afløb	7,303e-03

Kopier tabeldata

Eksporter tabeldata

← Træk i sidepanelet for at se flere resultater i tabellen

# Miljøpåvirkningskategorier

- **Kategori**  
Global Opvarmning (GWP)
- **Enhed**  
CO<sub>2</sub>-ækvivalenter
- **Problem**  
Når mængden af drivhusgasser i atmosfæren øges, opvarmes de jordnære luftlag med klimaændringer til følge.



- **Kategori**  
Forsuring (AP)
- **Enhed**  
SO<sub>2</sub>-ækvivalenter
- **Problem**  
Reagerer med vand og falder som "sur regn", der bl.a. medvirker til at nedbryde rodsystemer og udvaske planternes næringsstoffer.



- **Kategori**  
Udtømmning af abiotiske ressourcer – fossile brændsler (ADPf)
- **Enhed**  
MJ
- **Problem**  
Et højt forbrug af abiotiske ressourcer kan bidrage til udtømmning af tilgængelig energi i form af fossile brændsler.



- **Kategori**  
Ozonlagsnedbrydning (ODP)
- **Enhed**  
Ethen-ækvivalenter
- **Problem**  
Nedbrydning af det stratosfæriske ozonlag som beskytter flora og fauna mod solens skadelige UV-A og UV-B-stråler.



- **Kategori**  
Nærings saltbelastning (EP)
- **Enhed**  
PO<sub>4</sub>-ækvivalenter
- **Problem**  
For høje tilførsler af næringsstoffer fremmer uønsket plantevækst i sarte økosystemer, f.eks. algevækst med fiskedød til følge.



- **Kategori**  
Primærenergiforbrug (PEtot)
- **Enhed**  
MJ eller kWh
- **Problem**  
Et højt forbrug af ressourcer i primærenergi form fra fossile og fornybare kilder kan bidrage til udtømmning af naturlige ressourcer.



- **Kategori**  
Fotokemisk ozondannelse (POCP)
- **Enhed**  
R11-ækvivalenter
- **Problem**  
Bidrager i forbindelse med UV-stråler til at danne jordnær ozon (sommersmog) som bl.a. er skadelig for luftvejene.



- **Kategori**  
Udtømmning af abiotiske ressourcer – grundstoffer (ADPe)
- **Enhed**  
Sb-ækvivalenter
- **Problem**  
Et højt forbrug af abiotiske ressourcer kan bidrage til udtømmning af tilgængelige grundstoffer i form af f.eks. metaller eller mineraler.



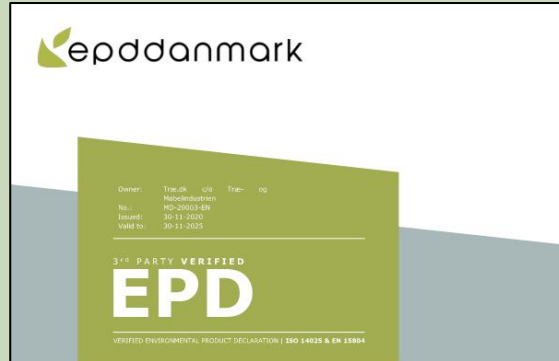
- **Kategori**  
Forbrug af sekundære brændsler (Sek)
- **Enhed**  
MJ eller kWh
- **Problem**  
Sekundære brændsler (f.eks. affald) er i princippet en begrænset ressource, og derfor kan et højt forbrug af sekundære brændsler indirekte føre til ressourceknaphed.



# EPD'er: Et konkurrenceparameter



# Hvad er en EPD?



Owner: Tre.dk, CIB, Tre-ny  
 No: H0-2002-15R  
 Issued: 30-11-2020  
 Valid to: 30-11-2025

3<sup>rd</sup> PARTY VERIFIED  
**EPD**  
 VERIFIED ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION | ISO 14025 & EN 15804

	C3 (recycling)	D (recycling)
	2.57E+00	-6.08E+01
	6.97E+02	-7.55E+02
	9.37E-14	-4.40E-06
	3.30E-03	-2.98E-01
	6.16E-04	-1.17E-01
	3.12E-04	-2.72E-02
	1.29E-06	-1.50E-04
	2.47E+01	-8.58E+02

EP = Eutrophication potential; POCP = depletion potential for fossil resources

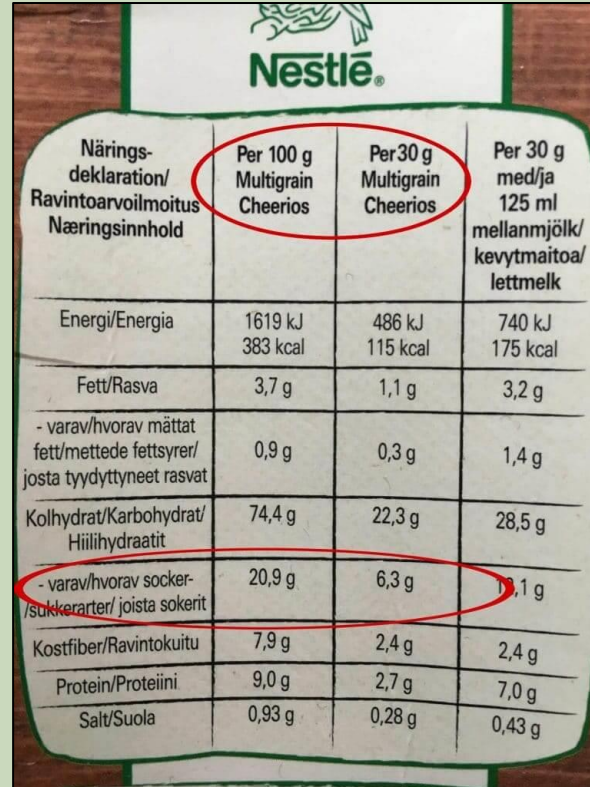
	C3 (recycling)	D (recycling)
	5.80E+01	INA
	-5.44E+03	8.44E+03
	-6.38E+03	INA
	3.15E+01	INA
	0	INA
	3.15E+01	INA
	0	INA
	0	INA
	2.88E-02	INA

Use: PERM = Use of renewable primary  
 Use of non renewable primary energy  
 primary energy resources used as raw  
 SF = Use of renewable secondary fuel

	C3 (recycling)	D (recycling)
	1.47E-06	-3.20E-06
	1.20E-01	-4.70E-03
	0	0
	0	0
	5.36E+02	-5.36E+02

MER	[GJ]	INA	INA	0	5.36E+02	-5.36E+02	0	0	0
EEE	[MJ]	INA	INA	0	0	0	0	0	0
EET	[MJ]	INA	INA	0	0	0	0	0	0

Caption: HWD = Hazardous waste disposed; NHWD = Non hazardous waste disposed; RWD = Radioactive waste disposed; CRU = Components for re-use; MFR = Materials for recycling; MER = Materials for energy recovery; EEE = Exported electrical energy; EET = Exported thermal energy



Närings-deklaration/ Ravintoarvoilmoitus Næringsinnhold	Per 100 g Multigrain Cheerios	Per 30 g Multigrain Cheerios	Per 30 g med/ja 125 ml mellanmjölk/ kevytmaidoa/ lettmelk
Energi/Energia	1619 kJ 383 kcal	486 kJ 115 kcal	740 kJ 175 kcal
Fett/Rasva	3,7 g	1,1 g	3,2 g
- varav/hvorav måttat fett/mettede fettsyrer/ joista tyydyttyneet rasvat	0,9 g	0,3 g	1,4 g
Kolhydrat/Karbohydrat/ Hiilihydraatit	74,4 g	22,3 g	28,5 g
- varav/hvorav socker- /sukkerarter/ joista sokerit	20,9 g	6,3 g	1,1 g
Kostfiber/Ravintokuitu	7,9 g	2,4 g	2,4 g
Protein/Proteiini	9,0 g	2,7 g	7,0 g
Salt/Suola	0,93 g	0,28 g	0,43 g

# EPD'er

PRÆCISION

GENERISK DATA

BRANCHESPECIFIK  
EPD

PRODUKTSPECIFIK  
EPD

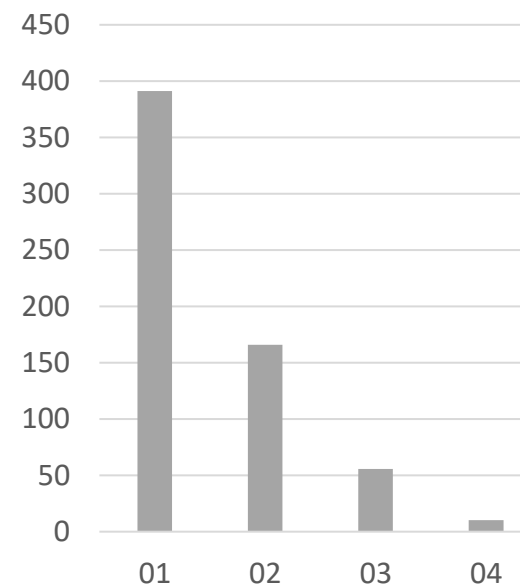
PROJEKTSPECIFIK  
EPD



# LCA delanalyse - Mursten

	Produkt	Kg CO <sub>2</sub> ækv. total Videnskabelig	Kg CO <sub>2</sub> ækv. total Tal
01	Generisk mursten fra Ökobau	3,91E+02	391,26
02	Konventionel rød mursten	1,66E+02	165,84
03	Biogasproduceret rød mursten	5,56E+01	55,64
04	Genbrugsmursten	1,00E+01	10,04

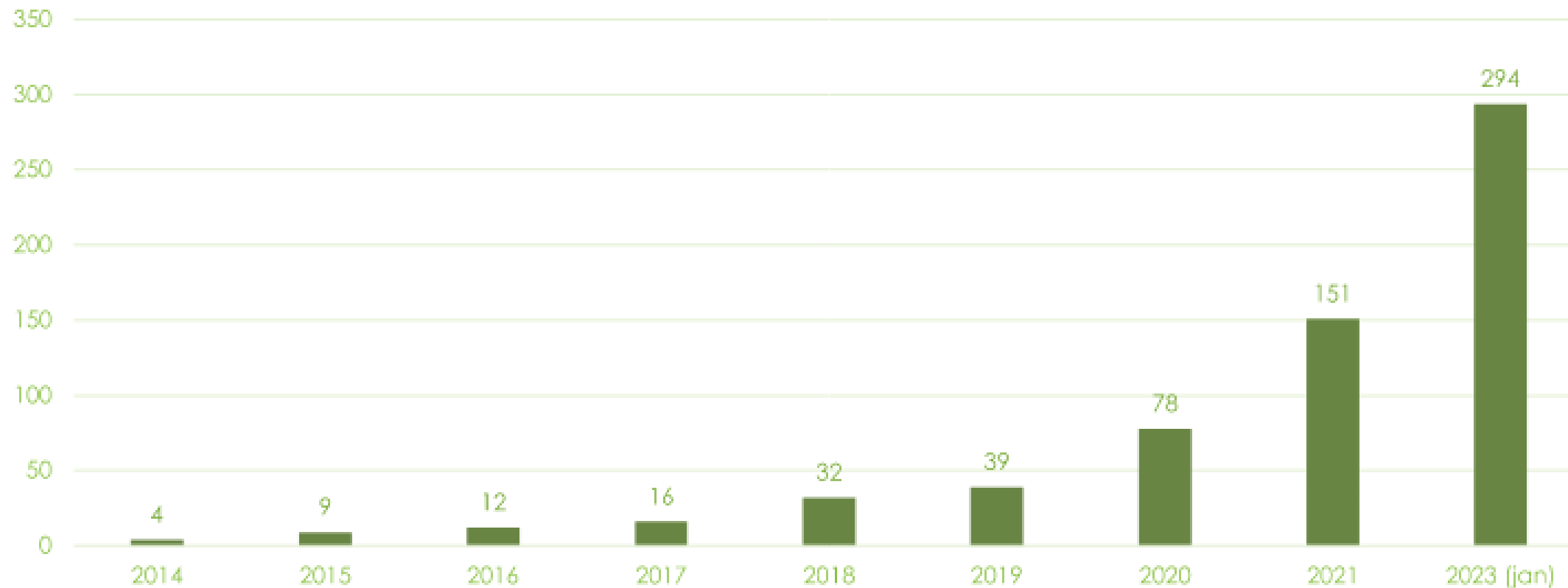
## LCA DELANALYSE KLIMAPÅVIRKNING AF MURSTEN



■ GWP - Miljøbelastning opgjort i kg CO<sub>2</sub> ækv.

# Miljøvaredeklaration (EPD)

Antal EPDer registreret i EPD Danmark

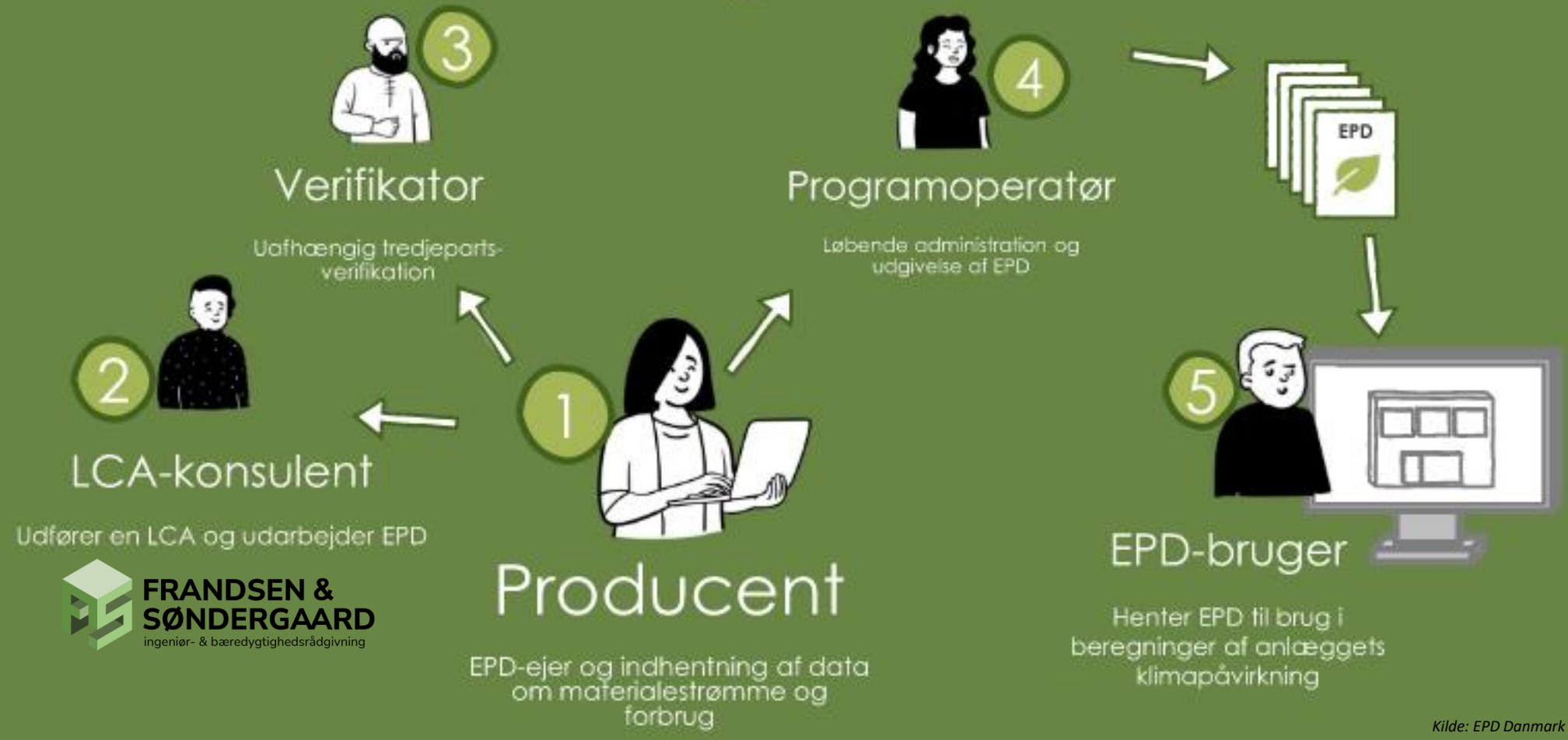


Nu er der 409

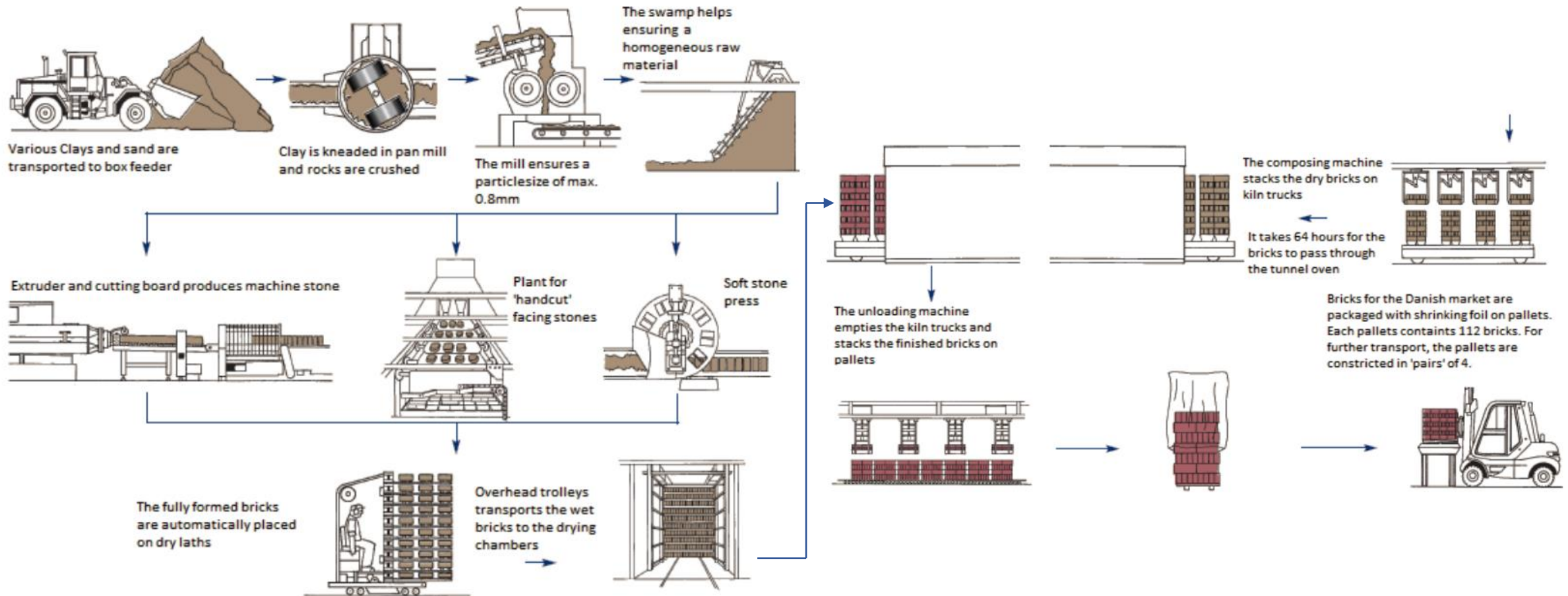
*Kilde: EPD Danmark*

# Miljøvaredeklaration (EPD)

## Hvad er en EPD – og hvordan bliver den til?

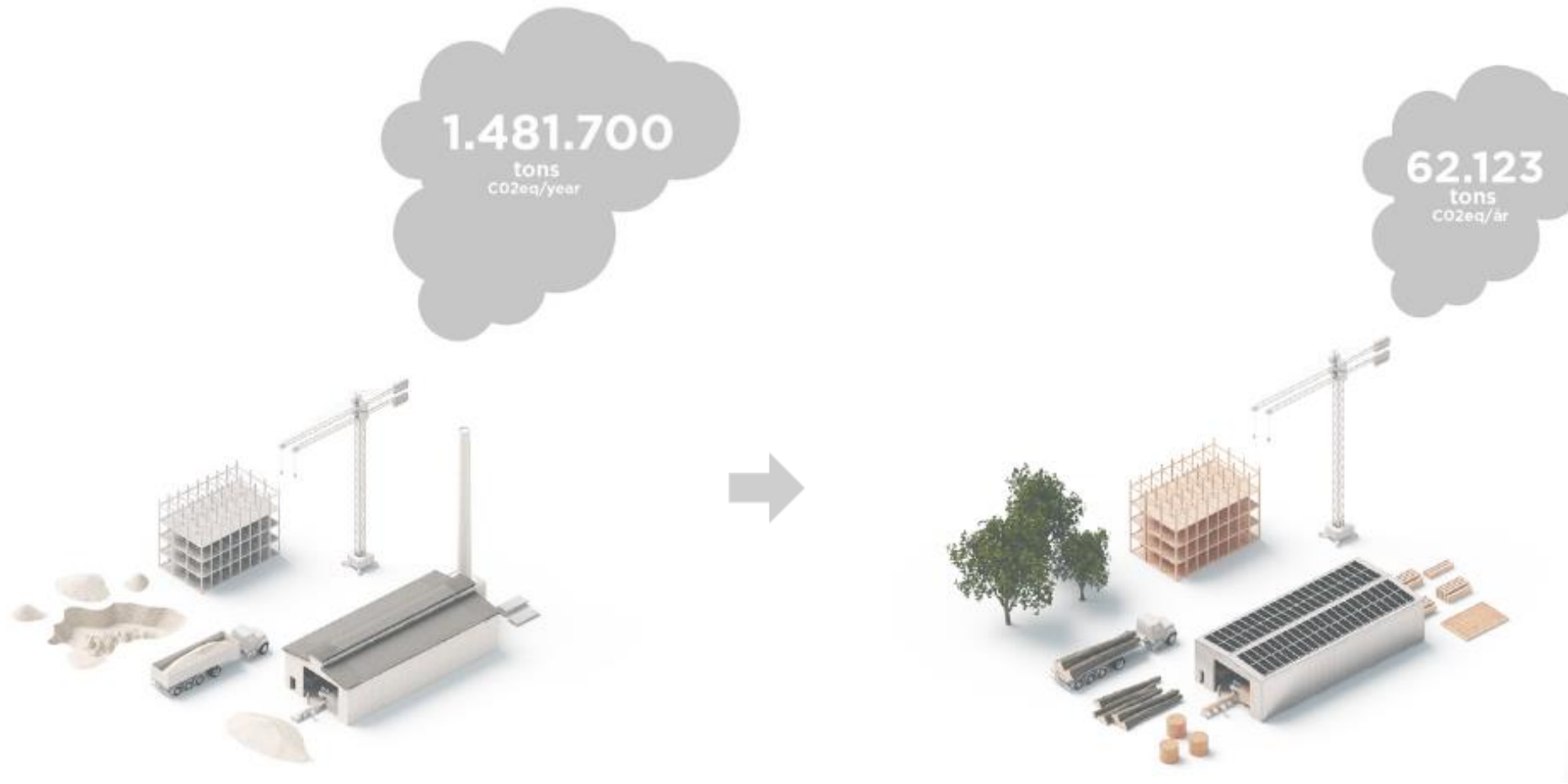


# Miljøvaredeklaration (EPD)



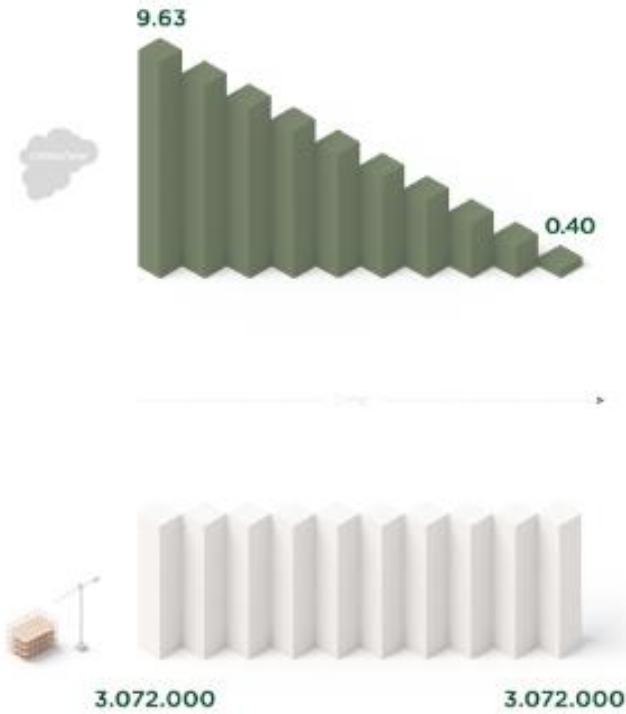
# Hvad bringer fremtiden?

# Reduction Roadmap

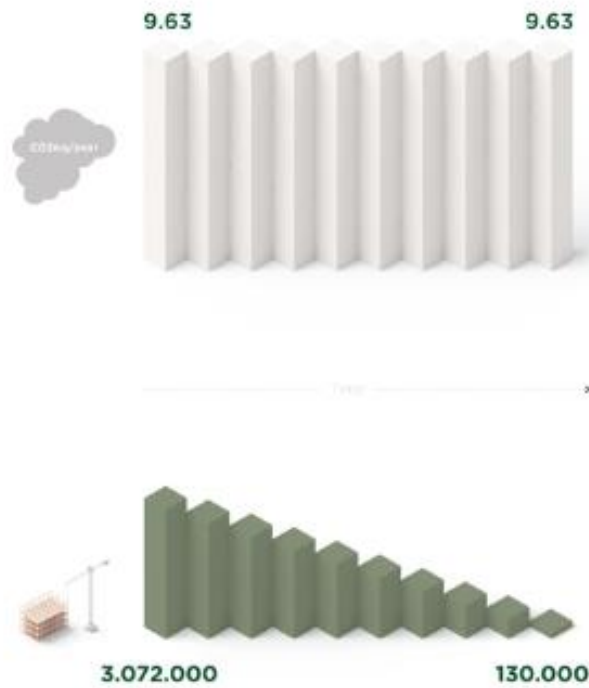


# Reduction Roadmap

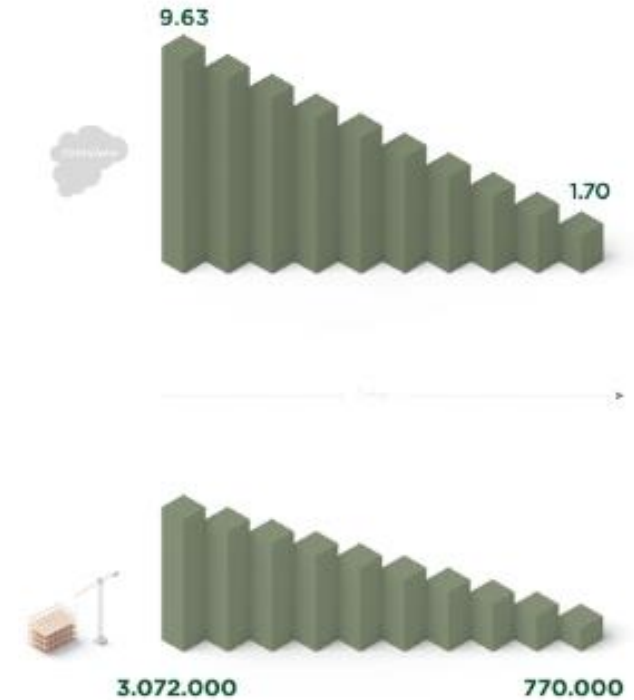
Scenarie 1



Scenarie 2



Scenarie 3





# Optimering af konstruktioner





# Eksempel på optimering

## Projekt til KS/gennemgang

- 178 pæle (á 18 m) fjernet efter gennemgang
- Pælene består hver af 1,62 m<sup>3</sup> armeret beton
- Fra 6 km pæle => 2,8 km pæle
- Sparet i CO<sub>2</sub>-ækv.: 99,74 ton / 53 %
- Økonomiske besparelse i anskaffelsessum: 2.586.667,-

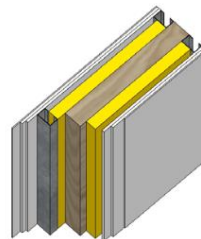
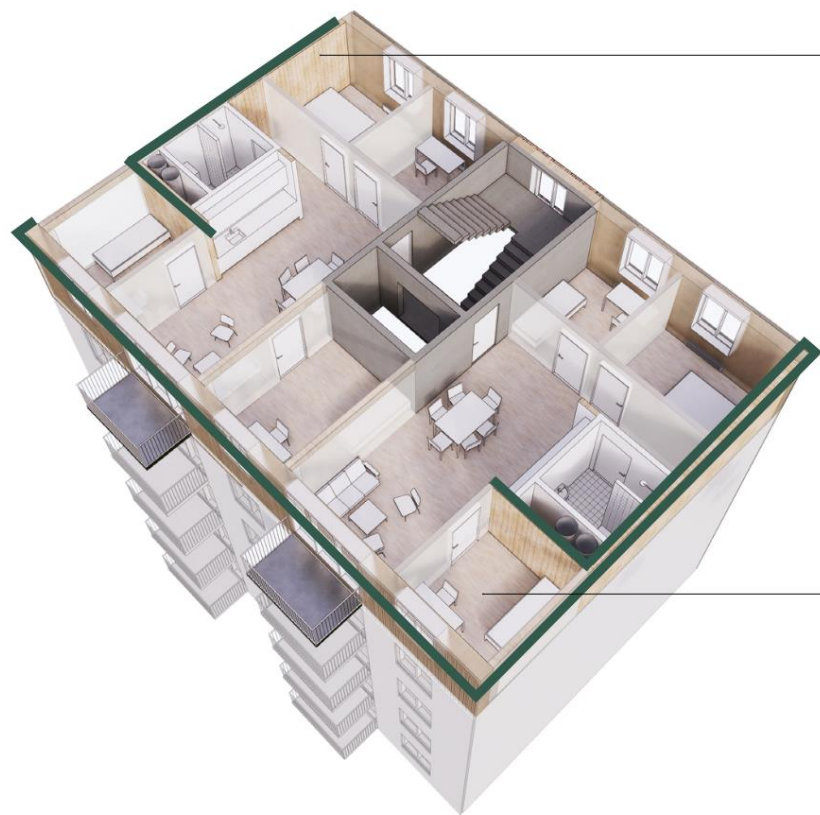


## CO<sub>2</sub>-besparelse:

898.559 km → 22,42

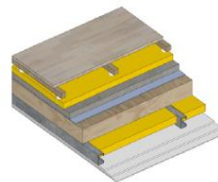
omgange om jorden i bil

# Optimering – Hybrid byggeri



#### FÆRRE BETONVÆGGE

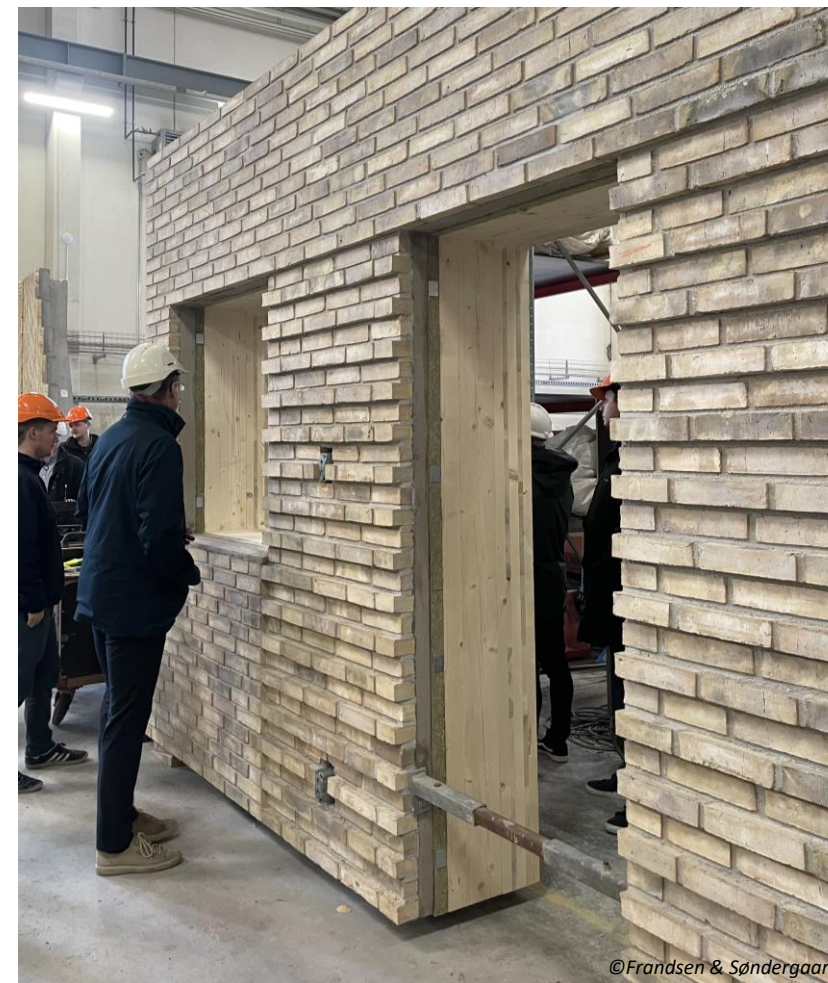
En række af de bærende vægge erstattes i dette trin med massive CLT-træelementer. Disse er fortsat bærende og stabiliserende, men kræver (modsat betonelementer) en række inddækninger/følgearbejder for at overholde brandkravene i bygningsreglementet. Disse ekstra beklædninger kan ofte være fordyrende for byggeriet i forhold til betonelementer.



#### HYBRIDDÆK

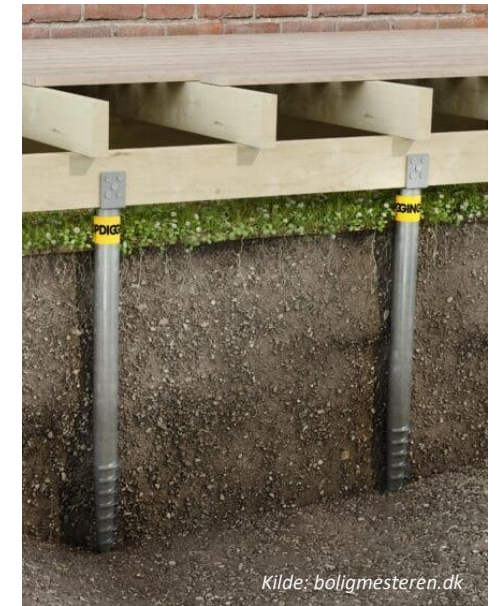
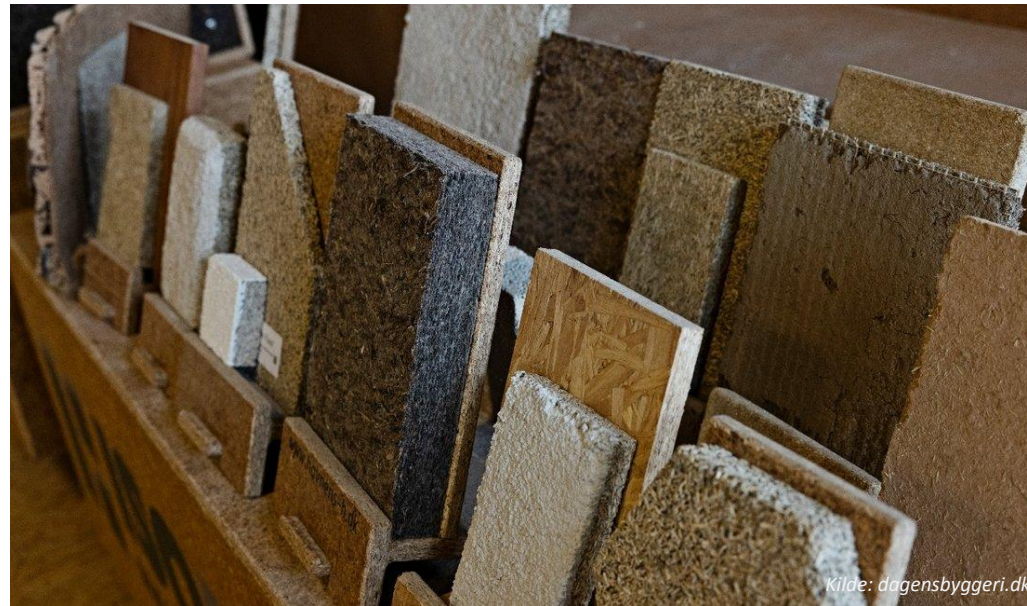
Betonhuldækkene skiftes i dette trin ud med bærende CLT-dæk. Bl.a. for at kunne overholde lydkravene mellem to boliger (trinlyd) tilføres opbygningen et tungt lag i form af et lag lavstyrkebeton med lavere cementindhold end almindelig beton.

Der findes en lang række hybridkonstruktioner, dette er blot et indledende eksempel, der viser behovet for brandinddækning og tyngde i forhold til lydkrav.





# Materialevalg





# Renovering og transformation



Kilde: Frandsen & Søndergaard referencoprojekt

- Kortlægning af potentialer og skadelige stoffer
- DGNB Bygninger i drift
- Cirkulært byggeri

# Cirkulært byggeri

- Anvendelse af genbrugsmaterialer fra nedbrydninger
- Ikke kun genbrug & genanvendelse af gamle materialer
- Brug af spild- og restprodukter
- "Take Back"-ordninger => reparation
- Videns- & samarbejdspartnere:



VCOB



Videncenter om  
Bygningers  
Klimapåvirkninger

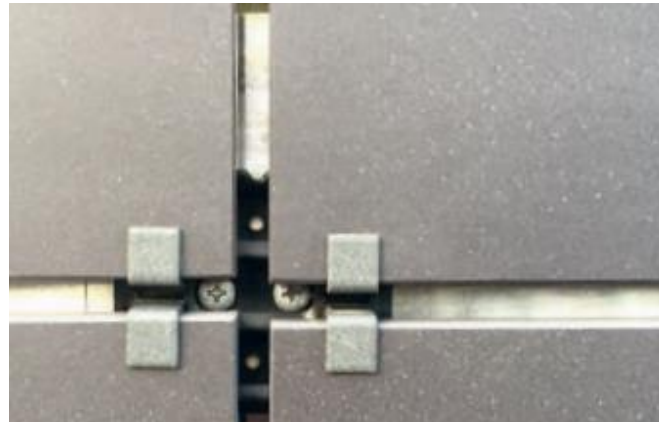
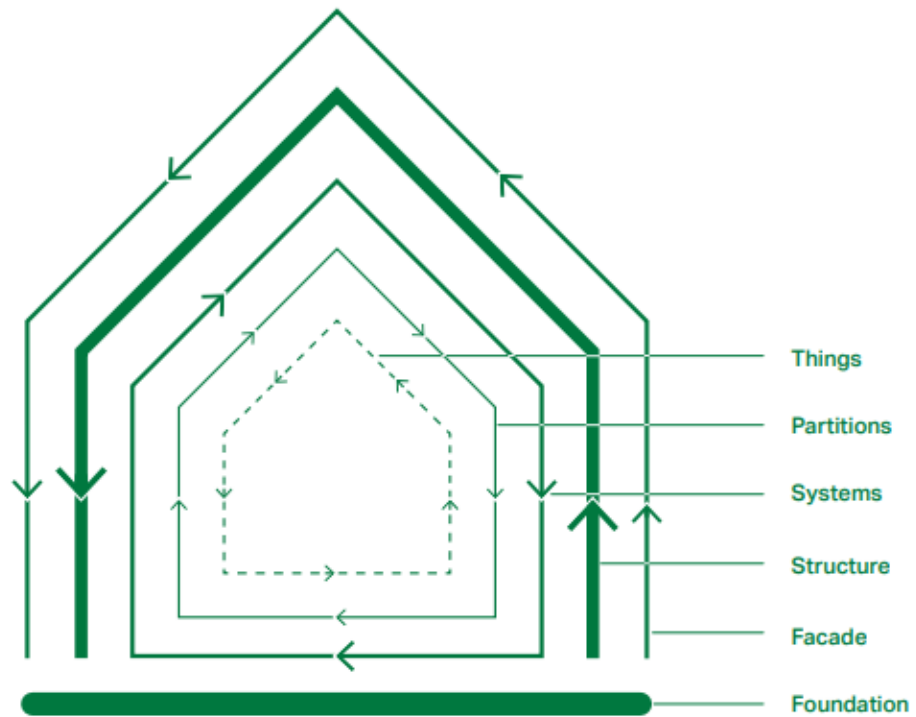


**GREENDOZER**  
Flytter byggeriet



# Design for adskillelse

- Mekaniske samlinger



Kilde: 3 illustrationer fra bogen Building af Circular Future, GXN:<https://gxn.3xn.com/>

Kilde: <https://komproment.dk/>



# 4 til 1 planet



Boligbyggeri med Klimaaftryk på 2,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år



# Eksempler fra praksis

## Earth Shot Residential

172 lejligheder+ fællesareal + erhverv

Ca. 13.000 kvm

6 etager

500 beboere

**Bygherre:** NordVestBo  
**Arkitekt:** Sweco  
**Ingeniør:** Sweco  
**Andre samarbejdspartnere:** GXN

## NordVestBo

70 boligenheder (almennyttige boliger heraf 35 senior)

6.345 kvm

6 etager

**Bygherre:** NREP  
**Arkitekt/landskab:** Henning Larsen Architects  
**Ingeniør:** Søren Jensen  
**Andre samarbejdspartnere:** 5E , BCG, Rambøll, DBI, Taasinge.





# Udbudseksempler

# Udbudseksempel 1

- Industri, 5000 m<sup>2</sup>
- Aflevering af udbudsprojekt **maj 2022**
- DGNB Guld

Der stilles krav til maks. 12 kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup> pr. år, som det forventes at ske i det kommende bygningsreglement.

I forbindelse med tilbudsafgivningen afleveres LCA-beregninger for byggeriet.

- LCAbyg 5.0 skal anvendes til beregningen. Rapport fra LCAbyg fremsendes i forbindelse med tilbud.

Redegørelse for hvorledes der er arbejdet med LCC og LCA i tilbudsfasen, og hvorledes der vil blive arbejdet med det i de efterfølgende faser.

- Tildeling:
  - Pris: 40 %
  - Kvalitet: 60 %



Bygningsbasis:  
SfB12 – Fundamenter  
SfB13 – Terrændæk bygning

Primære bygningsdele:  
SfB21 – Ydervægge  
SfB22 – Indervægge  
SfB23 – Dæk  
SfB24 – Trapper og ramper  
SfB25 – Bærende bjælker og søjler  
SfB26 – Altaner og altangange  
SfB27 – Tage

Kompletterende bygningsdele:  
SfB31 – Ydervægge  
SfB32 – Indervægge  
SfB33 – Dæk  
SfB34 – Trapper og ramper  
SfB35 – Lofter  
SfB36 – Altaner  
SfB37 – Tage

Overfladebygningsdele:  
SfB41 – Udvendige vægge  
SfB42 – Indvendige vægge  
SfB43 – Dæk og gulve  
SfB44 – Trapper og ramper  
SfB45 – Lofter  
SfB46 – Altaner  
SfB47 – Tage

LCA-resultat:  
9,5 CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år

# Udbudseksempel 1

- Industri, 5000 m<sup>2</sup>
- Aflevering af udbudsprojekt **maj 2022**
- DGNB Guld

Der stilles krav til maks. 12 kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup> pr. år, som det forventes at ske i det kommende bygningsreglement.

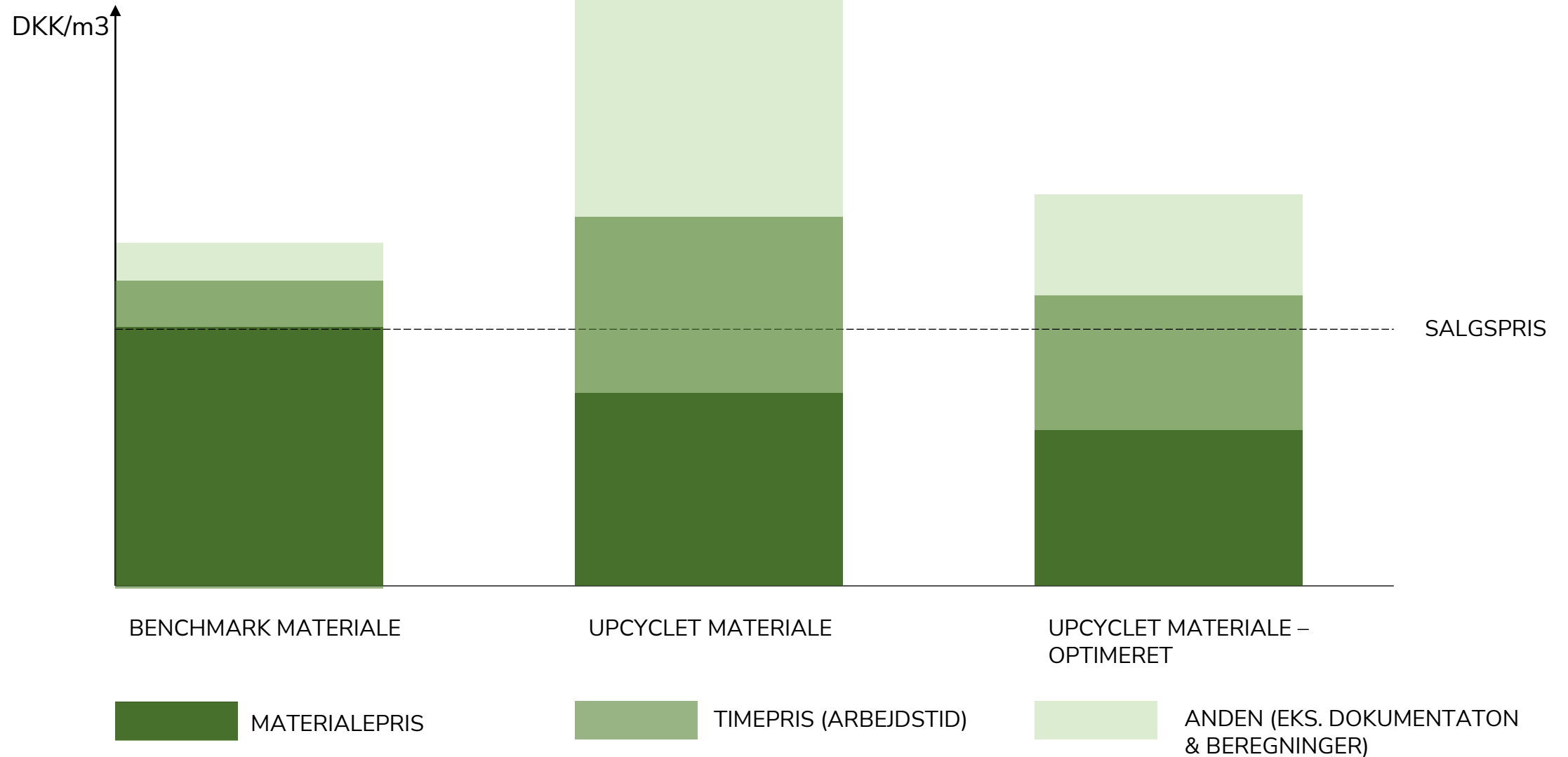
I forbindelse med tilbudsafgivningen afleveres LCA-beregninger for byggeriet.

- LCAbyg 5.0 skal anvendes til beregningen. Rapport fra LCAbyg fremsendes i forbindelse med tilbud.

Redegørelse for hvorledes der er arbejdet med LCC og LCA i tilbudsfasen, og hvorledes der vil blive arbejdet med det i de efterfølgende faser.

- Tildeling:
  - Pris: 40 %
  - Kvalitet: 60 %

- F&S videre til forhandlingsrunde
- Fokus: *Besparelser*
- Konklusion: Billigere at bygge et betonhus
  - Mere erfaring
  - Lavere risiko
- Nyt LCA-resultat: 11,29 CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år



# Udbudseksempel 2

- Bosted for fysisk og psykisk udfordrede borgere:
- 4300 m<sup>2</sup> (50 boliger + serviceareal)
- DGNB Guld + Hjerteudmærkelse

## 1.3. CO<sub>2</sub> udledning

Byggeriet skal overholde bygningselementets krav til klimapåvirkning (§ 297 - § 298).

Det vægtes positivt, hvis der på realiserbarvis kan sandsynliggøres en lavere CO<sub>2</sub>-udledning end bygningsreglementets krav, og at udledningens betydning ift. DGNB-certificeringen kommenteres.

Indledende LCA-beregning (LCA-byg-fil) iht. DGNB-manualen for hovedkonstruktioner med overskuelige mængdeopgørelser.

Som hovedkonstruktioner defineres: terrændæk, etagedæk, tag, ydervægge, indervægge, trapper, fritstående søjler, vinduer og døre. Den indledende beregning skal danne afsæt for argumentationen for, at bygningsreglementets krav til klimapåvirkning (eller bedre) kan overholdes.

Hovedkonstruktioner henføres til som *hele* konstruktioner, altså fx indeholder 'Tag' alle lagene imellem og inklusiv tagbelægning og loftsystem.

Der kan med fordel kommenteres på forventet omfang af CO<sub>2</sub>-udledning fra yderligere bygningsmaterialer og driften.



- Tildeling:
  - Kvalitet: 60 %
  - Proces og organisation: 20 %
  - Pris: 20 %

# Pause

Besøg vores hjemmeside



Følg os på LinkedIn

