

# Det bæredygtige terrændæk

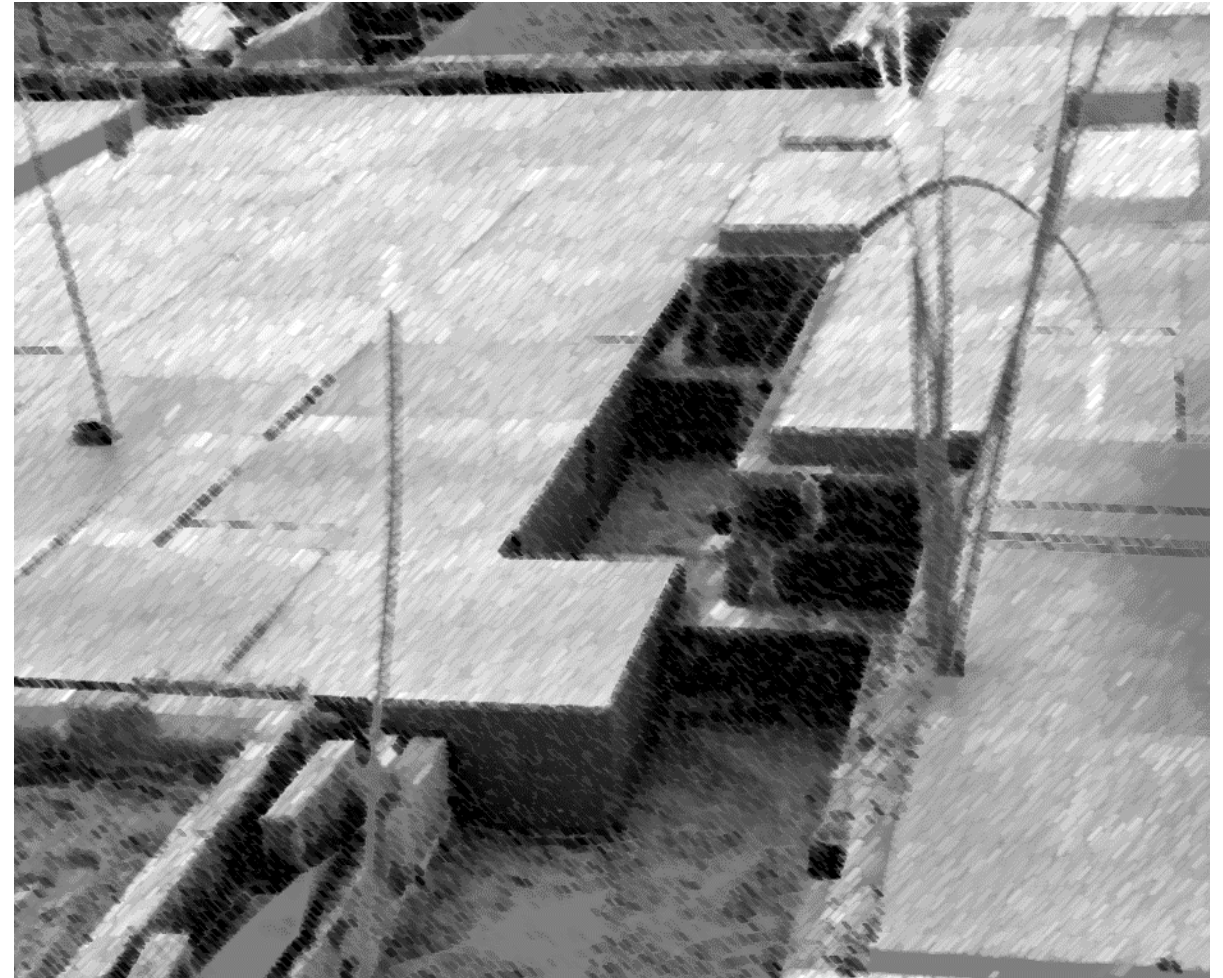
I hvilket omfang er det muligt at  
opnå CO<sub>2</sub>eq besparelser?

---

Damir Hatic, [damh@via.dk](mailto:damh@via.dk)

Lektor, ved Bygningskonstruktøruddannelsen i VIA, Aarhus

Medarbejder i [Forskningscenter for byggeri, energi, vand og klima](#)



# Deltager og baggrund for projektet



### Trin 1

Typisk dansk bygning i materialer som stål, beton og tegl



### Trin 2

Primære og sekundære konstruktioner i beton og stål skiftes til byggevarer af træ



### Trin 3

Beklædninger som facader, gulve og lofter skiftes til byggevarer af træ



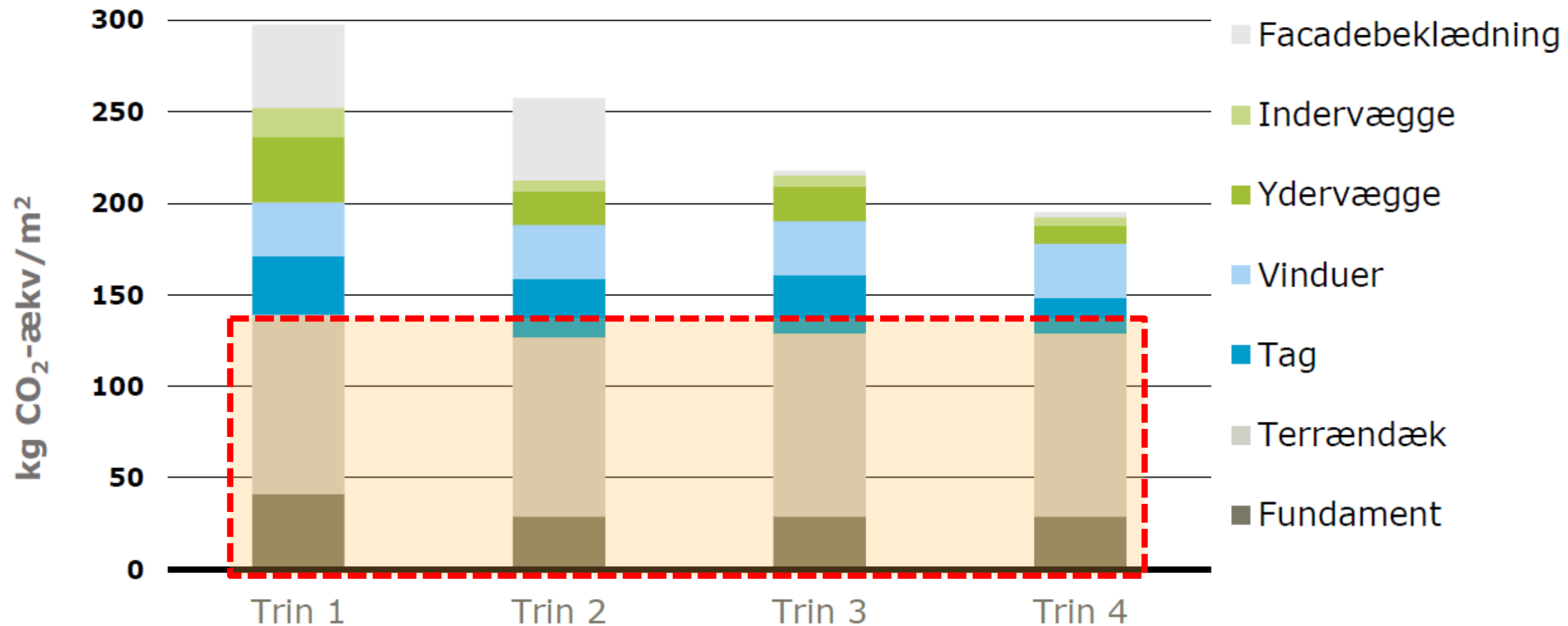
### Trin 4

Mineraluldsisolering skiftes til træfiberisolering (hvor brandkrav tillader)



# Enfamiliehuse

## CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ BYGNINGSDELE



Projektet



# Erfaring, læring, perspektiv



Bygbarhed

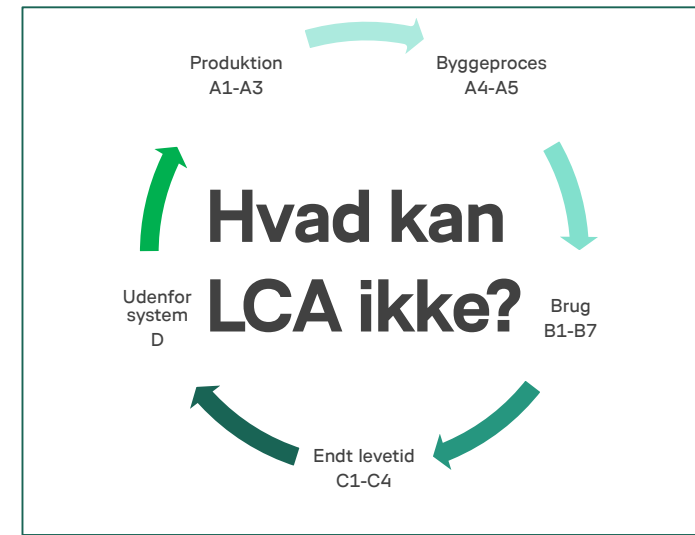


Omstilling



EPD

Data bliver bedre



Produktion  
A1-A3

Byggeproces  
A4-A5

Udenfor  
system  
D

Hvad kan  
LCA ikke?

Brug  
B1-B7

Endt levetid  
C1-C4

# Hvad har vi gjort?

## State of the art

Terrændæk historisk set

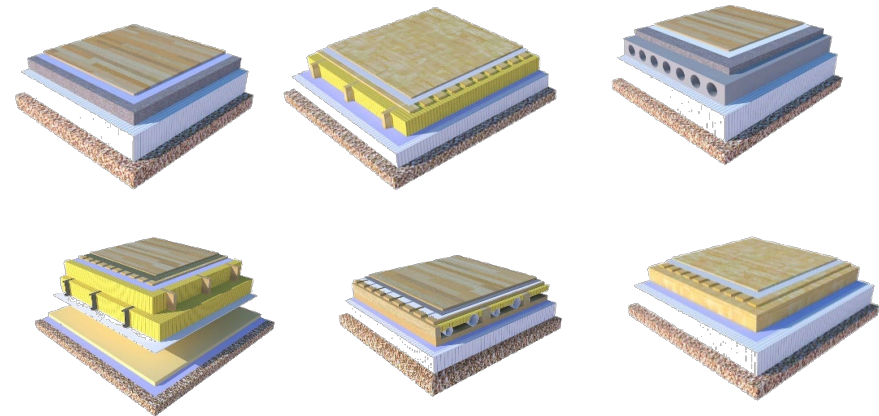
Hvordan udføres terrændæk andre steder i EU og verden?

Typiske funktionskrav

## Valg af konstruktionsprincipper

Skulle være bygbare og skalerbare

Noget som vil kunne bruges i tæt/lav byggeri



## LCA

Med udgangspunkt i EN 15978, dog med tolkning jf. Build

# LCA

## Funktionel enhed

1 m<sup>2</sup> terrændæk, som opfylder generelle krav for statik, som er fugt- og radontæt og overholder en U-værdi på 0,10 W/m<sup>2</sup>K

## Betragtningsperiode

Betragtningsperioden er sat til 50 år.

## LCA-værktøj og datagrundlag

LCA'en er udarbejdet i LCAByg v.5.2

Analysen er baseret på EPD'er fra den integrerede database i LCAByg men også enkelte EPD fra den danske branche og produktspecifikke EPD'er, hvor det har været relevant og retvisende.

Biomasse er sat til forbrænding i C faserne.

Livscyklusfase	Modul	Med i analysen
Produkt	A1 - Råmaterialer	X
	A2 - Transport	X
	A3 - Fremstilling	X
Byggeproces	A4- Transport	
	A5- Opførelse / montering	
Brug	B1 - Brug	
	B2 - Vedligeholdelse	
	B3 - Reparationer	
	B4 - Udskiftninger	X
	B5 - Renovering	
	B6 - Energiforbrug til drift	
	B7 - Vandforbrug til drift	
Endt levetid	C1- Nedrivning	
	C2- Transport	
	C3- Affaldsbehandling	X
	C4 - Bortskaffelse	X
Udenfor systemgrænse	D - Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse	

Tabel 1; Oversigt af moduler tilhørende hvert fase, samt hvilke moduler er medtaget i analysen



# Følsomhedsanalyse – hvad kan være af betydning for LCA resultater?

## Funktionel enhed

Omkringliggende dele

Funktioner som grundlag

U-værdi, ja, men hvad ellers?

D&V

## Systemafgrænsning

Er der faser som kan være af betydning?

A4- Transport  
A5- Opførelse / montering

B2 – Vedligeholdelse  
B3 – Reparationer

C3- Affaldsbehandling  
C4 - Bortskaffelse  
D – Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse

Livscyklusfase	Modul	Med i analysen
Produkt	A1 – Råmaterialer	X
	A2 – Transport	X
	A3 – Fremstilling	X
Byggeproces	A4- Transport	
	A5- Opførelse / montering	
Brug	B1 – Brug	
	B2 – Vedligeholdelse	
	B3 – Reparationer	
	B4 - Udskiftninger	X
	B5 – Renovering	
	B6 – Energiforbrug til drift	
	B7 - Vandforbrug til drift	
Endt levetid	C1- Nedrivning	
	C2- Transport	
	C3- Affaldsbehandling	X
	C4 - Bortskaffelse	X
Udenfor systemgrænse	D - Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse	

Tabel 1. Oversigt af moduler tilhørende hvert fase, samt hvilke moduler er medtaget i analysen

## Datagrundlag

Miljødata

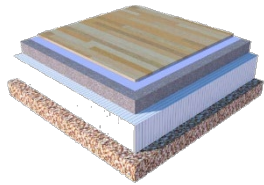
Generiske  
Produktspecifikke  
Branchespecifikke

Analysen er baseret på EPD'er fra den integrerede database i LCAByg men også enkelte EPD fra den danske branche og produktspecifikke EPD'er, hvor det har været relevant og retvisende.

Biomasse er sat til forbrænding i C faseme.

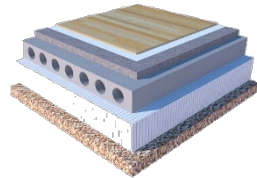
# Bygningsdele og LCA resultater

# Terrændæk konstruktioner og opbygning



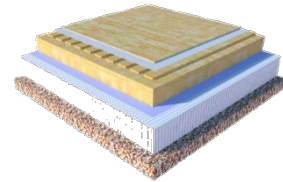
**Type1, Fiberarmert beton**

15 mm trægulv  
Fugt/damp og radonspærre  
120 mm fiberarmert beton  
100 mm EPS isolering  
150 mm EPS isolering  
100 mm Afretnings sand/grus



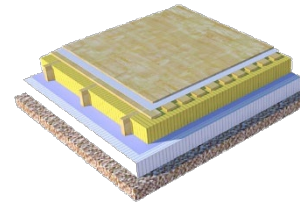
**Type2-180 mm huldæk**

15 mm trægulv  
Fugt/damp og radonspærre  
60 mm slidlag  
180 mm huldæk  
90 mm EPS isolering  
150 mm EPS isolering  
100 mm Afretnings sand/grus



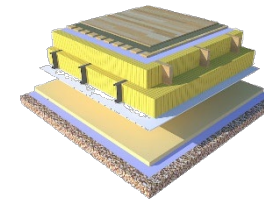
**Type3-150 mm CLT**

15 mm trægulv  
0,5 mm gulvpap  
21x95 mm forskalling  
150 mm CLT dæk  
Fugt/damp og radonspærre  
60 mm EPS isolering  
150 mm EPS isolering  
100 mm Afretnings sand/grus



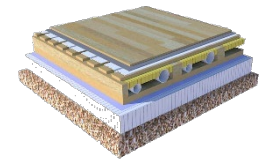
**Type4-145 mm bjælkestrøer**

15 mm trægulv  
0,5 mm gulvpap  
21x95 mm forskalling  
145x45 mm bjælkestrøer / m mineraluld isolering  
(Fugt/damp) og radonspærre  
140 mm EPS isolering  
100 mm Afretnings sand/grus



**Type5-Krybekælder**

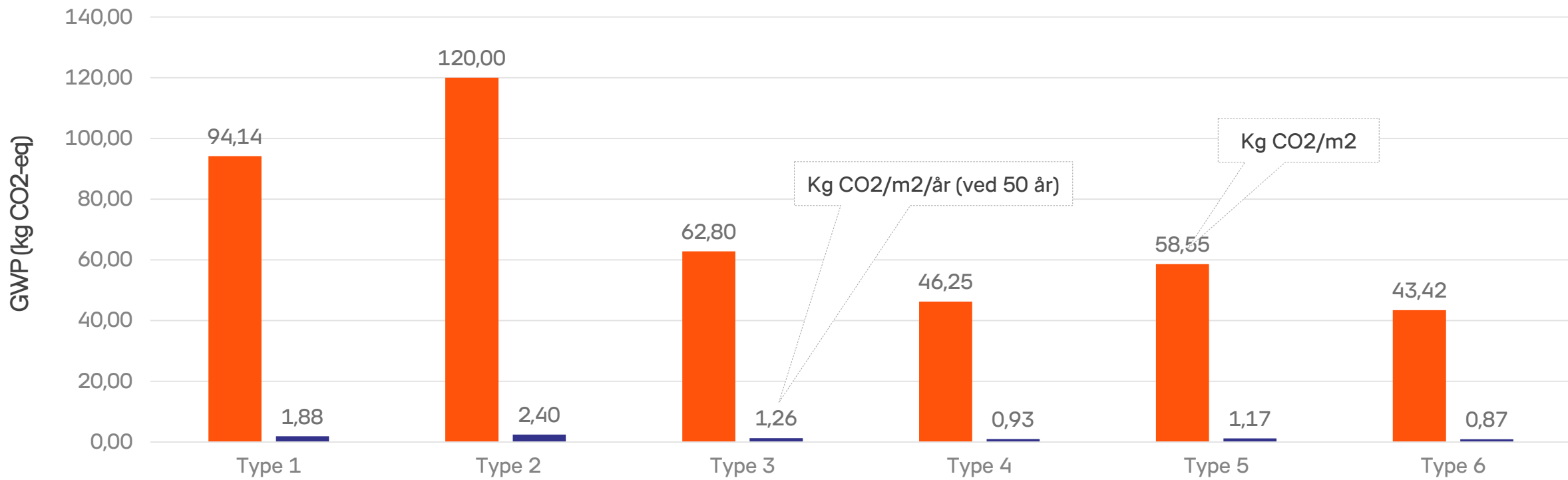
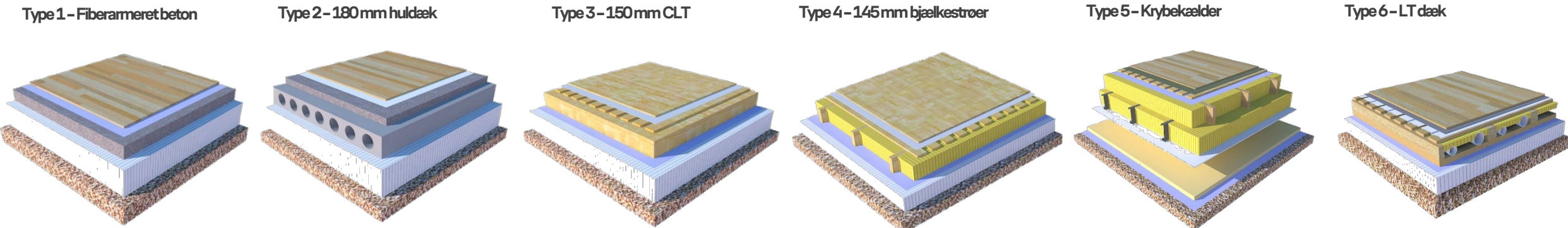
15 mm trægulv  
0,5 mm gulvpap  
21x95 mm forskalling  
Fugt/damp og radonspærre  
195x45 mm bjælkestrøer / m mineraluldsisolering  
200 mm stålprofiler / m mineraluldsisolering  
6 mm Etemitplade  
50 mm sand  
(Fugt/damp) og radonspærre  
100 mm Afretnings sand/grus



**Type6-LT dæk**

15 mm trægulv  
0,5 mm gulvpap  
21x95 mm forskalling  
145x45 mm bjælkestrøer + 45x45 mm bund / m mineraluldsisolering  
(Fugt/damp) og radonspærre  
130 mm EPS isolering  
100 mm Afretnings sand/grus

# Oversigt af det samlede LCA resultat ved alle typer



# Konklusion

## Konklusion

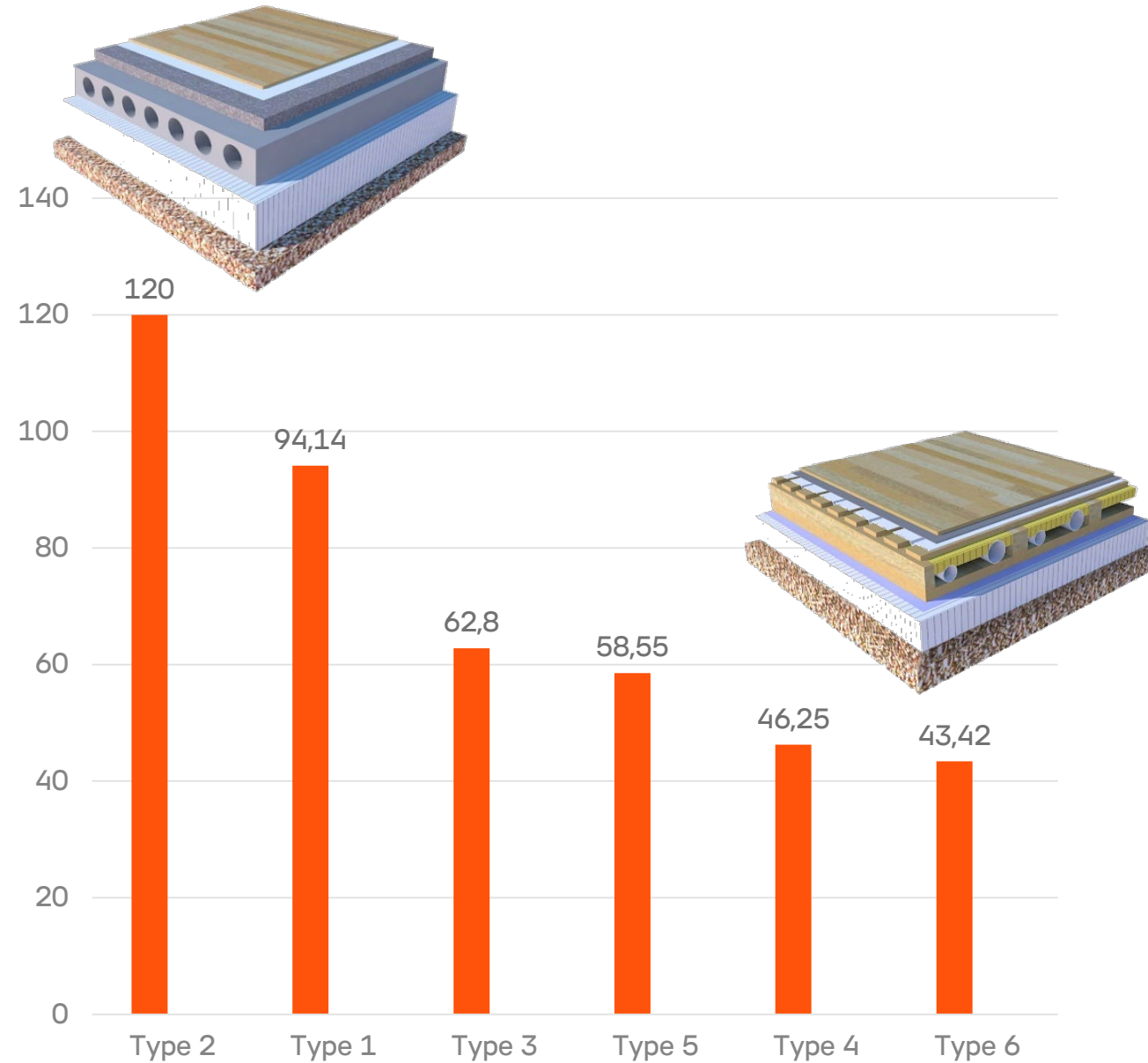
I hvilket omfang der er potentialer og muligheder for udvikling af terrændækket, med det formål at opnå yderligere CO2 besparelser, var det overordnede spørgsmål denne analyse skulle besvare.

Byggeteknisk er konstruktionerne med biomasse ikke uden udfordringer, men med opmærksomhed fra de projekterende og udførende, er det hellere ikke helt umuligt at udføre.

Der er en forskel på ca. 64% imellem typen med den største og typen med den mindste miljøpåvirkning.

For typer med biomasse er der en forskel på ca. 27% imellem type 3 og 6.

64% og 27% er dog betydelige størrelser, derfor kan det konkluderes at der er store potentialer for at opnå CO2-eg besparelser i forhold til terrændæk konstruktioner, selv om at besparelser er betinget af de konkrete projektf forhold som derfor skal medtages i beslutningen.





# LCA resultat for Type 1 – Fiberarmeret beton

## Kortfattet præsentation af type 1

I diagrammet til højre ses miljøpåvirkningen fordelt på byggevarer i konstruktionen.

Denne type har den samlede udledning på 94,14 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>.

Det ses at den største miljøpåvirkning stammer fra isolering som tilsammen udleder 40,33 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 43% (pos. 2 og 3)

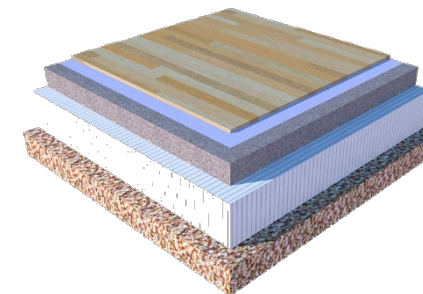
Der næst er det fiberarmeret beton som sammen med fiberarmering udleder 37,76 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 40 % (pos. 1 og 5).

## Forslag til overvejelser for optimering af konstruktionens miljøprofil

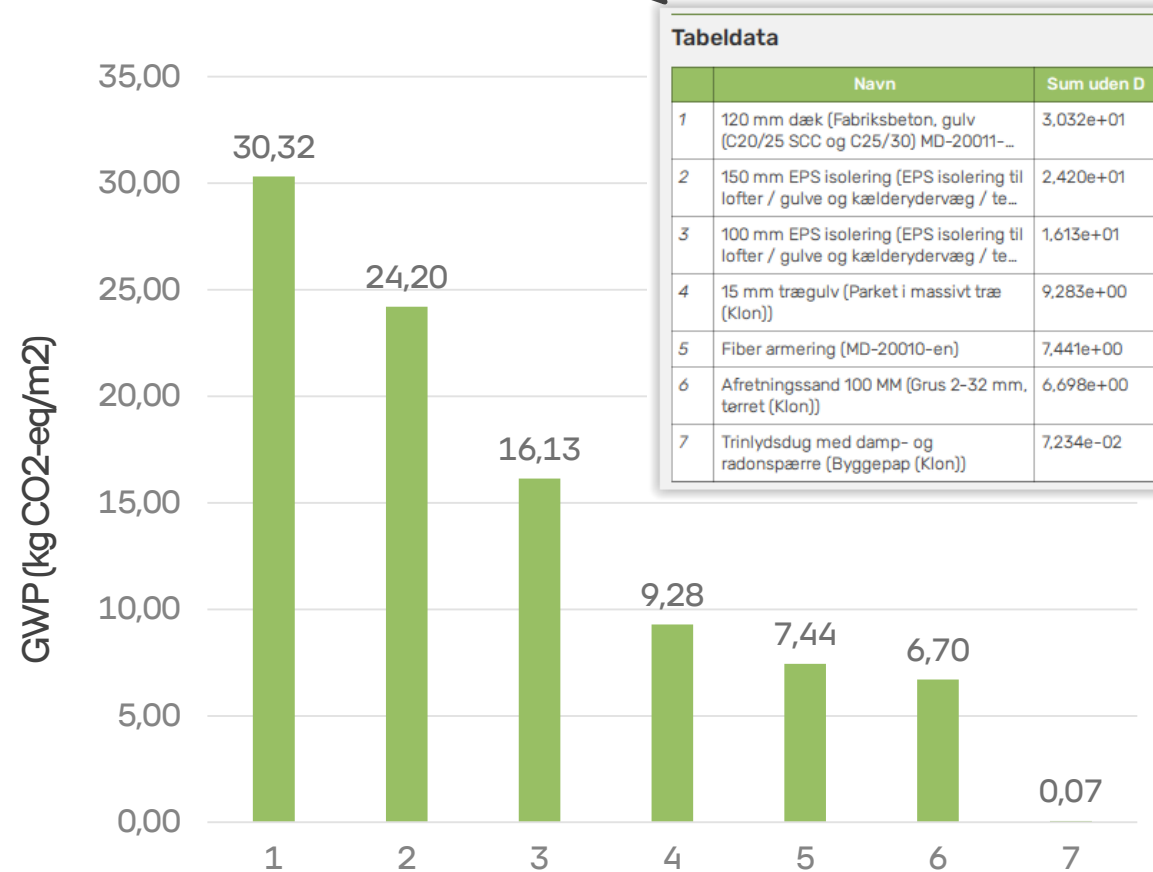
Terrændækskonstruktioner helt uden beton er ikke ukendte. Det såkaldte lette terrændæk er beskrevet i f.eks. Træinformation (2016), hvor gulv og underlaget monteres på en trykfast isoleringsplade.

Hvis betonlaget fjernes fra konstruktionen, vil det være muligt at spare ca. 40% CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, alene på materialet, og dermed vil en let terrændæk rangere mellem type 5 og 4 med en miljøbelastning på 56,38 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>.

Nogle af de andre potentielle miljøbesparelser vil også findes i en mindre udgravning og dermed mindre jord som skal håndteres (f.eks. kørsel til deponi osv.), samt hurtigere byggeproces fordi støbning undgås.



Bemærkning; Rækkefølgen af materialer er jf. deres miljøpåvirkning, og ikke iht. bygningsdelsopbygning.



# LCA resultat for Type 2 – 180 mm hulplade

## Kortfattet præsentation af type 2

I diagrammet til højre ses miljøpåvirkning fordelt på byggevarer i konstruktionen.

Denne type har den samlede udledning på 120 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>.

Det ses at den største miljøpåvirkning stammer fra hulplade og slidlag som tilsammen udlader 65,22 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 54% (pos. 1 og 4)

Der næst er det isolering som tilsammen udleder 38,72 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 32%, (pos. 2 og 3)

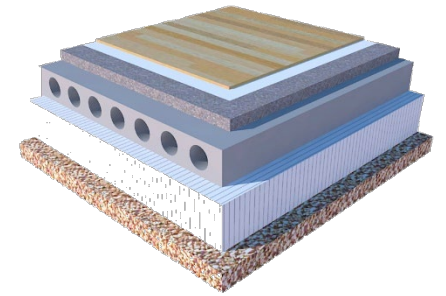
## Forslag til overvejelser for optimering af konstruktionens miljøprofil

Som beskrevet ved type 1, er det muligt at udføre terrændæk helt uden beton, forudsat funktionskraverne tillader det.

Når vi alligevel har valgt at se på præfabrikeret hulplade, er det fordi vi har vurderet at løsningen har et rimeligt godt cirkulært potentiale. Der er eksempler på løsninger hvor betonelementer er genanvendt

([https://www.bbsr.bund.de/BBSR/EN/publications/CompletedSeries/IEMB/2006\\_2007/DL\\_3\\_2007.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/EN/publications/CompletedSeries/IEMB/2006_2007/DL_3_2007.pdf?__blob=publicationFile&v=1)) med mindre eller ingen modifikationer.

En CO<sub>2</sub> optimering vil potentielt kunne opnås gennem en optimering af betonsammensætning og mængden. Betonsammensætningen kan ses i forhold til at dækket potentielt kan være fuldt understøttet, og derfor vil det være muligt at sænke betonstyrke.



Bemærkning; Rækkefølgen af materialer er jf. deres miljøpåvirkning, og ikke iht. bygningsdelsopbygning.



# LCA resultat for Type 3 – 150 mm CLT dæk

## Kortfattet præsentation af type 3

I diagrammet til højre ses miljøpåvirkning fordelt på byggevarer i konstruktionen.

Denne type har den samlede udledning på 62,80 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>.

Det ses at den største miljøpåvirkning stammer fra isolering som tilsammen udlader 33,88 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 54% (pos. 1 og 3)

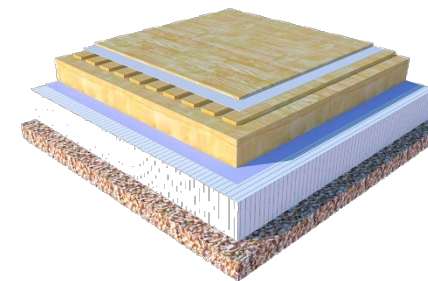
Der næst er det CLT som udleder 12 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 19%, (pos. 2)

Denne konstruktion indeholder en stor andel af biomasse (som CLT) og dermed indlejret CO<sub>2</sub>. Denne indlejrede CO<sub>2</sub> giver fordele i produktionsfasen fordi den overstiger den forbrugte CO<sub>2</sub> i produktionen. I dette tilfælde er der 99,6 kg CO<sub>2</sub>-eq indlejret i CLT'en i faserne A1-3. Mens i faserne C3 og C4 hvor CLT affaldsbehandles og bortskaffes (sat til afbrænding), udleder 111,6 kg CO<sub>2</sub>. Dette giver et resultat på 12 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup> for CLT set over hele cyklus perioden.

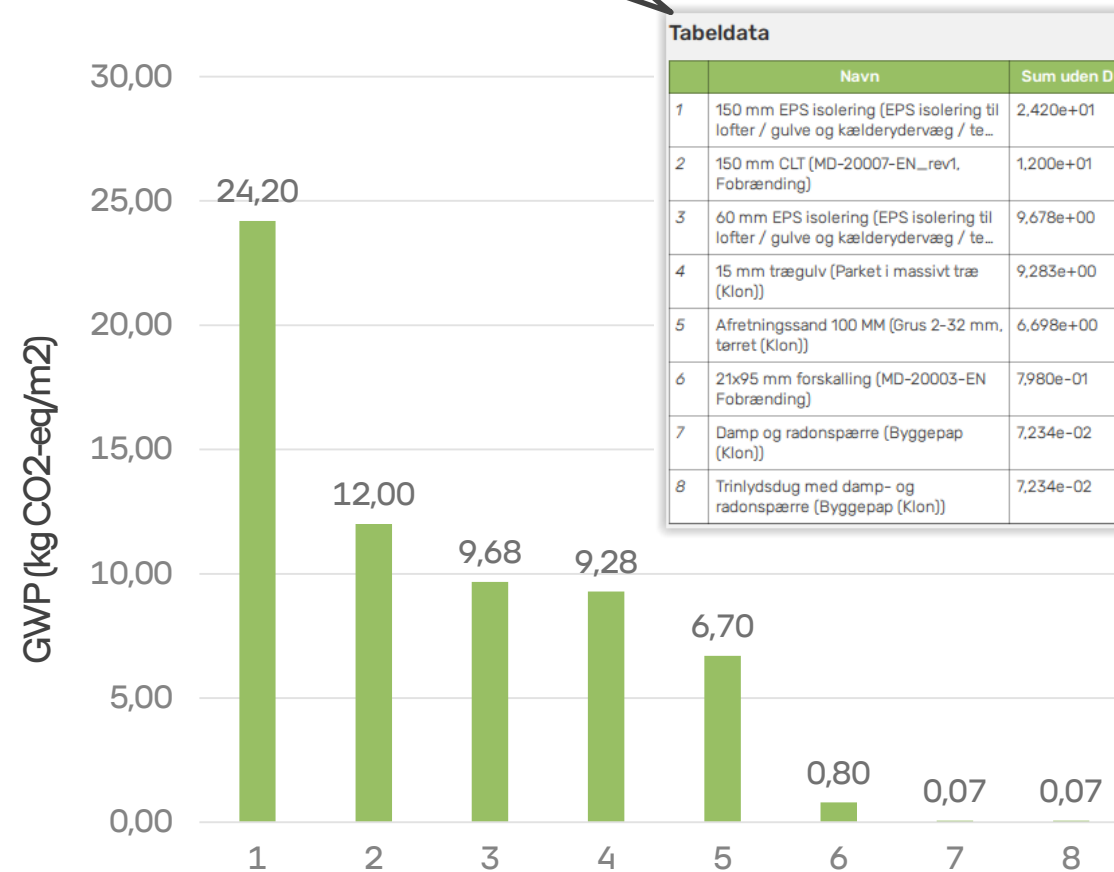
## Forslag til overvejelser for optimering af konstruktionens miljøprofil

Potentialet vil kunne findes i isoleringslaget. Vores analyse anvender generisk EPD, og det er med en vis sandsynlighed muligt at finde egnede isoleringsprodukter med bedre miljøprofil. Den samme mulighed vil der også være ved de andre typer.

Vi vil gerne fremhæve en anden mere langsigtede perspektiv. At der ved anvendelse af CLT elementer, sikres en lang holdbarhed (f.eks. fugtsikring under transport, udførsel og brug) af konstruktionen for at øge mulighed for genanvendelse og genbrug af CLT elementer. På den måde kan den indlejrede CO<sub>2</sub> forblive indlejret til fordel for miljøet. Den anvendte EPD for CLT (MD-20007-EN\_rev1) har inkluderet et genbrugs-scenarie for fase D, hvor miljøpåvirkningen er beregnet til -786 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>. Potentialet vil dog bl.a. være betinget af kvaliteten af elementet efter endt funktionstid og markedsforhold for "gamle" materialer i fremtiden.



Bemærkning; Rækkefølgen af materialer er jf. deres miljøpåvirkning, og ikke iht. bygningsdelsopbygning.



# LCA resultat for Type 4 – 145 mm bjælkestrøer

## Kortfattet præsentation af type 4

I diagrammet til højre ses miljøpåvirkning fordelt på byggevarer i konstruktionen.

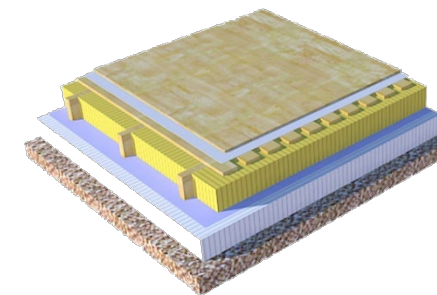
Denne type har den samlede udledning på 46,25 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>.

Det ses at den største miljøpåvirkning stammer fra isolering som tilsammen udleder 28,59 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 62% (pos. 1 og 4)

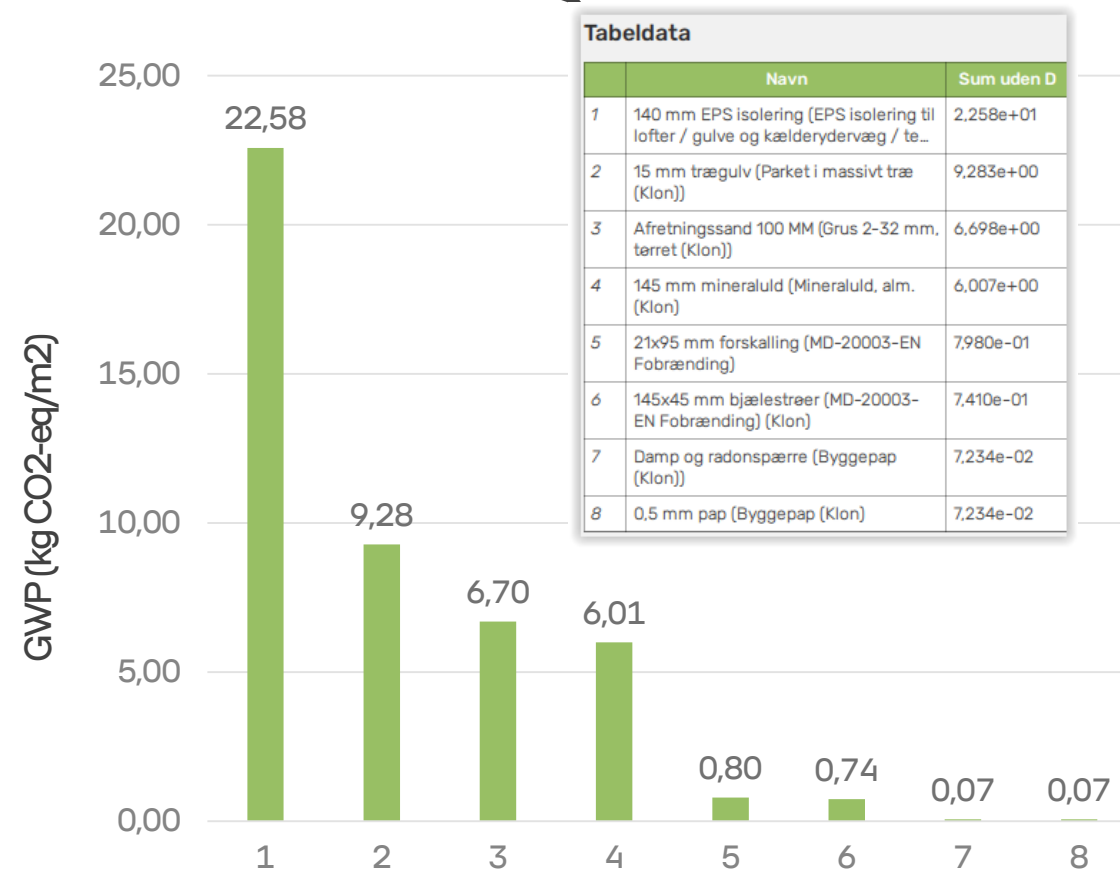
## Forslag til overvejelser for optimering af konstruktionens miljøprofil

Potentialet vil kunne findes i isoleringslaget. Vores analyse anvender generisk EPD, og det er med en vis sandsynlighed muligt at finde egnede isoleringsprodukter med bedre miljøprofil. Den samme mulighed vil der også være ved de andre typer.

Denne type konstruktion vil kunne udføres som selvbærende trækassetter, som kan åbne for mulighed for at anvende pælefundering, f.eks. stålskruer i stedet for stribefundamenter. Vores tidligere undersøgelse har vist at, ved at anvende stålskruer kan der spares op til 80% af CO<sub>2</sub>-eq i forhold til stribefundamenter. (Hatic, D. 2021)



Bemærkning: Rækkefølgen af materialer er jf. deres miljøpåvirkning, og ikke iht. bygningsdelsopbygning.



# LCA resultat for Type 5 – Krybekælder

## Kortfattet præsentation af type 5

I diagrammet til højre ses miljøpåvirkning fordelt på byggevarer i konstruktionen.

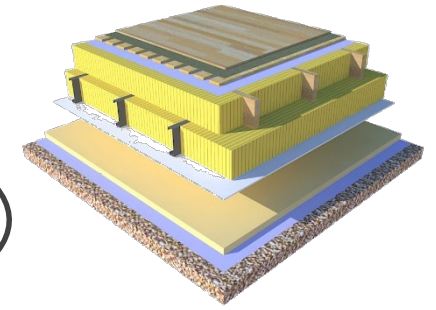
Denne type har den samlede udledning på 58,55 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>.

Det ses at den største miljøpåvirkning stammer fra isolering som tilsammen udleder 16,36 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 28% (pos. 3 og 4)

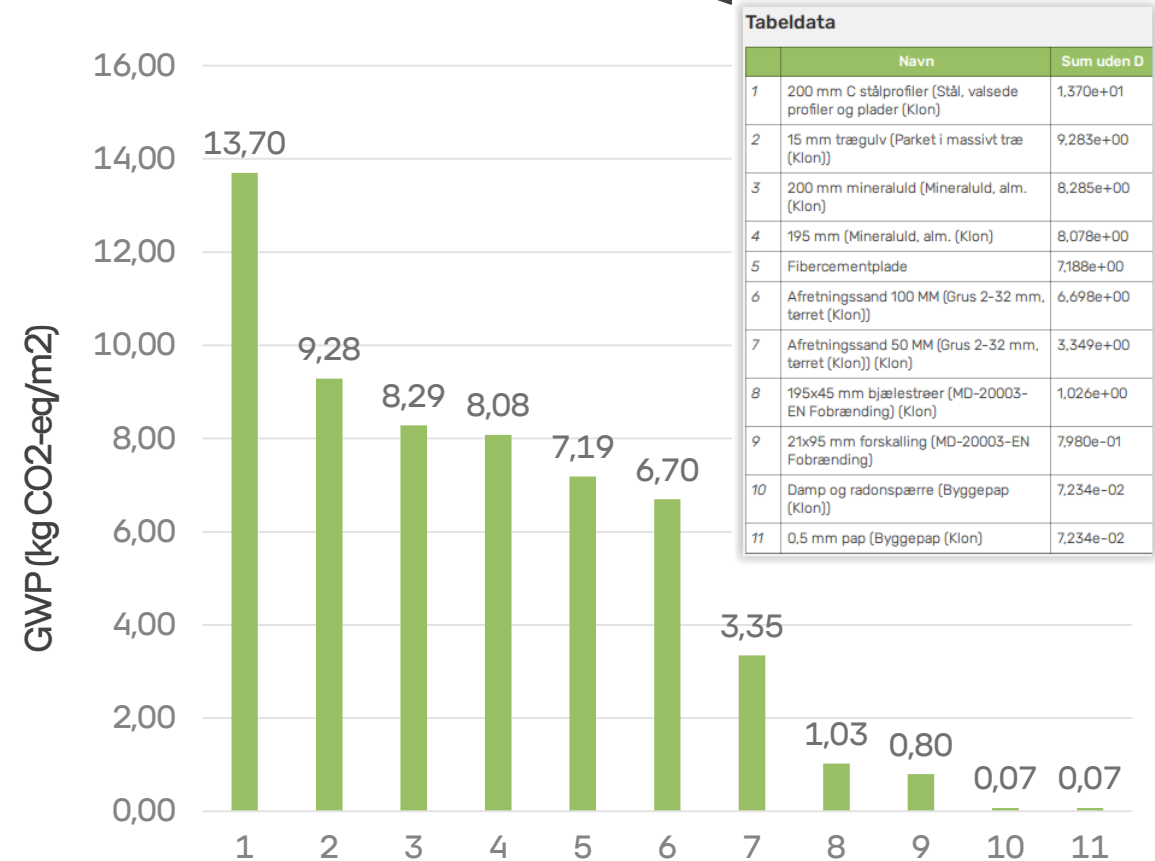
Dernæst er det stålprofiler som udlader 13,7 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 27% (pos. 1)

## Forslag til overvejelser for optimering af konstruktionens miljøprofil

Potentialet vil kunne findes i isoleringslaget. Vores analyse anvender generisk EPD, og det er med en vis sandsynlighed muligt at finde egnede isoleringsprodukter med bedre miljøprofil. Den samme mulighed vil der også være ved de andre typer.



Bemærkning; Rækkefølgen af materialer er jf. deres miljøpåvirkning, og ikke iht. bygningsdelsopbygning.





# LCA resultat for Type 6 – LT-dæk

## Kortfattet præsentation af type 6

I diagrammet til højre ses miljøpåvirkning fordelt på byggevarer i konstruktionen.

Denne type har den samlede udledning på 43,42 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>.

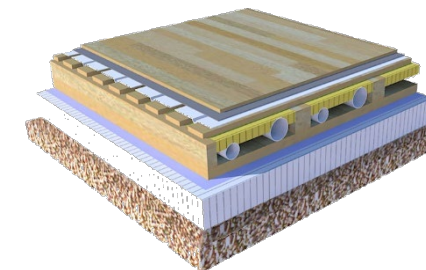
Det ses at den største miljøpåvirkning stammer fra isoleringen som udleder 20,97 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, eller ca. 48% (pos.1)

## Forslag til overvejelser for optimering af konstruktionens miljøprofil

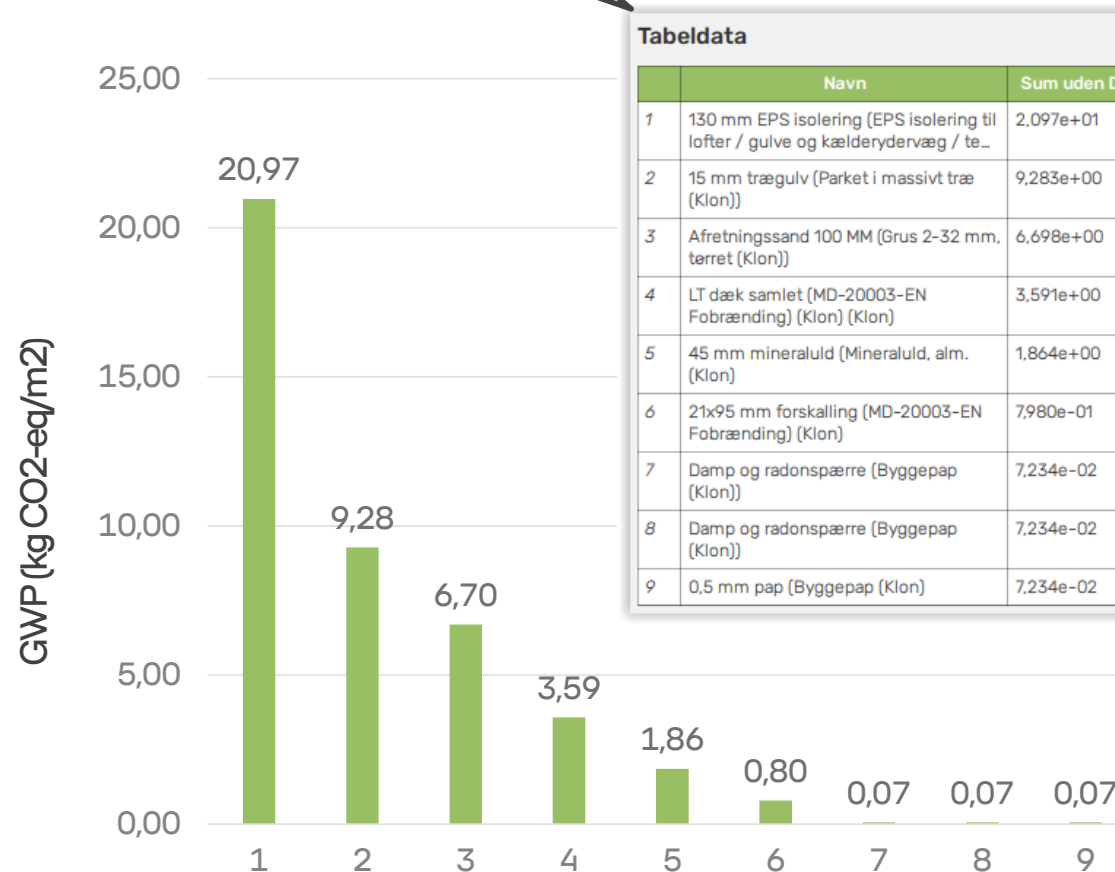
Potentialet vil kunne findes i isoleringslaget. Vores analyse anvender generisk EPD, og det er med en vis sandsynlighed muligt at finde egnede isoleringsprodukter med bedre miljøprofil. Den samme mulighed vil der også være ved de andre typer.

Det kunne også overvejes om LT dæk kan udføres med genbrugt træ, og dermed udnytte cirkulære og øvrige miljømæssige fordele som træ kan tilbyde. Som inspiration kan der f.eks. henvises til projektet "Gentræ", - et samarbejde mellem Stark og Solum Gruppen.

<https://tilbudprof.stark.dk/gentrae/lga-golder-associates/?page=1>



Bemærkning; Rækkefølgen af materialer er jf. deres miljøpåvirkning, og ikke iht. bygningsdelsopbygning.



Rapporten vil kunne hentes fra [www.ucviden.dk](http://www.ucviden.dk)

Søg efter "Det bæredygtige terrændæk"

UC Viden

## UC Viden - Professionshøjskolernes Videndatabase

Det bæredygtige terrændæk



Avanceret søgning



8752

Profil



1107

Forskningsenheder



39200

Publikationer



8794

Projekter



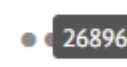
13752

Presse/medier



398

Priser



26896

Mere

Klik på et logo for at få vist en filtreret søgning på publikationer fra en bestemt professionshøjskole

Tak fordi I lyttede