

# CO<sub>2</sub> reduktion i byggeriet

## Træinformation

### Horsens



Præsenteres af



Amdi Schjødt Worm

Civilingeniør, Chefrådgiver LCA og EU taksonomi

[Ahsw@arteliagroup.dk](mailto:Ahsw@arteliagroup.dk)

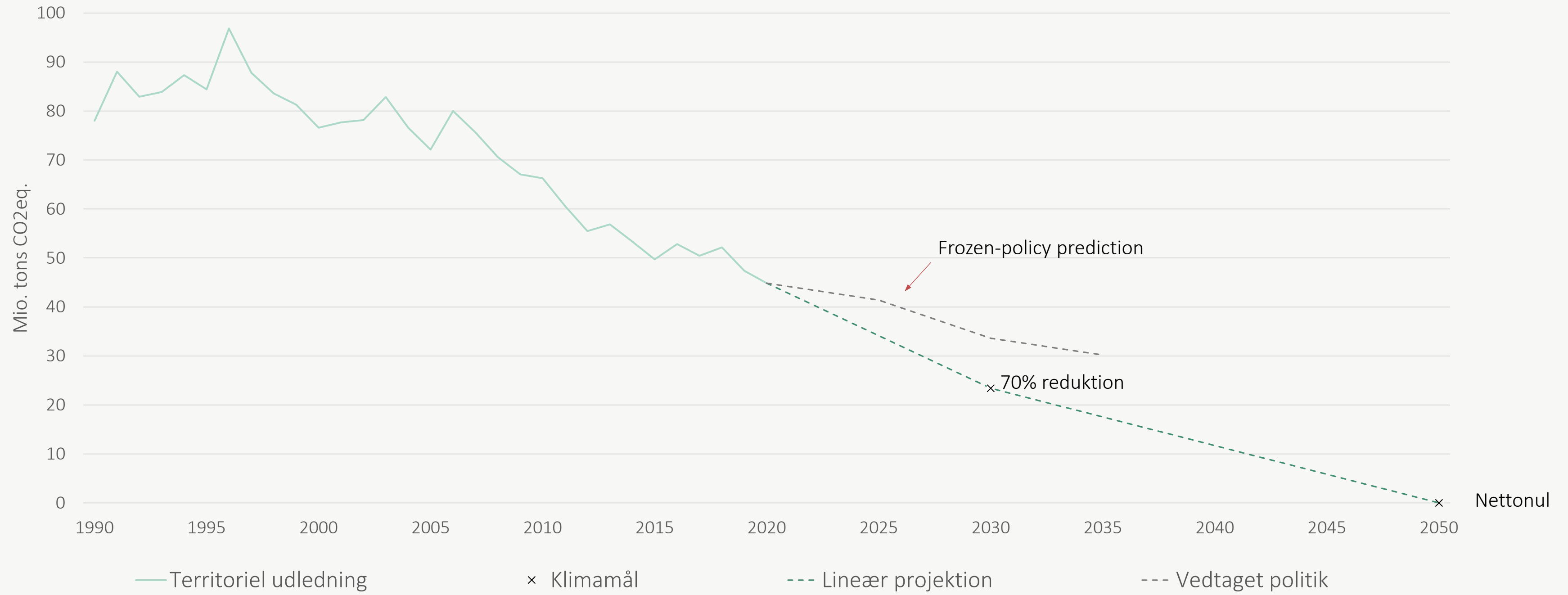
# Agenda

- Introduktion - klodens tilstand - byggeriets bidrag
- Eksempler – større byggerier
  - TRÆ, konstruktioner – tung vs let
  - Woodhub, geometri og materialeoptimering
  - MiniCO<sub>2</sub>, ressourcer og brand
- Eksempel – mindre byggerier
  - Enfamiliehuse, ydervægge og terrændæk
- Den helhedsorienterede tilgang

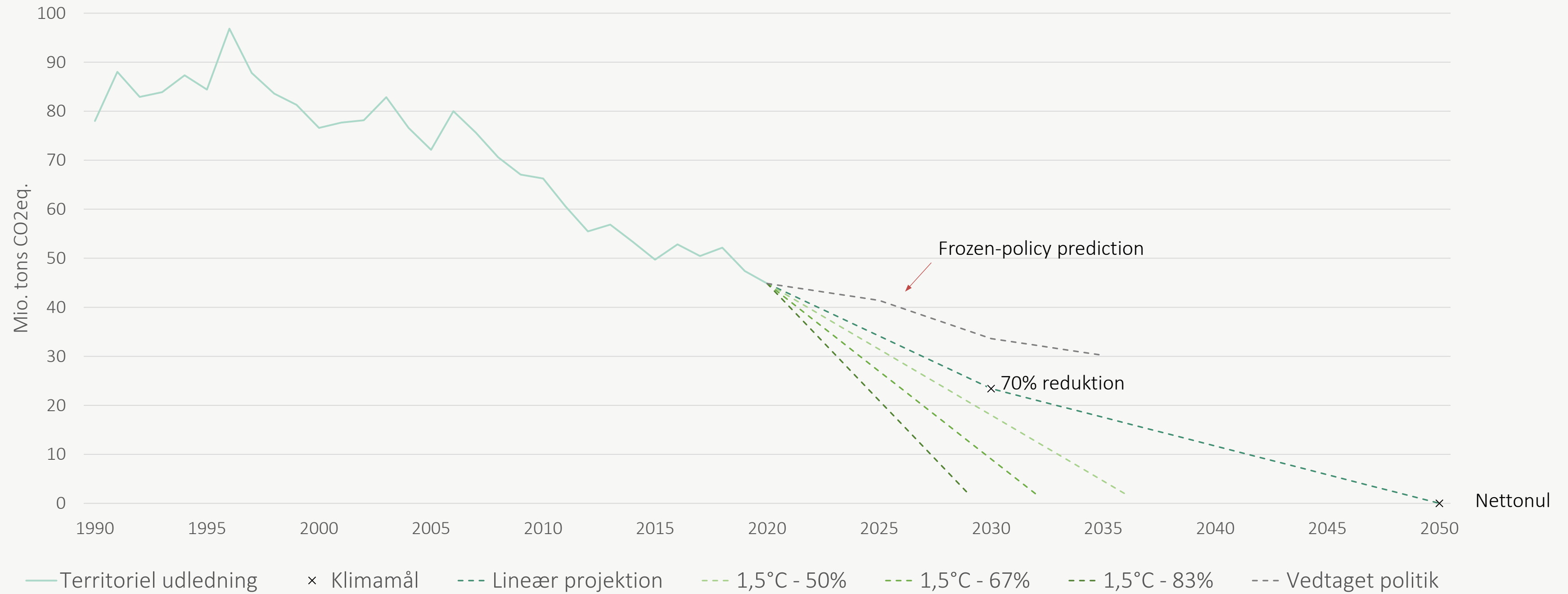
# Dansk udledning af drivhusgasser, territorial



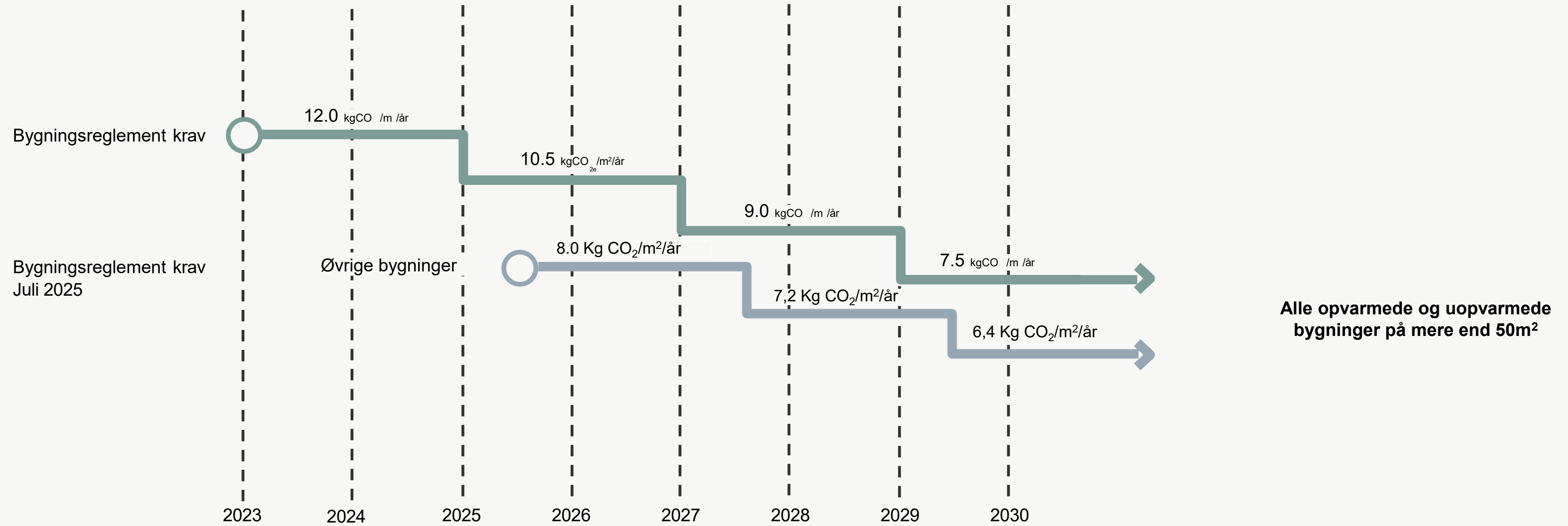
# Dansk udledning af drivhusgasser, territorial



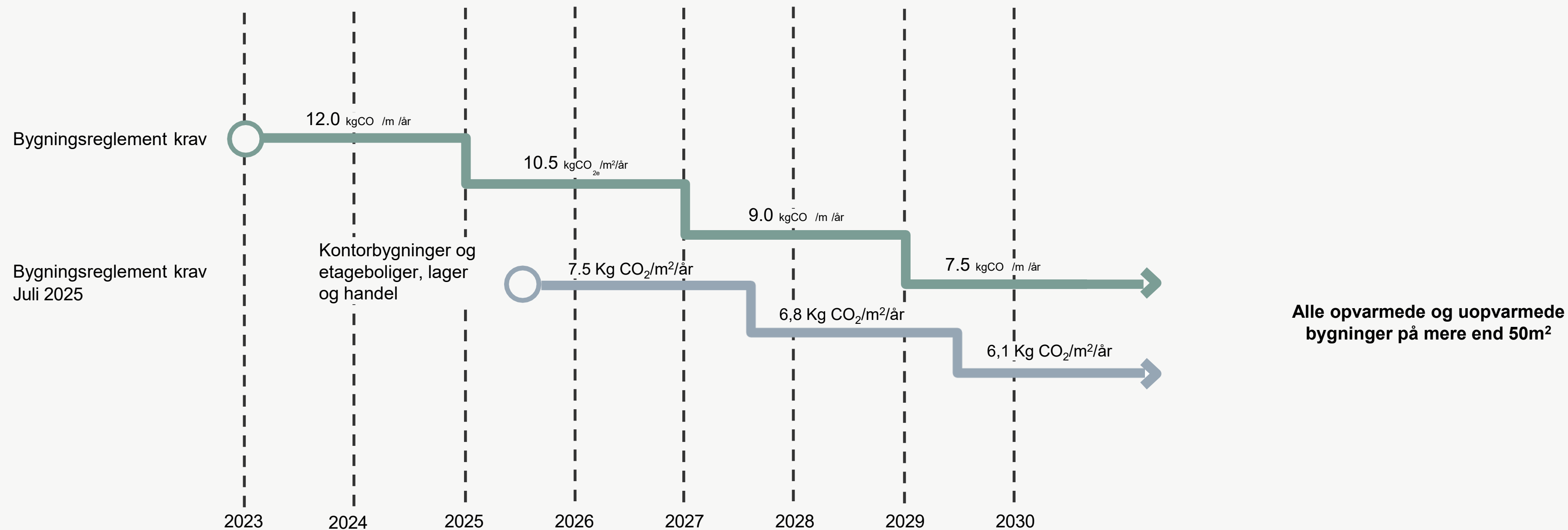
### Dansk udledning af drivhusgasser, territorial



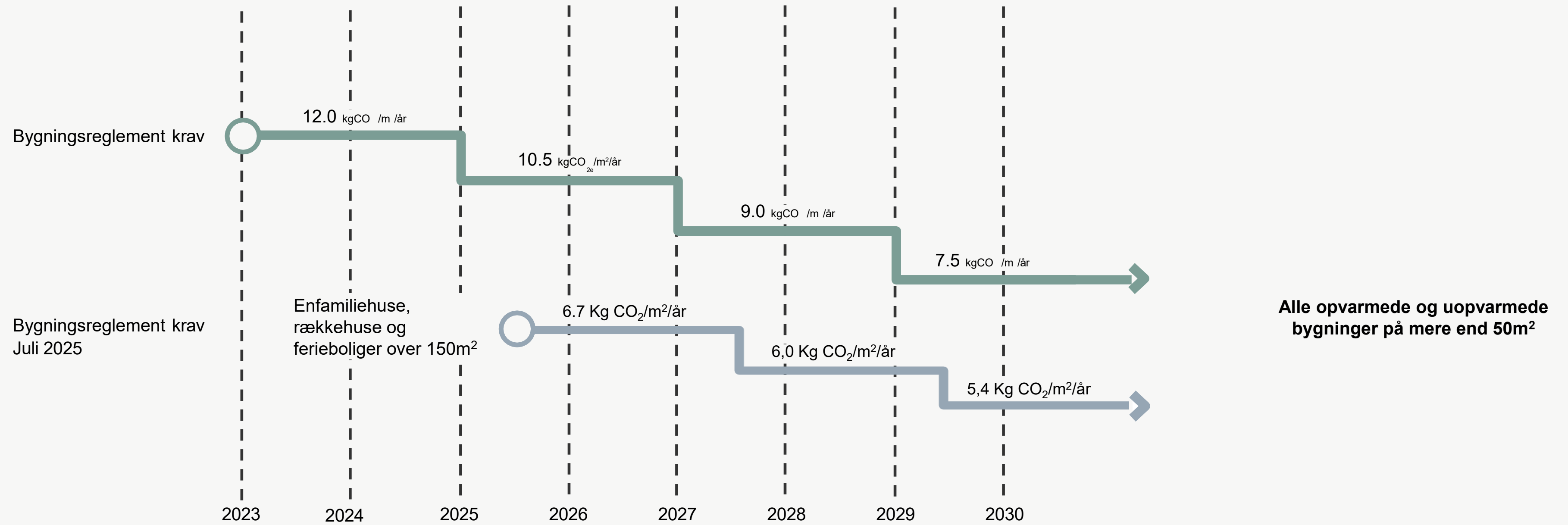
# Klimakrav 2025



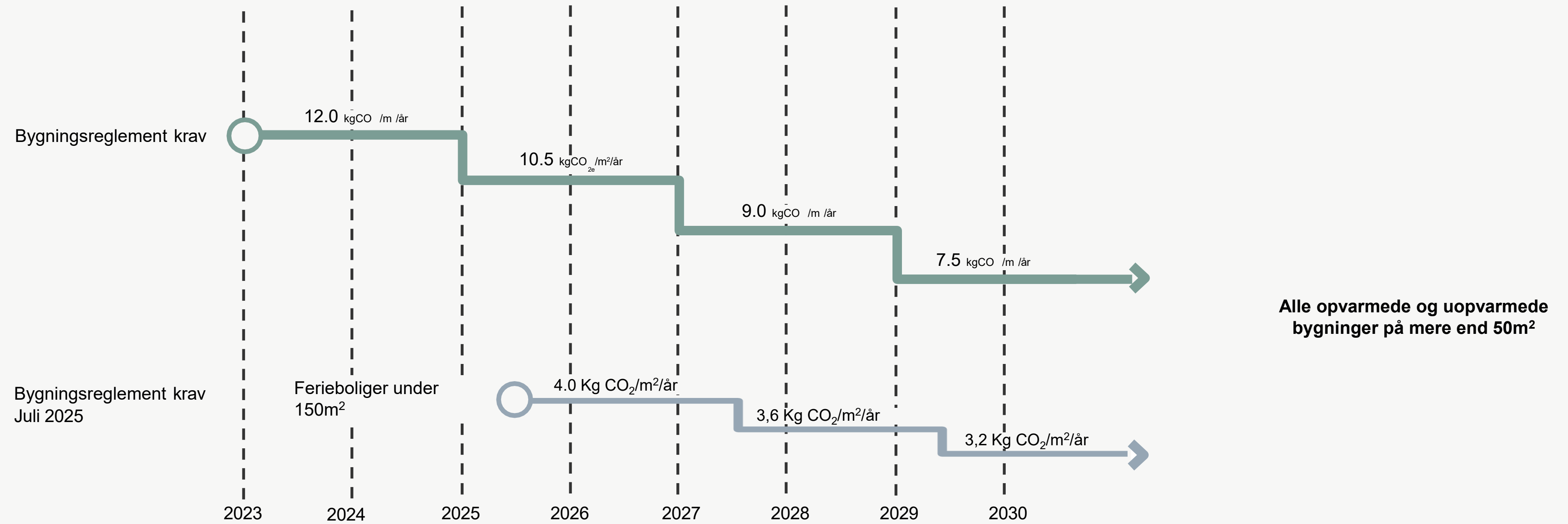
# Klimakrav 2025



# Klimakrav 2025



# Klimakrav 2025



# Eksempler – større byggerier

## Eksempel – de bærende konstruktioner

# TRÆ Sydhavn

15.300 m<sup>2</sup>

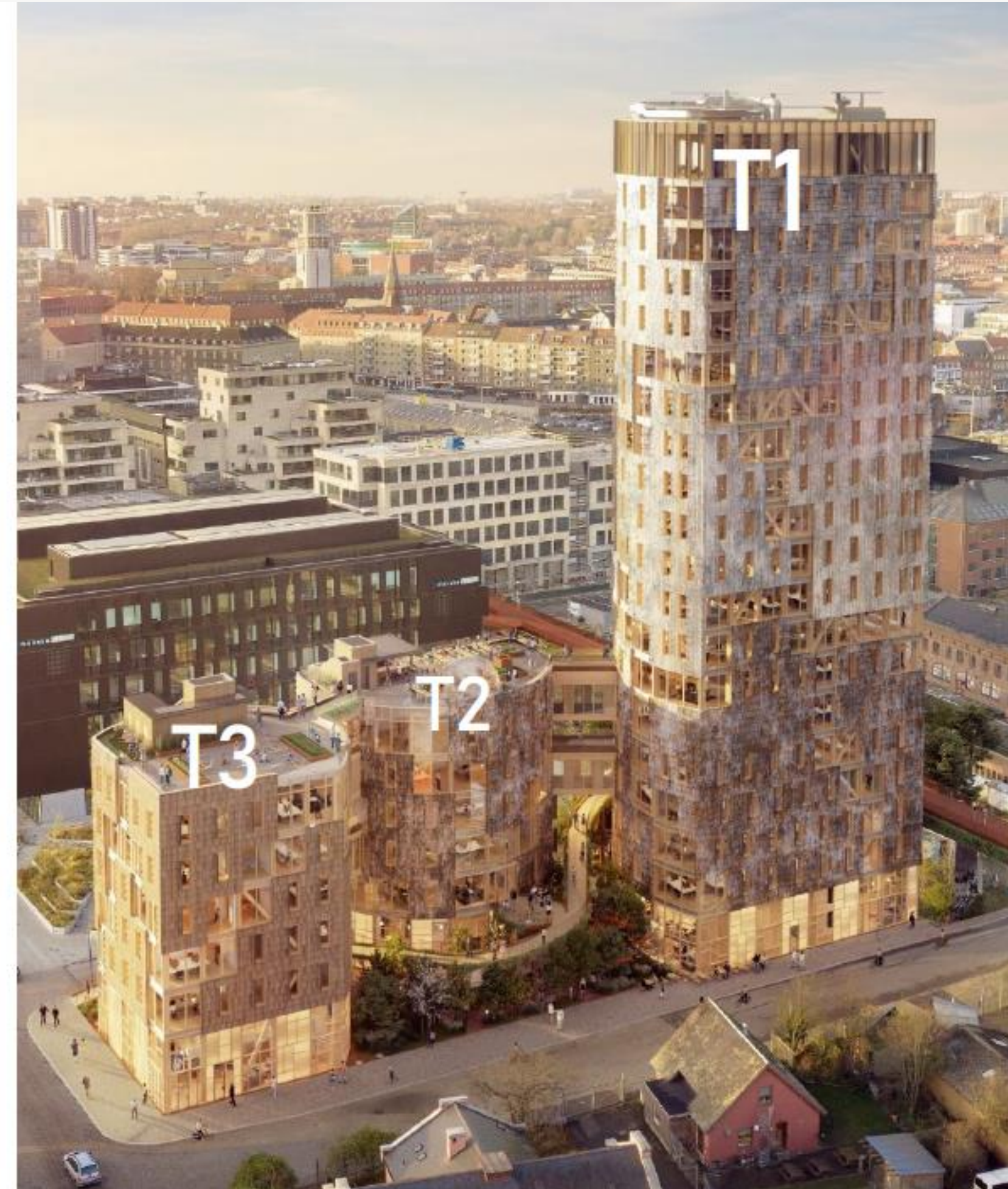
3 bygninger

20 + 6 + 6 etager

78 meter

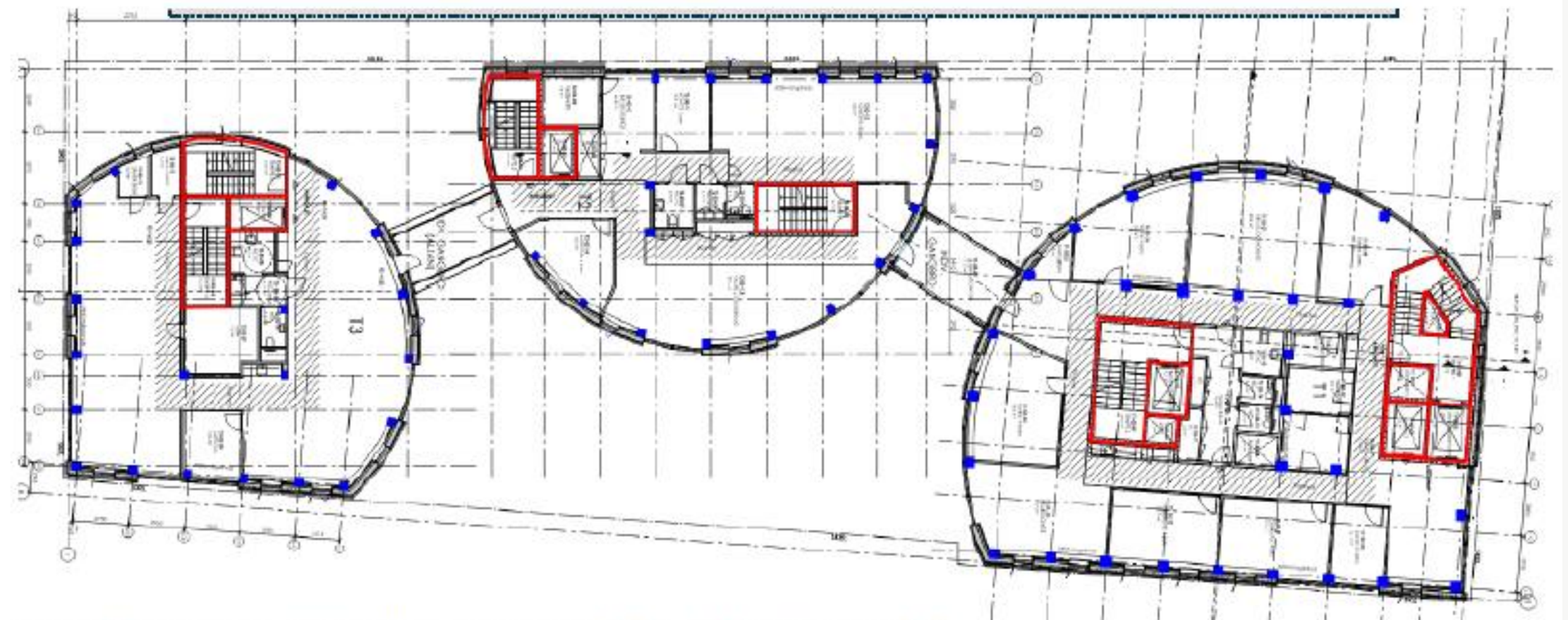
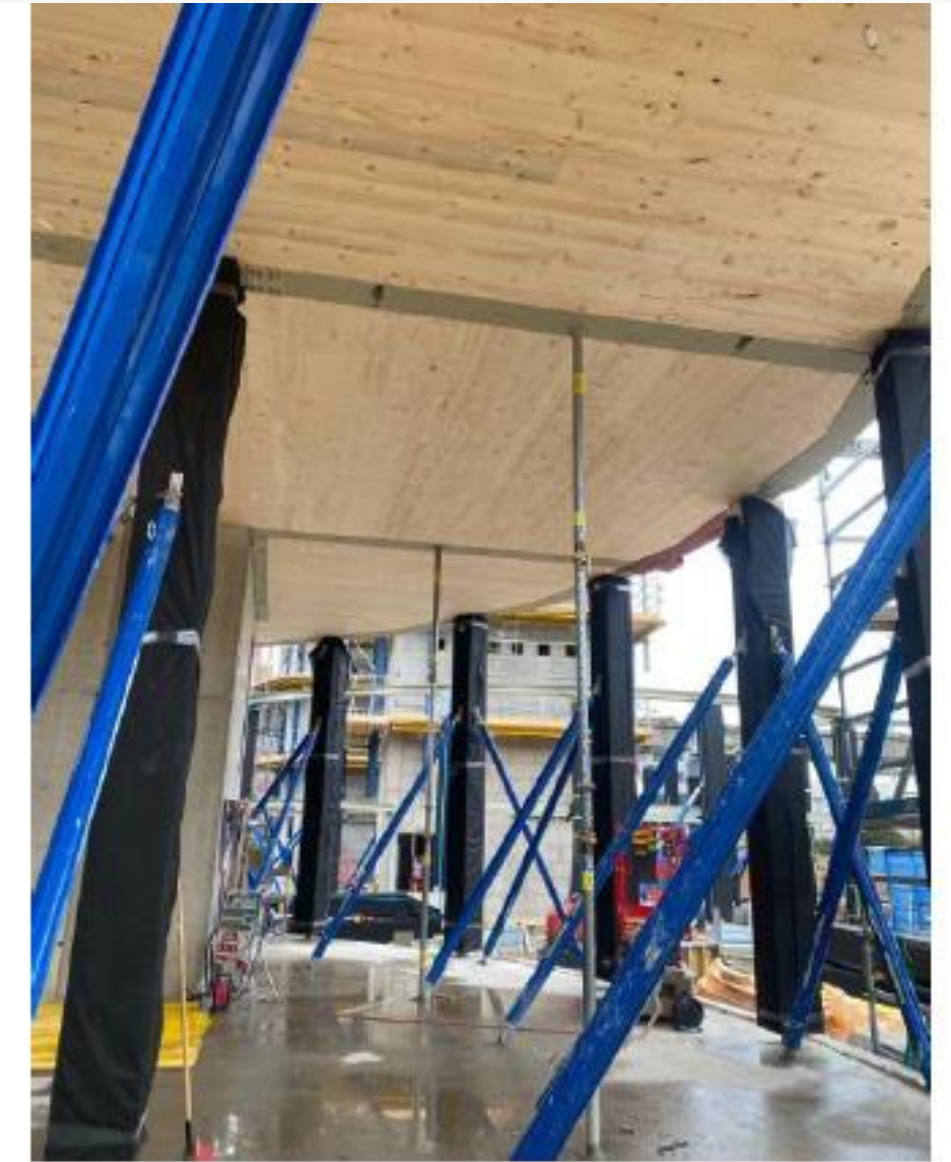
Kontorhus på Sydhavnen i Århus

PFA Pension  
Kilden & Hindby  
KOM Aarhus  
Lendager  
Artelia



# Konstruktionsopbygning

- CLT dæk + enkelte betondæk
- Søjler og tværafstivninger i limtræ
- Stålbjælker i etagedæk
- Facade i trækassetteelementer
- Trappekerner i beton
- Bundplader i beton, Pælefundering



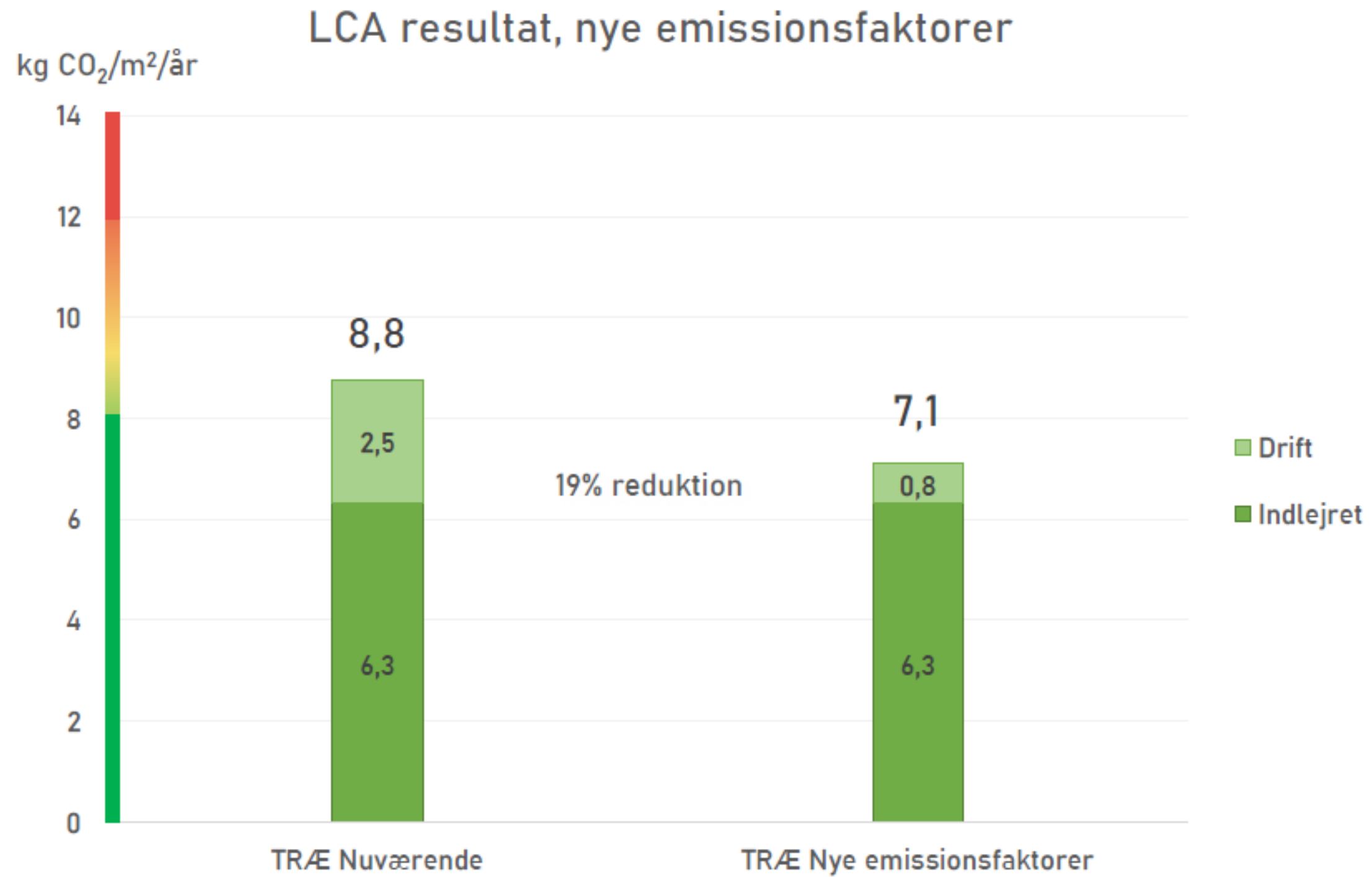
Figur 15 Plantegning, 3. sal. Betonkerner markeret med rød, søjler markeret med blå

# Træ/hybrid vs beton

- T1, T2 og T3
  - T1 = 20 etager
  - T2 = 6 etager + kælder
  - T3 = 6 etager
- Benchmark
  - Samme udformning
  - Konventionelle materialer
  - Betonbygning
  - Ingen genbrug



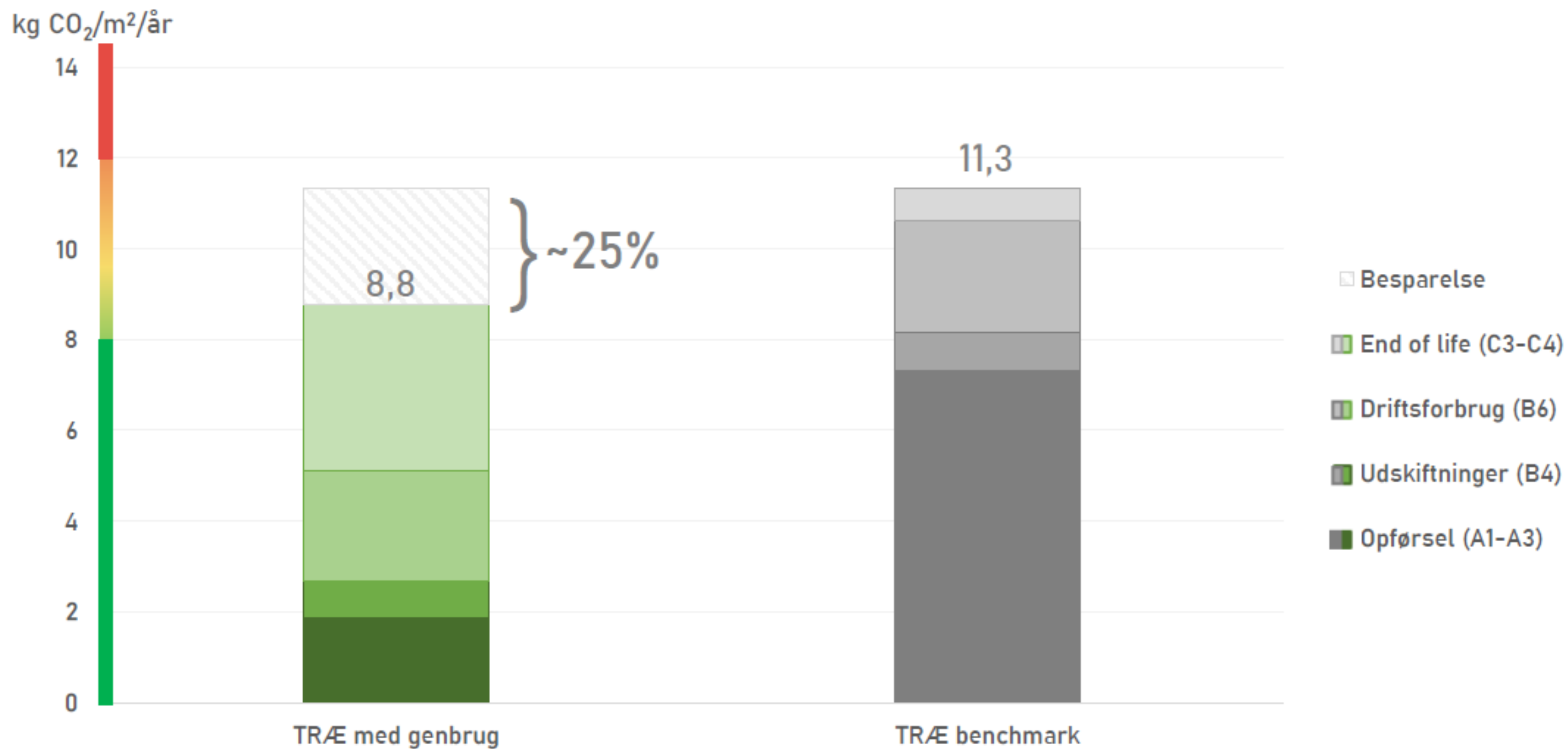
# Betydning af nye emissionsfaktorer



# CO<sub>2</sub> performance

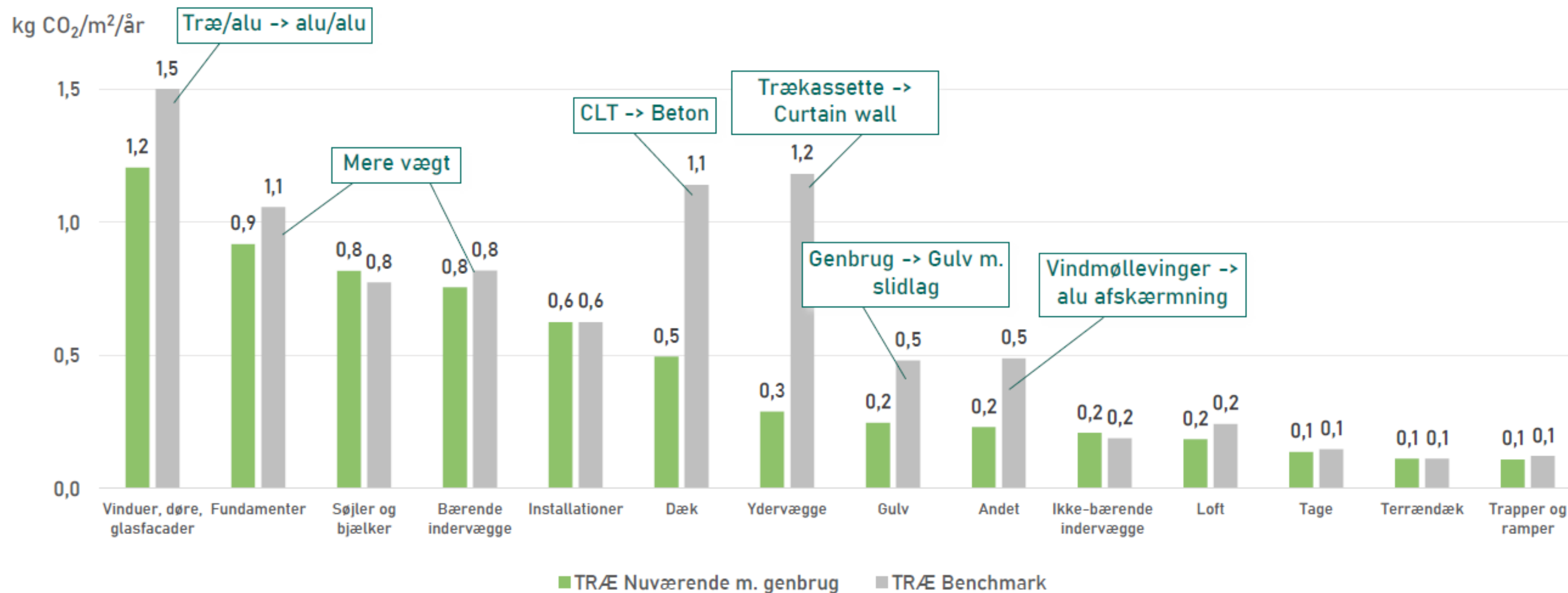
## - Benchmark sammenligning

Udledning opdelt i faser jf. BR



# CO<sub>2</sub> performance - Benchmark sammenligning

Hovedkonstruktioner - Udledninger for faser jf. BR18



A large, light blue outline of a lightbulb, positioned to the left of the main text.

# Vigtige læringer fra projektet

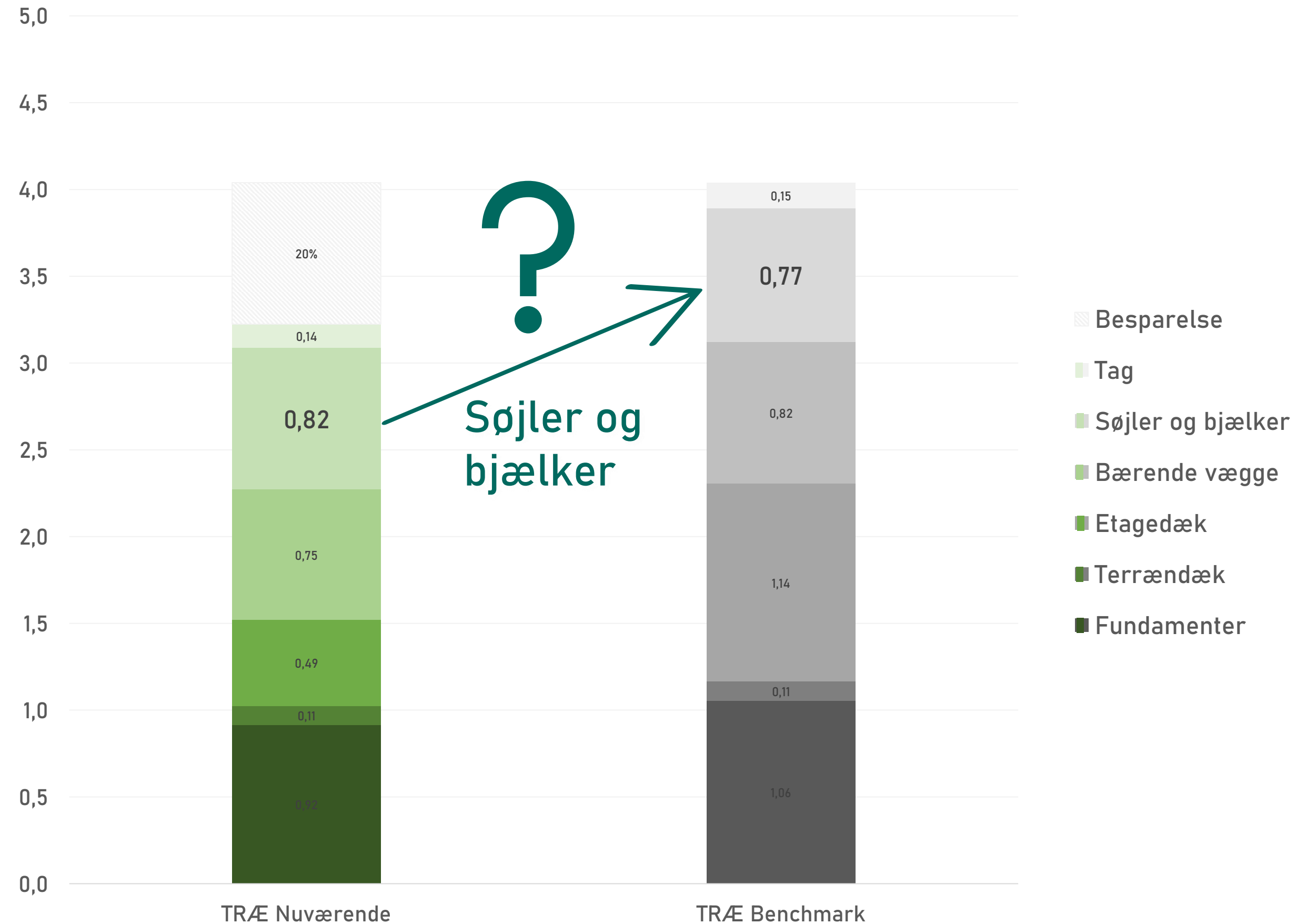
# Det statiske systems betydning

- Det statiske system alene står for **37%** af den samlede udledning
- Det svarer til **51%** af udledningen fra materialerne alene

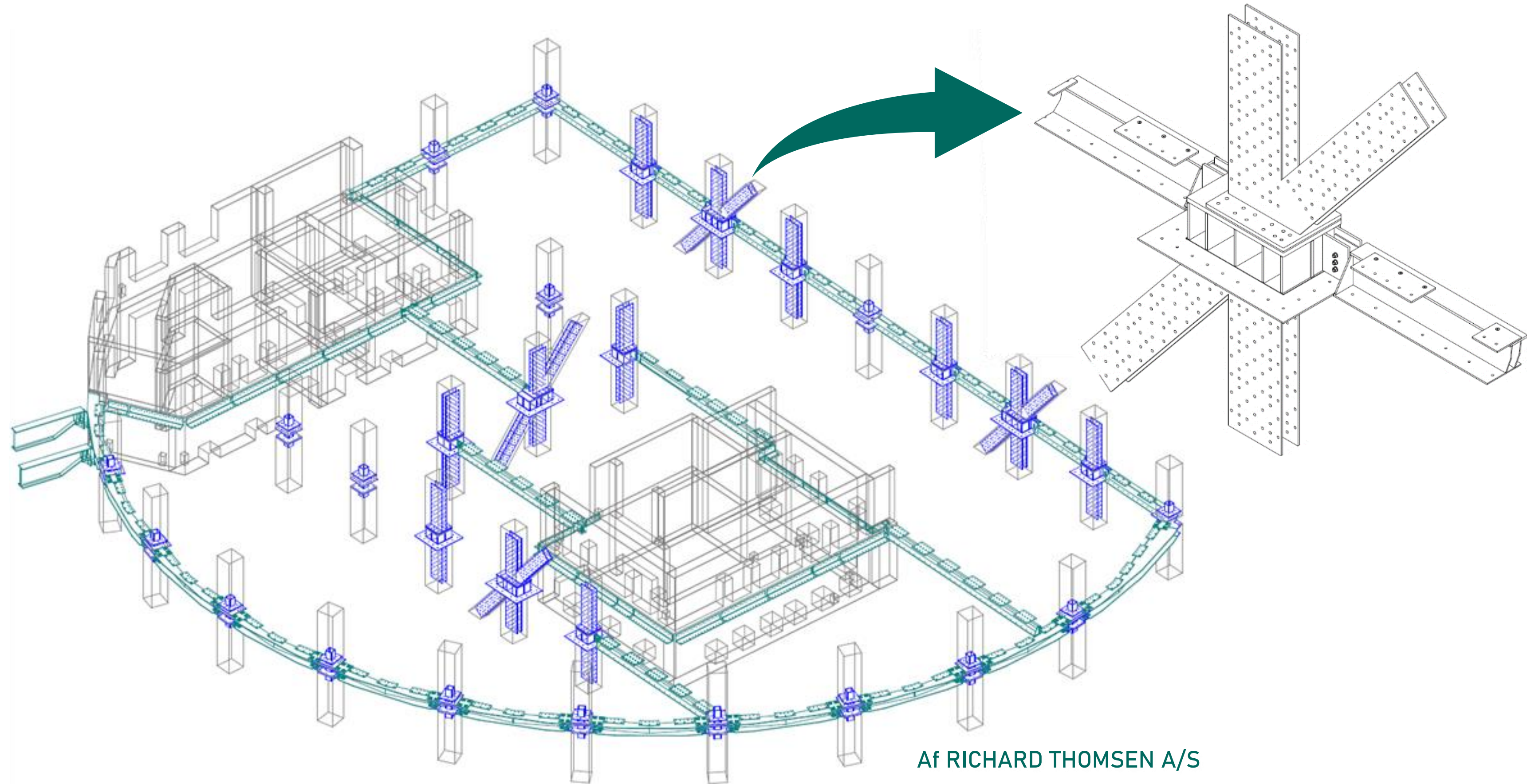


kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år

Sammenligning af det statiske system



# Det statiske systems betydning

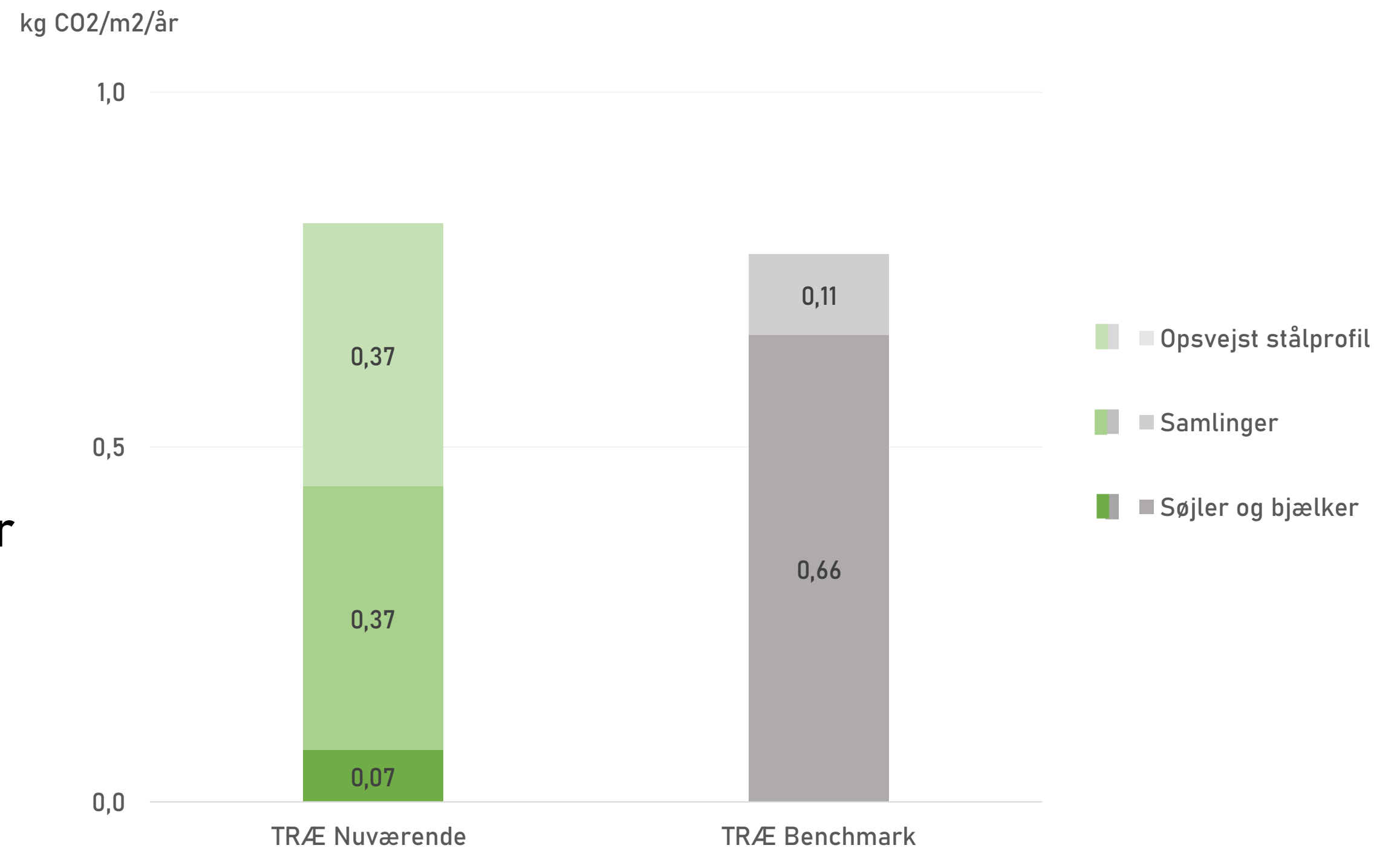


Af RICHARD THOMSEN A/S

# Det statiske systems betydning

- Massive stålsamlinger
- Fokus på højde af bygning -> robusthedskrav -> ekstra stål
- Fokus på udformning af design -> robusthedskrav -> Opsvejste stålprofiler

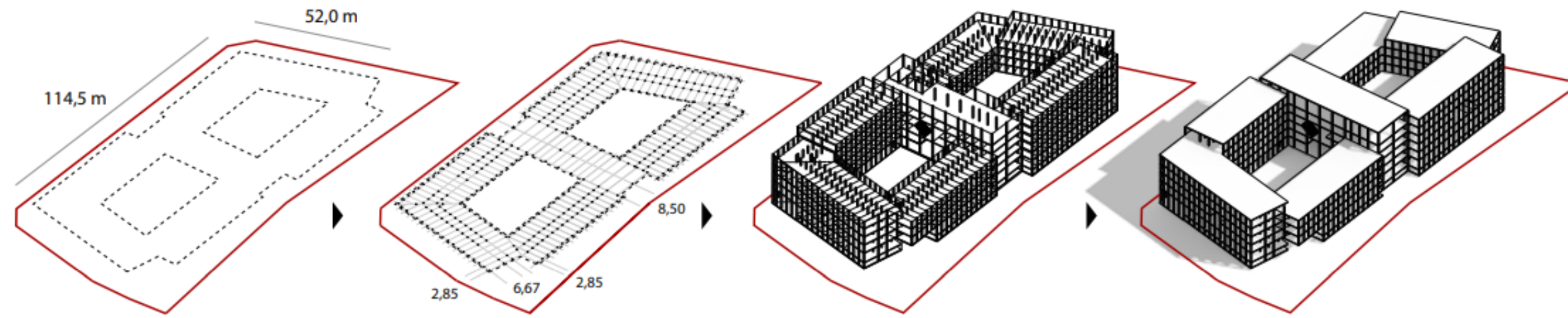
Sammenligning af søjler og bjælker  
Det statiske system



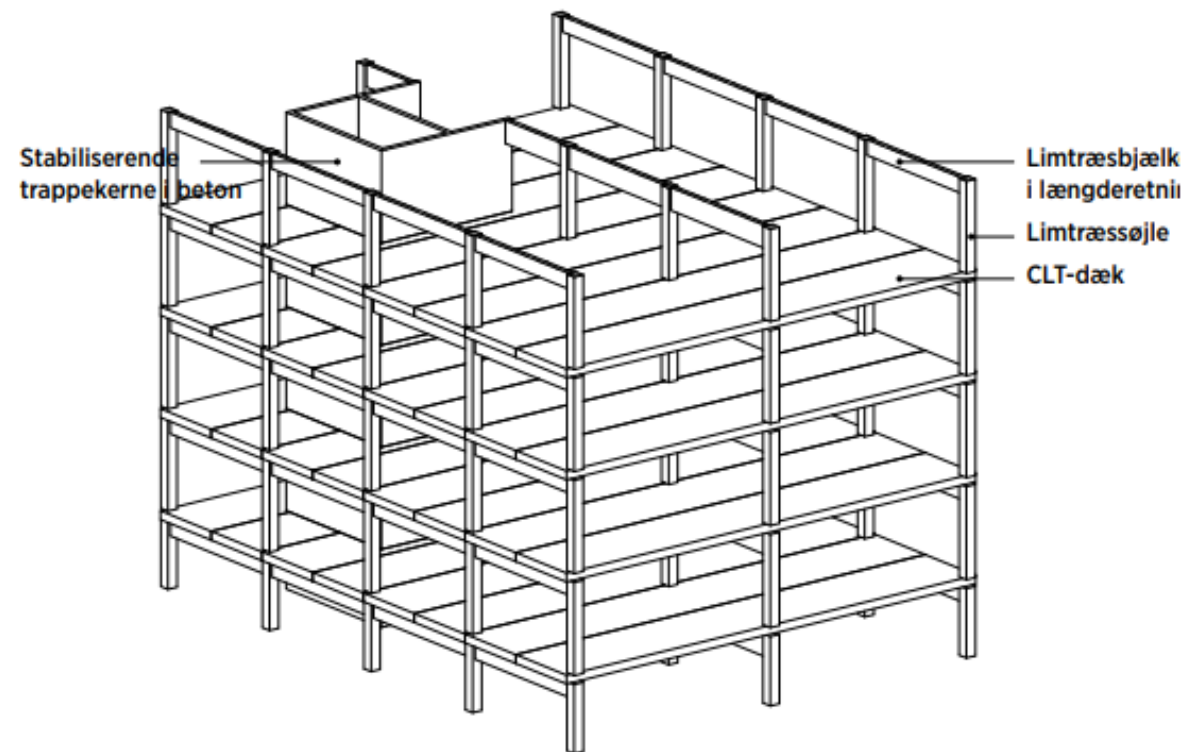
# WoodHub

LERCHESGADE  
KONTORKNUDEPUNKT



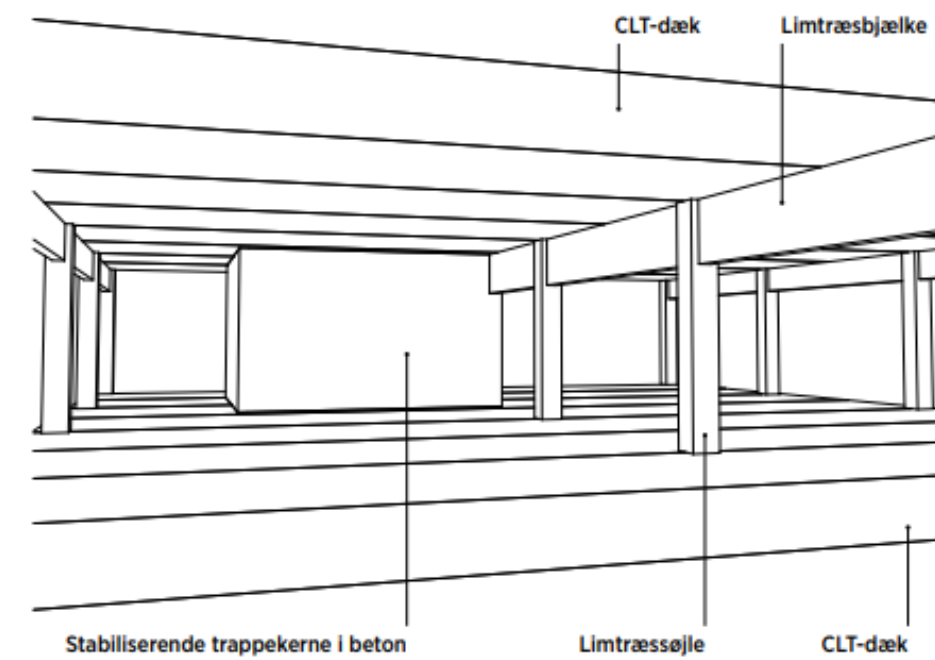


## \* PRÆCISERING AF KONSTRUKTIONER



### ISOMETRI AF UDSNIT I MEETINGHUB

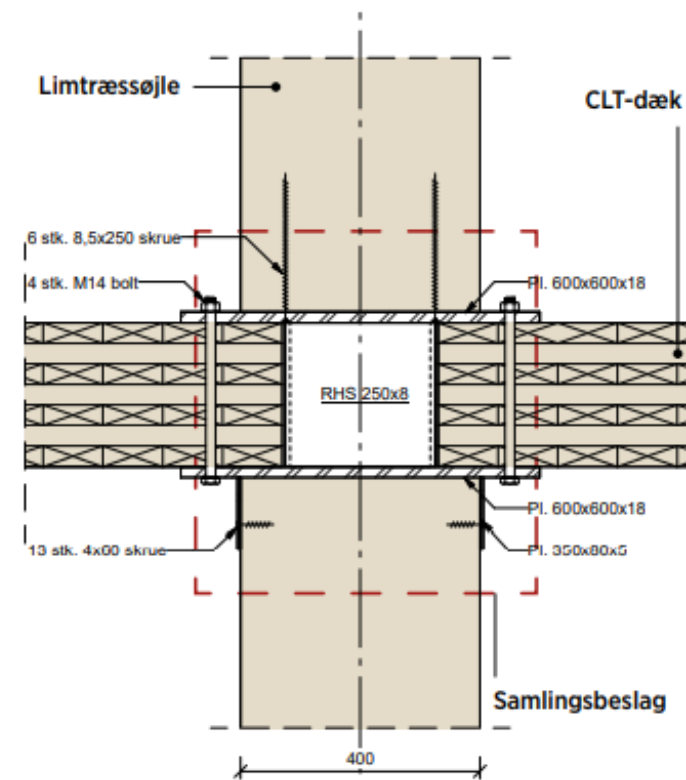
Søjle-drager-konstruktion i limtræ med gennemgående CLT-dæk.



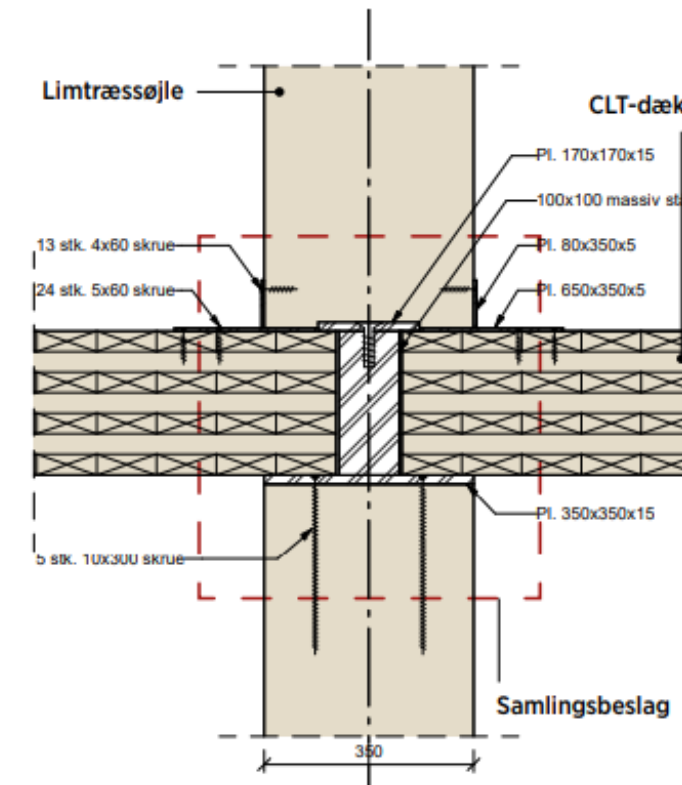
### INVENDIGT PERSPEKTIV AF KONSTRUKTIONEN I MEETING HUB

Søjle-drager-system i limtræ med CLT-dæk. Søjle-drager-konstruktion med limtræsbjælker i længderetning med gennemgående CLT-dæk på tværs.

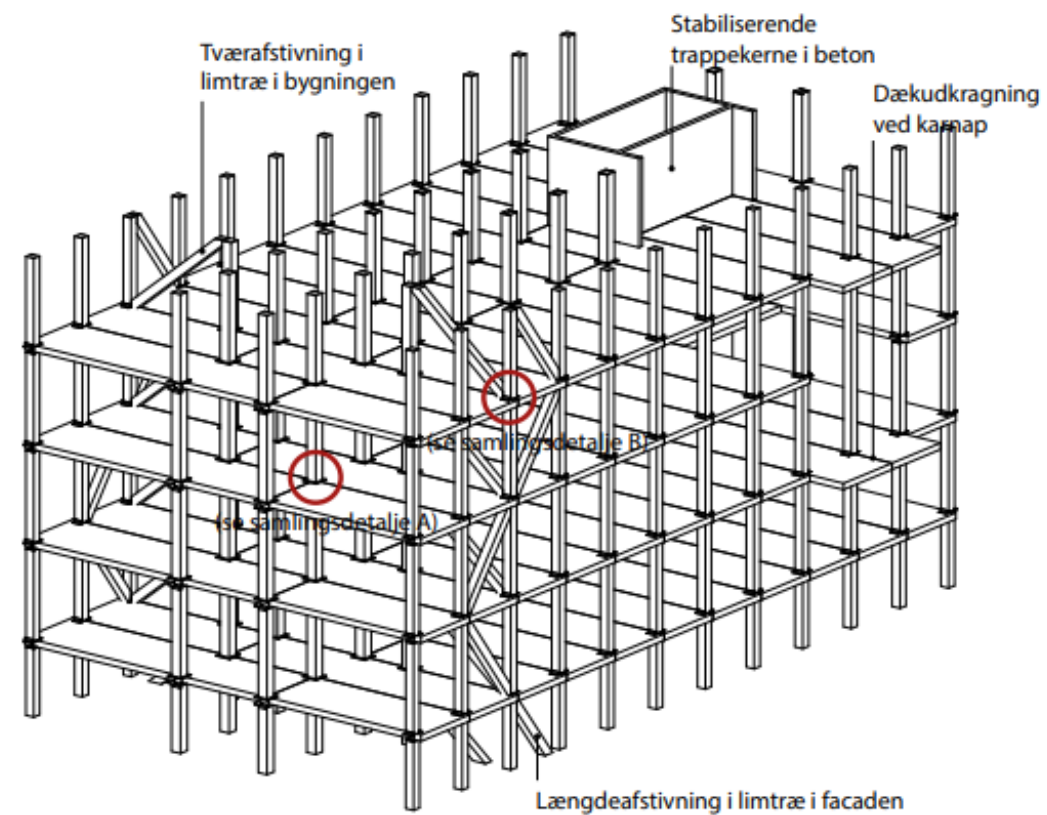
## PRÆCISERING AF SAMLINGSDETALJER \*



SAMLINGSDETALJE A // Indvendige søjler

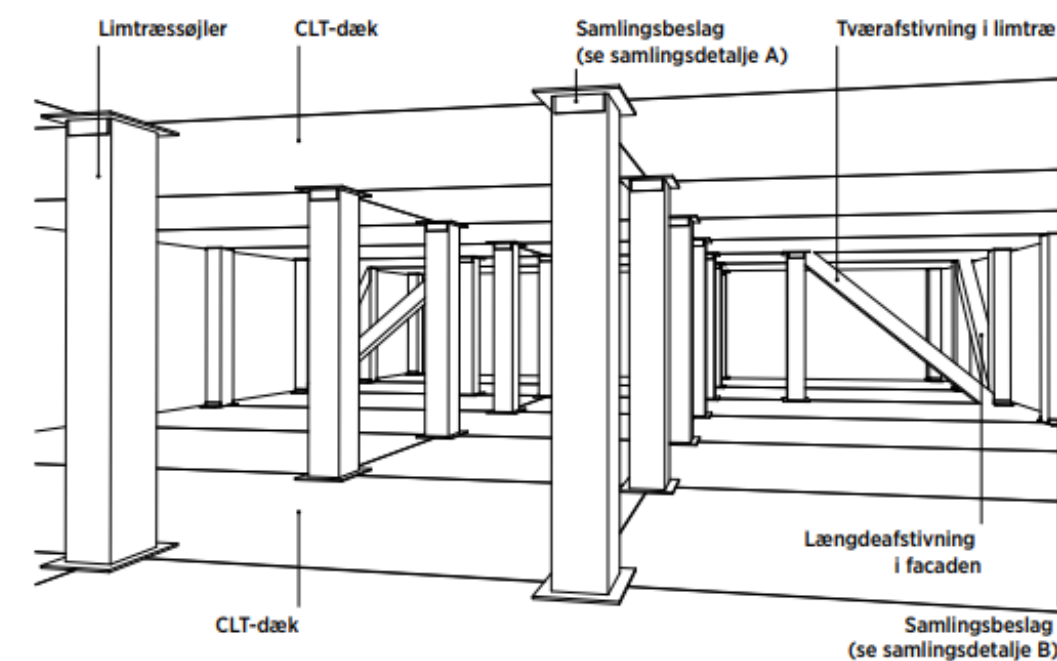


SAMLINGSDETALJE B // Facadesøjler



### ISOMETRI AF UDSNIT AF KONTORFLØJ

Paddehattekonstruktion af CLT-dæk, limtræssøjler og samlingsbeslag. Herudover ses tværafstivning i bygningen samt længdeafstivning i facaden (i limtræ) som sammen med de stabiliserende trappekerne i beton sikrer husets stabilitet.

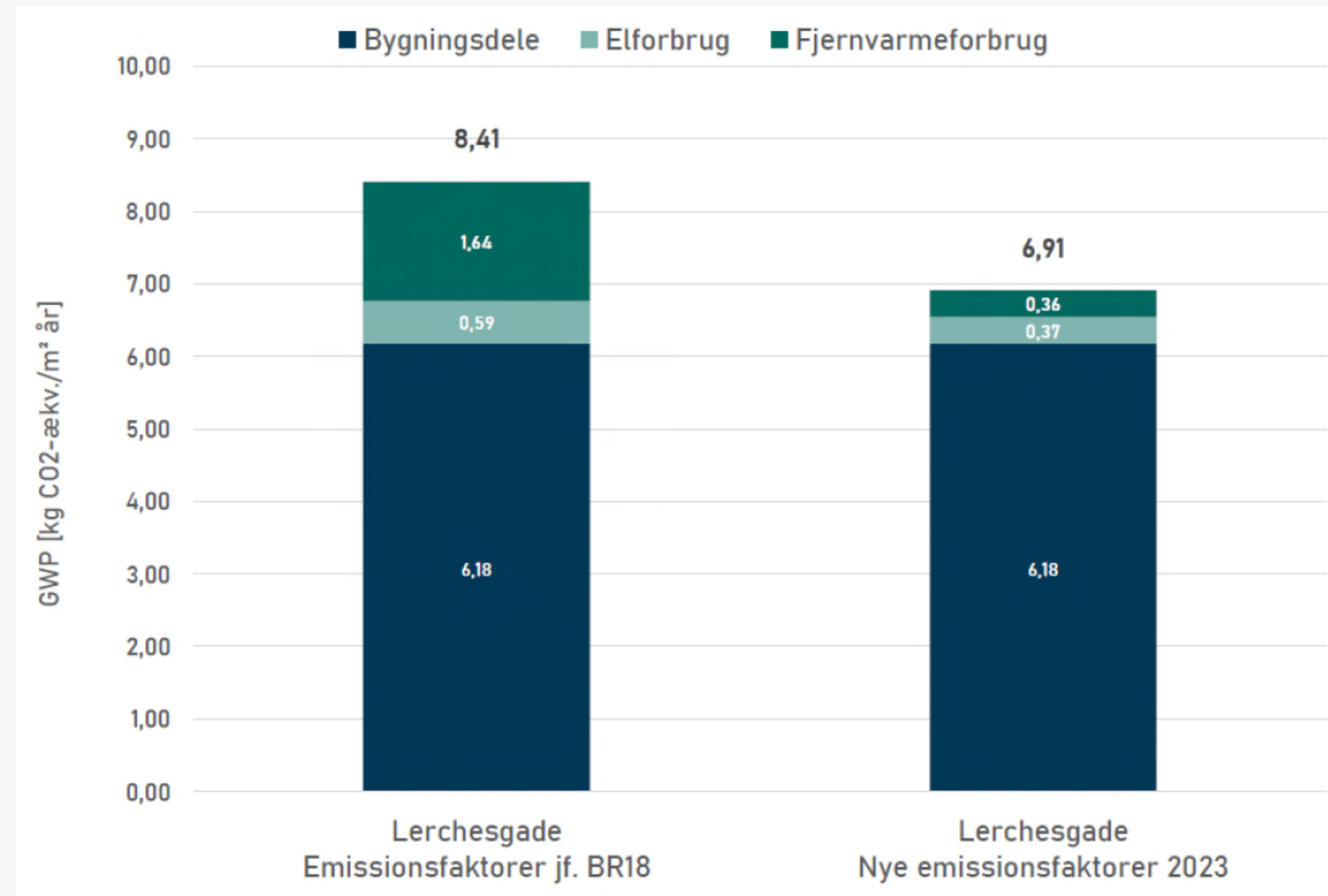


### INVENDIGT PERSPEKTIV AF KONSTRUKTIONEN I KONTORUDSNIT

Paddehattekonstruktion af CLT-dæk, limtræssøjler og samlingsbeslag. Ved denne konstruktion hviler dæk af på søjler via samlingsbeslag, der er ingen bjælker.

# NYE EMISSIONSFAKTORER I BR FRA JULI 2025

## LERCHESGADE



### Lerchesgade

Kontorhus med kælder

Referenceareal: 32.000 m<sup>2</sup>

Frivillig bæredygtighedsklasse

Bærende trækonstruktioner med undtagelse af trappekerne, kælder og beslag



# MiniCO2 Etagehus TRÆ - Erfaringer

Klimaaftryk, ressourcer og brand



# MiniCO2 Etagehus TRÆ

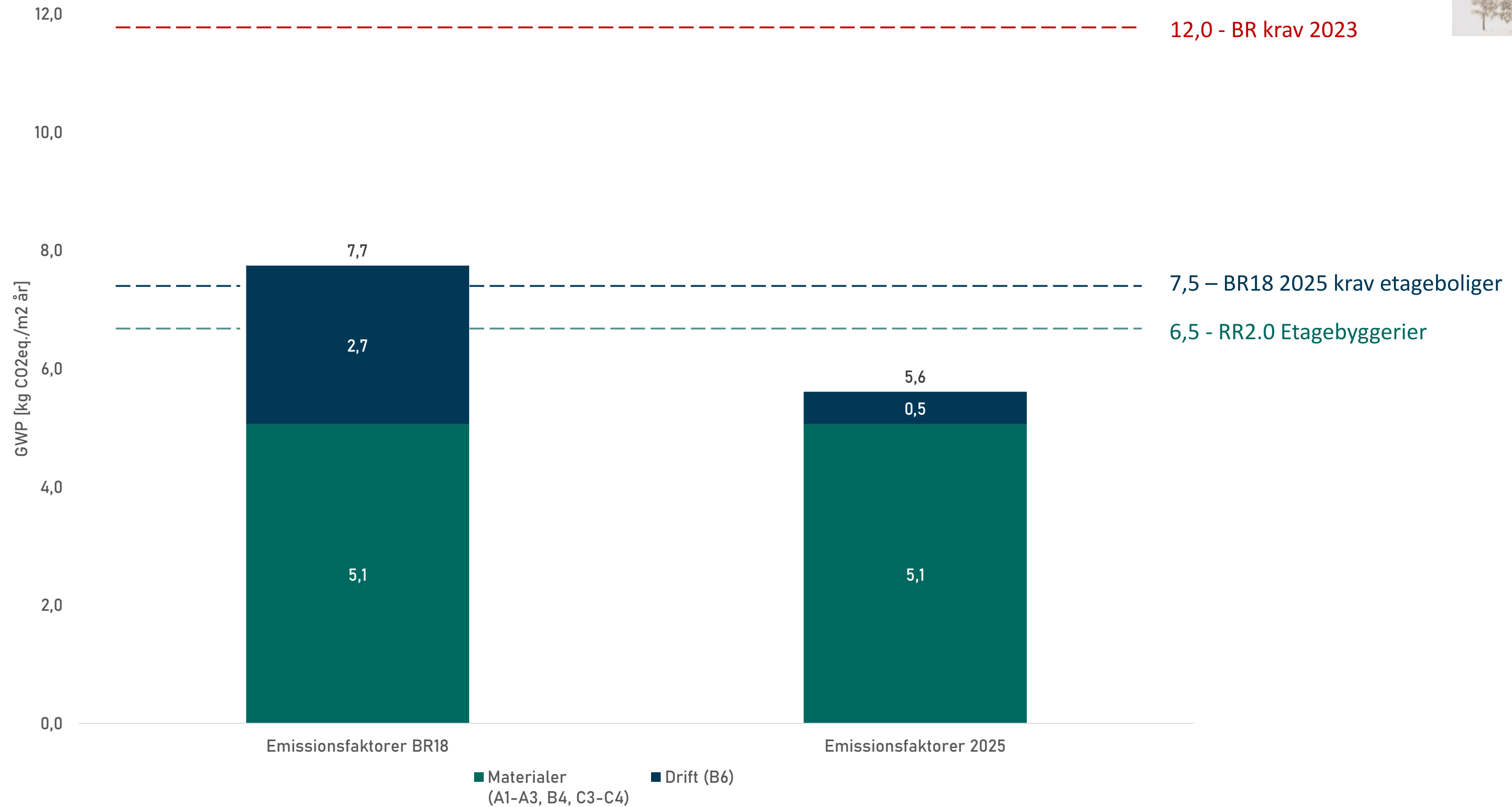
- Klimamålsætning
  - 5 kg CO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> år for materialerne
- Fokus på brug af træ
  - Trappekerne i træ
  - Biobaserede isolering
  - Ribbedæk med synlige bjælker
  - Facader af trækassetter
  - CLT gavle



# Klimaaftryk



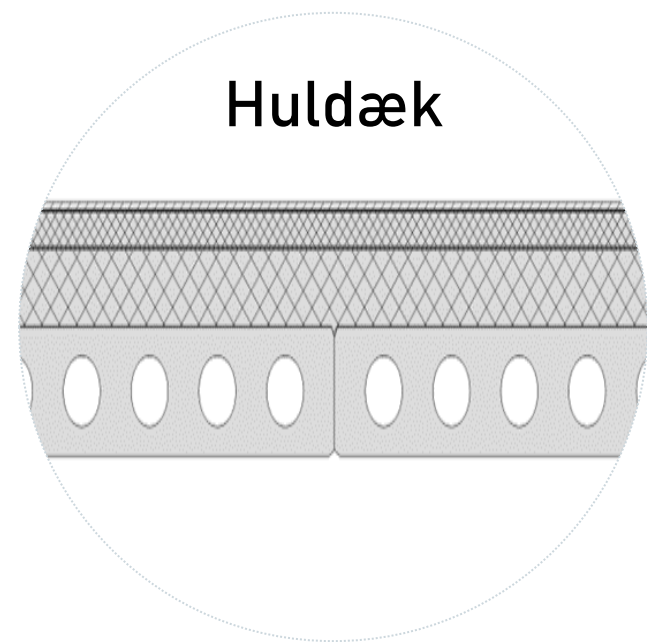
# Klimaaftryk - *Bygningsniveau*



# Ressourceforbrug

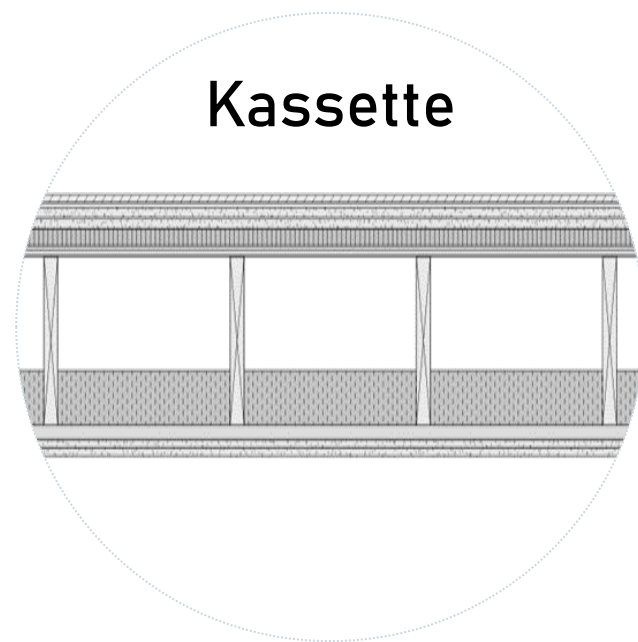


# Etagedæk - Træforbrug



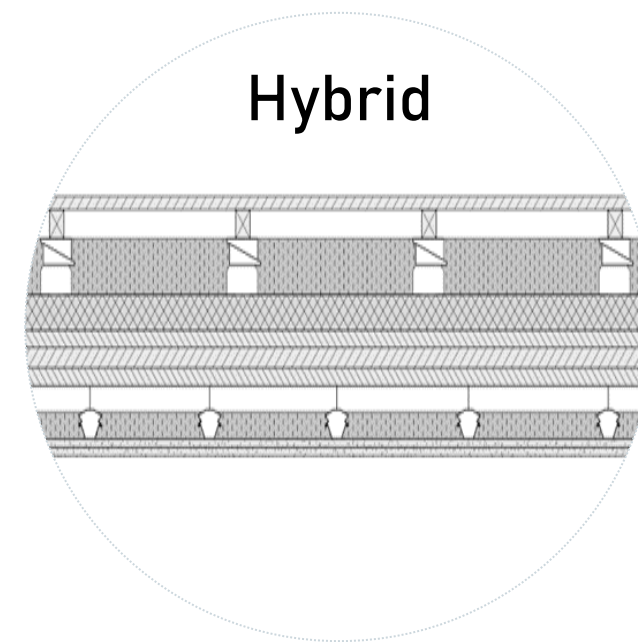
Huldæk

Træ i bær. del: 0,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>



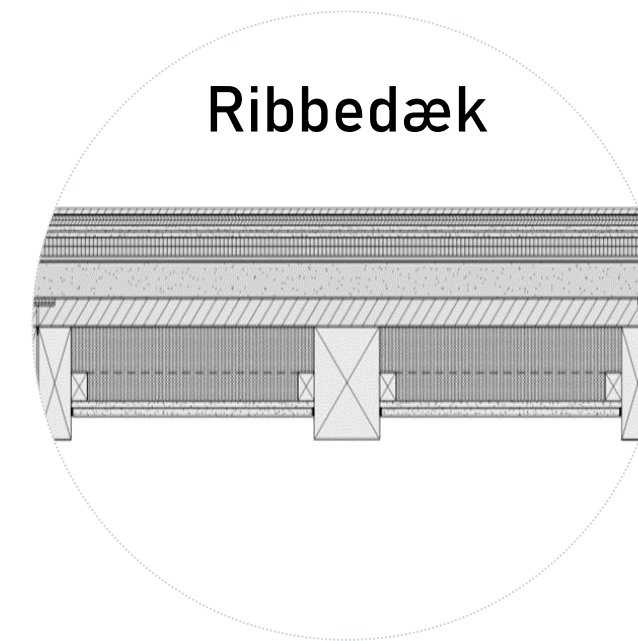
Kasette

Træ i bær. del: 0,03-0,061 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>



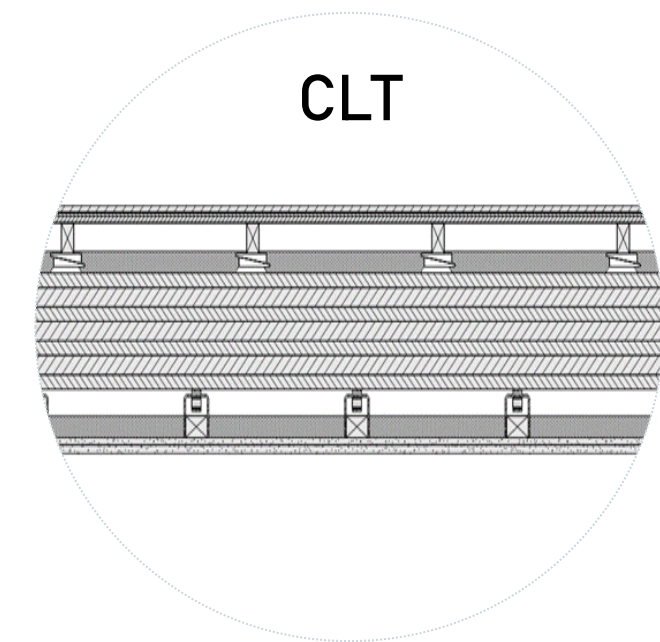
Hybrid

Træ i bær. del : 0,095 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>



Ribbedæk

Træ i bær. del : 0,11 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

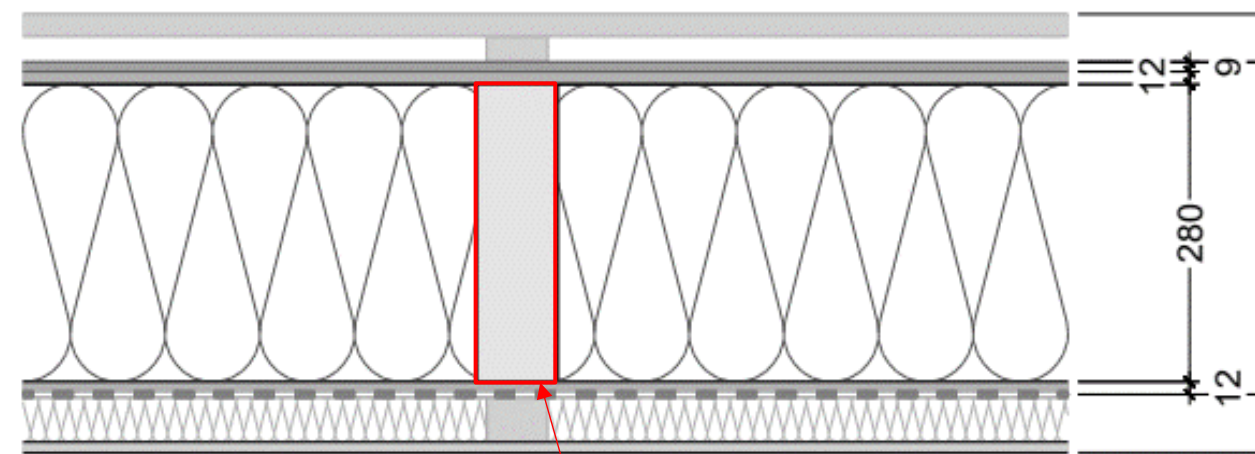


CLT

Træ i bær. del : 0,24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

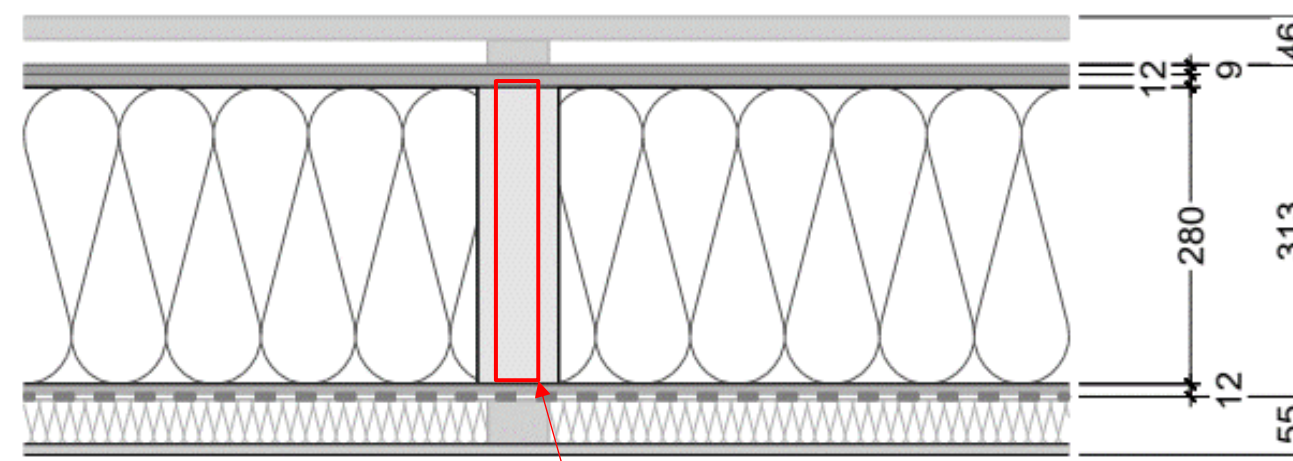
# Ydervæg - Træforbrug

Schwiez (BLG)



80x280mm

Denmark

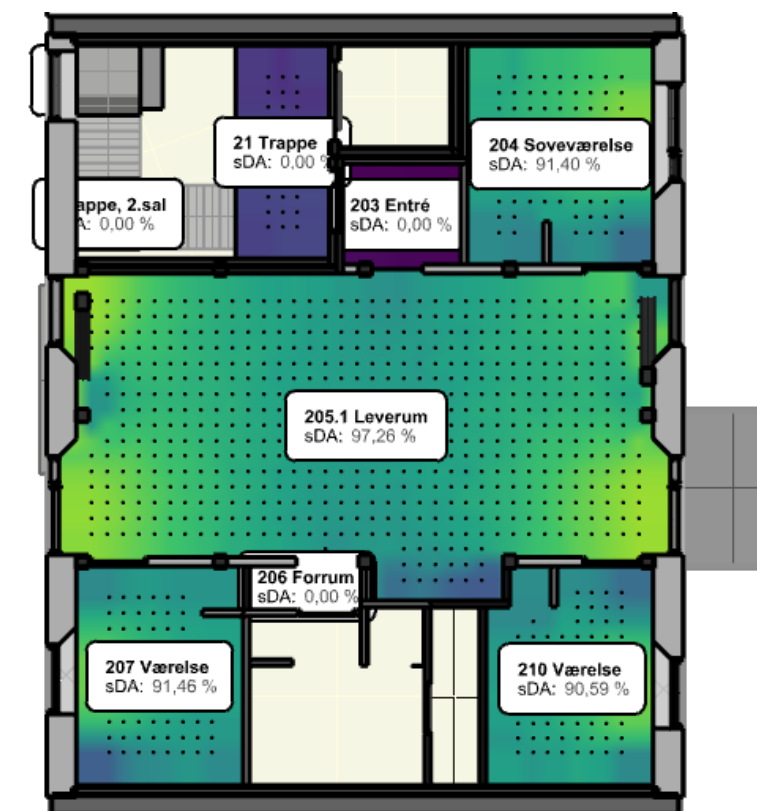
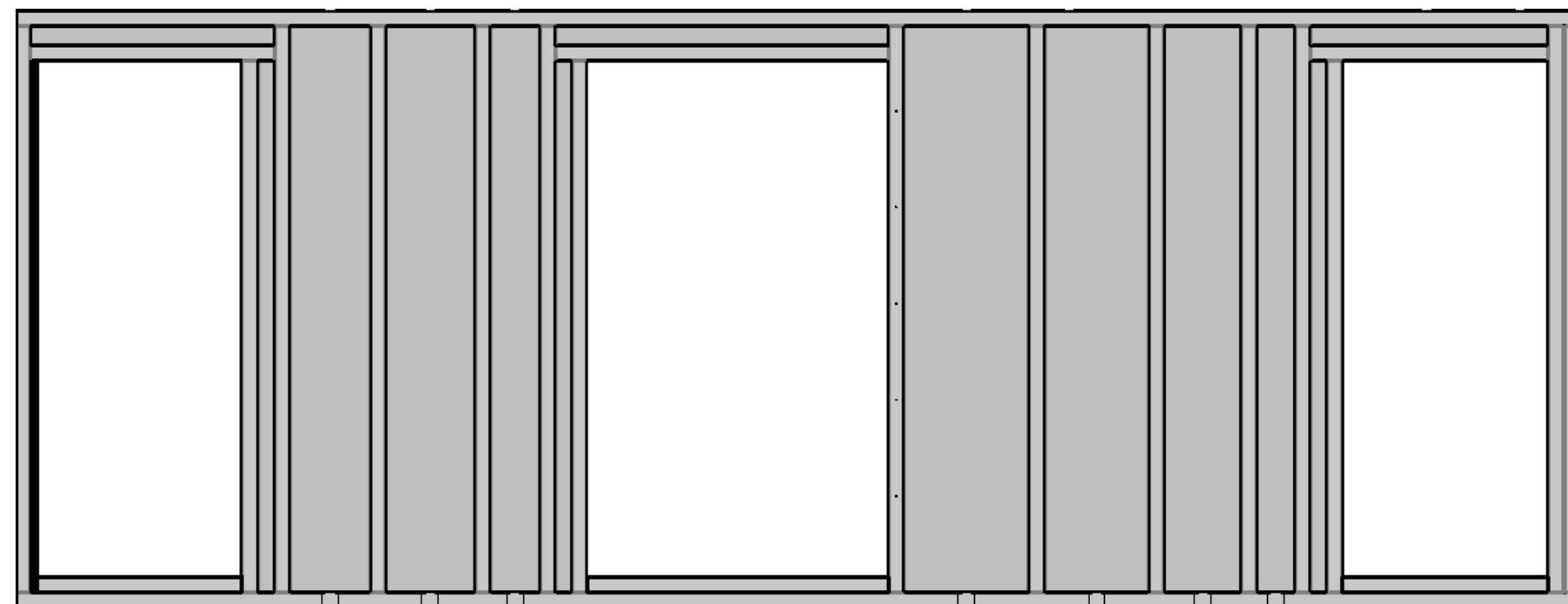


45x295mm

Træandel i kassette

Typisk: 15-20%

MiniCO2 Etagehus Træ: 25-30%



Vinduesniche

Mere træ, men bedre dagslys og rumfornemmelse

# Brand



# Brand – *Indledende overvejelser*

- Byggeprincip
  - Bærende eller ikke bærende facader
- Brandklasse (BK2 vs. BK4)
  - 60 min. i stedet for 120min.
- 20 % synligt træ (uden sprinkling)
- Matrikelskel: 120 min.



JaJa Architects

# Brand - Brandtest

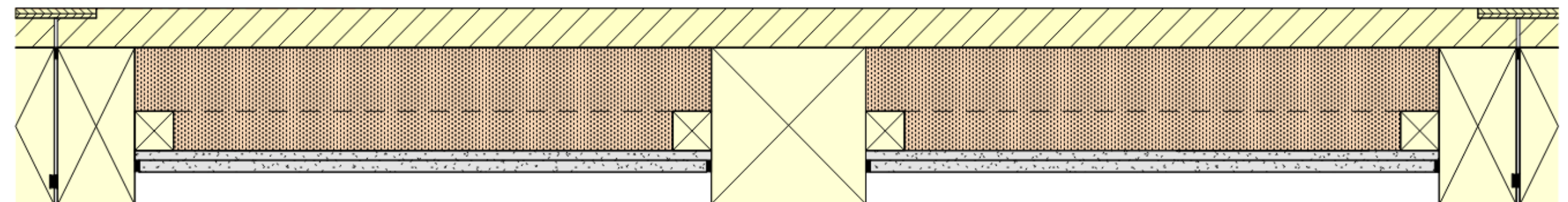
- Hvorfor
  - Mulighed for gennembrændning ved bjælker
- Erfaringer
  - Forkulning af isolering
- Krav REI60
  - Holdte i 110 min.
- OBS på overfaldekrav



DBI

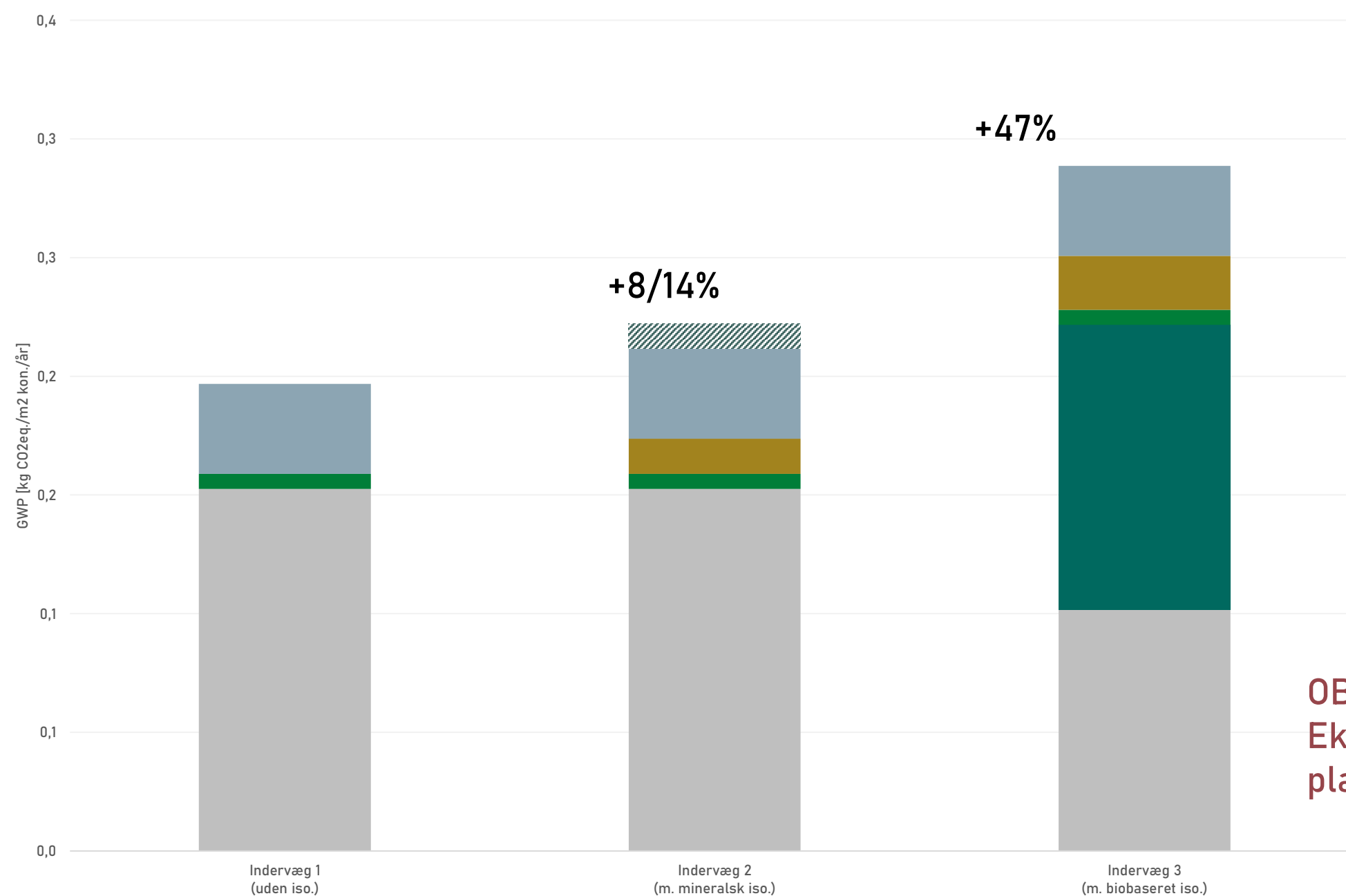


JaJa Architects

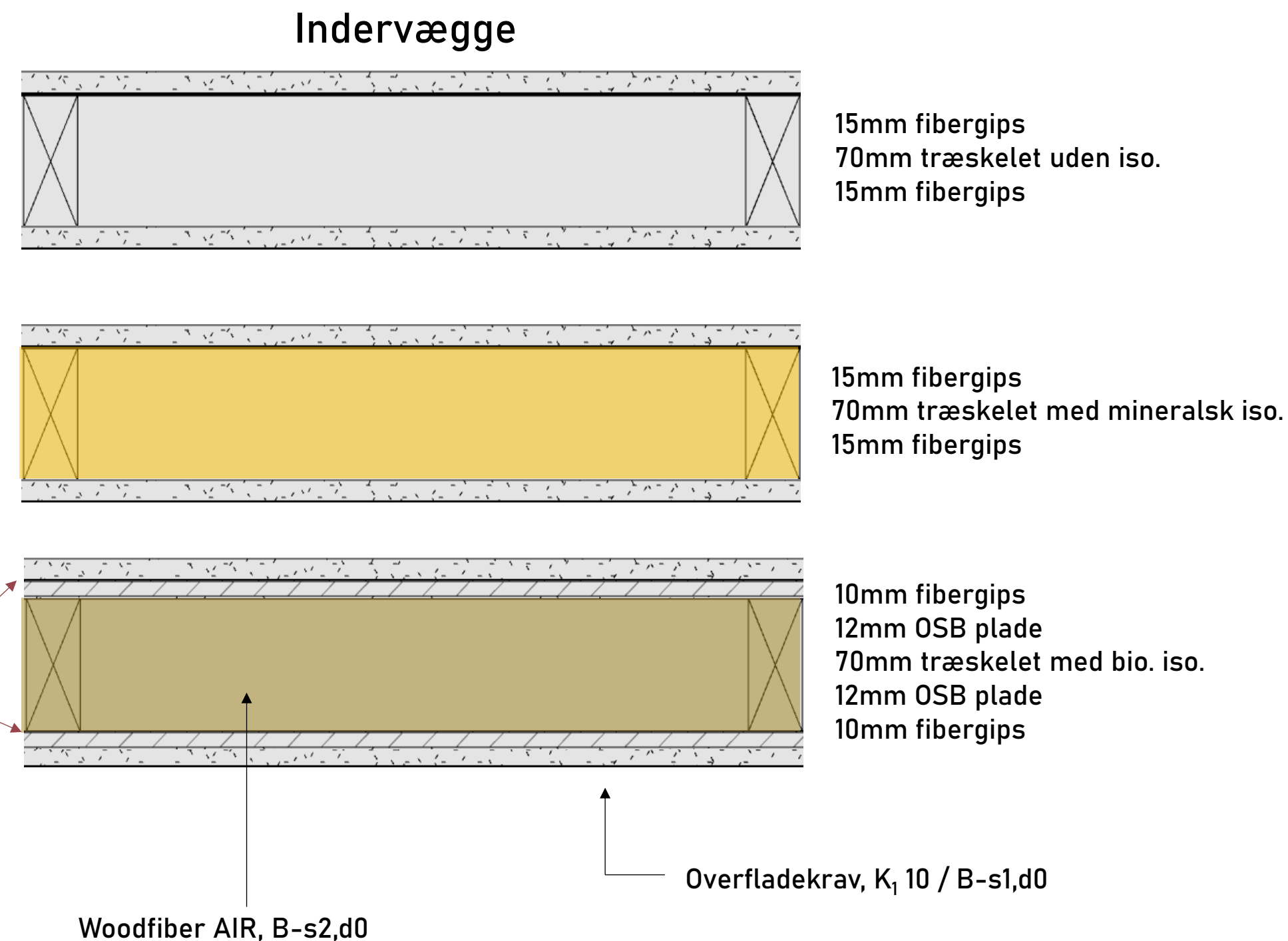


JaJa Architects

# Brand - Ikke bærende indervæg



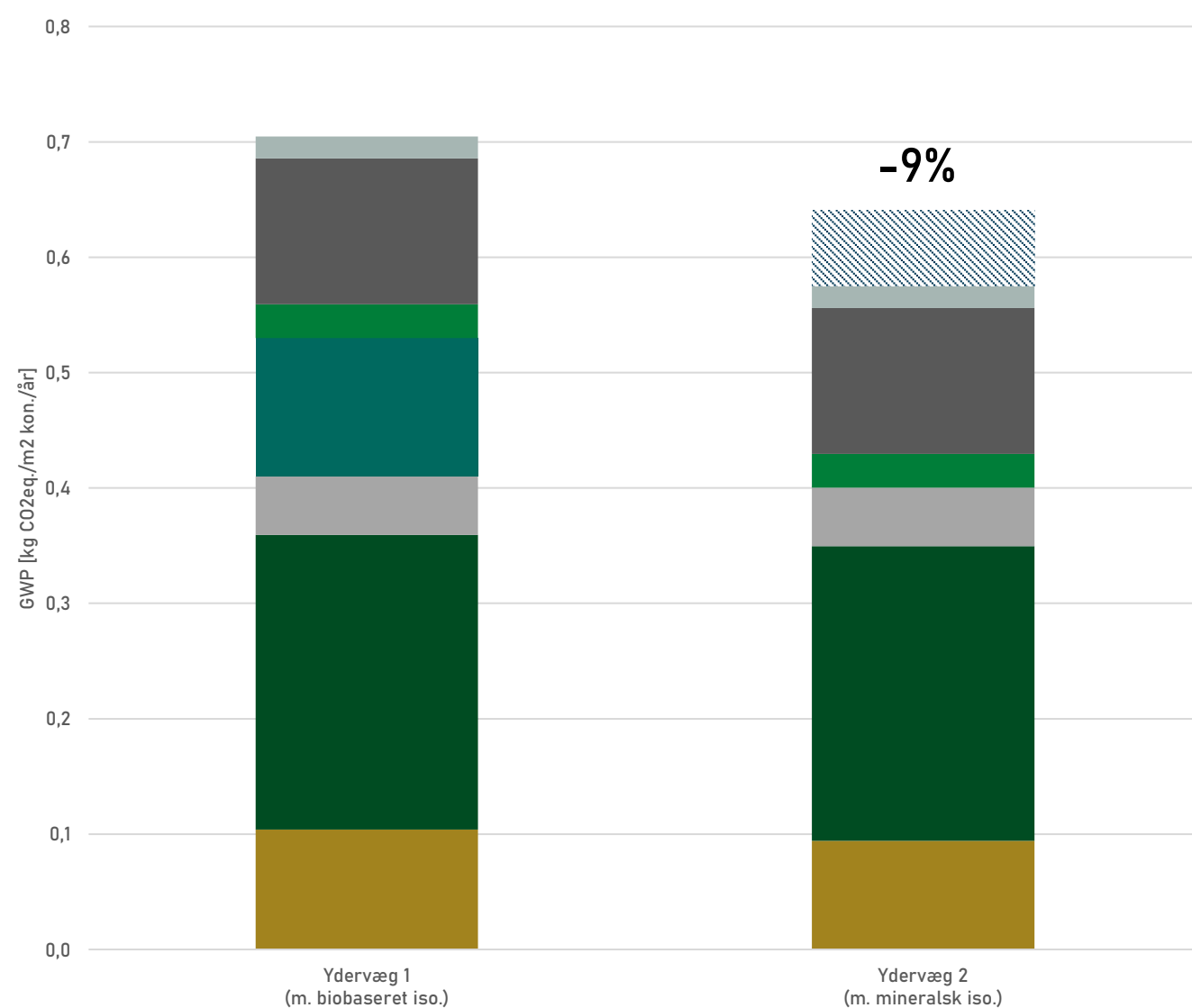
OBS:  
Ekstra  
plade



Brug af biogen isolering er udfordret i dag ift. gældende brandkrav. Søg kompromiserne!

Brandtest kan fjerne de ekstra plade!  
- Brug for teste strategisk og deling af viden i branchen for ikke at teste unødigt meget ift. de biogene løsninger.

# Brand - Ikke bærende ydervæg

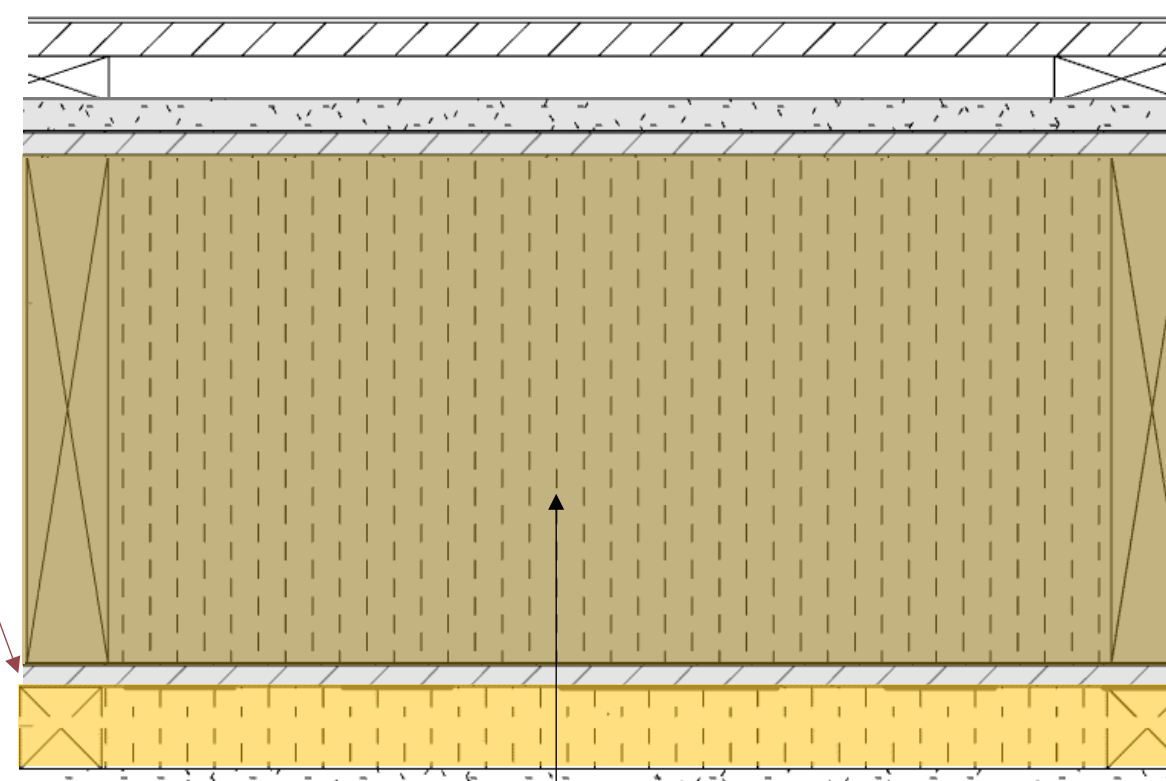


Fokus på brug af biogen og mineralsk isolering de rigtige steder. Brandtest og nye præ-accepteret løsninger kan ændre dette billede.

OBS: Ekstra plade

- ⋈ \*Tillæg til G0'er
- Maling, spartel, dampspærre
- Fibercementplade
- Træskelet
- Træplade
- Gips
- Træfacade
- Isolering

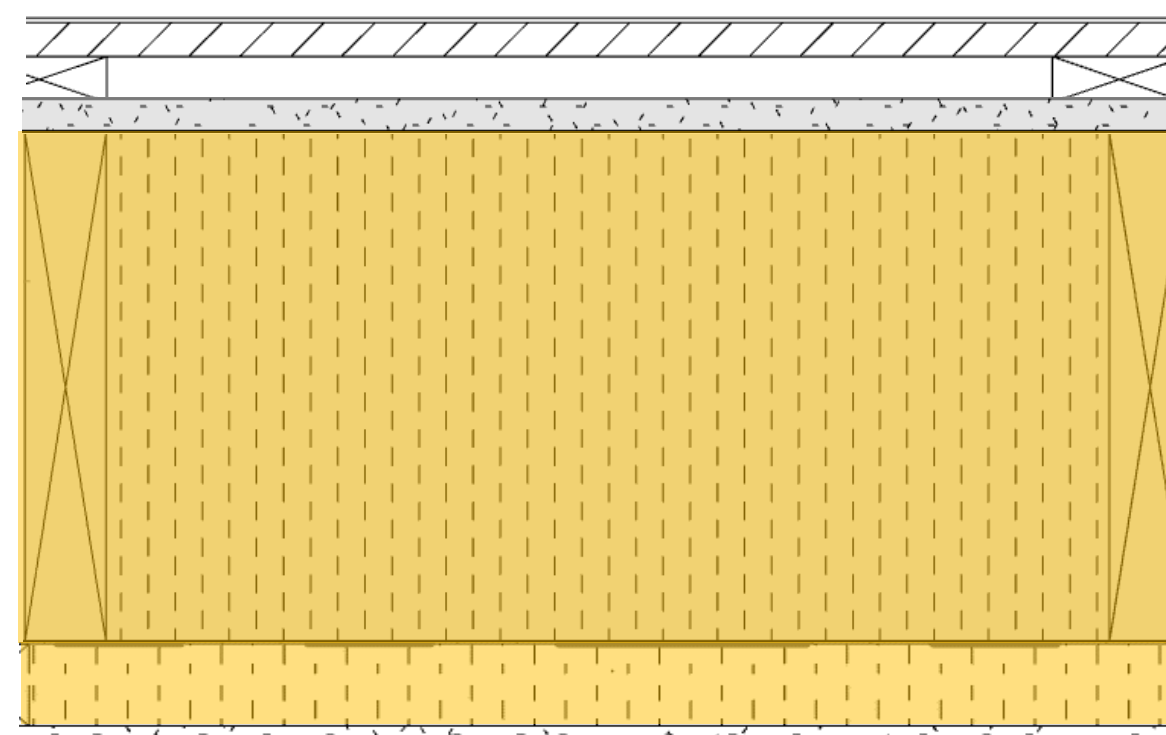
## Ydervæg



Woodfiber AIR, B-s2,d0

- 21mm brandimprægneret træbeklædning
- 25mm afstandsliste
- 9mm fibercementplade
- 12mm OSB plade
- 280mm træskelet med træfiberisolering
- 12mm OSB plade
- Dampspærre
- 45mm forskalling med mineraluld
- 10mm fibergips

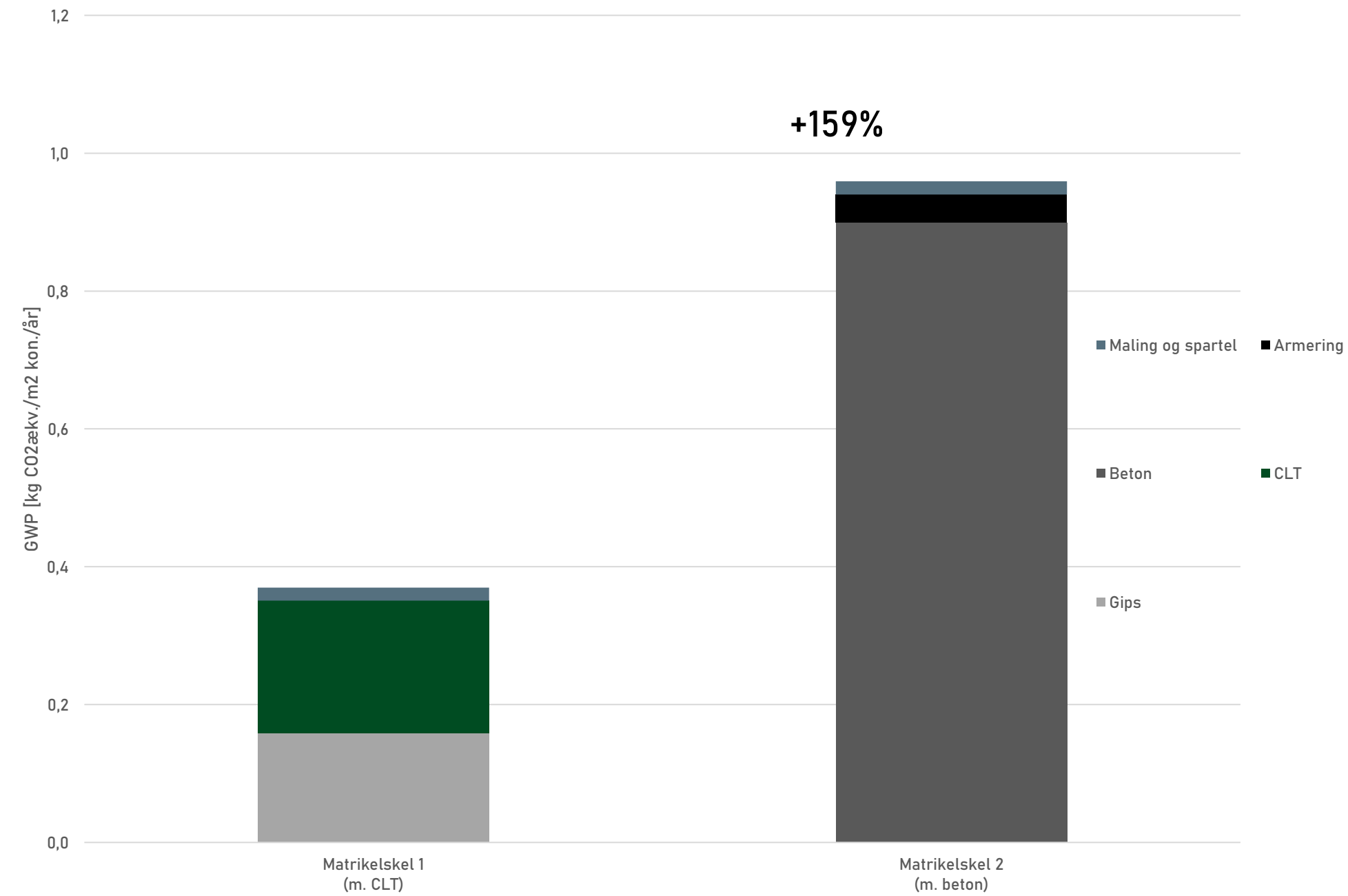
Overfladekrav, K<sub>1</sub> 10 / B-s1,d0



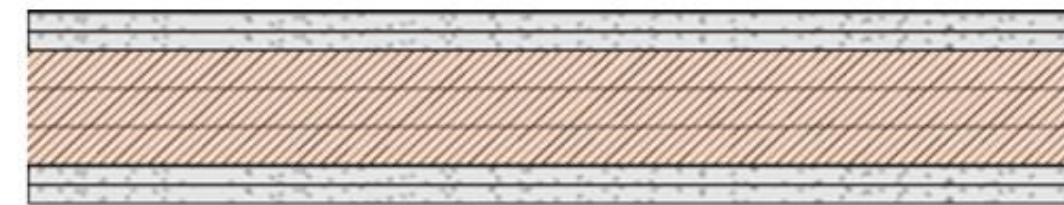
- 21mm brandimprægneret træbeklædning
- 25mm afstandsliste
- 9mm fibercementplade
- 280mm træskelet med mineraluld
- Dampspærre
- 45mm forskalling med mineraluld
- 10mm fibergips

Opmærksomhed på overfladekrav

# Brand - Matrikelskel



## Matrikelskel



15,5mm Knauf Clima Secura Board  
 15,5mm Knauf Clima Secura Board  
 100mm CLT Derix  
 15,5mm Knauf Clima Secura Board  
 15,5mm Knauf Clima Secura Board



150mm beton  
 3kg/m2 armering

# Brand - BK4 vs. BK2

- Konvertering fra BK4 til BK2
  - Isoleringsmateriale
  - Brandgips
  - Betonvægge

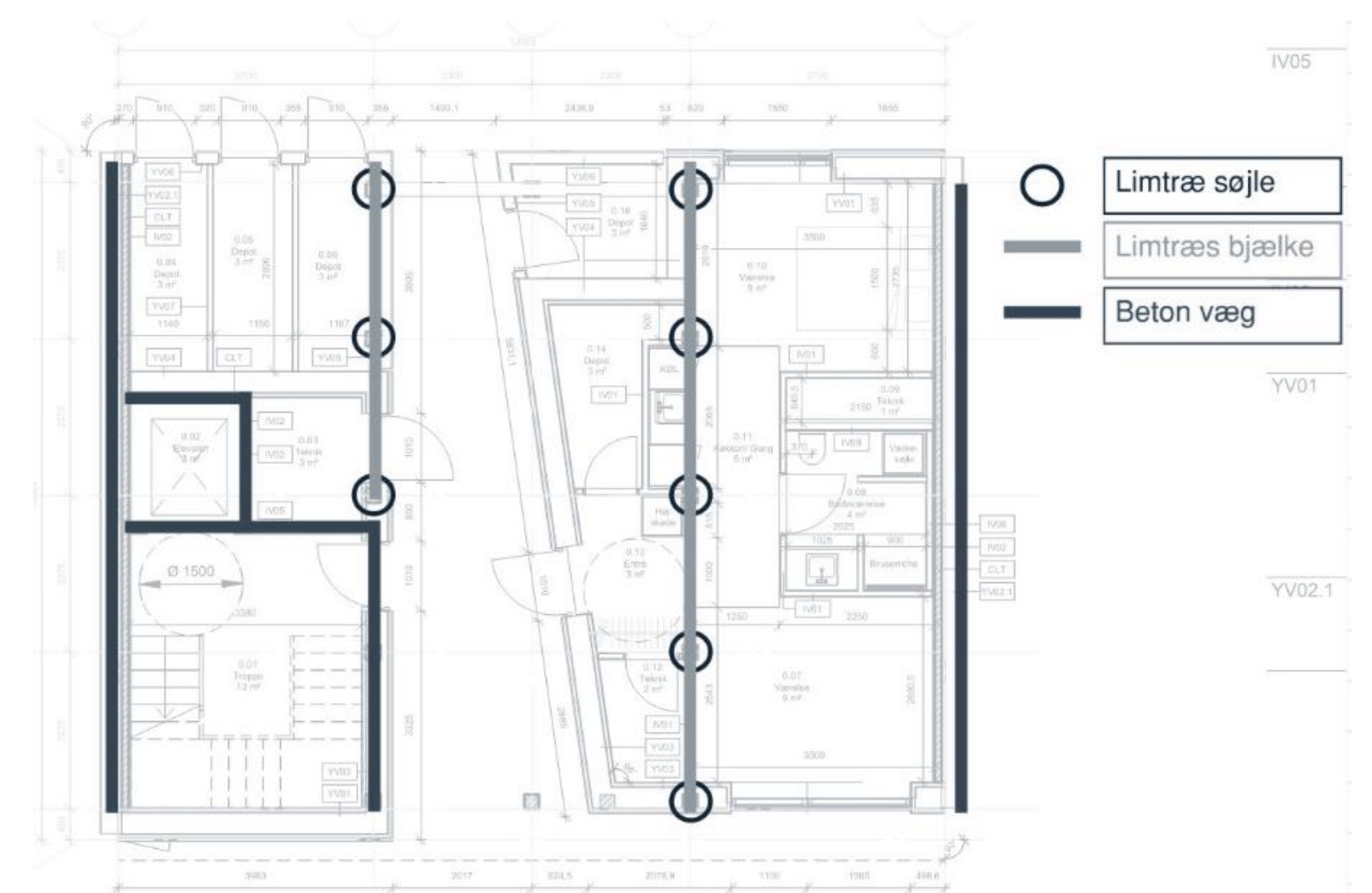


JaJa Architects

	BK4	BK2	Forskel
Drift	2,7	2,7	0%
Fundamenter	1,1	1,1	5%
El- og mekaniske anlæg	0,8	0,8	0%
Dæk	0,6	0,7	15%
Ydervægge	0,6	0,6	0%
Vinduer, døre, glasfacader	0,5	1,0	76%
Varme	0,3	0,3	0%
Tage	0,3	0,3	-8%
Indervægge	0,2	0,4	83%
Terrændæk	0,2	0,2	0%
Søjler og bjælker	0,2	0,1	-10%
Øvrige materialer	0,3	0,3	0%
SUM	7,7	8,5	9%

+9% for hele bygninger

+16% for materialerne



# brandbank

Vidensbank for biogene brandtests

- > Øge tilgængelig viden om brandmæssige egenskaber af biobaserede materialer og konstruktioner
- > Udvikling af vidensportal med brugbar brandteknisk dokumentation
- > Open Call annonceres snart - bidrag med jeres brandtestresultater!

**TRÆ**  
Information

**DBI** 

  
**ARTELIA**

*Støttet af Realdania, Dansk Træforening, Træ i byggeriet, Træ- og møbelindustrien, Træelementforeningen, Kauffeldt Fond/ Keflico, Spæ-fabrikantforeningen og brancheforening for biobaserede isoleringsmaterialer.*

# Eksempler – mindre byggerier

# Eksempelbyggeri fra 4-1 planet

- 6 rækkehuse
- Målsætning: 2,5 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/år
- 485m<sup>2</sup>



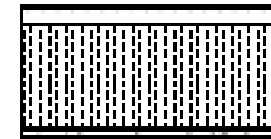
Eksempelbyggeri Birch ejendomme

# Konstruktionsopbygninger

Type nr.

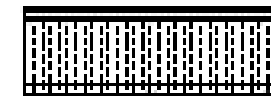
Opbygning

AE002



**625 mm tagkasette:**  
 2 lag tagpap  
 18 mm antiskimmel krydsfiner  
 45x70 mm konstruktionstræ  
 295+195 Bjælkespær m.  
 490 mm isolering D-s2,d2, iht. energiramme  
 Dampspærre, MK godkendt  
 20 mm høvlet forskalling  
 2x12,5 mm gips

AD001



**437 mm Ydervæg:**  
 21 mm Træbeklædning  
 25 mm Vandret forskalling  
 12 mm Lodret afstandsliste  
 10 mm Gyproc GU 9 Klima  
 295 mm træskelet m. isolering iht. energiramme  
 Dampspærre  
 45 mm isolering iht. energiramme  
 2 x 12,5 mm Gips

AD003



**322 mm Boligskel (55dB):**  
 2 x 15,5 mm Secura Board, 15 F-1, eller tilsvarende  
 120 mm Træskelet m. isolering  
 20 mm luftspalte  
 120 mm Træskelet m. isolering  
 2 x 15,5 mm Secura Board, 15 F-1, eller tilsvarende

AD004



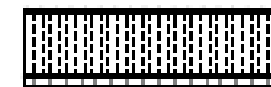
**95 mm Skillevæg:**  
 2 x 12,5 mm Gips  
 70 mm Træskelet m. isolering  
 2 x 12,5 mm Gips

AD005



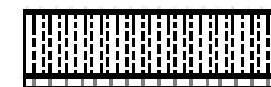
**108 mm Våderumskillevæg:**  
 1 x 12,5 mm Gips  
 70 mm Træskelet m. isolering, stolper cc 300 mm  
 2 x 12,5 mm Våderumsgips

BC001



**373 mm Gulvkonstruktion vådrum:**  
 10 mm Fliser  
 3 mm Vådrumsmembran/lim  
 20 mm Gulvbjergips, svømmende  
 18 mm Krydsfiner  
 45 x 272 mm tildannet konstruktionstræ, med isolering  
 10 mm Gyproc GU 9 Klima  
 50 mm kondensisolering

BC002

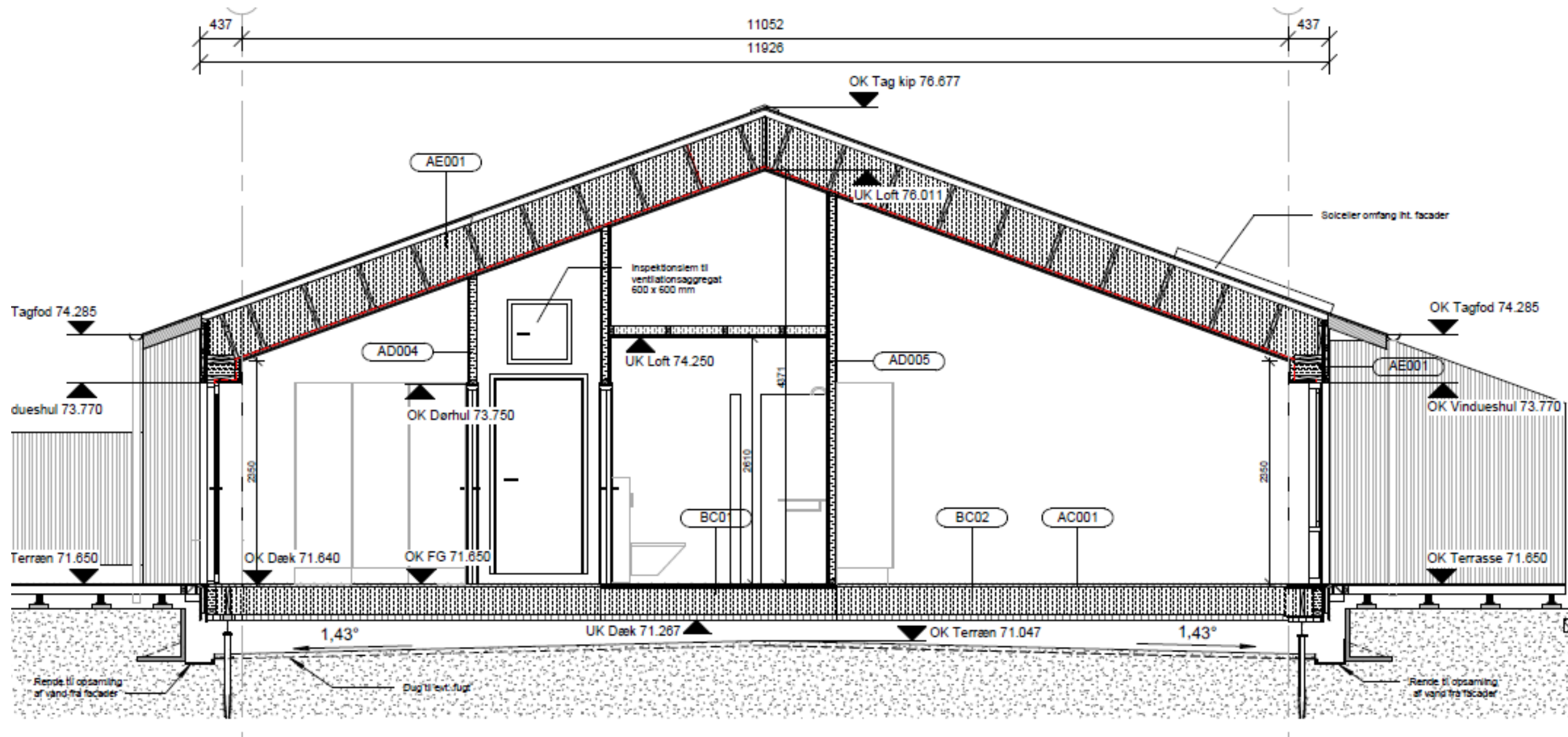


**373 mm Gulvkonstruktion:**  
 18 mm krydsfiner  
 45 x 295 mm konstruktionstræ, C/C 613 mm  
 10 mm Gyproc GU 9 Klima  
 50 mm kondensisolering

AC001

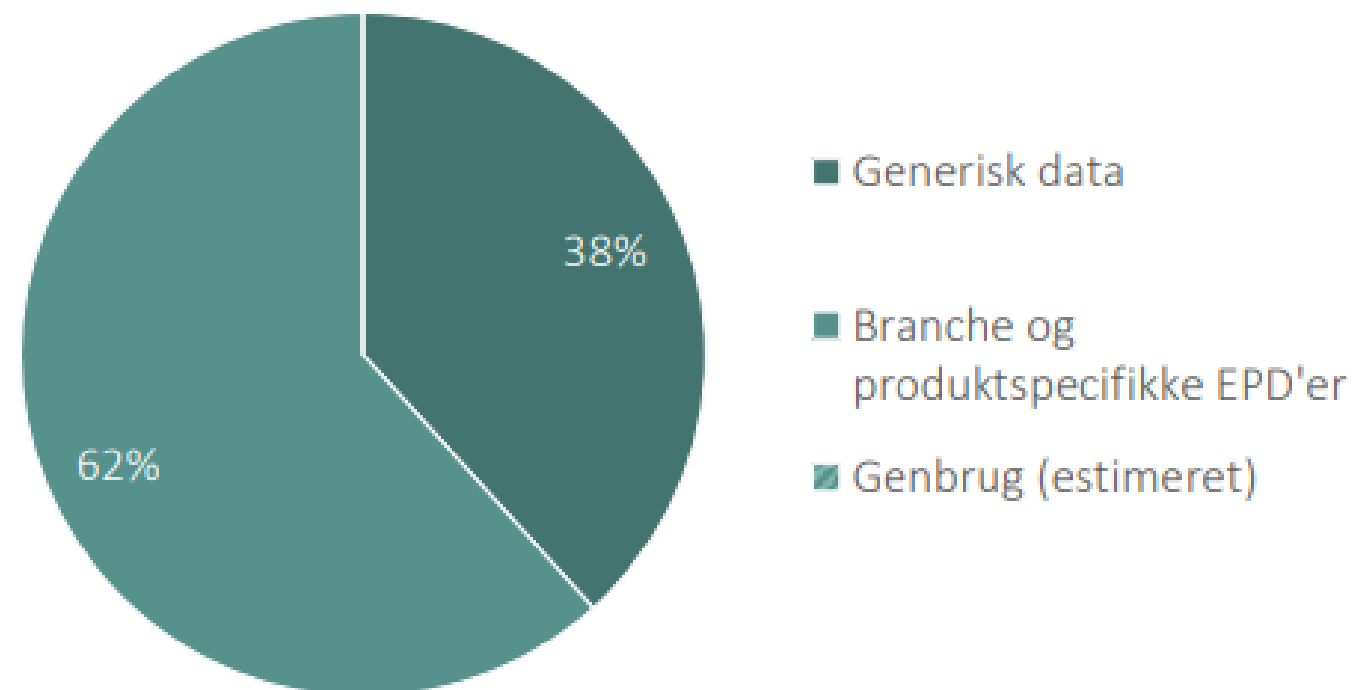


**10 mm Gulvoverflade - Laminat / Vinyl:**  
 10 mm gulv iht. planer  
 Underlag iht. lev. - godkendt til gulvvarme.



## Datakvalitet

% angivet ud fra klimabelastningen



# Eksempelbyggeri fra 4-1 planet

- 6 rækkehuse
- Målsætning: 2,5 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/år
- 485m<sup>2</sup>



Eksempelbyggeri Birch ejendomme

# Traditionelt enfamiliehus

Ydervæg: Porebeton + mineraluld + tegl

Indervægge: 100mm porebeton + gipsvægge

Tag: Varmt tag bjælkespær i træ + isolering +

Tagpap. Loft i træbeton på lægter

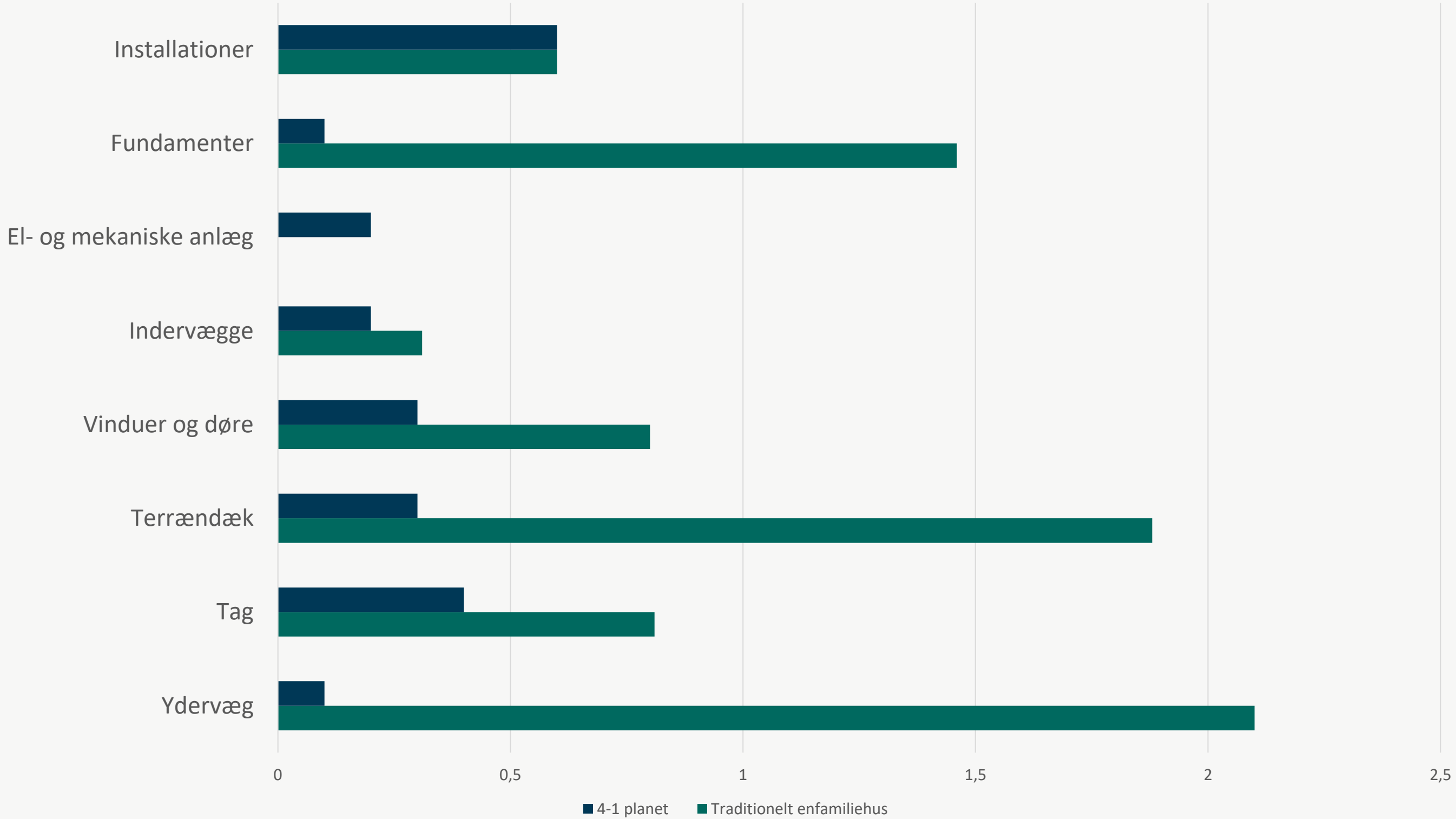
Gulve: Trægulv + klinker (bad)

Terrændæk: 120mm beton med gulvvarme

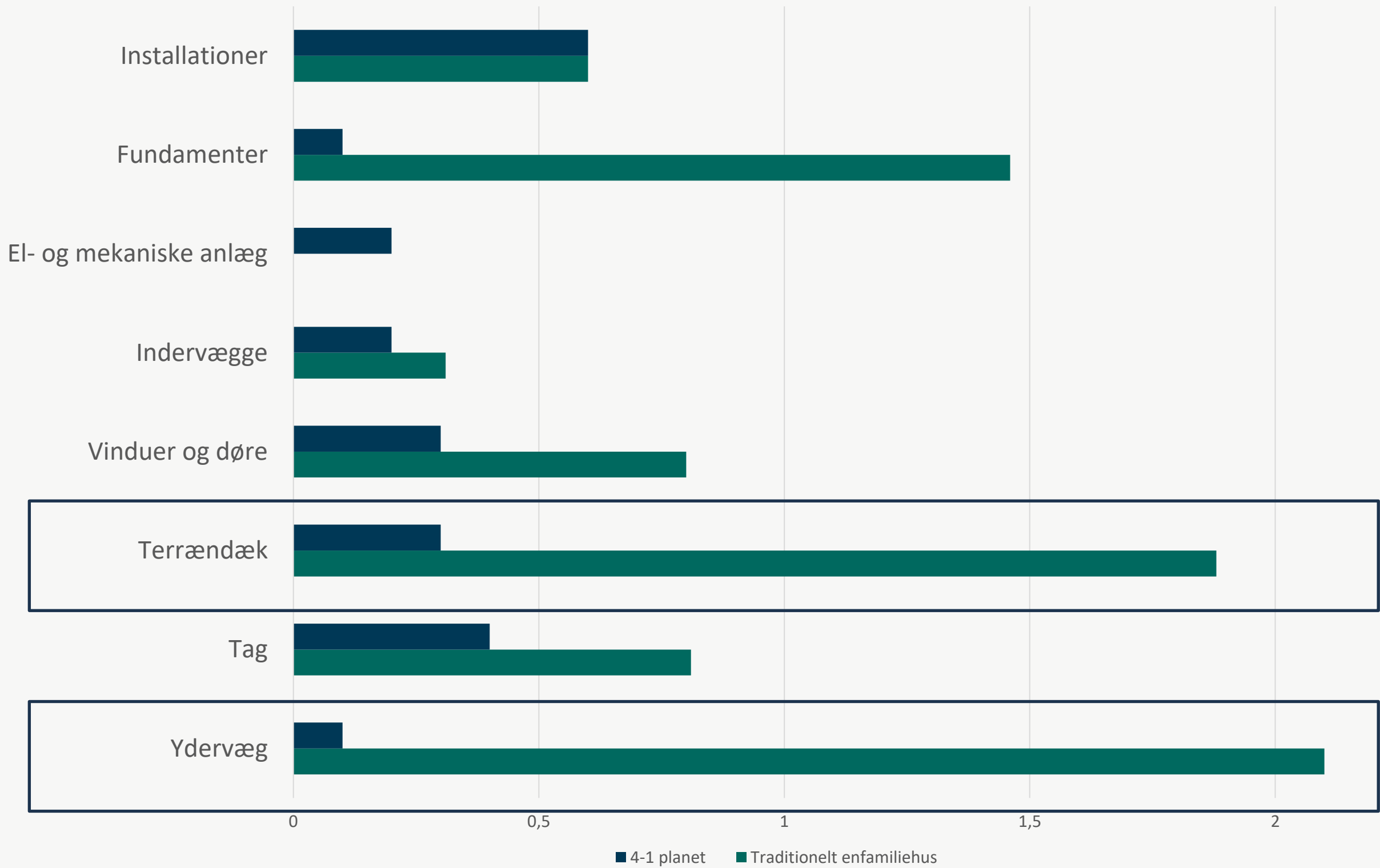
Vinduer: Træ / alu



Traditionelt vs 4-1 planet

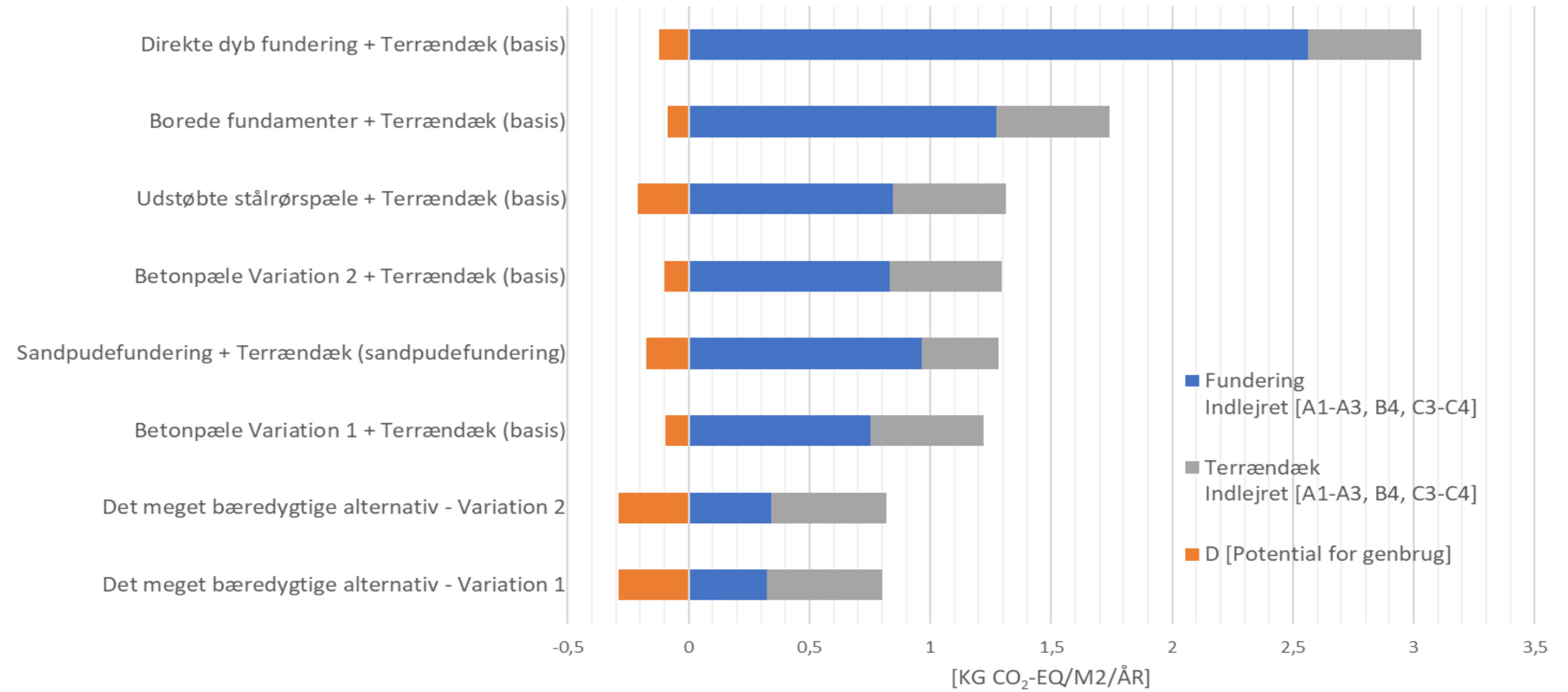


Traditionelt vs 4-1 planet



2,5

# Fundamenter og terrændæk



Dyb direkte fundering

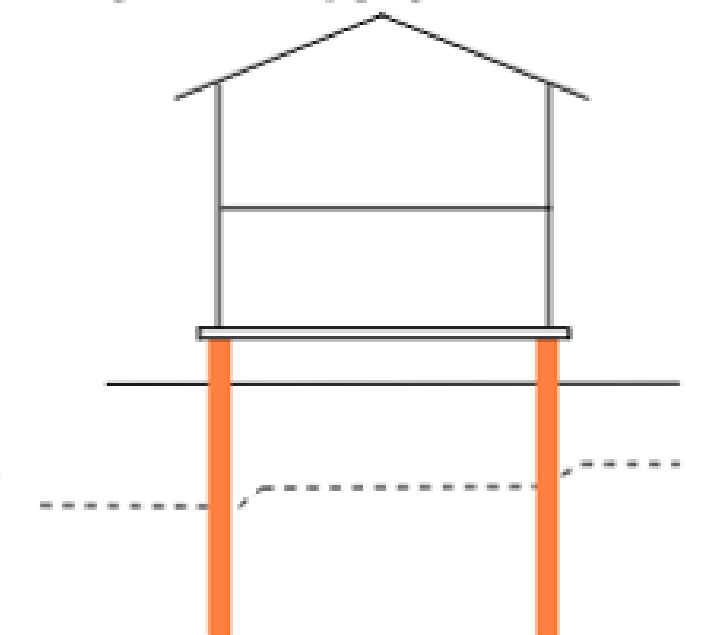
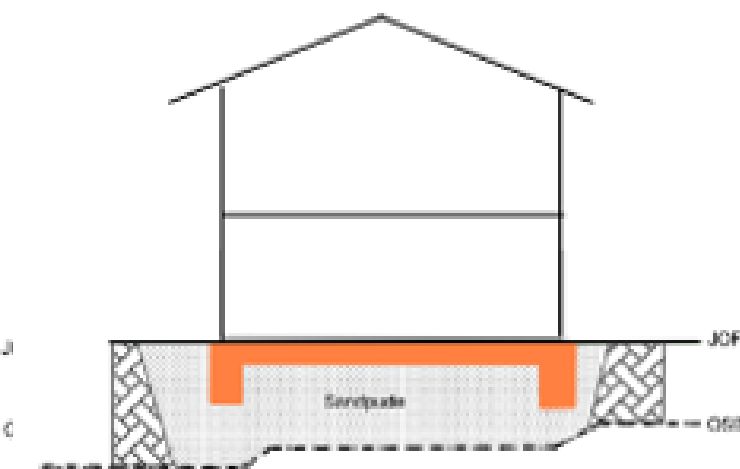
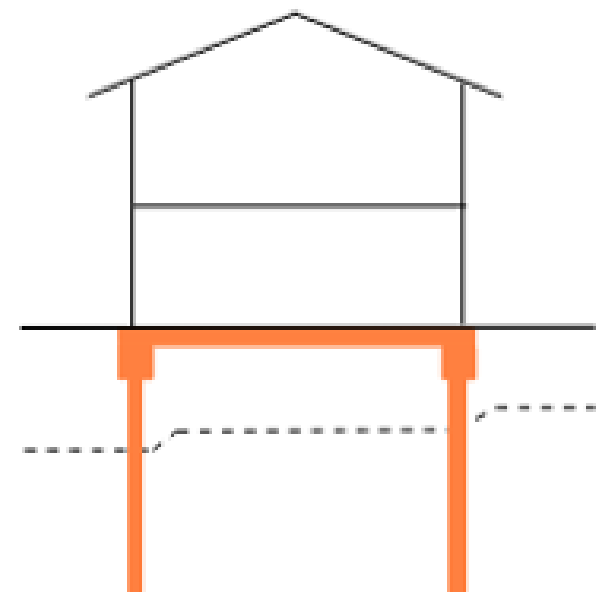
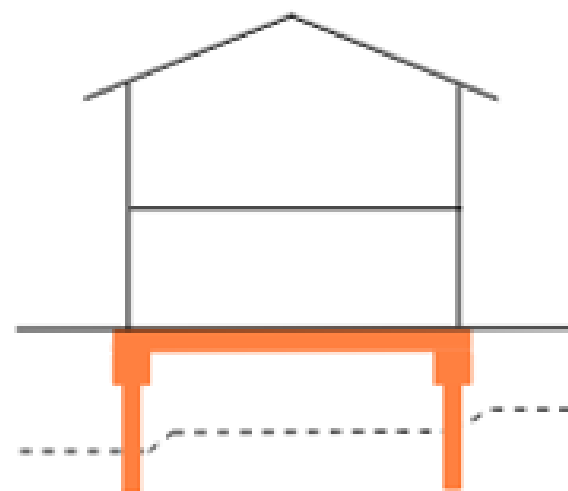
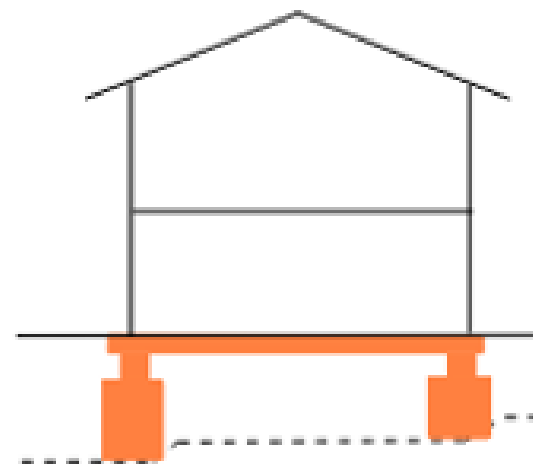
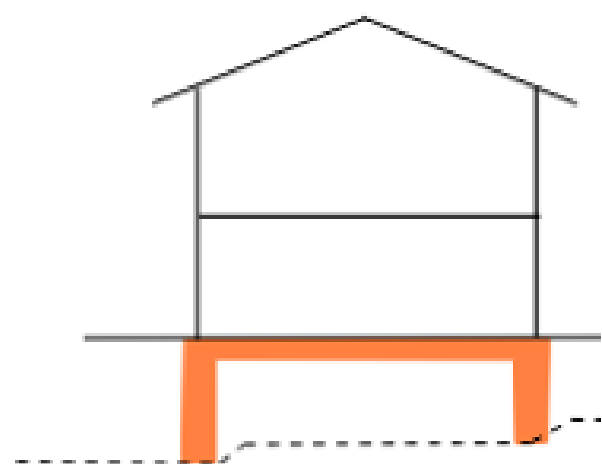
Borede fundamenter

Stålrørspæle

Pælefundering

Sandpude fundering

Meget bæredygtigt alternativ.



# Klimavenlige terrændæk og fundamenter

## -Anvendelser, potentialer og barrierer

- > Realdania projekt i samarbejde mellem VIA Forskningscenter for byggeri, og Teknologisk institut og Artelia  
*Projektleder: VIA Forskningscenter for byggeri*
- > Formidle erfaring med klimavenlige terrændæk- og fundamentsløsninger og udvikle ny solid byggeteknisk viden om nye løsninger der kan tilfredsstille krav inden for både fugt, brand, bygbarhed, klima mv.
- > Projektet skal kortlægge og udvikle:
  - > Casebank med eksisterende projekter
  - > Katalog med nye konstruktionsprincipper, og opmærksomhedspunkter inden for brand, fugt, bygbarhed, bæredygtighed samt drift og vedligehold
  - > Next practice rapport og formidling af projektets resultater

# Veje til Biobaseret Byggeri

## Biobaserede Byggematerialer

22 . 08 . 2024



KØBENHAVNS  
UNIVERSITET



AARHUS UNIVERSITY

AARHUS

Smith

SMITH  
INNOVATION



ARTELIA



AALBORG UNIVERSITET



CINARK

jaja

JAJA  
ARKITEKTER



REALDANIA



## Inspirationskatalog fra Veje til biobaseret byggeri

Inspirationskataloget fokuserer på seks væsentlige performanceindikatorer, som bør indtænkes ved projektering af biobaseret byggeri:

### Hvorfor?

- Giver et bredt billede af biobaserede materialers egenskaber og potentiale
- Muliggør kvantitativ sammenligning af konstruktioner ift. krav og behov
- Sikrer projektering på det rette niveau til den korrekte anvendelse

Relevansen af de seks indikatorer varierer efter bygningsdel og bygningstype:

- Brand er vigtigt for alle bygningsdele, men mest komplekst i fx etagebyggeri
- Fugt og varmetransport er især relevant for klimaskærmen (terrændæk, ydervægge, tage)
- Lydisolation er vigtig både internt og mod støj udefra



# Bygningsdelskatalog

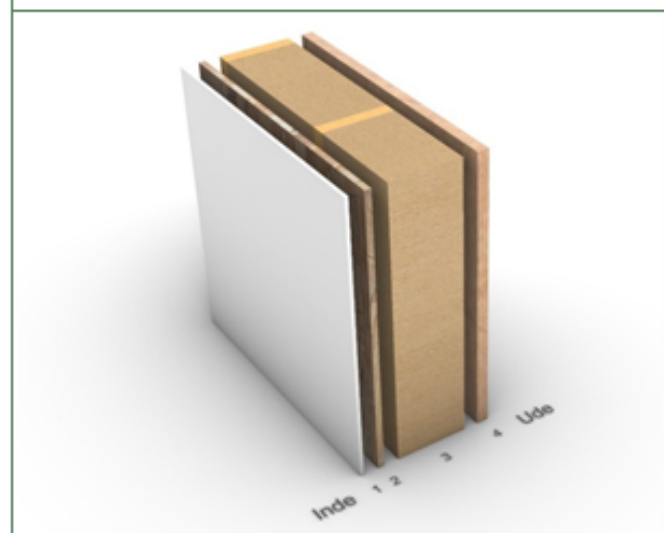
YDERVÆGGE				GWP - Total	GWP - Biogen	GWP - Fossil	GWP - Uprfront	TERMISK- MASSE	U-VERDI	FUGTKLASSE	BRAND	30 min KI 10 / D-02,02	30 min KI 10 / B-s1,d0	60 min KI 10 / B-s1,d0	120 min KI 10 / B-s1,d0	K2 60 / A2-s1,d0
OPBYGNING	Lag	Materiale	Egenskaber	kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>	kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>	kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>	kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>	Wh/K pr. m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	[ - ]						
YDERVÆG 1	1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0   664 kg/m <sup>3</sup>	1,8	19	-64	18	-45	6	0,16	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	●	●	●	●	●
	2	12 mm OSB4-plade	D-+2,d0   610 kg/m <sup>3</sup>	3,1												
	3	45 mm installationslag, hampefiber formstykke	D-+1,d0   0,041 W/mK   35 kg/m <sup>3</sup>	0,8												
	3	45 mm installationslag, 45x45 mm reglar C/C 600 mm	D-+2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	0,5												
	4	Dampspærre	Z=500	0,6												
	5	250 mm træfiberisolerings, komprimeret i væg	B-+2,d0   0,037 W/mK   43 kg/m <sup>3</sup>	4,9												
	5	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-+2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	2,8												
YDERVÆG 2	6	12,5 mm vindgips	Z = 0,8   A2-s1,d0   736 kg/m <sup>3</sup>	2,2												
	7	12,5 mm vindgips	Z = 0,8   A2-s1,d0   736 kg/m <sup>3</sup>	2,2												
	1	13 mm gipsplade	A2-s1,d0   664 kg/m <sup>3</sup>	1,7												
	2	22 mm OSB4-plade	Z = 25,4   D-+2,d0   610 kg/m <sup>3</sup>	5,8												
YDERVÆG 3	3	250 mm træfiberisolerings, komprimeret i væg	B-+2,d0   0,037 W/mK   43 kg/m <sup>3</sup>	4,9												
	3	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-+2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	2,8												
	4	40 mm træfiberplade	Z = 1   D-+2,d0   0,05 W/mK   167 kg/m <sup>3</sup>	2,9												
	1	22 mm OSB4-plade	Z = 25,4   D-+2,d0   610 kg/m <sup>3</sup>	5,8												
YDERVÆG 4	2	250 mm træfiberisolerings, komprimeret i væg	B-+2,d0   0,037 W/mK   43 kg/m <sup>3</sup>	4,9												
	2	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-+2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	2,8												
	3	22 mm asfaltimpregneret træfiberplade	Z = 2,3   F   0,049 W/mK   230 kg/m <sup>3</sup>	3,0												
YDERVÆG 5	1	3 mm lerpuds	B-s1,d0   900 kg/m <sup>3</sup>	0,3												
	2	16 mm lerplade [tung]	A1   1450 kg/m <sup>3</sup>	2,9												
	3	16 mm lerplade [tung]	A1   1450 kg/m <sup>3</sup>	2,9												
	4	Dampbremse	Z=50	0,6												
	5	195 mm græsfiberisolerings, formstykke	E   0,041 W/mK   40 kg/m <sup>3</sup>	6,8												
	6	45x195 mm reglar C/C 600	D-+2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	2,2												
	7	75 mm hempcrete	Z = 1,1   B-+1,d0   0,071 W/mK   340 kg/m <sup>3</sup>	7,0												
	8	10 mm kalkpuds	A1   1800 kg/m <sup>3</sup>	3,8												
YDERVÆG 6	1	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0   835 kg/m <sup>3</sup>	2,9												
	2	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0   835 kg/m <sup>3</sup>	2,9												
	3	45 mm installationslag, græsfiber formstykke	E   0,041 W/mK   40 kg/m <sup>3</sup>	1,6												
	3	45 mm installationslag, 45x45 mm reglar C/C 600 mm	D-+2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	0,5												
	4	Dampspærre	Z=500	0,0												
	5	250 mm træfiberisolerings	B-+2,d0   0,037 W/mK   43 kg/m <sup>3</sup>	4,9												
	5	45x250 mm reglar C/C 600	D-+2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	2,8												
YDERVÆG 7	6	15,5 mm brandgips	Z = 0,8   A2-s1,d0   835 kg/m <sup>3</sup>	2,9												
	7	15,5 mm brandgips	Z = 0,8   A2-s1,d0   835 kg/m <sup>3</sup>	2,9												
	1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0   664 kg/m <sup>3</sup>	1,8												
	2	12 mm OSB4-plade	Z = 15,4   D-+2,d0   610 kg/m <sup>3</sup>	3,1												
	3	400 mm presset halm	E   0,05 W/mK   100 kg/m <sup>3</sup>	4,4												
	3	45x400 mm reglar C/C 600	D-+2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	4,4												
	4	12,5 mm vindgips	Z = 0,8   A2-s1,d0   736 kg/m <sup>3</sup>	2,2												
	6															
	7															
YDERVÆG 8	8															
	9															
	1	3 mm lerpuds	B-s1,d0   900 kg/m <sup>3</sup>	0,3												
	2	22 mm lerplade [let]	B-s1,d0   750 kg/m <sup>3</sup>	2,1												
	3	45 mm træfiberplade	D-+2,d0   0,05 W/mK   300 kg/m <sup>3</sup>	8,2												
	4	Dampspærre	Z=500	0,6												
YDERVÆG 9	5	300 mm presset halm	E   0,05 W/mK   100 kg/m <sup>3</sup>	3,3												
	5	45x300 mm reglar C/C 600	D-+2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	3,3												
	6	9 mm fibergips	Z = 0,6   A2-s1,d0   1150 kg/m <sup>3</sup>	2,3												
	1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0   664 kg/m <sup>3</sup>	1,7												
	2	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0   664 kg/m <sup>3</sup>	1,7												
	3	70 mm mineraluldsisolering, batts	A1   0,034 W/mK   28 kg/m <sup>3</sup>	1,2												
YDERVÆG 10	3	70 mm stålskelet	A1   7850 kg/m <sup>3</sup>	4,4												
	4	Dampspærre	Z=500	0,0												
	5	195 mm mineraluldsisolering, batts	A1   0,034 W/mK   28 kg/m <sup>3</sup>	3,4												
	5	195 mm stålskelet C/C 600 mm	A1   7850 kg/m <sup>3</sup>	17,5												
	6	9 mm fibercementplade	Z = 3,8   A2-s1,d0   1450 kg/m <sup>3</sup>	6,3												
	YDERVÆG 11	1	150 mm beton	A1   2 W/mK   2300 kg/m <sup>3</sup>	61,6											
2		250 mm mineraluldsisolering, trykfast	A1   0,034 W/mK   60 kg/m <sup>3</sup>	8,7												
3		70 mm beton	A1   2 W/mK   2300 kg/m <sup>3</sup>	28,8												
YDERVÆG 12	1	100 mm letklinkerbeton	A1   0,17 W/mK   600 kg/m <sup>3</sup>	29,5												
	2	250 mm mineraluldsisolering, murbatts	A1   0,034 W/mK   37 kg/m <sup>3</sup>	3,9												
	3	30 mm hulrum														
	4	108 mm teglsten	A1   0,76 W/mK   1800 kg/m <sup>3</sup>	23,2												

## YDERVÆG 2

Træskelet | Gips | OSB | Træfiber

### BESKRIVELSE

Træskelet (-kassette) med træfiberisolering som løsfyld. OSB4 plade agerer dampbremse og indvendigt beklædes væg med et lag gips. Ved at anvende isoleringsmateriale af mindst klasse D-s2,d2 er det muligt at anvende en træfiberplade som vindspærre ved enfamiliehuse\*\*\*.



### PERFORMANCEINDIKATORER

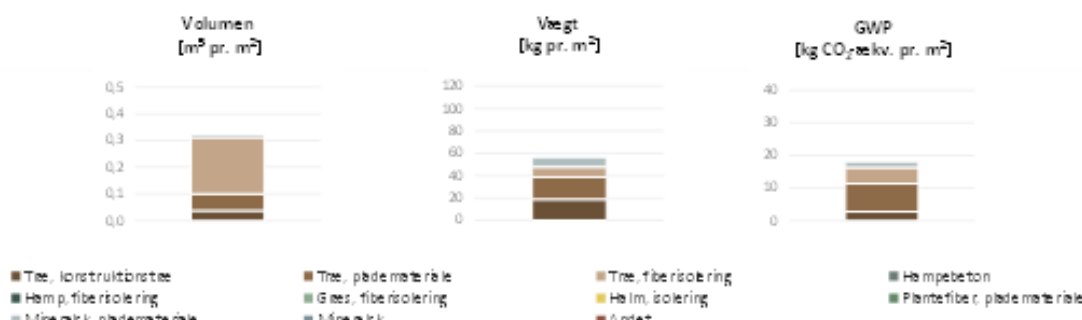
U-VÆRDI:	0,16 W/m <sup>2</sup> K
TERMISKMASSE:	9 Wh/K.pr. m <sup>2</sup>
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, I <sub>n,w</sub> (C <sub>1</sub>  C <sub>50-2150</sub> ):	-
LUFTLYD, R <sub>w</sub> (C <sub>1</sub>  C <sub>50-3150</sub> ):	47 dB (-2 dB -8 dB -5 dB)
GWP-TOTAL:	18,1 kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>
GWP-BIOGEN:	-77,6 kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>
GWP UPFRONT (A1-A3):	-60,1 kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>
GWP-FOSSIL (A1-A3):	17,5 kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>
	<b>BÆRENDE</b> <b>IKKE-BÆRENDE</b>
30 min + K <sub>1</sub> 10 / D-s2,d2:	●    ●
30 min + K <sub>1</sub> 10 / B-s1,d0:	●    ●
60 min + K <sub>1</sub> 10 / B-s1,d0:	●    ●
120 min + K <sub>1</sub> 10 / B-s1,d0:	●    ●
K <sub>2</sub> 60 / A2 s1,d0:	●    ●

### OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER	GWP-BIOGEN	GWP-TOTAL
			[kg CO <sub>2</sub> pr. m <sup>2</sup> ]	[kg CO <sub>2</sub> pr. m <sup>2</sup> ]
1	13 mm gipsplade	A2-s1,d0   664 kg/m <sup>3</sup>	*	-1   1
2	22 mm OSB4-plade	Z = 25,4   D-s2,d0   610 kg/m <sup>3</sup>	-34	6
3	250 mm træfiberisolering, komprimeret i væg	B-s2,d0   0,037 W/mK   43 kg/m <sup>3</sup>	-54	5
3	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	-28	3
4	40 mm træfiberplade	Z = 1   D-s2,d0   0,05 W/mK   167 kg/m <sup>3</sup> ***	-51	3
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0

Samlet tykkelse: 325 mm

### RESSOURCEFORBRUG



\*Klassificeret K<sub>1</sub> 10 beklædning på spånplade eller bedde (min. 300 kg/m<sup>3</sup> og D-s2,s2)

\*\*De sammenhængende lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestes eller lign. for dokumentation.

\*\*\*For enfamiliehuse kan udvendig overflade alternativt være materiale klasse D-s2,d2, hvis minimum 2,5 m til naboskel, vej, og stier samt klasse BROOF (T2) tagdækning.

● Kan anvendes som præaccepteret løsning

● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser

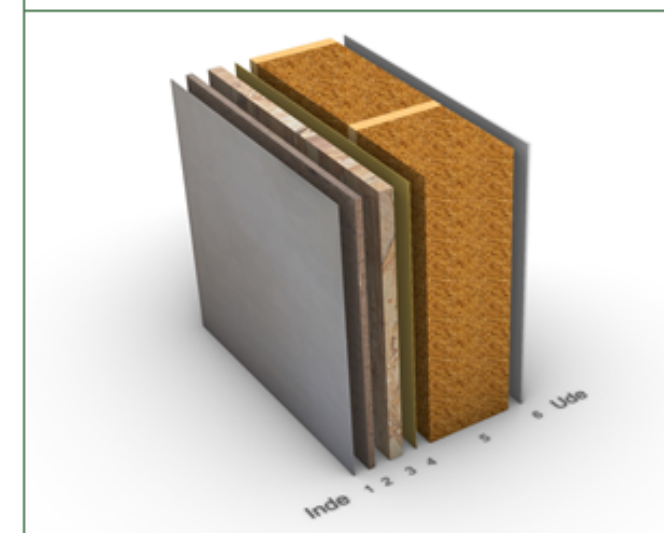
● Kan ikke anvendes

## YDERVÆG 7

Halmelement | Lerplade | OSB | Træfiber | Dampbremse | Halm | Fibergips

### BESKRIVELSE

Ydervæg af halmelement og komprimeret halm. Pga. halmisoleringens store fugtkapacitet er det muligt at overholde fugtklasse2 på trods af der anvendes fibergips som vindspærre. EcoCocon-element er brandtestet til REI45 med et lag fibergips på 12,5 mm. Indvendig beklædning kræver test.



### PERFORMANCEINDIKATORER

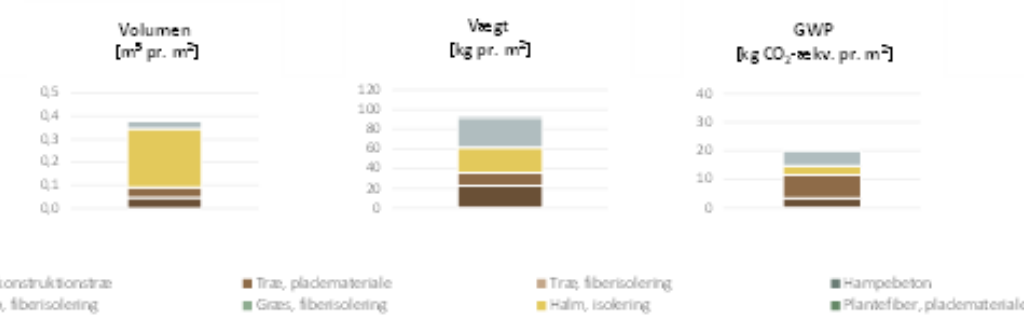
U-VÆRDI:	0,16 W/m <sup>2</sup> K
TERMISKMASSE:	17 Wh/K.pr. m <sup>2</sup>
FUGTKLASSE:	2
TRINLYD, I <sub>n,w</sub> (C <sub>1</sub>  C <sub>50-2150</sub> ):	-
LUFTLYD, R <sub>w</sub> (C <sub>1</sub>  C <sub>50-3150</sub> ):	54 dB (-2 dB -6 dB -6 dB)
GWP-TOTAL:	20,9 kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>
GWP-BIOGEN:	-93,7 kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>
GWP UPFRONT (A1-A3):	-73,3 kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>
GWP-FOSSIL (A1-A3):	20,4 kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. m <sup>2</sup>
	<b>BÆRENDE</b> <b>IKKE-BÆRENDE</b>
30 min + K <sub>1</sub> 10 / D-s2,d2:	●    ●
30 min + K <sub>1</sub> 10 / B-s1,d0:	●    ●
60 min + K <sub>1</sub> 10 / B-s1,d0:	●    ●
120 min + K <sub>1</sub> 10 / B-s1,d0:	●    ●
K <sub>2</sub> 60 / A2 s1,d0:	●    ●

### OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER	GWP-BIOGEN	GWP-TOTAL
			[kg CO <sub>2</sub> pr. m <sup>2</sup> ]	[kg CO <sub>2</sub> pr. m <sup>2</sup> ]
1	3 mm lerpuds	B-s1,d0   900 kg/m <sup>3</sup>	**	0   0
2	22 mm lerplade (let)	B-s1,d0   750 kg/m <sup>3</sup>	**	-2   2
3	45 mm træfiberplade	D-s2,d0   0,05 W/mK   300 kg/m <sup>3</sup>	22	0
4	Dampspærre	Z=500	0	1
5	300 mm presset halm	E   0,05 W/mK   100 kg/m <sup>3</sup>	-33	3
5	45x300 mm reglar C/C 600	D-s2,d2   500 kg/m <sup>3</sup>	-34	3
6	12,5 mm fibergips	Z = 0,8   A2-s1,d0   1150 kg/m <sup>3</sup>	**	-4   3
			0	0
			0	0

Samlet tykkelse: 379 mm

### RESSOURCEFORBRUG



\*Klassificeret K<sub>1</sub> 10 beklædning på spånplade eller bedde (min. 300 kg/m<sup>3</sup> og D-s2,s2)

\*\*De sammenhængende lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestes eller lign. for dokumentation.

● Kan anvendes som præaccepteret løsning

● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser

● Kan ikke anvendes

## Eksempler på funktionskrav for ydervæg:

- Bæreevne og stabilitet
- U-værdi
- Klimapåvirkning (LCA)
- Brandsikkerhed
- Fugttekniske egenskaber (mulig fugtklasse)
- Tæthed
- Æstetik og udtryk
- Holdbarhed og vedligehold

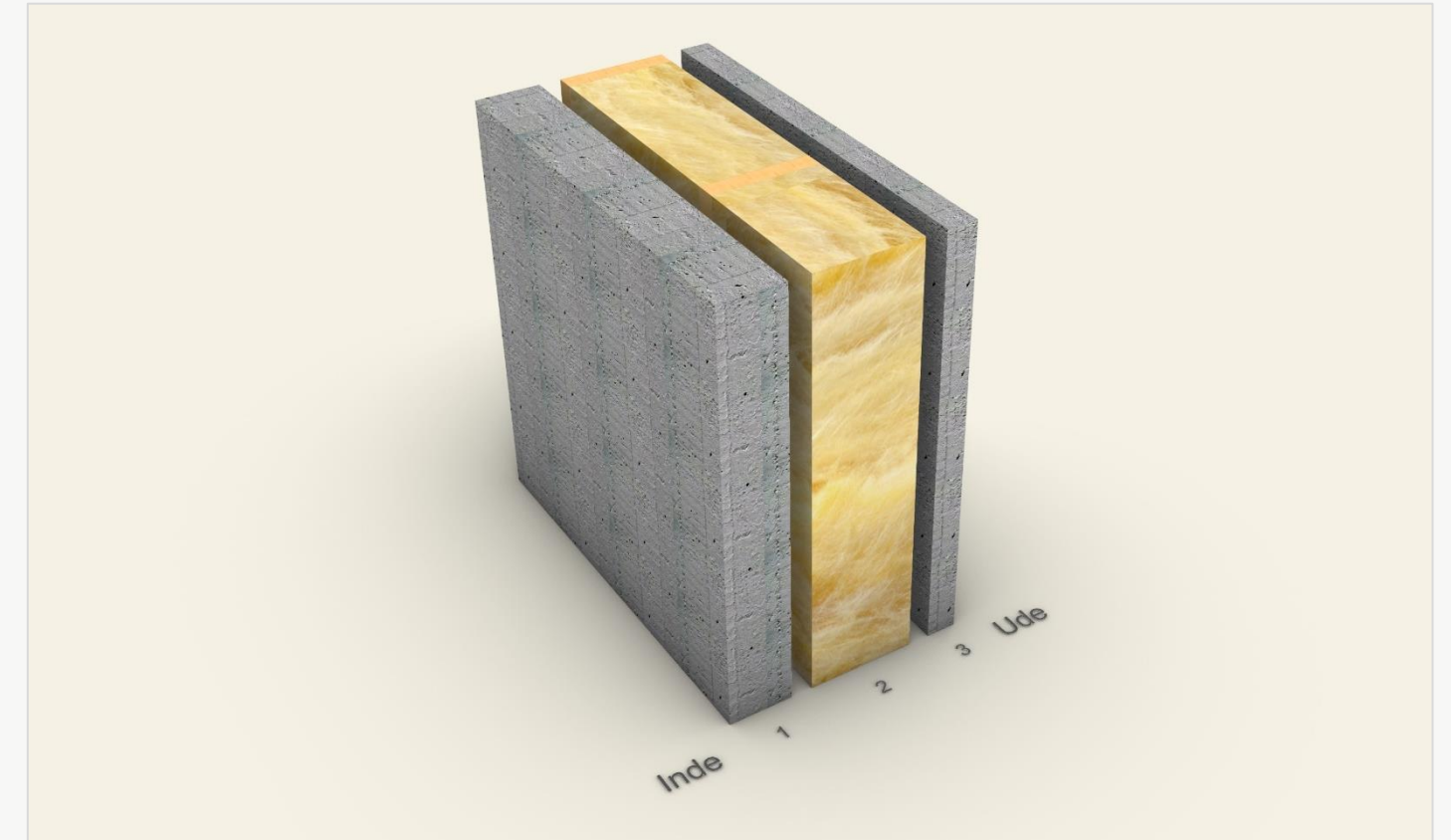
## Betonelement:

- Få konstruktionslag (U-værdi sikres ved isoleringen, mens resterende funktionskrav håndteres ifm. med bagmur og forplade.)
- De enkelte lag er ikke afhængige af hinanden.

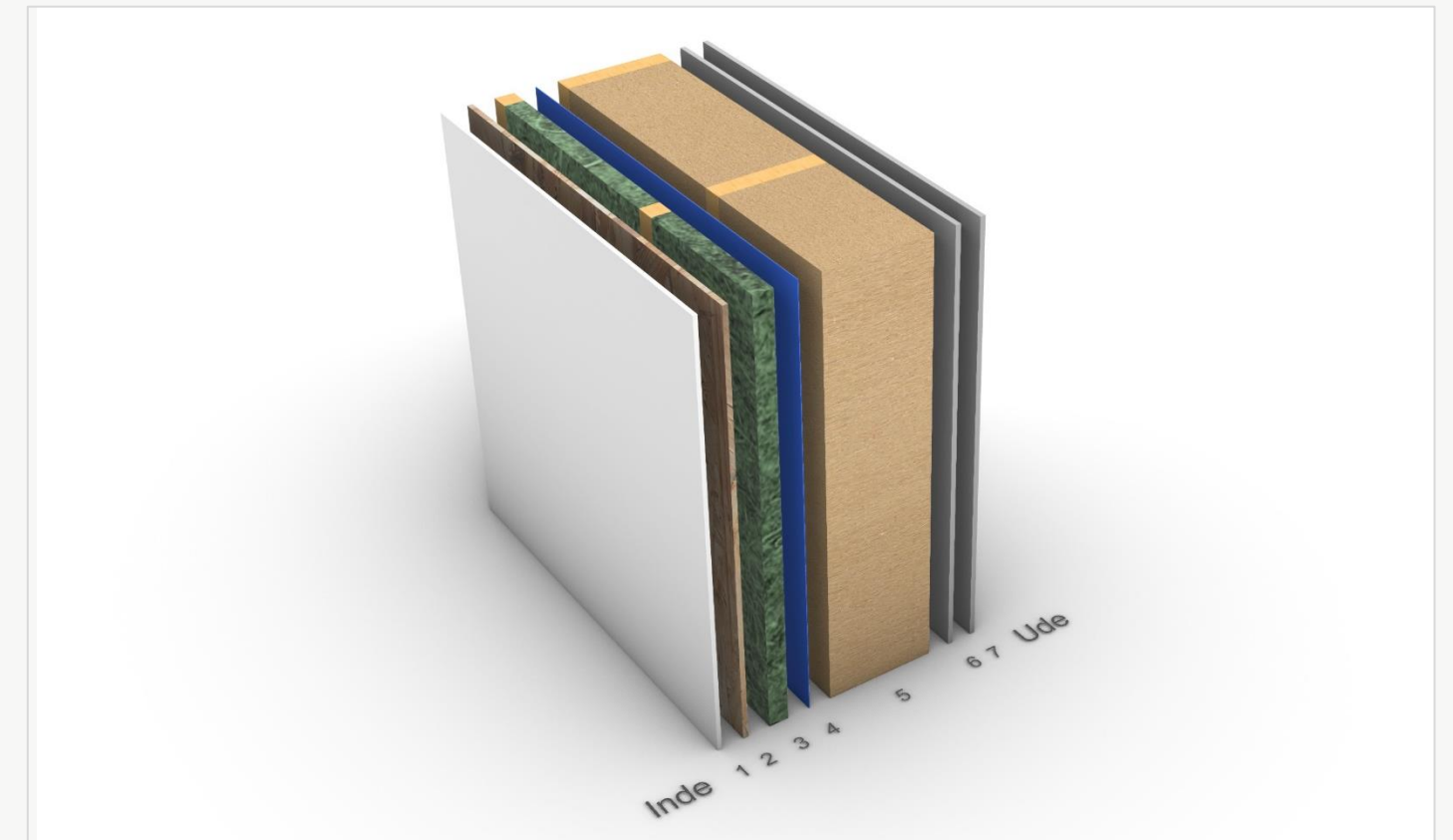
## Træskelet:

- Mange konstruktionslag, hvor hvert lag sikrer særskilt funktion fx dampbremse sikrer tæthed og indvendig beklædning sikrer brandinddækning.
- Krav til de enkelte lag kan afhænge af øvrige materialers egenskaber.

Konventionel ydervæg (betonelement m. mineralsk isolering)



Biobaseret ydervæg (Træskelet m. træ- og hampefiberisolering)



## Eksempler på funktionskrav for ydervæg:

- Bæreevne og stabilitet
- U-værdi
- Klimapåvirkning
- Brandsikkerhed
- Fugttekniske egenskaber
- Tæthed
- Æstetik og udtryk
- Holdbarhed og vedligeholdelse

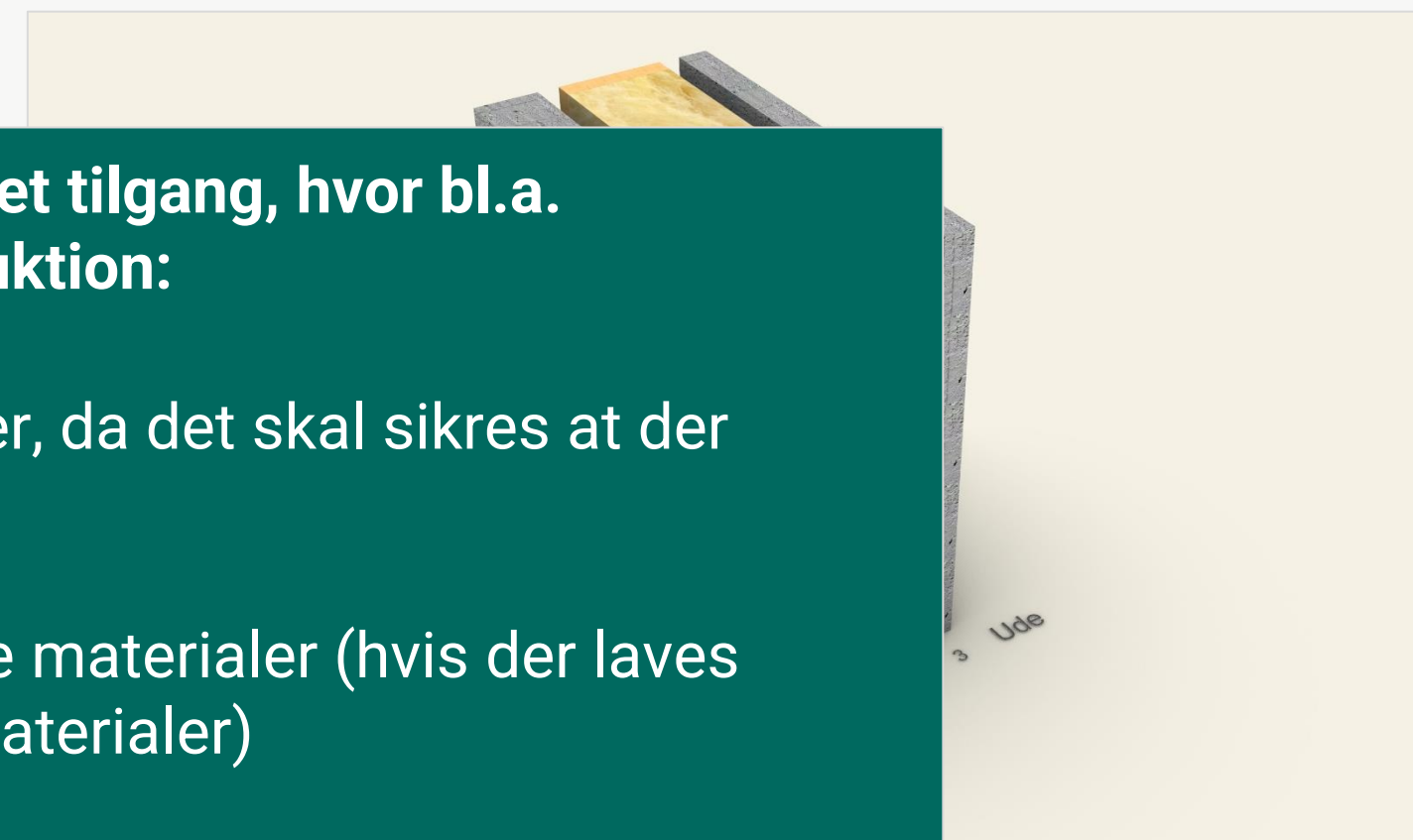
### Betonelement:

- Få konstruktionslag
- Funktionskrav hænger sammen
- De enkelte lag er tynde

### Træskelet:

- Mange konstruktionslag, hvor hvert lag sikrer særskilt funktion fx dampbremse sikrer tæthed og indvendig beklædning sikrer brandinddækning.
- Krav til de enkelte lag kan afhænge af øvrige materialers egenskaber.

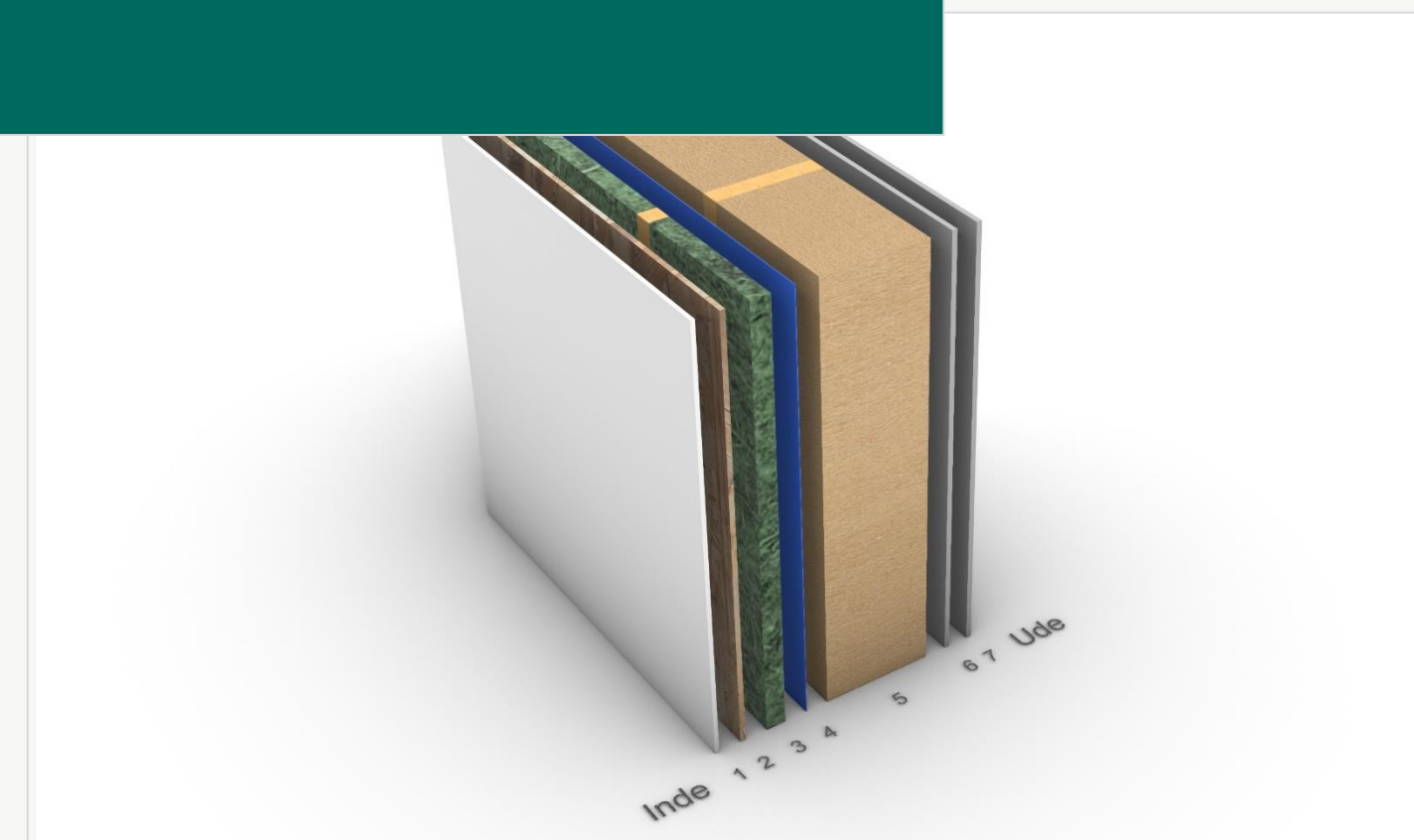
Konventionel ydervæg (betonelement m. mineralsk isolering)



**Biobaserede materialer kræver i højere grad en helhedsorienteret tilgang, hvor bl.a. fugthåndtering, tæthed og brandsikkerhed samtænkes i konstruktion:**

- Det kan være vanskeligt at arbejde med "generiske" materialer, da det skal sikres at der findes et produkt, der lever op til alle krav
- Det kan være nødvendigt at projektere med produktspecifikke materialer (hvis der laves brandtest på konstruktion skal denne være med specifikke materialer)
- Det er vanskeligere at udskifte et materiale med et andet (fx isolering), da det har indflydelse på mange forskellige funktionskrav

og hampefiberisolering)



**Hvem koordinerer processen?**

# Optimering – hvilke fag er involveret?



Kontor og erhverv



Daginstitution

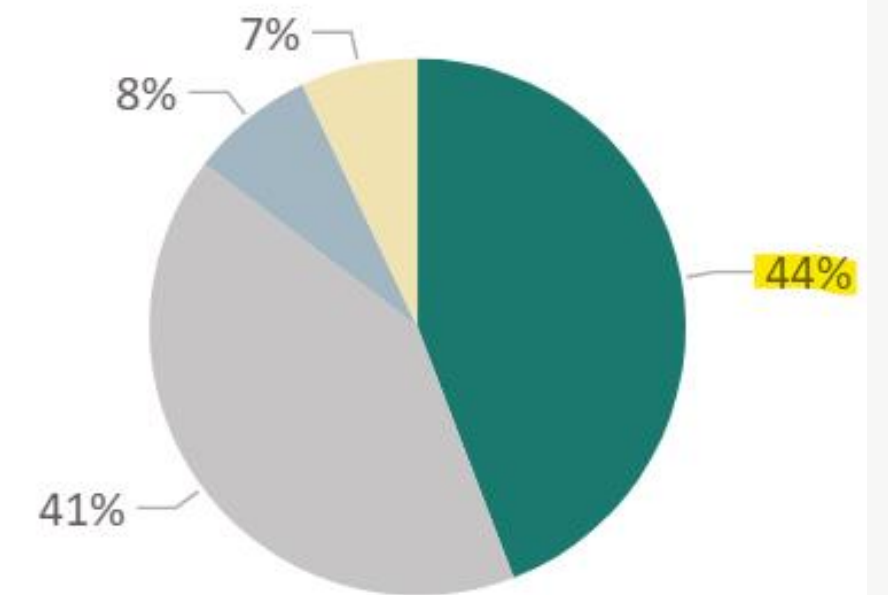
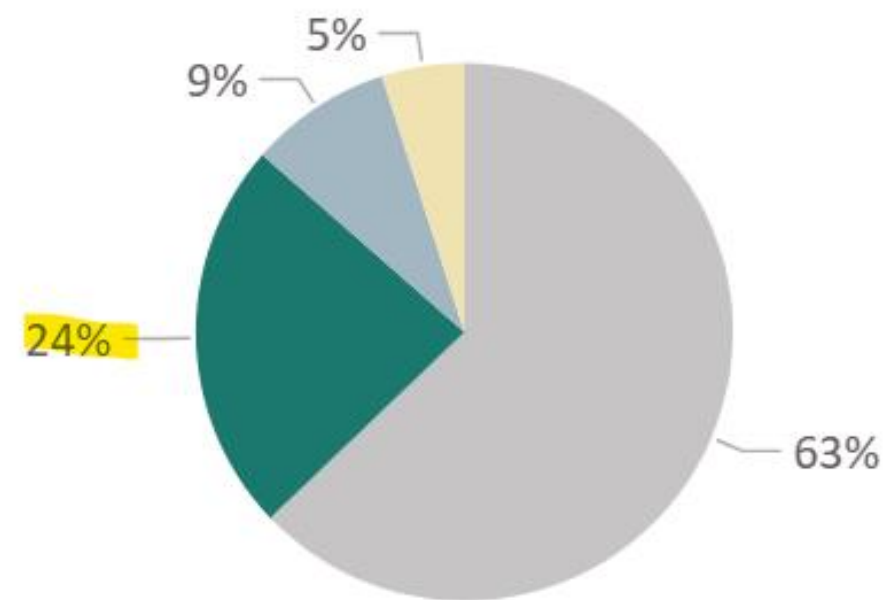
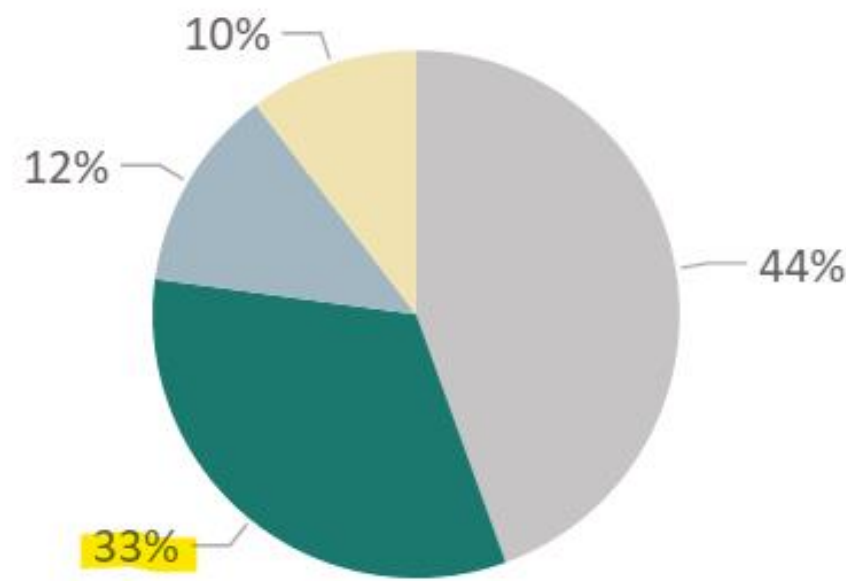
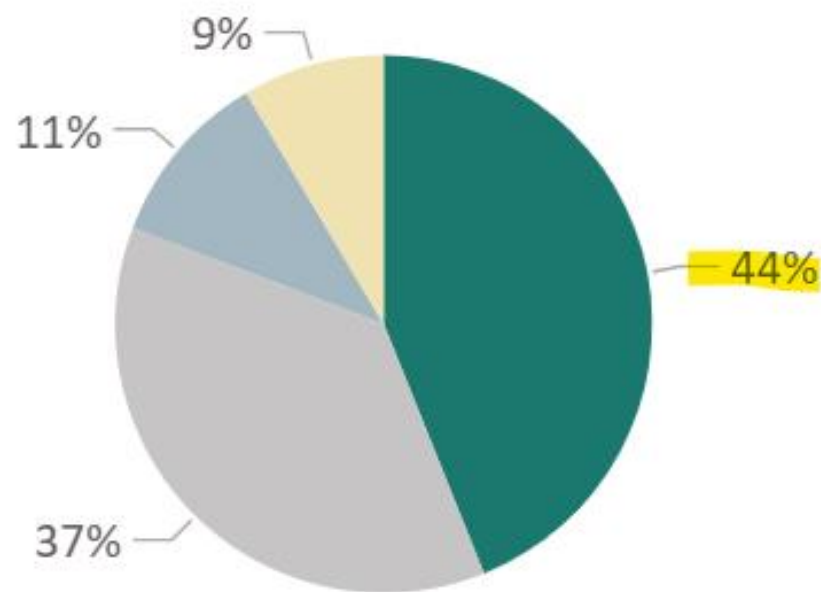


Bolig-parcelhus,

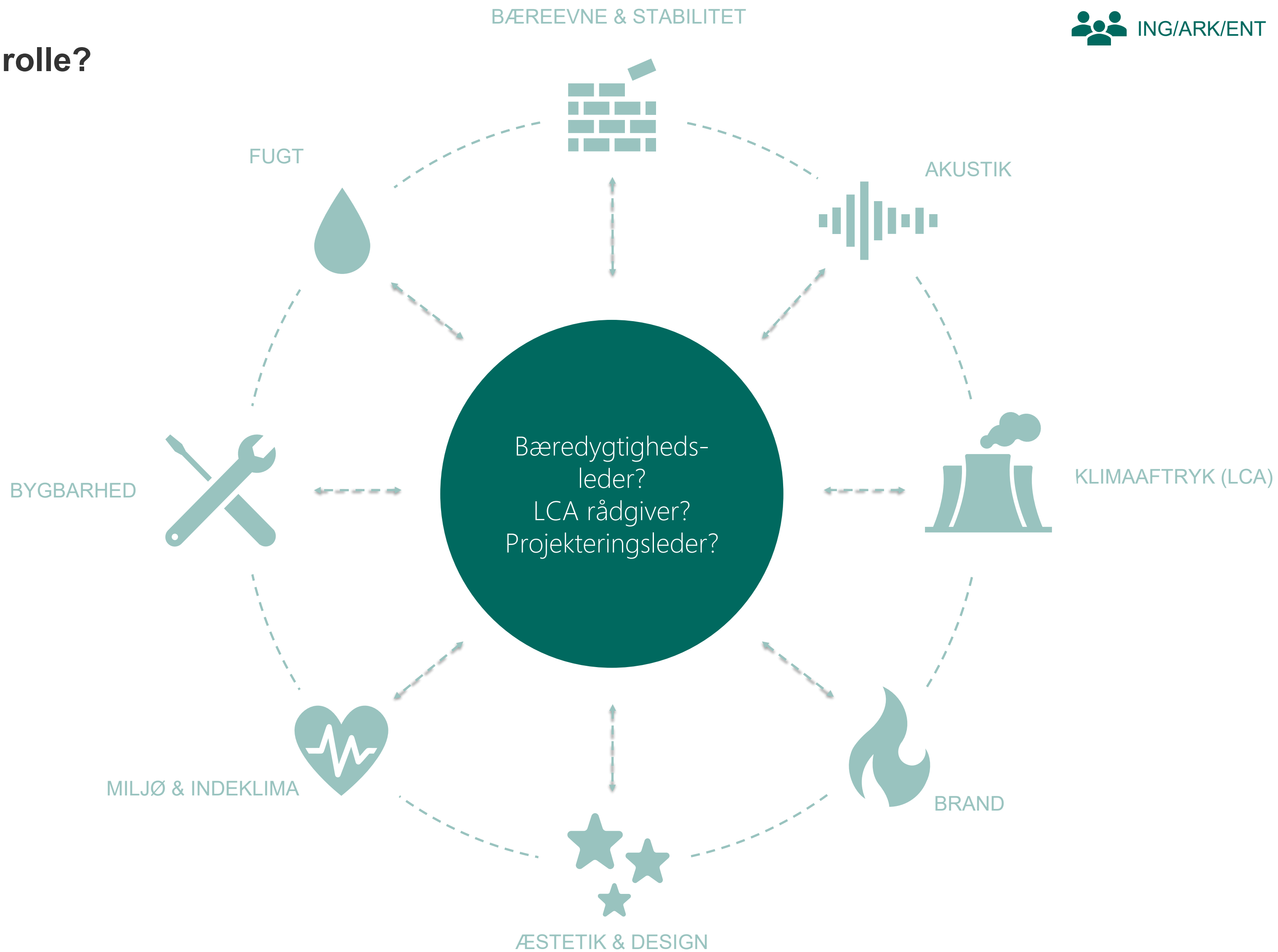
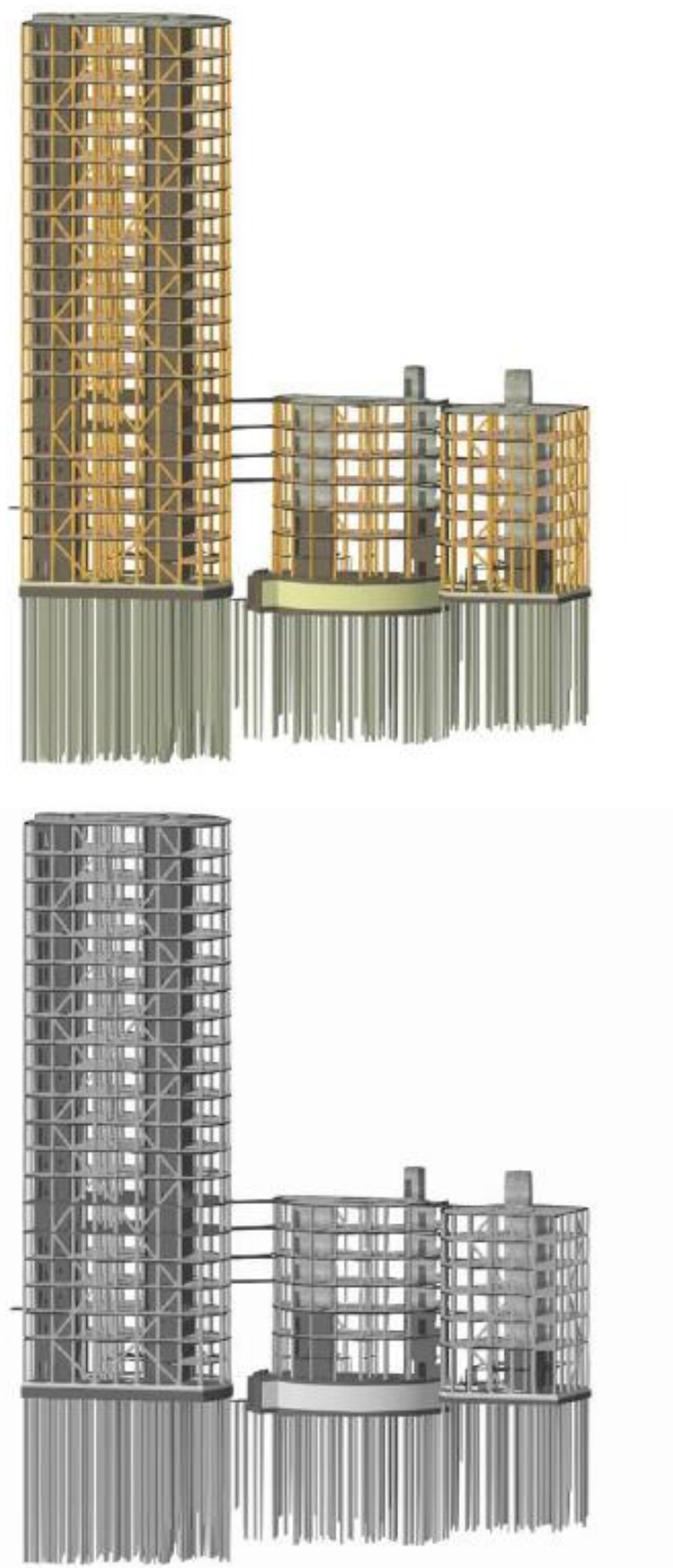


Bolig-etagebyggeri

- KON
- ARK
- VVS
- EL

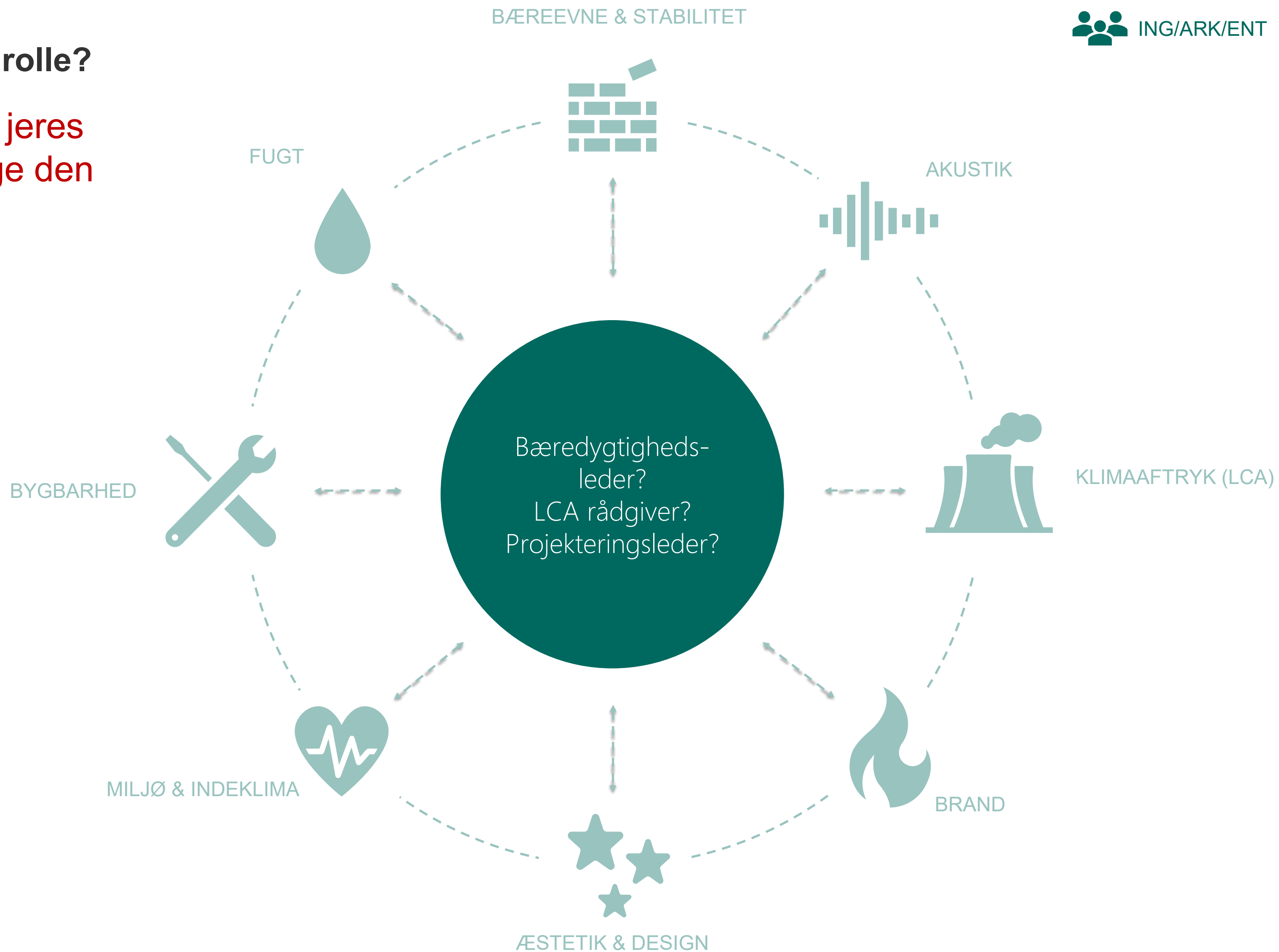
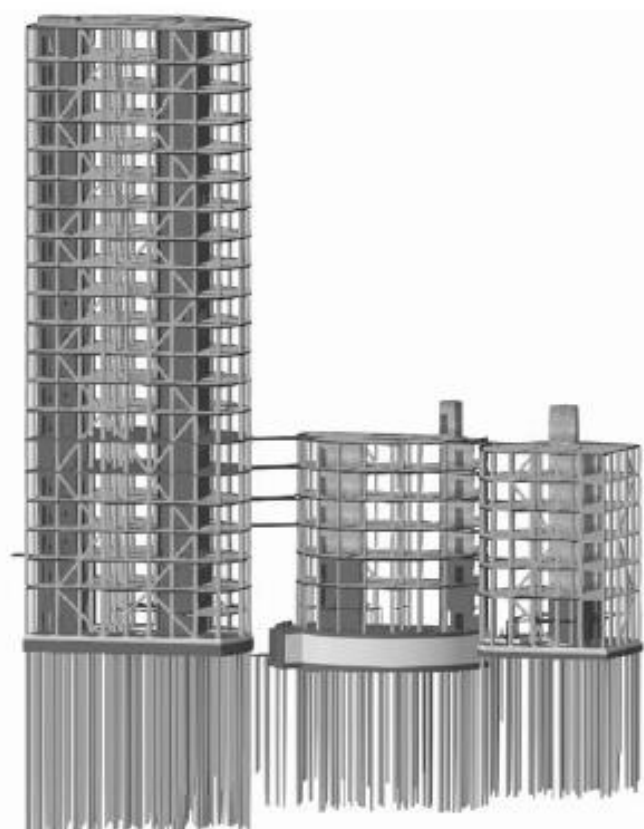


# Bæredygtighedslederens rolle?



# Bæredygtighedslederens rolle?

Hvem bør efter jeres mening varetage den tværfaglige koordinering?



**Spørgsmål?**

**Tak for i dag**