



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

CO2-krav og særlige bygningsforudsætninger

Udformning af model til beregning af overskridelse af grænseværdi ved øget klimapåvirkning grundet særlige bygningsforudsætninger

Nielsen, Lea Hasselsteen; Tozan, Buket; Birgisdottir, Harpa; Wittchen, Kim B.

Creative Commons License
Andet

Publication date:
2022

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Nielsen, L. H., Tozan, B., Birgisdottir, H., & Wittchen, K. B. (2022). *CO2-krav og særlige bygningsforudsætninger: Udformning af model til beregning af overskridelse af grænseværdi ved øget klimapåvirkning grundet særlige bygningsforudsætninger*. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Bind 2022 Nr. 27

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



BUILD RAPPORT

2022:27

CO₂-krav og særlige bygningsforudsætninger

Udformning af model til beregning af overskridelse af grænseværdi ved øget klimapåvirkning grundet særlige bygningsforudsætninger

Lea Hasselsteen Nielsen, Buket Tozan, Harpa Birgisdóttir & Kim Wittchen

CO₂-krav og særlige bygningsforudsætninger

TITEL	CO ₂ -krav og særlige bygningsforudsætninger
UNDERTITEL	Udformning af model til beregning af overskridelse af grænseværdi ved øget klimapåvirkning grundet særlige bygningsforudsætninger
SERIETITEL	BUILD Rapport 2022:27
FORMAT	Digital
UDGAVE	1. Udgave
UDGIVELSEÅR	2022
UDGIVET DIGITALT	August
FORFATTER	Lea Hasselsteen Nielsen, Buket Tozan, Harpa Birgisdóttir og Kim Wittchen
SPROG	Dansk
SIDEANTAL	45
LITTERATURHENVISNINGER	32
EMNEORD	Bygningsreglementet, Livscyklusvurdering, Klimapåvirkning, Grænseværdi
ISBN	978-87-563-2052-8
ISSN	2597-3118
FORSIDE FOTO	Buket Tozan
FOTO	Buket Tozan
UDGIVER	Department of the Built Environment, Aalborg University A.C. Meyers Vænge 15, 2450 Copenhagen SV, build@build.aau.dk, www.build.aau.dk This publication is covered by the Danish Copyright Act.

Indhold

Summary	4
Sammenfatning	6
Forord	8
1 Introduktion	9
1.1 Læsevejledning	10
2 Analysegrundlag	11
2.1 Analysens afgrænsning	11
2.2 Referenceværdier fra 60 bygninger	13
2.3 Indsamlede brancheprojekter	15
3 Definition af særlige bygningsforudsætninger	18
3.1 Ikke-særlige bygningsforudsætninger	19
3.2 Særlige bygningsforudsætninger	21
4 Udformning af beregningsmodel	23
4.1 Definition af model	23
4.2 Analyse af referenceværdi for konstruktioner	24
4.3 Endelige referenceværdier	27
4.4 Udregning af tilladt overskridelse	28
Opsummering	31
Referencer	32
Bilag 1 Klimapåvirkning fra 60 bygninger	33
Bilag 2 Undersøgelse af konstruktioner	35

Summary

CO₂ limits for new buildings

Climate change enhances the focus on reducing global CO₂e emissions from the construction industry since it is responsible for 37 pct. of the emissions. Here, 27 pct. is due to energy consumption, and 10 pct. is due to the production and construction of new materials (Global Alliance for Buildings and Construction 2021). Denmark is committed to meeting the targets of the Paris Agreement, where global warming shall be limited to 1.5°C compared to the preindustrial period. Additionally, Denmark is committed to a national target aiming for 70 pct. reduction of national CO₂e emissions by 2030 compared to 1990.

Globally, there has been, and still is, a focus on reducing energy consumption in buildings. In Denmark, reducing energy consumption has been successful due to the implementation of limit values in the building regulation. Sustainability certification systems, such as DGNB and the Voluntary Sustainability Class, have contributed significantly to Denmark's focus on sustainable buildings. Moreover, as one of the first nations, the Danish government has presented a strategy for sustainable buildings, which introduces requirements for conducting an LCA and fulfilling a CO₂ limit in the building regulation valid from January 2023. The regulations have defined a delimitation of building elements and background data to be considered when performing life cycle assessments.

According to the coming regulation, practitioners must conduct life cycle assessments for all new buildings. New buildings with a heated floor area greater than 1,000 m², must comply with a limit value of 12 kg CO₂e/m²/year with a reference study period of 50 years. Moreover, a voluntary low emission class of 8 kg CO₂e/m²/year with a reference study period of 50 years is introduced.

Special building conditions

CO₂e emissions from conventional and Danish buildings have been investigated in the Danish reports *Klimapåvirkninger fra 60 bygninger* (Regitze Kjær Zimmermann et al. 2020) (Tozan, Jørgensen, and Birgisdóttir 2021). The first report has determined reference values for several impact categories, and the second has updated the reference value for global warming potential. These reports consider the same 60 buildings, which primarily consist of residential and office buildings, and it is evident from them that approximately 90 pct. of these buildings comply with the limit value of 12 kg CO₂e/m²/year. However, there is a need to expand the knowledge of other building typologies. Also,

there is a need to identify whether special building conditions require additional use of materials, and thus, induce exceeding the limit value. In this regard, BUILD and the Danish Housing and Planning Authority has defined special and non-special building conditions, which can influence CO₂e emissions. These are identified by collecting actual building projects and collaborating closely with professionals in the Danish construction industry.

The non-special conditions have been identified as e.g., architectural design choices, an unusually large volume of rooms, a multi-story cellar in the soil, and several room separations. Special building conditions, which can allow an exceeding of the limit value, have been identified as a process- or hospital-specific equipment sensitive to vibrations in the building, high load capacity on floors, challenging soil conditions, etc.

Allowance of exceeding the limit value

The building regulation requirements enable the possibility of expanding knowledge on the environmental impacts of new buildings. Currently, the availability of environmental assessments of buildings is lacking. Thus, there can appear types of buildings that previously have not been investigated based on LCA. Given the limited data availability, it has not been possible to implement limit values for different building typologies. Therefore, the proportions of the CO₂e emissions are unclear for those buildings which have not been assessed. Based on this, BUILD has developed a model for calculating a potential allowed exceed of the limit value of 12 kg CO₂e/m²/year. The model only considers the problematic areas of the building isolated from the remaining building, which is purposely developed to ensure that the professionals of the construction industry still aim for optimizing the CO₂e emissions.

The model is defined as follows:

“ If a building structure results in significant CO₂e emissions due to special building conditions, the allowed value for exceeding the limit value is calculated based on the dimensions of the structure and a generic reference value for the given structure.

Necessary to optimize

Although, this project aims to define a model that can calculate an allowed exceeding of the limit value, the model must not prevent the encouragement to optimize the environmental impacts of buildings. Optimizing is necessary if climate targets must be met. Therefore, industry professionals are strongly encouraged only to apply the model for buildings when a special condition arises and when all possible optimization potentials have been investigated and tested to solve the challenges the special condition might carry.

Applying the model and reference values

To evaluate the isolated parts of the building, the current CO₂e emissions from several conventional building elements have been determined based on a thorough analysis. These reference values will be used to determine the allowed value which the limit value can be exceeded with. Equation 0.1 defines the calculation method. Additionally, Table 1 states the relevant reference values for several building structures.

The allowed value is calculated with the same unit as the limit value, which is kg CO₂ equivalents per square meter of gross floor area per year with a reference study period of 50 years. Thus, the calculation depends on the gross floor area of the building. The allowed value is calculated as follows:

$$\frac{x/50 \text{ years} - r \cdot m}{e} > 0 \tag{0.1}$$

where x is the CO₂e emissions from the building structure with special conditions given (kg CO₂e), r is the reference value for the given type of structure (kg CO₂e/m² structure/year or kg CO₂e/m² building/year), m is the quantity of the structure (m² structure or m² gross floor area), and e is the gross floor area of the building.

If the result from Equation 0.1 is below zero, the building structure is within the reference value. Thus, the model cannot be applied to the given structure.

For columns and beams with special conditions, the allowed value is calculated differently from the remaining building structures. Here, the allowed value is calculated by

$$\frac{r \cdot m}{e} \tag{0.2}$$

where r is the reference value for columns and beams (kg CO₂e/m structure/year), m is the quantity of the structure under special conditions (in meter structure), and e is the gross floor area of the building (m² gross floor area).

It is recommended to define a maximally allowed value that exceeds the limit value to ensure the basis for optimizing the climate impact. This value is proposed to be 2 kg CO₂e/m²/year per building structure with special conditions.

Table 1. Proposed final reference values for the building structures with special conditions.

Structure	Unit	Reference
Floor slab	kg CO ₂ e/m ² structure/year	1.30
Flooring	kg CO ₂ e/m ² structure/year	0.65
Ceiling	kg CO ₂ e/m ² structure/year	0.45
Inner walls	kg CO ₂ e/m ² structure/year	1.03
Roof	kg CO ₂ e/m ² structure/year	3.00
Ground floor slab/slab foundation	kg CO ₂ e/m ² structure/year	2.27
External walls	kg CO ₂ e/m ² structure/year	2.85
Columns and beams	kg CO ₂ e/m structure/year	0.47
Foundations	kg CO ₂ e/m ² gross floor area/year	1.06

Sammenfatning

CO₂-krav for nybyggeri

Klimakrisen øger fokus på at reducere CO₂-udledninger fra byggebranchen, da bygninger står for 37 pct. af den globale CO₂-ækvivalent udledning, hvor 27 pct. stammer fra driften af bygninger og 10 pct. stammer fra produktion af byggematerialer og opførelsen af byggeri (Global Alliance for Buildings and Construction 2021). Danmark har forpligtet sig til at leve op til Paris-aftalens mål om at begrænse den globale temperaturstigning til 1,5°C over det præindustrielle niveau. Derudover har Danmark sat et nationalt mål om at reducere 70 pct. af CO₂-ækvivalent udledninger i 2030 i forhold til niveauet i 1990 (Klima- Energi- og Forsyningsministeriet 2020).

Globalt set har der længe været et fokus på at reducere bygnings energiforbrug, og i Danmark er det lykkedes at opnå store reduktioner ved at indføre stramme krav i bygningsreglementet (Energistyrelsen 2014). Bæredygtighedscertificeringer som DGNB og den frivillige bæredygtighedsklasse (FBK) har sat stort fokus på mere bæredygtigt byggeri. Og som et af de første lande, fremlagde den danske regering i marts 2021 en national strategi for bæredygtigt byggeri, som introducerer LCA- og CO₂-krav i bygningsreglementet for nybyggeri gældende fra januar 2023 (Indenrigs- og Boligministeriet 2021). Her skal der, for alle nye bygninger, udføres LCA-beregninger, og alle bygninger med et opvarmet etageareal større end 1.000 m² skal leve op til et CO₂-krav på 12 kg CO₂-ækv/m²/år over en 50-årig betragtningsperiode. Desuden introduceres en lavemissionsklasse på 8 kg CO₂-ækv/m²/år over en 50-årig betragtningsperiode.

Særlige bygningsforudsætninger

Klimapåvirkninger fra konventionelt dansk nybyggeri er undersøgt i rapporterne *Klimapåvirkninger fra 60 bygninger* (Regitze Kjær Zimmermann et al. 2020), (Tozan, Jørgensen, and Birgisdóttir 2021). Rapporterne betragter de samme bygninger, som hovedsageligt er kontor- og boligbyggeri og heri fremgår, at størstedelen (90 pct.) af de betragtede bygninger overholder kravet på 12 kg CO₂-ækv/m²/år. Der er endnu et behov for at opbygge viden omkring byggerier, som afviger fra konventionelt kontor- og boligbyggeri, og om der findes særlige bygningsforudsætninger, der kan medføre et yderligere materialeforbrug, som resulterer i at CO₂-kravet overskrides. I den forbindelse har BUILD, i samarbejde med BPST, på baggrund af indsamlede brancheprojekter samt inddragelse af aktører fra branchen defineret særlige og ikke-særlige bygningsforudsætninger, der kan have betydning for byggeriets klimapåvirkning.

De ikke-særlige bygningsforudsætninger er identificeret som fx arkitektoniske designvalg, store rumvolumener, opførelse af kælder og mange rum- og brandadskillelser. Særlige bygningsforudsætninger, som kan give anledning til beregning af en tilladt overskridelse af grænseværdien, er identificeret som proces- eller hospitalsudstyr, der er følsomt overfor vibrationer i bygningen, høj nyttelast på dæk, udfordrende jordbundsforhold mfl.

Tilladt overskridelse af grænseværdien

Bygningsreglementets krav til LCA vil på sigt give mulighed for at udvide vidensgrundlaget for bygnings miljøpåvirkninger. På nuværende tidspunkt, er datagrundlaget for CO₂-udledning fra dansk nybyggeri begrænset, og der kan derfor forekomme bygningstyper, der endnu ikke er udført en LCA-beregning for og som måske ikke vil kunne overholde CO₂-kravet. Grundet det smalle datagrundlag har det ikke været muligt at indføre differentierede krav til forskellige bygningstyper, og det er uklart, hvor høj klimapåvirkningen er for de bygningstyper, der endnu ikke er afsøgt. På baggrund af dette, har BPST bedt BUILD om at udarbejde en beregningsmodel, som kan give mulighed for beregning af en tilladt overskridelse af CO₂-kravet på 12 kg CO₂-ækv/m²/år ved eftervisning af særlige bygningsforudsætninger.

Den udarbejdede beregningsmodel betragter kun de problematiske områder af bygningen isoleret fra den resterende bygningsmasse. Beregningsmodellen er defineret ved:



Har en bygningskonstruktion en høj klimabelastning grundet særlige bygningsforudsætninger, beregnes den tilladte overskridelse på baggrund af konstruktionens størrelse og en generisk referenceværdi for en enhed af den givne konstruktion.

Nødvendigt at optimere

Selvom dette projekt omhandler udarbejdelsen af en beregningsmodel, som giver mulighed for at udregne en tilladt overskridelse af CO₂-kravet, bør beregningsmodellen kun anvendes ved rapportens definerede særlige bygningsforudsætninger, hvor det er højest nødvendigt. Bygningsejere, -designere og -udførere bør altid afsøge alle optimeringsløsninger for at overholde CO₂-kravet, inden modellen anvendes.

Anvendelse af model og referenceværdier

For at evaluere isolerede dele af bygninger, er referenceværdier opgjort i CO₂-ækvivalent udledning for konventionelle bygningskonstruktioner beregnet på baggrund af dybdegående analyser. Disse referenceværdier skal benyttes til bestemmelse af den tilladte overskridelse. Ligning 0.1 definerer, hvorledes beregningen skal foregå. Derudover, fremgår de endelige forslag til referenceværdier af Tabel 2.

Den tilladte overskridelse beregnes med samme enhed, som grænseværdien er opgjort i, hvilket er kg CO₂-ækvivalenter per kvadrater etageareal per år set over en 50 årig betragtningsperiode. Dermed afhænger beregningen af bygningens samlede etageareal. Den tilladte overskridelse beregnes som følgende:

$$\frac{x/50 \text{ år} - r \cdot m}{e} > 0 \quad (0.1)$$

Her er x CO₂-ækvivalenter fra den pågældende bygningskonstruktion med dokumenterbare særlige forudsætninger (kg CO₂-ækv), r er referenceværdien for den givne konstruktion (kg CO₂-ækv/m² konstruktion/år), m er mængden af bygningskonstruktionen (m² konstruktion eller m² etageareal), og e er etagearealet (m²).

Såfremt resultatet af Formel 0.1 er mindre end 0, indikerer dette, at den pågældende bygningskonstruktion ikke er problematisk, og at der ikke kan bestemmes en tilladt overskridelse.

Den tilladte overskridelse for søjler og bjælker med dokumenterbare særlige forudsætninger, er bestemt anderledes end de resterende bygningskonstruktioner. Den tilladte overskridelse for søjler og bjælker bestemmes således:

$$\frac{r \cdot m}{e} \quad (0.2)$$

Her er r referenceværdien for søjler og bjælker (kg CO₂-ækv/m konstruktion/år), m er mængden af søjler og bjælker med dokumenterbare særlige forudsætninger (m søjle eller bjælke), og e er etageareal af bygningen (m²).

Det anbefales, at der defineres en maksimalt tilladelig overskridelse af grænseværdien for at sikre grundlaget for optimering af klimapåvirkningen for byggeriet. Denne værdi forslås at være 2 kg CO₂-ækv/m²/år per bygningskonstruktion med særlige forudsætninger.

Tabel 2. Forslag til endelige referenceværdier for konstruktioner med særlige bygningsforudsætninger.

Konstruktion	Enhed	Reference
Etage- og kælder-dæk	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	1,30
Gulv	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	0,65
Loft	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	0,45
Indervægge	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	1,03
Tage	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	3,00
Terrændæk/ pladefundamenter	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	2,27
Ydervægge og kælderydervægge	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	2,85
Søjler og bjælker	kg CO ₂ -ækv/m konstruktion/år	0,47
Fundamenter	kg CO ₂ -ækv/m ² etageareal/år	1,06

Forkortelser:

LCA Livscyklusvurdering (Life Cycle Assessment)

FBK Den frivillige bæredygtighedsklasse

BR18 (2023) Bygningsreglementet 2018 tilpasset ny grænseværdi fra 2023 på 12 kg CO₂-ækv/m²/år

GWP Klimapåvirkning (Global Warming Potential)

kg CO₂-ækv Enhed for klimapåvirkning (kg CO₂-ækvivalenter)

Begreber:

Grænseværdi Begrebet benyttes som synonym til CO₂-krav, kravværdi, CO₂-grænseværdien og BR18 (2023), og alle repræsenterer værdien på 12 kg CO₂-ækv/m²/år gældende i bygningsreglementet fra januar 2023.

Etageareal Defineres som det areal (m²), som påvirkninger fra materialer skal baseres på jf. bygningsreglementets §297, stk. 3 om de kommende krav til bygningers klimapåvirkning.

Brancheprojekt Indsamlet bygningsprojekt fra den danske byggebranche.

Særlig bygningsforudsætning En bygningsforudsætning, der resulterer i, at én eller flere bygningskonstruktioner har en høj klimapåvirkning, der ikke er mulig at optimere yderligere uden at påvirke bygningsfunktionaliteten/-behovet.

Forord

Livscyklusvurderinger anvendes til at vurdere bygningers klimapåvirkninger over hele bygningens livscyklus, hvor produktion af byggematerialer, byggeprocessen, udskiftninger og nedrivning af bygningen samt energiforbrug til drift, inkluderes i beregningerne.

Den 1. januar 2023 indføres krav i bygningsreglementet om livscyklusvurderinger (LCA) for alle nye bygninger, og en grænseværdi på 12 kg CO₂-ækv/m²/år for nye bygninger med et opvarmet etageareal større end 1.000 m². Derudover indføres også en frivillig grænseværdi, lavemissionsklassen, på 8 kg CO₂-ækv/m²/år. Kravet har været i offentlig høring i april 2022, og i EU-notificering fra juni til september 2022.

Eksisterende studier vedrørende LCA på nye danske bolig- og kontorbyggerier viser, at disse typoliger godt kan leve op til grænseværdien uden væsentlige problematikker. Der er et behov for at afdække om der i andre typer af bygninger findes nogle bygningsforudsætninger, som kan medføre, at grænseværdien ikke overholdes, og bygningerne dermed kan få brug for et tillæg til den eksisterende ramme.

Bolig- og Planstyrelsen (BPST) har ifm. Bygningsreglementets LCA-krav, bedt BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø på Aalborg Universitet undersøge, hvilke særlige bygningsforudsætninger, der kan resultere i overskridelse af grænseværdien, og hvordan denne overskridelse kan håndteres i bygningsreglementet.

BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet København,
Sektionen for Bæredygtighed, Energi og Indeklima
August 2022

Tine Steen Larsen
Sektionsleder

1 Introduktion

Det anslås at byggeri i Danmark står for 30 pct. af de samlede nationale CO₂-ækvivalente udledninger, hvor 1/3 tilskrives driftsenergi og 2/3 fra materialer (Regerings klimapartnerskaber 2020). Danmark har forpligtet sig til at reducere drivhusgasudledningerne med 70 pct. i 2030 i forhold til 1990 og være et klimaneutralsamfund i 2050 (Klima- Energi- og Forsyningsministeriet 2020). Derudover har Danmark forpligtet sig til at begrænse den globale temperaturstigning til 1,5 °C over det præindustrielle niveau. Her er initiativer som lanceringen af den frivillige bæredygtighedsklasse (Bolig- og Planstyrelsen, 2020), og regeringens nationale strategi for bæredygtigt byggeri (Indenrigs- og Boligministeriet 2021) en stor del af at kortlægge bygningers klimabelastning i Danmark og hvordan nødvendige reduktioner kan opnås, for at leve op til klimamål både nationalt og internationalt.

Siden 1970'erne har der været fokus på at optimere energiforbruget i bygninger (Energistyrelsen 2014). Det danske bygningsreglement har sørget for at muliggøre dette ved at sætte grænseværdier for, hvad det maksimale primære energibehov må være for både nybyggeri og renoveringsprojekter. Fokus er nu udvidet til også at omfatte de indlejrede klimapåvirkninger fra bygningsdelene, som for nybyggeri svarer til cirka 2/3 af bygningens samlede klimapåvirkning over hele livscyklussen (Regitze Kjær Zimmermann et al. 2020). Dertil kommer at omkring 70 pct. af materialernes belastning udledes under produktionen og opførslen af byggeriet (upfront emissions) – det vil sige før bygningen er taget i brug (Le Den et al. 2022).

Undersøgelser i rapporten *Klimapåvirkninger fra 60 bygninger – Opdaterede værdier* (Tozan, Jørgensen, and Birgisdóttir 2021) viser, at størstedelen af de betragtede bygninger overholder den gældende grænseværdi fra 2023 på 12 kg CO₂-ækv/m²/år, da blot ca. 10 pct. af de 60 bygninger ligger over denne værdi (Scenario 2 fra Tabel 4 og Figur 8 i Tozan, Jørgensen, and Birgisdóttir 2021). I de 60 bygninger indgår hovedsageligt bolig- og kontorbyggeri, og hvorvidt de 10 pct., som ligger over grænseværdien, skyldes klimamæssigt problematiske designvalg eller særlige bygningsforudsætninger, er uvist. Grundet de 60 bygningers typologi forventes disse bygninger dog ikke at indbefatte særlige bygningsforudsætninger og dermed ikke at være problematiske ifm. overholdelse af grænseværdien. Indføringen af CO₂-kravet vil ud fra denne betragtning sørge for at nedbringe CO₂ ækvivalent udledning for cirka 10 pct. af alt nybyggeri af tilsvarende typologi.

Projektet er udformet på baggrund af et behov for at identificere særlige bygningsforudsætninger, der kan medføre overskridelse af grænseværdien uden optimeringspotentiale. Projektet afspejler et tæt samarbejde med Bolig- og Planstyrelsen og er udarbejdet sideløbende med BPST's udformning af høringsforslaget for bygningsreglementet. Derudover, er der etableret et tæt samarbejde med branchen, da branchens aktører har givet udtryk for problematikker ifm. særlige bygningsforudsætninger og overholdelse af grænseværdien som følge af disse. Nærliggende rapport undersøger, hvornår der kan være mulighed for en tilladt overskridelse af CO₂-kravet, og giver anbefalinger til, hvordan en eventuel tilladt overskridelse kan vurderes i en beregningsmodel.

Denne rapport identificerer særlige bygningsforudsætninger, som kan medføre et ekstraordinært materialeforbrug eller -binding, hvilket resulterer i en højere klimapåvirkning. Mønstre eller sammenhænge i hvornår og hvorfor grænseværdien ikke kan overholdes, analyseres og igennem en løsningsbaseret tilgang vurderes, hvordan disse særlige forudsætninger kan håndteres i bygningsreglementet ved hjælp af en beregningsmodel.

For at belyse potentielle problemer, har branchen stillet 51 projekter til rådighed for BUILD, der er vurderet problematiske i forhold til at kunne overholde det kommende klimakrav. Ved analyse af disse brancheprojekter har seks ud af de 51 indsamlede bygningsprojekter vist sig udfordret i at overholde grænseværdien grundet særlige bygningsforudsætninger. Resterende projekter, med en klimapåvirkning over grænseværdien, er enten vurderet til at kunne optimere den overskridende påvirkning, eller er håndteret ved andre bestemmelser i BR, som fx arealdefinitionen, ekskludering af udearealer og tillæg til energirammen.

Undervejs i projektet er branchen blevet inddraget til diskussion af løsningsforslag ved at afholde workshops og ved inddragelse af skriftligt feedback. Den endelige beregningsmodel er defineret efter kvantitative analyser af bygningskonstruktioner i forskellige bygningsudformninger og -typologier med udgangspunkt i faktiske bygninger og generiske biblioteker. Disse analyser ligger til grund for udformningen af referenceværdier, som skal benyttes i beregningsmodellen. Desuden har projektets forløb og de indsamlede brancheprojekter også ligget til grund for udformningen af flere bestemmelser i BR.

Den primære modtager er Bolig- og Planstyrelsen, da rapportens formål er at beskrive projektets resultater og anbefalinger hertil. Rapporten henvender sig også til byggebranchens aktører som fra 1. januar 2023 skal udføre LCA'er og leve op til et CO₂-krav ved udførelse af byggeprojekter. BUILD har vurderet, at rapporten bør fungere som baggrundsmateriale til de eventuelt særlige forudsætninger, der kan opstå ved opførelse af nybyggeri, som skal leve op til CO₂-kravet.

1.1 Læsevejledning

I Afsnit 2 i rapporten beskrives det kvantitative analysegrundlag. Her afgrænses livscyklusvurderingernes systemgrænser og bygningsmodeller, samt de tilgængelige bygningsprojekter som danner grundlaget for referenceværdier.

Afsnit 3 identificerer ikke-særlige og særlige bygningsforudsætninger på baggrund af de indsamlede brancheprojekter, beskriver hvornår de kan opstå og giver anbefalinger til, hvordan de bør håndteres.

I Afsnit 4 beskrives den endelige beregningsmodel, tilhørende referenceværdier og det demonstreres hvordan modellen kan bruges til at udregne den tilladte overskridelse med konkrete beregningseksempler.

2 Analysegrundlag

Analyser præsenteret i denne rapport, betragter kun klimapåvirkningen (GWP) opgjort i kilogram CO₂-ækvivalenter, eftersom der udelukkende stilles krav til GWP i bygningsreglementet i 2023. Klimapåvirkninger fra bygninger beregnes med livscyklusvurderinger (LCA) iht. EN15978:2012. LCA bør benyttes som et optimeringsværktøj til både at vurdere, hvor stor en klimabelastning bygningen medfører, og hvor der er optimeringspotentialer i den pågældende bygning. Her kan der være behov for at sammenholde bygningens klimaaftryk med en reference, som er baseret på det samme analysegrundlag. Fra 2023 vil denne reference svare til grænseværdien på 12 kg CO₂-ækv/m²/år, og for de mere ambitiøse, vil den være kravværdien i lavemissionsklassen på 8 kg CO₂-ækv/m²/år. Her skal sikres en fælles funktionel enhed, som sørger for, at beslutninger vedrørende optimeringer træffes på et korrekt sammenligningsgrundlag.

I dette afsnit beskrives afgrænsningen af projektets baggrundsanalyser og de bygningsdata, der er benyttet. Den fastlagte grænseværdi for 2023 i den nationale strategi for bæredygtigt byggeri (Indenrigs- og Boligministeriet 2021) tager udgangspunkt i resultaterne og dermed datagrundlaget i rapporten *Klimapåvirkning fra 60 Bygninger – Opdaterede værdier (BUILD Rapport 2021:13)*. Analyser i dette projekt er derfor udarbejdet med Scenarie 2 fra denne rapport som det primære datagrundlag. Dette betyder ligeledes, at systemafgrænsning og bygningsmodel for alle projektets analyser afspejler grundlaget i BUILD Rapport 2021:13, hvilket med kun enkelte afvigelser i bygningsmodellen er i overensstemmelse med bygningsreglementets afgrænsning og bygningsmodel.

2.1 Analysens afgrænsning

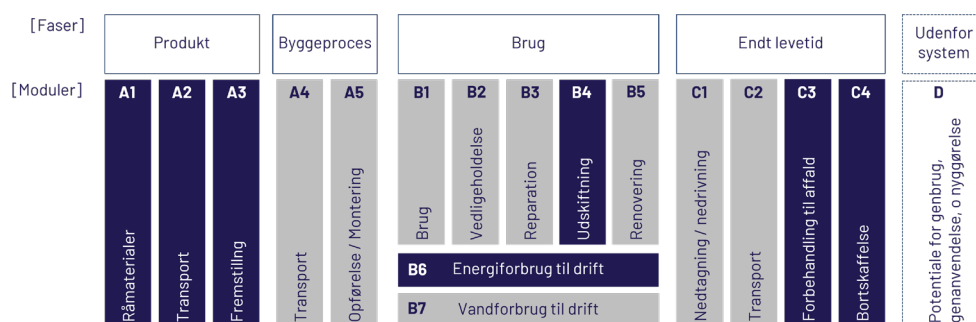
LCA er en standardiseret metode, der kan bruges til at vurdere potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug af en bygning. Det langsigtede perspektiv sikrer, at der medregnes påvirkninger fra hele bygningens livscyklus. Analyser udarbejdet i forbindelse med projektet er alle baseret på LCA-beregninger på nybyggeri.

2.1.1 Livscyklusmoduler og betragtningsperiode

I analysearbejdet betragtes livscyklusmoduler A1-3 i produktfasen, B4 og B6 i brugsfasen samt C3-4 i endt levetid (EoL) fasen. Disse fremgår med blå markering af Figur 1 i henhold til standarden for vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet, EN 15978:2012. Derudover er det også disse livscyklusmoduler som danner grundlaget i BR18 (2023).

I forbindelse med FBK, undersøges muligheden for at udvide systemgrænsen for livscyklusvurderinger til at inkludere byggeprocessen med modulerne A4-5. Disse to livscyklusmoduler er på nuværende tidspunkt ikke en del af afgrænsningen grundet manglende erfaring og data.

Modul D skal ifølge bygningsreglementet § 298 stk. 2 dokumenteres, men ikke medregnes i de endelige resultater af bygningers klimapåvirkning. Som følge af dette tager beregningen af den tilladte overskridelse ikke højde for resultatet i modul D. En eventuel tilladt overskridelse af grænseværdien vurderes med henblik på øget materialeforbrug jf. § 298 stk. 4 i bygningsreglementet, hvorfor livscyklusmodul B6 ikke betragtes i en model for beregning af den tilladte overskridelse. Håndtering af modul B6 i livscyklusvurdering iht. grænseværdikravet fremgår af § 298 jf. bygningsreglementet.



Figur 1. Livscyklusmoduler iht. EN15978:2012. De blå markerede livscyklusmoduler indgår i analysens afgrænsning og i øvrigt grænseværdien i bygningsreglementet fra 2023.

LCA-resultaterne ses iht. en betragtningsperiode på 50 år. Alle beregninger er udført i værktøjet LCAbyg 5 (version 5.2.1.0).

2.1.2 Medtagne bygningsdele

Nærværende rapportens analyser og resultater skal afspejle det kommende lovkrav om LCA. For at sikre grundlaget for sammenlignelighed følger afgrænsningen af bygningsmodellen Bilag 2, Tabel 6 til Kapitel 11 i bygningsreglementet. De vurderede projekter indeholder følgende bygningsdele, hvis de fremkommer i bygningen¹:

- Punkt-, rand-, stribe-, pæle- og plade-fundering
- Terræn-, etage- og kælderdek
- Ydervægge og kælderydervægge
- Søjler og bjælker inkl. beklædning
- Indervægge
- Tage
- Trapper og ramper
- Altaner og altangange
- Vinduer, døre og glasfacader
- Afløb
- Vand-, varme-, ventilation- og køleinstallationer
- Solcelleanlæg, elevatorer og rulletrapper

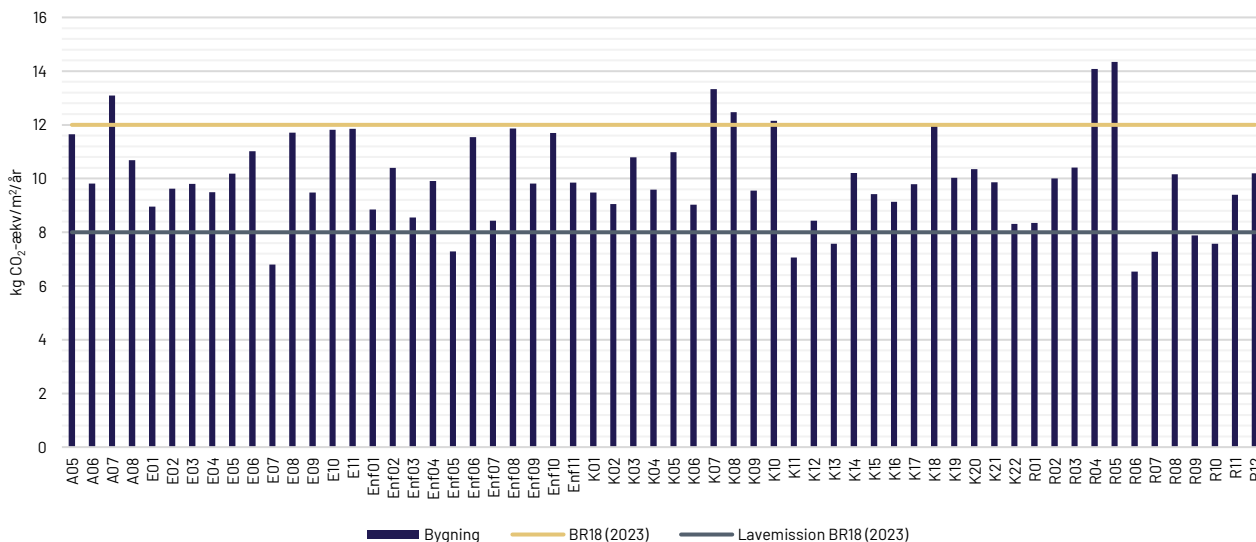
Hertil bør nævnes en mindre afvigelse ift. tekniske installationer i datagrundlaget fra BUILD Rapport 2021:13, hvilket resulterer i variationer i bygningsmodellernes indhold. Denne afvigelse skyldes daværende mangel på data fra installationer, hvorfor flere projekter kun har installationer medtaget i en lav detaljegrad. Dette kan have indflydelse på klimapåvirkning fra afløbs-, vand-, varme-, ventilation- og køleinstallationer.

Generelt har tekniske installationer ikke tidligere været veldokumenterede i livscyklusvurderinger for bygninger, og der er en vis usikkerhed i, hvor stor en indflydelse de reelt set har på bygningens samlede klimapåvirkning. Dette forventes bedre dokumenteret i fremtidens livscyklusvurderinger, da en del tekniske installationer er afgrænset af Bilag 2, Tabel 6 til Kapitel 11 i bygningsreglementet, og der er således kommet et krav, der sikrer en større indsamling af data på installationer.

¹ Vær opmærksom på, at procesanlæg og -installationer ikke fremgår af afgrænsningen i bygningsreglementet, og dermed ikke skal medregnes i livscyklusvurderinger for bygninger med proces.

2.2 Referenceværdier fra 60 bygninger

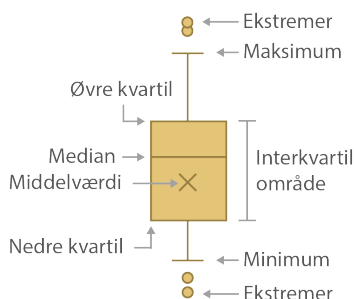
Resultaterne fra Scenarie 2 i BUILD Rapport 2021:13 for de 60 bygninger fremgår af Figur 2 nedenfor sammenholdt med grænseværdien på 12 kg CO₂-ækv/m²/år i bygningsreglements krav gældende fra 2023 samt lavemissionsklassen på 8 kg CO₂-ækv/m²/år ligeledes gældende fra 2023.



Figur 2. Resultater for Scenarie 2 i rapporten *Klimapåvirkninger fra 60 bygninger* (Tozan, Jørgensen, and Birgisdóttir 2021). Resultaterne viser bygningernes totale klimapåvirkning opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år (A1-3, B4, B6 og C3-4) set over en betragtsperiode på 50 år fra rapporten. Desuden vises det kommende grænseværdikrav (BR18 (2023)) og lavemissionsklassen.

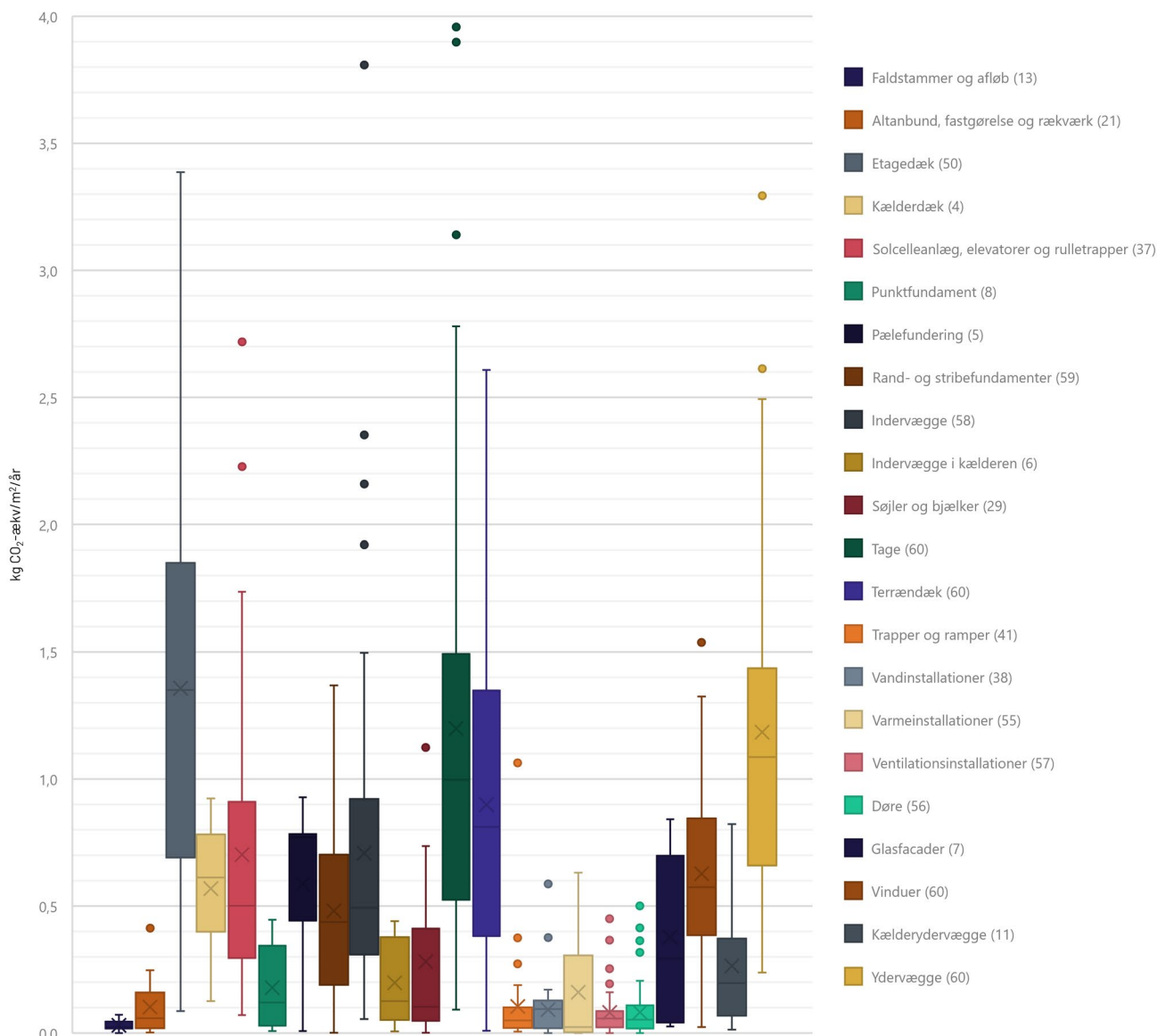
I tilfælde af at en bygning overskrider grænseværdien (BR18 (2023)), kan det være svært at identificere, hvor i bygningen denne overskridelse opstår, da resultatet betragtes på bygningsniveau. Derfor er samme datagrundlag benyttet til at opstille referenceværdier på konstruktionsniveau, da en øget klimapåvirkning typisk vil skyldes én eller flere separate bygningskonstruktioner. Ved opstilling af referencer på konstruktionsniveau vil det være nemmere at sammenligne bygningskonstruktioner og således identificere optimeringspotentialer i byggeriet.

For at opnå en bredere forståelse af datagrundlaget og de tilhørende referenceværdier for bygningskonstruktionerne opstilles resultaterne fra analysen i boksplots, der udover at vise medianen som det repræsentative resultat også viser spredningen og eventuelle afvigelser i datasættet. Eventuelle ekstremer forekommer, hvis et datasæt ligger mere end halvanden kvartilbredde under eller over henholdsvis nedre og øvre kvartil. Ekstremerne påvirker middelværdien men ikke medianen, og kan være med til at skævvride datasættet, hvis de kun forekommer til den ene side. I denne rapport benyttes primært medianværdien og øvre kvartil-værdien. Øvre kvartil-værdien svarer til værdien, hvoraf 75 pct. af alle observationer i det pågældende datasæt ligger under. Hvordan diagrammerne aflæses, er illustreret i Figur 3.



Figur 3. Illustrativ vejledning til aflæsning af værdier fra et boksplot.

Ved at fokusere på konstruktionsniveau bør der gøres opmærksom på, at datamængden for hver konstruktion kan variere en del, da ikke alle 60 bygningsmodeller indeholder alle konstruktioner. Eksempelvis indeholder blot 21 projekter altaner. Antallet af hver konstruktionstype fordelt på bygningstypologier kan findes i Bilag 1. Af Figur 4 fremgår spændet i klimapåvirkningen (GWP) fra bygningskonstruktioner opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år for de 60 bygninger i rapporten (Tozan, Jørgensen, and Birgisdóttir 2021).

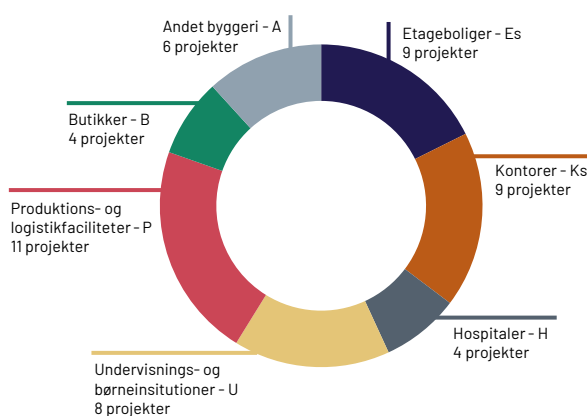


Figur 4. Resultaterne fra Scenarie 2 i rapporten Klimapåvirkninger fra 60 bygninger (Tozan, Jørgensen, and Birgisdóttir 2021) fordelt på bygningskonstruktionsniveau opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år set fra en betragtningsperiode på 50 år.

Ved at vurdere datagrundlaget fordelt på konstruktioner ses, at den største udledning fra bygningerne kommer fra *Etagedæk*, *Tage*, *Terrændæk* og *Ydervægge*, hvilket også typisk er de tunge konstruktioner i byggeriet. Der ses også et stort spænd i resultaterne for netop disse konstruktioner, hvilket indikerer, at der ligeledes er et stort potentiale for optimering. Det er dog vigtigt at pointere, at dette spænd også skyldes variation i fx bygningernes konstruktive system, hvilket er med til at fordele klimapåvirkningen forskelligt over bygningskonstruktionsniveauerne.

2.3 Indsamlede brancheprojekter

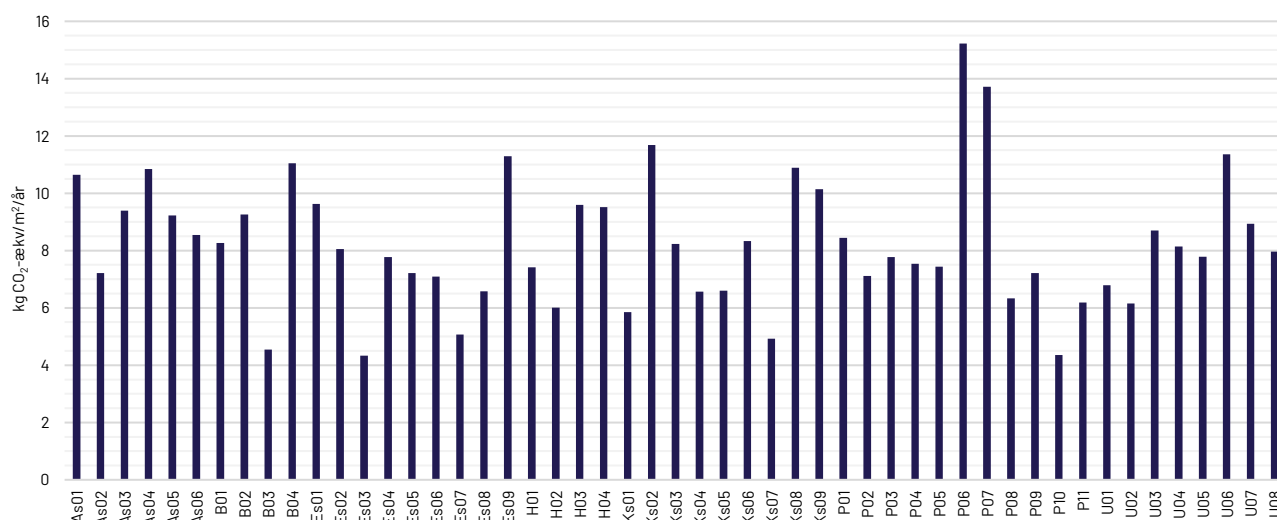
De 60 bygninger i BUILD Rapport 2021:13 er primært kontor- og boligbyggerier, og her er der blot fem bygninger, som overskrider grænseværdien på 12 kg CO₂-ækv/m²/år jf. Figur 2. Der mangler eksempler på bygninger, der er udfordret i at overholde grænseværdien grundet særlige bygningsforudsætninger. I den forbindelse er der i projektet indsamlet 51 bygningsprojekter fra den danske byggebranche, som er anset som problematiske ifm. overholdelse af grænseværdien grundet bygningens forudsætninger. Brancheprojekterne er opdelt i syv bygningstypologier (se Figur 5) og indeholder både igangværende og opførte byggeprojekter. I indsamlingen af bygningsprojekterne er det forsøgt at inkludere en bred variation af bygningstypologier samt projekter udført under særlige forudsætninger, der belyser mulige udfordringer ifm. CO₂-kravet, for dermed at kunne dokumentere disse og vurdere mulige løsningsforslag.



Figur 5. Brancheprojekter fordelt på syv bygningstyper. I alt 51 projekter, hvoraf 9 er etageboliger (Es), 9 er kontorer (Ks), 4 er hospitaler (H), 8 er undervisnings- og børneinstitutioner (U), 11 er produktions- og logistikfaciliteter (P), 4 er butikker (B) og andet byggeri (As) – herunder laboratorier, sports- og svømmehaller.

Resultaterne af LCA'erne for brancheprojekterne fremgår som søjlerne i Figur 6 for den indlejrede klimapåvirkning² set over en 50-årig betragtningsperiode. I resultaterne fremgår en stor variation i bygningernes påvirkninger fra 4,3 til 15,2 kg CO₂-ækv/m²/år med en median på 7,96 kg CO₂-ækv/m²/år, hvilket er 8,25 pct. Højere end medianen for den indlejrede klimapåvirkning fra de 60 bygninger (se Bilag 1). Denne forøgelse sammenlignet med resultaterne fra 60 bygninger var forventelig, da disse bygninger repræsenterede det konventionelle danske byggeri, hvorimod brancheprojekterne repræsenterer byggeri med særlige forudsætninger, der har en klimamæssigt negativ påvirkning på bygningens klimapåvirkning.

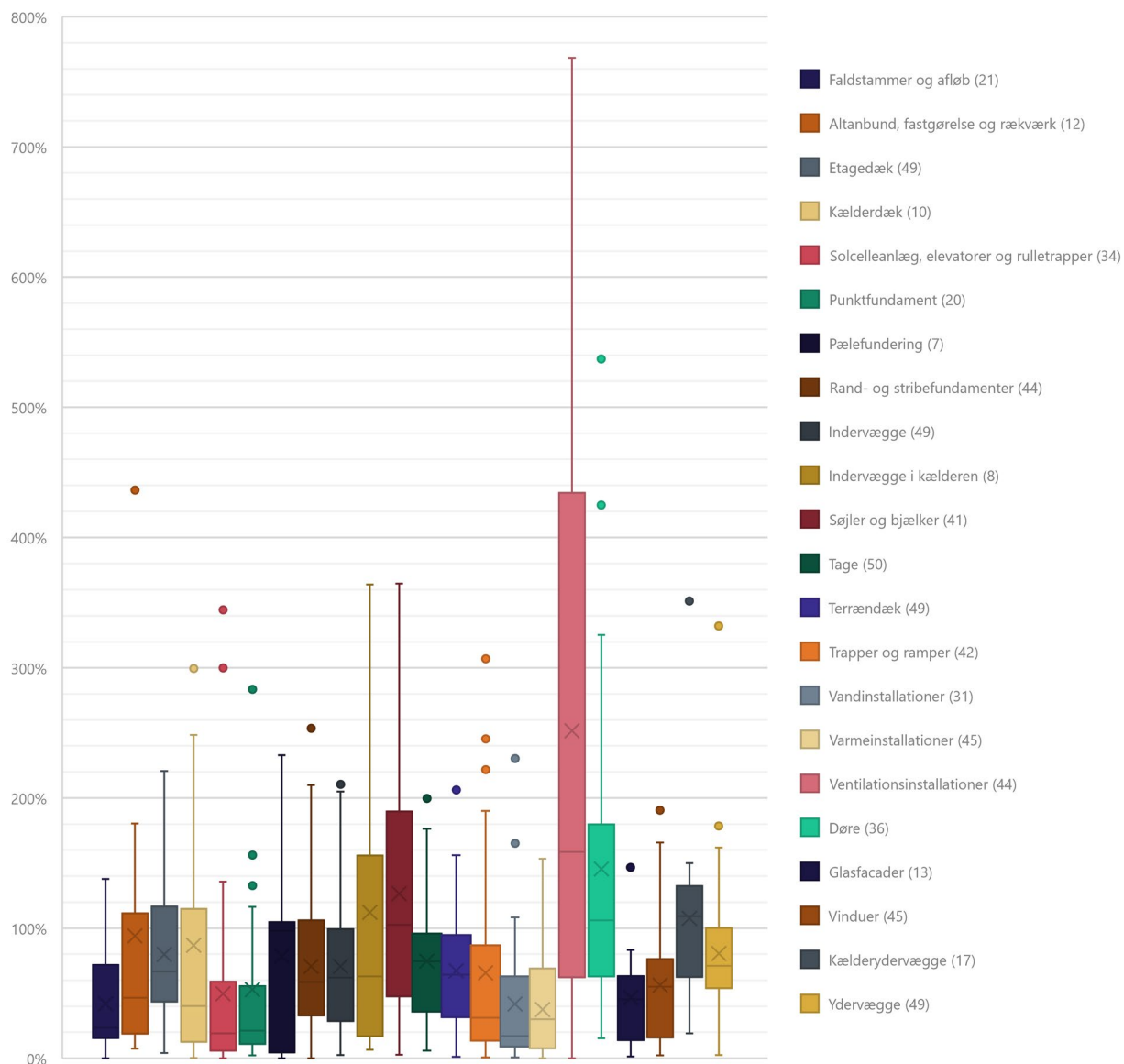
² Vær opmærksom på, at resultaterne kun er for den indlejrede klimapåvirkning fra bygningsdelene (A1-3, B4, C3-4). Klimapåvirkningen fra bygningsdriften er ikke medtaget, da analysen i denne rapport kun undersøger udledningen fra byggematerialerne.



Figur 6. Resultater for den indledende klimapåvirkning fra bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) for 51 brancheprojekter opgivet i kg CO₂-ækvivalenter per kvadratmeter etageareal per år (kg CO₂-ækv/m²/år) over en betragtningsperiode på 50 år.

I forbindelse med indsamlingen af brancheprojekterne, har BUILD været i tæt dialog med brancheprojekternes respektive rådgivere eller bygherrer omkring de enkelte bygningers udformning, og de designmæssige forudsætninger og udfordringer der er eller har været aktuelle. På baggrund af denne dialog, er der udarbejdet dybdegående analyser af klimapåvirkninger fra enkelte bygningskonstruktioner. For at kunne analysere bygningernes problematikker og udpege hvilke konstruktioners klimapåvirkning, der afviger fra det konventionelle byggeri, opstilles et diagram med resultaterne for bygningskonstruktionerne fra brancheprojekterne op imod en reference (100 pct.), svarende til den øvre kvartil fra datagrundlaget for 60 bygninger, for hver enkelt bygningskonstruktion. Det vil sige at forholdet mellem øvre kvartil (illustreret i Figur 4) fra datagrundlaget for de 60 bygninger, og resultatet for den pågældende konstruktion for hver af de 51 brancheprojekter udregnes, hvorefter der opstilles et boksplot, som vist i Figur 7.

Af Figur 7 ses at de konstruktioner, der er fremgår i mindre grad i 60 bygninger (fx søjler og bjælker, ventilationsinstallationer, døre samt kælderydervægge), typisk ligger væsentligt højere end den øvre kvartil i reelle bygningsmodeller fra branchen, da medianen ligger over 100 pct. for disse konstruktioner. Den markant højere udledning fra ventilationsinstallationer skyldes at brancheprojekterne generelt har en væsentligt højere detaljegrad af installationer i deres modeller. Resultatet for døre ses også, som væsentligt højere end resultaterne fra de 60 bygninger, hvilket skyldes at der i mange af projekterne i BUILD Rapport 2021:13 kun er modeleret udvendige døre, hvilket betyder at indvendige døre mangler. Den øvre kvartil for disse konstruktioner var derfor meget lav for de 60 bygninger (0,09 og 0,11 kg CO₂-ækv/m²/år for hhv. ventilationsinstallationer og døre), hvilket betyder at den store variation i diagrammet ikke betyder en store variation i bygningernes samlede klimapåvirkning. Den øvre kvartil for ventilationsinstallationer og døre i brancheprojekterne er 0,39 og 0,20 kg CO₂-ækv/m²/år.



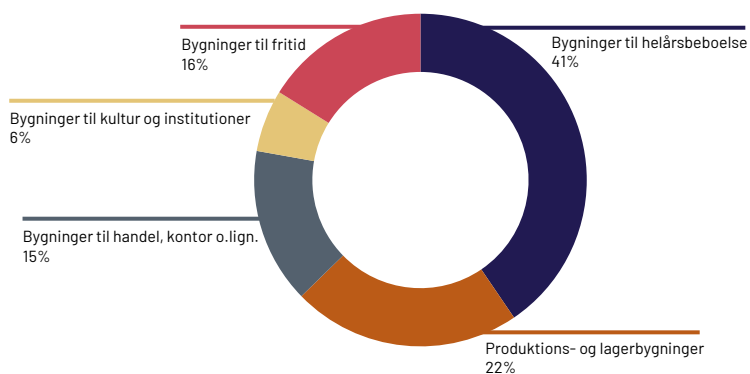
Figur 7. Fordelingen af resultaterne for 51 brancheprojekter i forhold til den øvre kvartil for de 60 bygninger fra Figur 4. Antallet af eksisterende bygningskonstruktioner, ud af de 51 indsamlede brancheprojekter, fremgår af parentes ved hver bygningskonstruktion³.

Diagrammet (Figur 7) indikerer, at problematiske emissioner fra brancheprojekterne typisk stammer fra dæk-, fundament- og vægkonstruktioner. Ved videre analyse af brancheprojekterne undersøges om netop disse konstruktioner i projekterne, hvor klimapåvirkningen fra de givne konstruktioner er højere end den øvre kvartil, kan klimamæssigt optimeres. Såfremt optimeringsmuligheder ikke er mulige, undersøges hvad grunden til det er, og hvordan det kan håndteres i praksis.

³ Vær opmærksom på, at brancheprojekterne alle er indsamlet ifm. projektet, dvs. at alle projekterne har forudsætninger, der har resulteret i en øget klimapåvirkning, eller er af en bygningstypologi, som er underrepræsenteret i undersøgelser vedrørende bygningers klimapåvirkning. Disse projekter afspejler således ikke det gængse byggeri i Danmark.

3 Definition af særlige bygningsforudsætninger

Bygningers klima- og miljøpåvirkninger samt ressourceforbrug bør altid være forsøgt optimeret, før en eventuel tilladelse til overskridelse af grænseværdien undersøges, og dermed bør overskridelse af grænseværdien aldrig være en selvfølge. Desuden bør kun bygninger, hvor der er et reelt behov for øget materialeforbrug være omfattet af reglen om særlige bygningsforudsætninger. Rådgivere og bygherrer bør uanset hvad, altid afsøge alle muligheder for at reducere byggeriets miljøpåvirkninger, da det er nødvendigt givet de vedtagne klimamål både nationalt og internationalt.



Figur 8. Fuldført byggeri i m² efter BBR-anvendelse i Danmark i perioden 2011-2021 fra Danmarks Statistik.

Af Figur 8 fremgår det, at 41 pct. af alle byggede kvadratmeter var bygninger til helårsbeboelse i perioden 2011-2021 (Danmarks Statistik 2022). Livscyklusvurderinger af bolig- og kontorbyggeri viser typisk, at disse typologier ikke er udfordrede, hvad angår overholdelse af grænseværdien (Regitze Kjær Zimmermann et al. 2020) (Tozan, Jørgensen, and Birgisdóttir 2021) (Ernst Andersen et al. 2021). Det forventes derfor som udgangspunkt ikke, at en eventuel tilladelse til overskridelse af grænseværdien vil gives ved disse typer af bygninger. Bygninger opført under særlige forudsætninger, kan resultere i en øget klimapåvirkning, og dette projekt har derfor fokuseret på undersøgelse af bygningsforudsætninger fremfor bygningstypologier.

Undersøgelserne i projektet har taget afsæt i et udtryk fra branchen om problematiske bygningsforudsætninger, der kan resultere i u hensigtsmæssigt høje klimapåvirkninger. Ud fra indsamlede bygningsprojekter, som branchen har antaget at indeholde særlige forudsætninger, og analyse af konstruktionsopbygningen for disse, er der identificeret og konkretiseret, hvad ikke-særlige og særlige bygningsforudsætninger er. På baggrund af dette er særlige bygningsforudsætninger i denne rapport defineret som



En bygningsforudsætning, der resulterer i, at én eller flere bygningskonstruktioner har en høj klimapåvirkning, der ikke er mulig at optimere yderligere uden at påvirke bygningsfunktionaliteten/-behovet.

Bygningsforudsætninger, der ikke kan beskrives ved denne definition, anses som havende optimeringspotentiale og dermed værende *ikke-særlige* forudsætninger. Dette afsnit vil forklare analysens resultater, og give anbefalinger til, hvilke forudsætninger der anses som *ikke-særlige* og *særlige bygningsforudsætninger*.

3.1 Ikke-særlige bygningsforudsætninger

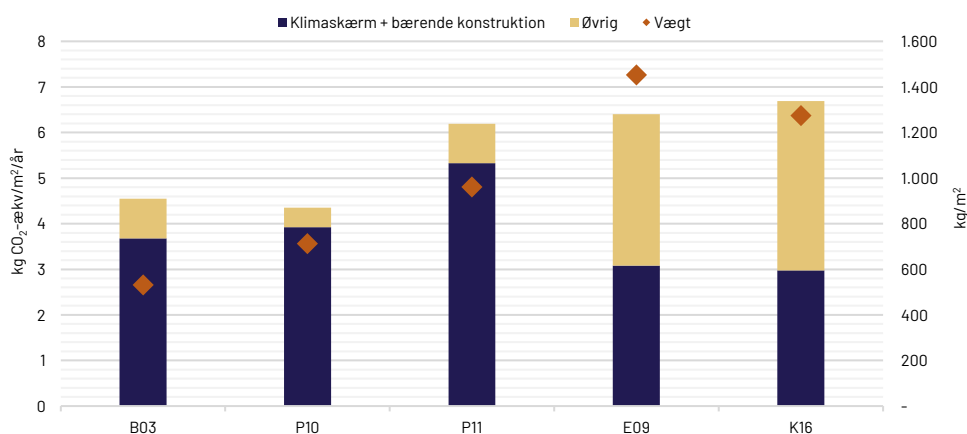
I følgende beskrives de identificerede ikke-særlige bygningsforudsætninger med afsæt i analyser af de indsamlede brancheprojekter.

3.1.1 Arkitektoniske valg

Bygningers samlede klimapåvirkning afhænger af en række parametre heriblandt de arkitektoniske valg som bidrager til bygningens udtryk fx facadebeklædning, udkragninger, altanløsninger og lignende. Arkitektoniske valg, som medfører en højere indlejret klimapåvirkning for byggeriet, er ikke vurderet som værende en særlig bygningsforudsætning. Stilles der arkitektoniske krav til et byggeri i fx lokalplan, der resulterer i en øgning af bygningens klimapåvirkning, bør bygherre eller rådgiver optimere andetsteds i bygningen, for at leve op til CO₂-grænseværdien eller stille krav til en mere miljøvenlig produktion af de involverede materialer.

3.1.2 Store rumvolumener

Analysen i projektet har vist, at bygninger med stort bygningsvolumen og optimerede ramme-konstruktioner uden væsentligt antal rumadskillelser, ikke er udfordret i at overholde grænseværdien. Disse bygninger vil typisk være typologier som fx lager- og sportshaller eller logistikcentre. Dette var en bekymring i branchen, da et stort bygningsvolumen resulterer i en stor klimaskærm ift. etageareal, som typisk består af de klimamæssigt tungeste konstruktioner, som afklaret i Afsnit 2.2. Typologierne resulterer også i store tomme indvendige rum uden etage- og rumadskillelser, hvilket betyder, at der til trods for det store areal klimaskærm, ikke er mange materialer per etageareal. Klimapåvirkningen fra materialerne i klimaskærmen og den bærende konstruktion vil typisk stå for størstedelen af bygningens samlede klimapåvirkning, og når disse fordeles ud på bygningsarealet, anses udledningen ikke som problematisk ved sammenligning med grænseværdien.



Figur 9. Klimapåvirkning fra bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) for byggerier med store rumvolumener (B03, P10 og P11) sammenlignet med to konventionelle bygninger (E09 og K16). Resultater er for betragtningsperiode på 50 år og normaliseret med etagearealet. Bygningscases E09 og K16 er fra BUILD Rapport 2021:13.

I Figur 9 ses den indlejrede klimapåvirkningen (A1-3, B4, C3-4) for en lagerhal og to logistikcentre, der indeholder store rumvolumener sammenlignet med konventionelt bolig- og kontorbyggeri. Heraf findes at klimaskærmen og den bærende konstruktion udgør mellem 81 og 90 pct. af bygningernes indlejrede klimapåvirkning for lagerhallen og logistikcentrene, hvorimod disse konstruktioner udgør omkring 46 pct. for de to repræsentative konventionelle bygninger (E09 og K16). Klimapåvirkningen fra klimaskærm og bygningens bærende system er højere for bygningerne med store rumvolumener, men grundet få øvrige konstruktioner er hele

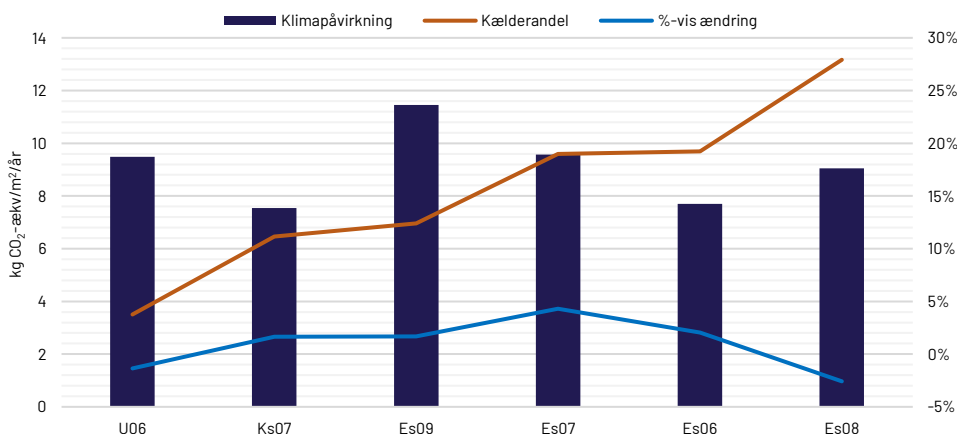
bygningens indlejrede klimapåvirkning samt vægt generelt set lavere end for det konventionelle byggeri.

Byggerier med et funktionelt behov for opførelse af store rumvolumener vurderes på baggrund af dette ikke som en særlig bygningsforudsætning.

3.1.3 Opførelse af kælder

I forbindelse med projektet er det undersøgt, om anlæg af kælder under byggerier kan give anledning til overskridelse af CO₂-kravet. Dette er gjort ved at bygningernes klimabelastning beregnes med og uden kælder for seks bygningscases. Denne analyse viser, at klimapåvirkningen for hele bygningen kan have mindre udsving ved medtagelse af en kælder afhængigt af den resterende bygnings udformning, konstruktion og placering.

I Figur 10 ses klimapåvirkningen fra kælderkonstruktionen for seks forskellige bygninger med et kælderareal varierende fra 11 til 28 pct. af bygningens samlede etageareal. Vær opmærksom på, at alle konstruktioner under terræn er medtaget i analysen, hvor kælderen er placeret. Dette betyder at den procentvise forøgelse i klimapåvirkning ved medtagelse af kælderen, i de fleste tilfælde, reelt vil være mindre, da bygningen har behov for en anden form for fundering, hvis kælderen fjernes.



Figur 10. Seks bygningscases (U06, Ks07, Es09, Es07, Es06 og Es08) og deres respektive klimapåvirkning (kg CO₂-ækv/m²/år) fra bygningernes kælderkonstruktion fremgår af de blå søjler. Den procentvise ændring i hele bygningens klimapåvirkning set ift. opførelse af de samme bygninger uden kælder, er demonstreret med den blå kurve. Den orange kurve angiver kælderandelen (%) ift. bygningernes samlede etageareal.

Opførelsen af kælder i terræn vurderes på baggrund af de seks bygninger at have en repræsentativ klimapåvirkning på omkring 9,3 kg CO₂-ækv/m²kælder/år. Dette betyder, at de fleste bygninger vil opnå en stigning i klimapåvirkningen for deres byggeri ved tilføjelse af en kælder, da den repræsentative klimapåvirkning for et alment konventionelt byggeri (median for den indlejrede påvirkning fra 60 bygninger) ligger på omkring 7,4 kg CO₂-ækv/m²/år (se Bilag 1).

Af den blå kurve i Figur 10 ses dog at opførelse af en kælder både kan øge og mindske bygningens samlede klimapåvirkning fordelt på det samlede antal etagekvadratmeter. Det bemærkes hertil, at medtagelsen af kælderen ikke umiddelbart forårsager markante ændringer (omkring 1 pct. jf. middelværdien for de seks observationer) af den samlede klimapåvirkning. Opføres et byggeri med kælder, hvor der ikke er foretaget klimamæssige optimeringer af byggeriet, vil medtagelsen af kælderen kunne mindske bygningens samlede klimapåvirkning grundet medregning af arealet af kælderen, og et evt. minimalt forbrug af indvendige konstruktioner i fx en parkeringskælder. Derudover kan opførelsen af kælder under byggeriet reducere behovet for fundering, og dermed mindske yderligere materialeforbrug fordelt på etagekvadratmeterne. Opføres derimod et byggeri, hvor klimapåvirkningen fra bygningen over terræn er minimeret, vil kælderen typisk øge den samlede klimapåvirkning ved fordeling af

klimapåvirkningen ud på hele bygningens areal, da kælderens er nødsaget til at blive opført af tunge materialer uden et stort optimeringspotentiale.

Markante stigninger i klimapåvirkningen for byggeriet ved tilføjelse af kælder skyldes ikke selve kælderen, da hele kælderarealet anvendes til udregningen af bygningens samlede klimapåvirkning jf. arealdefinitionen i bygningsreglementet § 297 stk. 3. Med udgangspunkt i resultaterne ovenfor, vurderes det ikke at være en særlig bygningsforudsætning at opføre en kælder, selvom optimeringspotentialet for konstruktionerne i terræn er minimalt. Kælderen kan have betydning for byggeriets klimapåvirkning afhængigt af klimapåvirkningen fra byggeriet over terræn. Markante stigninger, der kan resultere i problemer ifm. CO₂-kravet, skyldes typisk andre forudsætninger, som jordbundsforhold eller højt grundvandsspejl. Dette er afgørende for dimensionerne af bundplade, kælderydervægge og fundering, kan medføre et øget materialeforbrug fra kælderen. Det anbefales derfor, at byggerier nødsaget til at opføre en kælder har større fokus på nedbringning af klimapåvirkningen for det resterende byggeri over terræn.

3.1.4 Mange rum- og brandadskillelser

Det er undersøgt hvorvidt bygninger med mange rum- og brandadskillelser fx kollegier og hoteller, vil have problemer med overholdelse af grænseværdien, med en formodning om mange materialer på få kvadratmeter. Denne undersøgelse viser, at mange rum- og brandadskillelser på få kvadratmeter resulterer i et højere materialeforbrug og dermed en øget klimapåvirkning. Med det høje materialeforbrug øges muligheden for optimering af klimapåvirkningen for materialerne, og en eventuel overskridelse af grænseværdien kan skyldes mangel på klimamæssig optimering af byggeriet. Det vurderes derfor, at byggeri med behov for mange rum- og brandadskillelser, ikke er en særlig bygningsforudsætning, da der stadig er et stort optimeringspotentiale for materialeforbruget. Dette er dog et område, som der mulighed for at dykke yderligere ned i i forbindelse med udarbejdelsen af grænseværdier fra 2025 og derefter.

3.2 Særlige bygningsforudsætninger

Følgende afsnit beskriver eksempler på særlige bygningsforudsætninger, hvor der kan opstå et behov for tilladelse af CO₂-grænseværdien.

3.2.1 Bygninger med hospitals- og laboratorieudstyr

Funktionaliteten af hospitals- og laboratorieudstyr sætter krav til bygningskonstruktionerne. Disse krav kan fx skyldes vibrationsfølsomt udstyr, røntgen- og partikelstråling ifm. strålekanoner m.m. Kravene resulterer ofte i behov for dobbeltkonstruktioner i fx vægge og massive bundplader, hvilket kan medføre en forøgelse i klimapåvirkningen. Både vibrationsdæmpning og afskærmning fra stråling er dokumenterbare behov i bygningen for at bygningen kan opfylde de behov/funktioner, der er nødvendige. Det vurderes dermed, at hospitals- og laboratorieudstyr kan anses som en særlig forudsætning, der medfører yderligere materialeforbrug for de berørte konstruktioner i byggeriet.

3.2.2 Bygninger med høj nyttelast på dæk

I bygninger med tung transport, tungt udstyr, såsom procesudstyr, eller lignende indenfor bygningens klimaskærm, kan forekomme en høj nyttelast på dækket. Den høje nyttelast skyldes selve bygningens funktionalitet og kan medføre en højere klimapåvirkning grundet begrænsning af mulige materialevalg. Optimeringspotentialet for dækkonstruktionen mindskes således, for at kunne modstå den høje nyttelast som funktion af bygningens behov. Der kan altså forekomme situationer, hvor høj nyttelast på dækkonstruktionen anses som en særlig forudsætning. Den høje nyttelast anses kun som en særlig forudsætning i tilfælde af, at bygningens funktion ikke kan opretholdes uden øget trykstyrke for dækket, hvilket kan resultere i en øget klimapåvirkning.

3.2.3 Bygninger projekteret i konsekvensklasse CC3+

For bygninger, hvor konsekvenserne af et eventuelt svigt i de bærende konstruktioner er særligt alvorlige med hensyn til tab af menneskeliv eller hvor de økonomiske, sociale eller miljømæssige konsekvenser er særligt store, skal bygningen projekteres efter konsekvensklasse

CC3+ jf. DS/EN 1990. Dette gælder bl.a. bolig-, kontor- og undervisningsbyggeri med mere end 15 etager over terræn, hospitaler med mere end 5 etager over terræn samt byggeri med store spændvidder, der benyttes af mange personer som fx til koncerter, teater, udstillinger og sport. Materialeængden i byggeriet er ikke direkte afhængig af konsekvensklassen, men større nedbøjninger, revner og dynamik for de bærende konstruktioner (søjler, bjælker, vægge og dæk), vil kunne ændre dimensionerne. For de specifikke konstruktioner, hvor konsekvenser i svigt af de bærende konstruktioner er særligt alvorlige (CC3+), og dette medfører en forøgelse af materialeængden, kan klimapåvirkningen ligeledes øges.

Som defineret øverst i afsnittet er en bygningsforudsætning kun anset som særlig, hvis denne betyder at bygningskonstruktionen har en høj klimapåvirkning, som ikke kan optimeres yderligere. Ved bygninger projekteret efter særligt store konsekvenser, kan der i visse tilfælde diskuteres, om dette skyldes bygningsudformningen som et aktivt designvalg eller bygningsbehovet. Har bygningen behov for at blive projekteret med fx store spænd for at kunne opfylde bygningstypens funktionalitet, kan byggeriets udformning være fastlåst af behovet. Projekteres en bygning med store spænd som følge af arkitektoniske valg, kan bygningsudformningen til gengæld kunne optimeres, uden at ændre bygningsfunktionaliteten, hvorfor bygningsforudsætningen om høj konsekvensklasse ikke anses som en særlig forudsætning.

Ved dokumentation af en forøget brudlast som følge af projektering efter CC3+, der resulterer i at lasten for den specifikke konstruktion er dimensionsgivende i brudgrænsetilstanden, kan dette anses som en særlig forudsætning for de berørte konstruktioner, hvis konsekvensklassen er en særlig bygningsforudsætning jf. definition i denne rapport.

3.2.4 Jordbundsforhold

Jordbundsforholdene på den grund byggeriet skal opføres på, kan have stor betydning for mængden af materialer under terræn. Opføres et byggeri i jord med fx tertiære, plastiske lerarter nær jordoverfladen eller på skråninger, kan dette sætte større krav til funderingen af byggeriet og dermed resultere i en højere klimapåvirkning, grundet et højere materialeforbrug under terræn. Opføres et byggeri på en grund med et højt grundvandsspejl, kan dette ligeledes øge materialeforbruget under terræn, da konstruktionerne skal håndtere yderligere kræfter i jorden. Om jordbundsforholdene kan anses som en særlig bygningsforudsætning afhænger af bygningens behov. Dette betyder, at jordbundsforholdene ikke anses som en særlig forudsætning, hvis der ikke kan dokumenteres et funktionelt behov for, at bygningen skal opføres på den givne grund. Opføres et byggeri på en byggegrund med udfordrende jordbundsforhold, bør selve byggeriet over terræn optimeres for at afdække den eventuelle øgede udledning fra funderingen ifm. overholdelse af grænseværdien. Ligeledes vil et øget materialeforbrug i forbindelse med opførelse af en kælder, som følge af et højt grundvandsspejl, ikke være en særlig forudsætning medmindre det kan dokumenteres, at kælderen udfylder et funktionelt behov, hvorved at bygningen ellers ikke ville kunne fungere som beskrevet i Afsnit 3.1.3.

3.2.5 Bygninger med høje renhedskrav

Ved opførelse af byggeri med høje renhedskrav som fx hospitaler, laboratorier og produktionsfaciliteter stilles krav til byggematerialernes egnethed til de aktiviteter, der skal foregå i de enkelte rum. Ved høje renhedskrav skal der anvendes materialer, som er nemme at holde rene og som kan klare kraftige rengøringsmidler. Dette vil typisk resultere i beklædning af væg- og loftkonstruktionerne med fx metaller og gulve belagt med epoxy, hvilket har en høj klimapåvirkning sammenlignet med klassiske beklædninger i bolig- og kontorbyggeri. Materialerne er nødvendige for driften af rummene, og at de ikke for ofte må nedlukkes pga. vedligehold, og renhedskravene vil derfor være en særlig bygningsforudsætning, da klimapåvirkningen fra disse ikke kan optimeres uden at berøre bygningens funktionalitet.

3.2.6 Bygninger med sikringskrav

Bygninger med specielle sikringskrav som fx museer og fængsler, kan have en højere klimapåvirkning for nogle konstruktioner end konventionelt byggeri ifm. overholdelse af CO₂-kravet. Overholdelse af sikringskravene er en nødvendighed for opretholdelse af disse bygningstypers funktionalitet og behov, og sikringskrav til bygninger anses på baggrund af dette som en særlig bygningsforudsætning.

4 Udformning af beregningsmodel

Efter identificering af særlige bygningsforudsætninger, undersøges hvordan et øget materialeforbrug, som følge af én eller flere af disse særlige forudsætninger, kan imødegås ved hjælp af en beregningsmodel. Følgende afsnit definerer beregningsmodellen, beskriver analysen til bestemmelse af referenceværdier for konstruktioner til brug i beregningen, oplister forslag til de endelige referenceværdier og giver eksempler på udregning af tilladt overskridelse.

4.1 Definition af model

For at omfavne og vurdere flere muligheder og begrænsninger, har projektet undersøgt forskellige metoder til beregning af en tilladt overskridelse. I forløbet har der været særligt henblik på, at metoden skal skabe incitament for optimeringer, hvor det er muligt, og ikke give anledning til unødvendige tilladte overskridelser af grænseværdien. De særlige forudsætninger, som er defineret i Afsnit 3, betragtes i beregningsmodellen isoleret fra resten af bygningen. Dette gøres ved at beregne den tilladte overskridelse på baggrund af den givne konstruktion, der medfører et øget materialeforbrug, som følge af den særlige forudsætning. Der udregnes kun overskridelse af grænseværdien for de specifikke mængder af konstruktioner, der er omfattet af de særlige forudsætninger, som medfører overskridelse. Dette kunne fx være massive dækkonstruktioner i en andel af bygningen eller indervægge med dobbeltkonstruktioner i rum med strålekanon.

Den endelige beregningsmodel er defineret ved:



Har en bygningskonstruktion en høj klimabelastning grundet særlige bygningsforudsætninger, beregnes den tilladte overskridelse på baggrund af konstruktionens størrelse og en generisk referenceværdi for en enhed af den givne konstruktion.

Den tilladte overskridelse vil således afhænge af en referenceværdi baseret på et datagrundlag, der kan udvides over tid, hvilket giver anledning til præcisering af referenceværdierne. Derudover, er beregningsmodellen nem at gå til, da rådgivere skal finde differencen mellem to kendte værdier – altså klimapåvirkningen fra den aktuelle konstruktion og den tilsvarende referenceværdi. For at kunne beregne den tilladte overskridelse på baggrund af den specifikke konstruktions størrelse, skal referenceværdien for konstruktionens klimapåvirkning opgives i en tilsvarende enhed. Dette betyder at referencen opgives per kvadratmeter eller meter konstruktion fremfor per etageareal som ellers er enheden for grænseværdien. Den præcise udregning af den tilladte overskridelse findes i Afsnit 4.4 efter fastlæggelse af referenceværdier.

4.2 Analyse af referenceværdi for konstruktioner

Følgende afsnit beskriver den analytiske tilgang til bestemmelse af referenceværdier for bygningskonstruktionerne, der skal anvendes til udregning af tilladt overskridelse af grænseværdien. Referenceværdierne er alle fastsat som konservative værdier for hver konstruktionstype for at undgå unødigt høje tilladte overskridelser. For at sikre konservative værdier er referenceværdierne, som er beregnet på baggrund af 60 bygninger (BUILD Rapport 2021:13 Scenarie 2), justeret, hvor dette er fundet nødvendigt.

4.2.1 Udgangspunkt fra 60 bygninger

For at fastlægge en referenceværdi for specifikke konstruktioner baseret på konstruktionsmængden tages udgangspunkt i de 60 bygninger. Ud fra de 60 bygninger, udregnes medianværdien og den øvre kvartil i enheden kg CO₂-ækv/m² konstruktion/år med en betragtningsperiode på 50 år. I Tabel 3 ses resultaterne beregnet ud fra de 60 bygninger. Værdier markeret med fed er udgangspunktet for forslag til referenceværdi, som skal defineres.

Tabel 3. Resultater for medianværdien og den øvre kvartil for datagrundlaget fra de 60 bygninger beregnet per kvadratmeter konstruktion over en betragtningsperiode på 50 år.

Konstruktion	Enhed	Median	Øvre kvartil
Etage- og kælderdek	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	1,30	2,44
Gulv	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	0,54	1,02
Loft	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	0,45	0,85
Indervægge	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	0,68	1,16
Tage	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	2,14	3,93
Terrændæk/pladefundamenter	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	2,27	3,31
Ydervægge og kælderydervægge	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	2,52	4,19

Flere konstruktioner som søjler, bjælker og fundamenter opgives normalt ikke i kvadratmeter i bygningsmodellen i livscyklusvurderinger, og referencer for disse konstruktioner må derfor beregnes med en anden enhed end de givne konstruktioner i Tabel 3. Søjler og bjælker opgives typisk i meter, hvorfor denne enhed er valgt til beregning af medianværdien og den øvre kvartil for disse konstruktioner. Fundering afhænger af bygningens størrelse og udregnes derfor per etageareal. Referenceværdier for hhv. bjælker og søjler samt fundamenter beregnet på baggrund af 60 bygninger fremgår af Tabel 4, hvor udgangspunktet for en mulig referenceværdi er markeret med fed.

Tabel 4. Resultater for medianværdien og den øvre kvartil for datagrundlaget fra 60 bygninger beregnet per meter søjle og bjælke eller etageareal med en betragtningsperiode på 50 år.

Konstruktion	Enhed	Median	Øvre kvartil
Søjler og bjælker	kg CO ₂ -ækv/m søjle/bjælke/år	0,35	0,85
Fundamenter (ekskl. pladefundamenter/bundplader) ⁴	kg CO ₂ -ækv/m ² etageareal/år	0,47	0,78

For at sikre at referenceværdierne er retvisende for den nuværende byggeskik, er der foretaget en undersøgelse af hver enkelt konstruktionstype i henholdsvis Tabel 3 og Tabel 4, ved at sammenligne værdierne med generiske data fra det generiske konstruktionsbibliotek i LCAByg 5 (Kanafani et al. 2022), EPD Danmark og brancheprojekterne nævnt i Afsnit 2.3. På baggrund af disse undersøgelser, er der foretaget mindre justeringer af referenceværdierne for nogle af konstruktionerne i forhold til medianværdien fra 60 bygninger i de tilfælde (Figur 4), hvor større

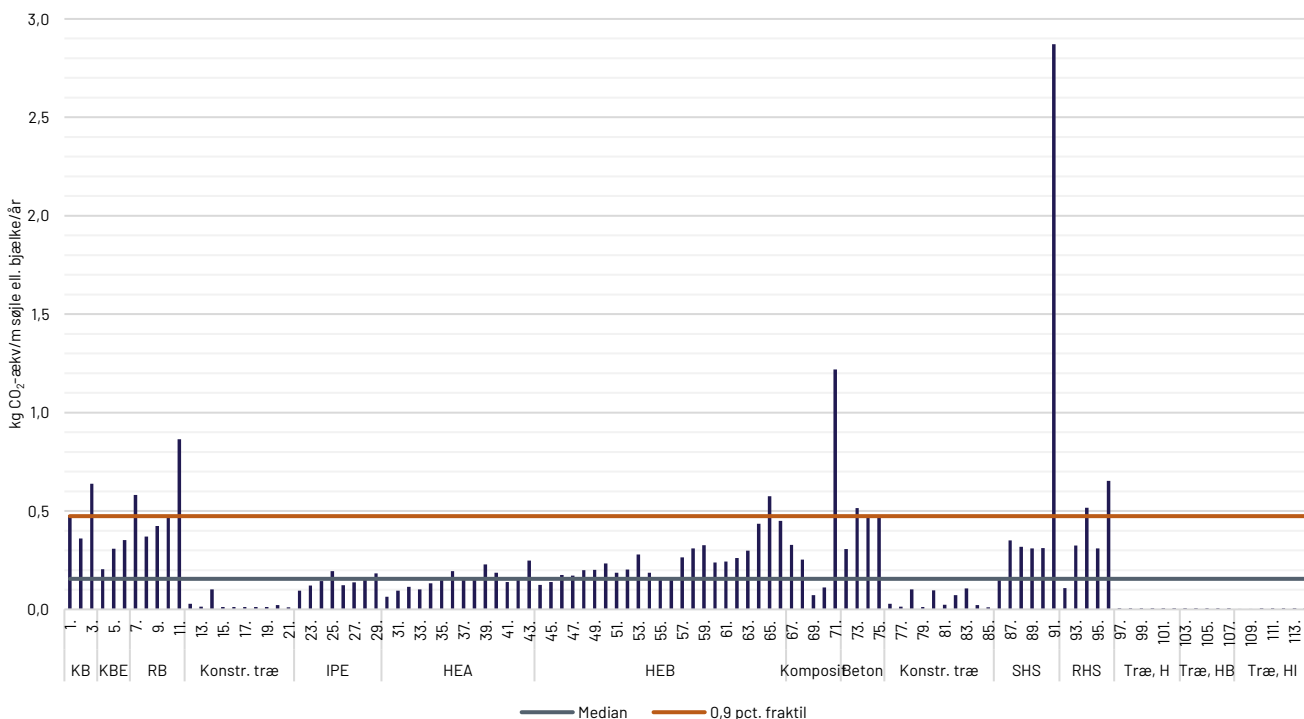
⁴ Vær opmærksom på, at pladefundamenter antages at have en referenceværdi tilsvarende terrændæk, hvilket betyder at eventuelle pladefundamenter/bundplader ikke er medtaget i referencen for fundamenter. Pladefundamenter og resterende fundamenter, som punkt-, rand-, linje- og pælefundamenter, behandles i beregningsmodellen som to forskellige konstruktionsgrupper.

variationer mellem medianværdien og denne undersøgelse er fundet. Resultaterne for konstruktionerne kan ses i Bilag 2.

For de konstruktioner, hvor enheden for referenceværdien ikke opgives per kvadratmeter konstruktion (opgivet i Tabel 4), er der udført særskilte analyser som beskrives i de kommende to afsnit.

4.2.2 Søjler og bjælker

Som nævnt i Afsnit 2.3 er søjler og bjælker underrepræsenterede i de 60 bygninger, hvorfor medianværdien formodes at afvige grundet det smalle datagrundlag. Som følge af vurderingerne i Afsnit 3, vil en eventuel tilladt overskridelse af grænseværdien for søjler og bjælker, kun gøre sig gældende i tilfælde af, at bygningens særlige forudsætninger resulterer i en dimensionsforøgelse for konstruktionerne. For at imødekomme dette, er der udført en variantanalyse for de generiske søjle- og bjælkekonstruktioner fra generiske konstruktionsbibliotek i LCAByg 5. I Figur 11 ses således variationen i klimapåvirkning per meter søjle og bjælke som følge af øgning i dimension.



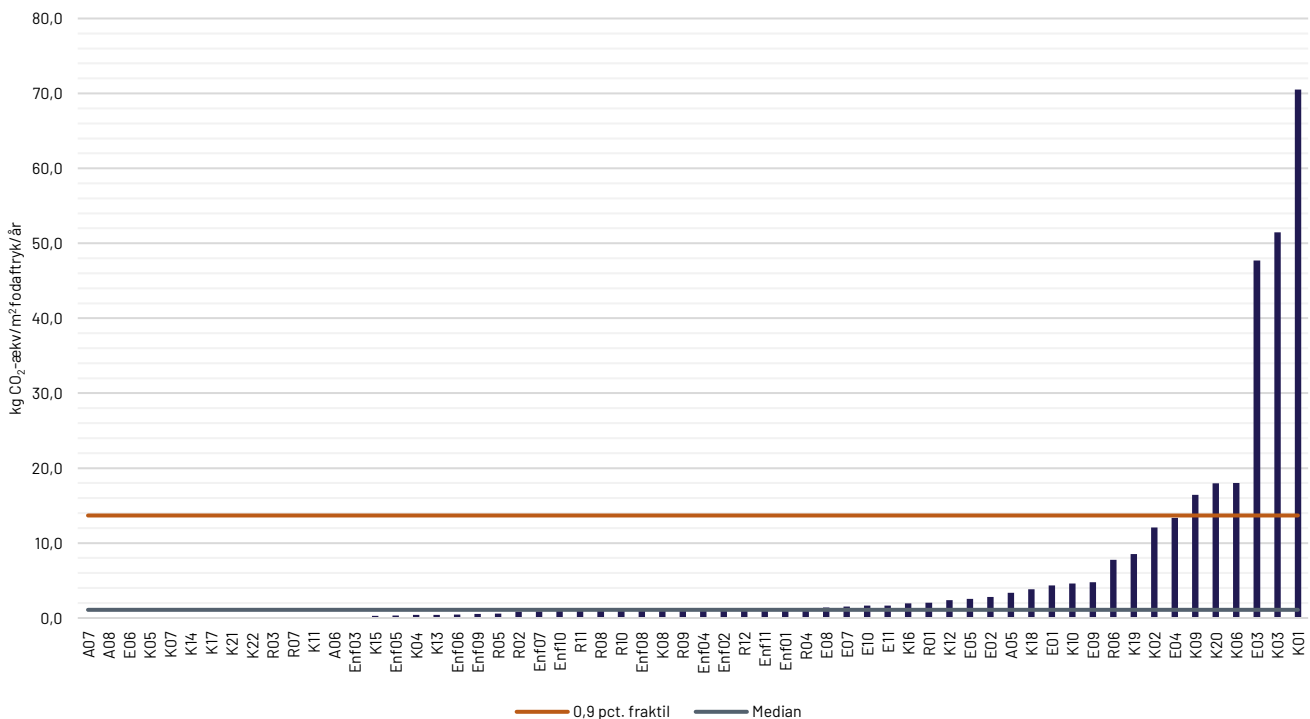
Figur 11. Ændring i klimapåvirkning ved øgning af dimensionen for søjle/bjælkesystemerne i det generiske konstruktionsbibliotek i LCAByg 5 inkl. medianen og referenceværdien (0,90-fraktilen). Til analysen benyttes 114 forskellige generiske dimensioner af søjler/bjælke som fremgår af Bilag 2.8.

Det ses heraf at medianen ved øgning af dimensionen for en søjle eller bjælke er 0,16 kg CO₂-ækv/m/år. Denne værdi er i høj grad præget af søjle- og bjælkesystemer, der ikke anvendes i særlig høj grad i branchen. Desuden forventes at det nutidige byggeri, som kan få behov for at overskride grænseværdien grundet klimapåvirkningen fra søjle/bjælkesystemet, typisk vil anvende tunge beton- og/eller stålkonstruktioner. Det vurderes derfor at en retvisende referenceværdi vil være mere svarende til 90 pct. fraktilen. Referenceværdien for variationen af søjler og bjælker, til anvendelse af beregning af en eventuel tilladt overskridelse af grænseværdien, vil således være 0,47 kg CO₂-ækv/m/år. Da denne værdi er baseret på varierende tværsnitsdimensioner for søjler og bjælker, udregnes den tilladte overskridelse som referenceværdien ganget med mængden i meter af de søjler og bjælker, der skal dimensioneres en størrelse større, som følge af særlige bygningsforudsætninger, og dermed ikke som forskellen mellem referenceværdien og konstruktionens aktuelle klimapåvirkning.

Ved fastholdelse af den samme beregningsmetode for søjler og bjælker som de resterende konstruktioner, kan en mulig referenceværdi baseres på et bjælkesystem, der ofte anvendes i den danske byggebranche. Her kan fx tages udgangspunkt i en kompositbjælke med en vægt på 75 kg per meter bjælke, der har en klimapåvirkning på 3,92 kg CO₂-ækv/m/år (EPD Hub 2022) over en betragtningsperiode på 50 år.

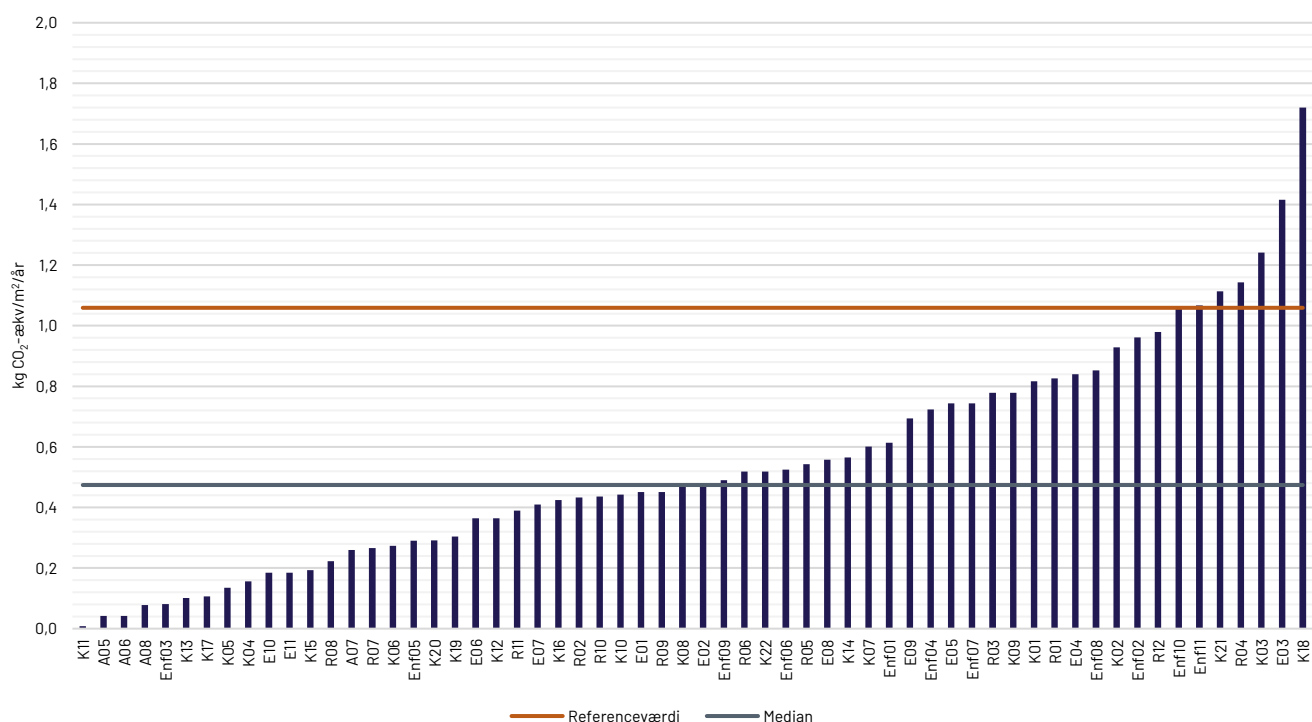
4.2.3 Fundamenter

Referencen for fundamentet anbefales at blive beregnet på baggrund af bygningens etageareal, da variationer i antallet af etager skaber store udsving i påvirkningen fra fundamentet, når referenceværdien udelukkende beregnes på baggrund af bygningens "fodaftryk" på jorden. I Figur 11 ses variationen ved beregning af klimapåvirkningen fra fundamenter baseret på bygningens fodaftryk. Bygningerne varierer fra 0,04 til 70,54 kg CO₂-ækv/m² fodaftryk/år med median på 1,09 kg CO₂-ækv/m² fodaftryk/år.



Figur 12. Klimapåvirkninger opgjort i kg CO₂-ækvivalenter fra de 60 bygningers fundamenter set over en 50-årig betragtningsperiode beregnet per bygningernes fodaftryk inkl. medianen og referenceværdien (0,90-fraktile).

Grænseværdien på 12 kg CO₂-ækv/m²/år for hele bygningen svarer til 0,90-fraktile for bygningerne i *Klimapåvirkning fra 60 bygninger* (BUILD Rapport 2021:13), hvilket betyder, at 90 pct. af bygningerne ligger under grænseværdien. Ved opsætning af en reference for fundamenter anbefales at anvende samme fraktile for det samme datasæt, hvilket fremgår af Figur 13. Referenceværdien til anvendelse af beregning af en eventuel tilladt overskridelse af grænseværdien for fundamenter vil være 1,06 kg CO₂-ækv/m²/år.



Figur 13. Klimapåvirkninger fra de 60 bygningers fundamenter set over en 50-årig betragtningsperiode inkl. medianværdien og referenceværdien (0,90-fraktilen) opgjort i kg CO₂-ækv/m² etageareal/år.

4.3 Endelige referenceværdier

Følgende afsnit oplister de endelige forslag til referenceværdier for bygningskonstruktionerne, der skal anvendes til beregning af en eventuelt tilladt overskridelse af grænseværdien, som følge af særlige bygningsforudsætninger, udregning af denne samt eksempler på beregning.

De endelige referenceværdier for bygningskonstruktionerne fremgår af Tabel 4. Disse er defineret på baggrund af analyser og vurderinger beskrevet i Afsnit 4.2.

Tabel 5. Forslag til de endelige referenceværdier for hver bygningskonstruktion opgivet i kg CO₂-ækv per konstruktionsenhed over en betragtningsperiode på 50 år.

Konstruktion	Enhed	Reference
Etage- og kælderdek	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	1,30
Gulv	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	0,65
Loft	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	0,45
Indervægge	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	1,03
Tage	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	3,00
Terrændæk/pladefundamenter	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	2,27
Ydervægge og kælderydervægge	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	2,85
Søjler og bjælker	kg CO ₂ -ækv/m konstruktion/år	0,47
Fundamenter	kg CO ₂ -ækv/m ² etageareal/år	1,06

Vær opmærksom på, at referencen for søjler og bjælker er baseret på variationen i dimension, og analysegrundlaget varierer således fra de resterende referenceværdier.

4.4 Udregning af tilladt overskridelse

Den tilladte overskridelse beregnes med den samme enhed som grænseværdien, kg CO₂-ækv/m²/år, og udregningen afhænger derfor af bygningens samlede areal jf. arealdefinitionen. For udregning af en eventuelt tilladt overskridelse af grænseværdien for den aktuelle konstruktion benyttes Formel 4.1.

$$\frac{x/50 \text{ år} - r \cdot m}{e} > 0 \quad (4.1)$$

hvor x er klimapåvirkningen fra den aktuelle konstruktion opgivet i kg CO₂-ækvivalenter, r er referenceværdien for den givne konstruktion, m er mængden af den givne konstruktion og e er etagearealet. Et eventuelt resultat af Formel 4.1 som er mindre end nul, antyder at den pågældende bygningskonstruktion, ikke resulterer i klimapåvirkninger, som er væsentlige nok til, at der kan tillades en overskridelse af grænseværdien. Dermed skal værdier udregnet med Formel 4.1 være større end nul.

For søjler og bjælker, der projekteres en dimension større som følge af særlige bygningsforudsætninger, beregnes en eventuelt tilladt overskridelse af grænseværdien som i Formel 4.2.

$$\frac{r \cdot m}{e} \quad (4.2)$$

hvor r er referenceværdien, m er længden af søjlen/bjælken og e er etagearealet.

For at sikre grundlaget for optimering af klimapåvirkning for byggeriet anbefales, at der fastsættes en maksimumsværdi for tilladt overskridelse på 2 kg CO₂-ækv/m²/år per bygningsdel (gulve, lofter, dæk, indervægge mm.) med særlige bygningsforudsætninger. En bygningens samlede tilladte overskridelse kan godt være højere end 2 kg CO₂-ækv/m²/år i tilfælde af, at bygningens særlige forudsætninger resulterer i et yderligere materialeforbrug for flere forskellige bygningsdele. Værdien på 2 kg CO₂-ækv/m²/år er fastlagt på baggrund af projektets analysearbejde med udfordrede brancheprojekter, hvor alle projekter vurderes til at kunne overholde grænseværdien på 12 kg CO₂-ækv/m²/år ved anvendelse af disse beregningsforudsætninger samt yderligere klimamæssig optimering af den resterende bygningsmasse.

4.4.1 Eksempel på udregning af overskridelse

Nedenstående afsnit giver tre generiske beregningseksempler for udregning af tilladt overskridelse ved brug af Formel 4.1 og 4.2. Derudover gives yderligere to eksempler fra konkrete bygninger fra de indsamlede brancheprojekter.

1. Generiske eksempler for udregning på dæk, fundamenter og bjælker

Som et eksempel vil en hospitalsbygning med et etageareal på 3.000 m² kunne beregne en tilladt overskridelse for de massive indervægge og dækkonstruktioner, der omringer hospitalets strålekanon. Hospitalet har fx 300 m² massive dæk med en klimapåvirkning på 63.400 kg CO₂-ækvivalent. Den tilladte overskridelse beregnes således jf. Formel 4.3.

$$\frac{63.400 \text{ kg CO}_2\text{-ækv}/50 \text{ år} - 1,30 \text{ kg CO}_2\text{-ækv}/\text{m}^2 \text{ dæk}/\text{år} \cdot 300 \text{ m}^2 \text{ dæk}}{3.000 \text{ m}^2} \quad (4.3)$$

Dette giver en tilladt overskridelse på 0,29 kg CO₂-ækv/m²/år, hvilket betyder at bygningen kan udlede 12,29 kg CO₂-ækv/m²/år og stadig være i overensstemmelse med bygningsreglementet.

En laboratoriebygning på 1.200 m² udføres med specifikke krav til udførelsen af bygningskonstruktionen, fx at vibrationsfrit fundament under testhallen for at sikre nøjagtigheden af forsøgsresultaterne. For at sikre testområderne mod vibrationer funderes testhallen på massive søjlefundamenter ned til kalken. Denne ekstra fundering øger bygningens klimapåvirkning fra

fundamentet med 38.500 kg CO₂-ækvivalent, hvilket giver en samlet klimapåvirkning fra bygningens fundament på 88.000 kg CO₂-ækvivalent, der primært består af linjefundamenter. Den tilladte overskridelse for fundamentet beregnes således jf. Formel 4.4.

$$\frac{88.000 \text{ kg CO}_2\text{-ækv}/50 \text{ år} - 1,06 \text{ kg CO}_2\text{-ækv}/\text{m}^2/\text{år} \cdot 1.200 \text{ m}^2}{1.200 \text{ m}^2} \quad (4.4)$$

Dette giver en tilladt overskridelse på 0,41 kg CO₂-ækv/m²/år, hvilket betyder at bygningen kan udlede 12,41 kg CO₂-ækv/m²/år og stadig være i overensstemmelse med bygningsreglementet.

I en teaterbygning med et etageareal på 1.500 m² er dimensionen for de bærende bjælker, der spænder over bygningens største sal, projekteret en dimension større som følge af konsekvensklasse CC3+. Bjælkerne, der spænder over salen, har en samlet længde på 108 meter. Formel 4.5 viser beregningen af den tilladte overskridelse for de givne bjælker.

$$\frac{0,47 \text{ kg CO}_2\text{-ækv}/\text{m bjælke}/\text{år} \cdot 108 \text{ m bjælke}}{1.500 \text{ m}^2} \quad (4.5)$$

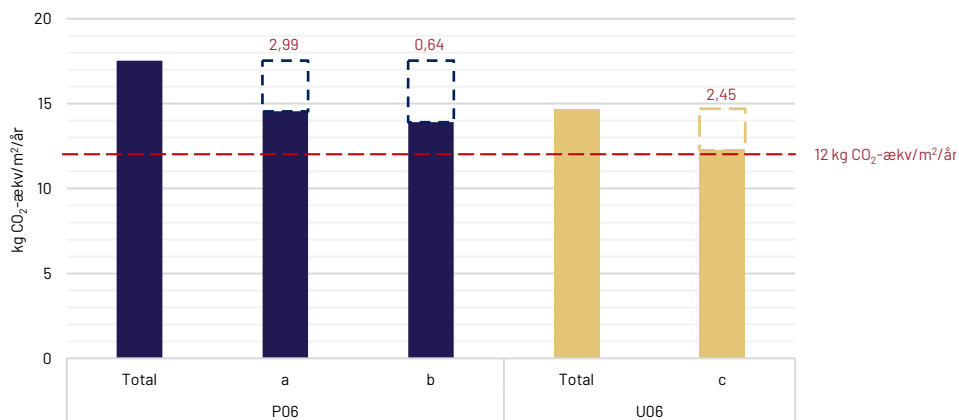
Dette giver en tilladt overskridelse på 0,03 kg CO₂-ækv/m²/år, hvilket betyder at bygningen kan udlede 12,03 kg CO₂-ækv/m²/år og stadig være i overensstemmelse med bygningsreglementet.

2. Eksempler fra brancheprojekterne

Ved analyse af brancheprojekterne er seks ud af de 51 indsamlede bygningsprojekter vurderet at have særlige bygningsforudsætninger jf. definitionen i Afsnit 3.2, som har resulteret i en forhøjet klimapåvirkning. I dette afsnit vises eksempler på udregning af tilladt overskridelse af grænseværdien for to af projekterne, P06 og U06.

Den ene bygning P06 er en produktionsfacilitet, hvor der er høje renhedskrav (a) samt høj nyttebelastning på dæk (b) grundet placering af tungt procesudstyr. For at kunne sikre korrekt produktion i bygningen indeholder den renrumsvægge, -lofter og -gulve med overfladematerialer som er nemme at holde rene og kan klare kraftige rengøringsmidler. Dvs. væg- og loftkonstruktionerne består af metaller og gulve er belagt med epoxy. Der udregnes således en tilladt overskridelse for de respektive gulve (0,10 kg CO₂-ækv/m²/år), lofter (1,79 kg CO₂-ækv/m²/år) og vægge (1,10 kg CO₂-ækv/m²/år), hvilket giver en samlet tilladt overskridelse på 2,99 kg CO₂-ækv/m²/år. Derudover skal 52 pct. af bygningens dækkonstruktion (produktionshallen) kunne bære tungt procesudstyr, hvorfor terrændækket for dette areal er udført med en EPS-isolering med en trykstyrke på 300 kN/m² under disse områder. Da denne yderligere klimapåvirkning fra materialerne er nødvendig for at bevare bygningens funktion, udregnes yderligere 0,64 kg CO₂-ækv/m²/år som tilladt overskridelse for terrændækket i produktionshallen. Dette giver en samlet tilladt overskridelse på 3,62 kg CO₂-ækv/m²/år, hvilket betyder at bygningen kan udlede 15,62 kg CO₂-ækv/m²/år og stadig være i overensstemmelse med bygningsreglementet.

Den anden bygning, U06, indeholder laboratorier, hvilket har medført specifikke krav til udførelsen af bygningskonstruktionen som bl.a. et vibrationsfrit fundament (c), der er med til at sikre nøjagtigheden af forskningsresultaterne. Her består 29 pct. af bygningens etageareal af vibrationsfrie zoner, som er funderet på borede fundamenter og opført med et 1,5 meter tykt armeret betondæk. Der udregnes således en tilladt overskridelse for funderingen af bygningen (0,54 kg CO₂-ækv/m²/år), og dækkonstruktionerne i de vibrationsfrie zoner (1,91 kg CO₂-ækv/m²/år), hvilket giver en samlet tilladt overskridelse på 2,45 kg CO₂-ækv/m²/år. Bygningen, U06, kan således udlede 14,45 kg CO₂-ækv/m²/år og stadig være i overensstemmelse med bygningsreglementet.



Figur 14. Eksempler på projekter med tilladt overskridelse af grænseværdien. Den tilladte overskridelse er givet på baggrund af særlige forudsætninger a renrums krav, b høj nyttelast på dæk samt c vibrationsfrit dæk.

På Figur 14 ses den totale klimapåvirkning fra de to bygninger samt den beregnede tilladte overskridelse. Bygningerne har en total klimapåvirkning på hhv. 17,53 og 14,70 kg CO₂-ækv/m²/år, og begge projekter vil derfor kræve yderligere optimering af den samlede klimapåvirkning for at kunne overholde CO₂-kravet på 12 kg CO₂-ækv/m²/år.

Opsummering

Rapporten indsamler livscyklusvurderinger udført for nyopførte bygningsprojekter fra branchen, og undersøger om der kan være særlige bygningsforudsætninger, som resulterer i, at CO₂-kravet, der bliver indført i bygningsreglementet i 2023, ikke kan overholdes. I den forbindelse blev særlige bygningsforudsætninger, som er nødvendige for at opretholde bygningens funktion, men som kan forårsage at CO₂-grænseværdien ikke kan overholdes identificeret. De særlige bygningsforudsætninger blev identificeret på baggrund af de 51 indsamlede brancheprojekter. Ydermere, blev der defineret ikke-særlige forudsætninger, som ikke anses som problematiske ift. bygningens klimapåvirkning.

Til håndtering af eventuelle overskridelser af grænseværdien i bygningsreglementet, forårsaget af særlige bygningsforudsætninger, blev der udarbejdet en beregningsmodel.

Beregningsmodellen blev udarbejdet på baggrund af en analytisk og løsningsbaseret tilgang, og med henblik på at bevare og yderligere skabe incitament for optimeringer i bygningers klimapåvirkninger. Beregningsmodellen kan give mulighed for beregning af en tilladt overskridelse af CO₂-kravet ved eftervisning af særlige bygningsforudsætninger, og betragter kun de problematiske områder af bygningen isoleret fra den resterende bygningsmasse.

For at kunne benytte beregningsmodellen blev der udarbejdet referenceværdier for bygningskonstruktioner baseret på statistiske værdier fra bygningers klimapåvirkning, generisk data og miljøvaredeklarationer (EPD'er).

Baseret på dette giver rapporten en anbefaling til håndtering af eventuelle overskridelser af grænseværdien i bygningsreglementet.

Referencer

- Aggerholm, Søren. 2018. *SBi-Anvisning 213 Bygningers Energibehov*. 6th ed. eds. Maja Skovgaard and Kim B. Wittchen.
- Danmarks Statistik. 2022. "Statistikbanken Om Bygninger (BYGB12)." www.statistikbanken.dk/BYGB12.
- Le Den, Xavier et al. 2022. *Towards Embodied Carbon Benchmarks for Buildings in Europe - Summary Report*.
- Energistyrelsen. 2014. *Strategi for Energirenovering Af Bygninger: Vejen Til Energieffektive Bygninger i Fremtidens Danmark*.
- EPD Hub. 2022. *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION DELTABEAM® Composite Beam, Painted Peikko*. www.peikko.com.
- Ernst Andersen, Camilla et al. 2021. *Klimapåvirkning Fra 20 Træbyggerier: LCA På Eksisterende Træbyggerier (BUILD Rapport 2021:27)*.
- European Commission. 2021. *European Commission-Press Release Sustainable Finance and EU Taxonomy: Commission Takes Further Steps to Channel Money towards Sustainable Activities*.
- Global Alliance for Buildings and Construction. 2021. *2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-Emissions, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*.
- Indenrigs- og Boligministeriet. 2021. *National Strategi for Bæredygtigt Byggeri*.
- Kanafani, Kai et al. 2022. *Eksempelbibliotek Til LCAByg*. BUILD.
- Klima- Energi- og Forsyningsministeriet. 2020. "Lov Om Klima." 2020(965).
- Regerings klimapartnerskaber. 2020. *Anbefalinger Til Regeringen Fra Klimapartnerskabet for Bygge-Og Anlægssektoren*.
- Tozan, Buket, Emilie Brisson Jørgensen, and Harpa Birgisdóttir. 2021. *Klimapåvirkning Fra 60 Bygninger. Opdaterede Værdier Baseret På Nyere Data Og Danske Branche EPD'er (BUILD Rapport 2021:13)*.
- Zimmermann, Regitze K., Camilla E. Andersen, Kai Kanafani, and Harpa Birgisdóttir. 2020. *Klimapåvirkninger Fra 60 Bygninger (SBI 2020:04)*.

Bilag 1 Klimapåvirkning fra 60 bygninger

I tabellerne nedenfor fremgår nedre- og øvre kvartil værdier samt median for konstruktionsgrupper beregnet på baggrund af de 60 bygninger i BUILD Rapport 2021:13. Værdierne er beregnet med det antal bygninger, der fremgår af kolonnen 'Total' henover en 50-årig betragtningsperiode. Normalisering er baseret på m² etageareal, og det er disse værdier, som er benyttet til udarbejdelse af Figur 4 i afsnit 2.2. Nedenstående tabeller viser beregninger med udelukkende Ökobau 2020 data. Alle resultater er beregnet i LCAByg 5 (version 5.2.1.0).

60 bygninger	Nedre kvartil	Median	Øvre kvartil
Bygning (A1-3, B4, B6, C3, C4)	8,525	9,418	10,408
Indlejret (A1-3, B4, C3, C4)	6,177	7,000	8,089

LCAByg Undergruppe	Nedre kvartil	Median	Øvre kvartil	Antal i 60 bygninger					
				Total	Enf	R	E	K	A
	kg CO ₂ -ækv/m ² /år								
Faldstammer og afløb	0,018	0,023	0,044	13	3	5	2	1	2
Altanbund, fastgørelse og rækværk	0,019	0,059	0,130	21	0	3	11	5	2
Etagedæk	0,564	1,049	1,67	50	3	10	11	22	4
Kælderdæk	0,305	0,538	0,71	4	0	1	2	1	0
Solcelleanlæg, elevatorer og rulletrapper	0,295	0,501	0,91	37	1	6	8	18	4
Punktfundament	0,026	0,089	0,27	8	1	1	3	3	0
Pælefundering	0,330	0,600	0,71	5	0	0	1	4	0
Rand- og sribefundamenter	0,185	0,368	0,59	59	11	12	11	21	4
Indervægge	0,294	0,490	0,87	58	11	12	11	22	2
Indervægge i kælderen	0,048	0,097	0,31	6	0	0	2	2	2
Søjler og bjælker	0,047	0,103	0,35	29	1	4	7	16	1
Tage	0,507	1,107	1,61	60	11	12	11	22	4
Terrændæk	0,290	0,730	1,32	60	11	12	11	22	4
Trapper og ramper	0,015	0,044	0,094	41	0	6	11	20	4
Vandinstallationer	0,019	0,095	0,13	38	11	9	5	9	4
Varmeinstallationer	0,003	0,024	0,31	55	11	12	10	19	3
Ventilationsinstallationer	0,022	0,057	0,086	57	10	11	11	22	3
Døre	0,019	0,055	0,11	56	8	12	11	21	4
Glasfacader	0,041	0,293	0,70	7	0	1	0	6	0
Vinduer	0,389	0,571	0,84	60	11	12	11	22	4
Kælderydervægge	0,069	0,164	0,32	11	0	1	2	8	0
Ydervægge	0,735	1,051	1,40	60	11	12	11	22	4

I tabellerne nedenfor angives resultater beregnet med Ökobau data og branche data for hhv. beton- og træprodukter. Forskelle i værdier er markeret fed. Disse værdier svarer til Scenarie 2 i BUILD Rapport 2021:13.

60 bygninger	Nedre kvartil	Median	Øvre kvartil
	kg CO ₂ -ækv/m ² /år		
Bygning (A1-3, B4, B6, C3, C4)	9,010	9,835	10,994
Indlejret (A1-3, B4, C3, C4)	6,398	7,354	8,637

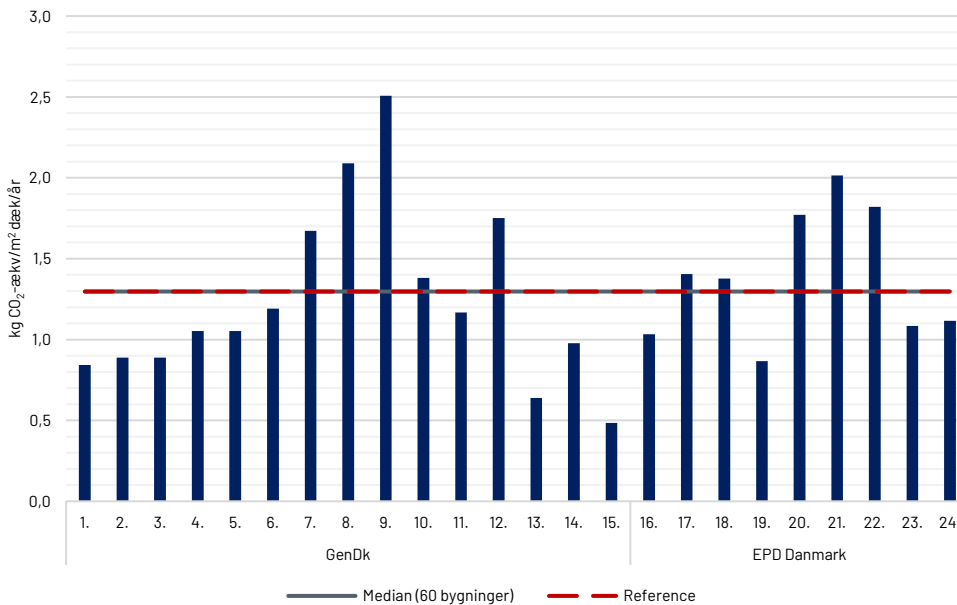
LCByg Undergruppe	Nedre kvartil	Median	Øvre kvartil	Antal i 60 bygninger					
				Total	Enf	R	E	K	A
	kg CO ₂ -ækv/m ² /år								
Faldstammer og afløb	0,018	0,023	0,044	13	3	5	2	1	2
Altanbund, fastgørelse og rækværk	0,019	0,059	0,16	21	0	3	11	5	2
Etagedæk	0,69	1,35	1,85	50	3	10	11	22	4
Kælderdæk	0,40	0,61	0,78	4	0	1	2	1	0
Solcelleanlæg, elevatorer og rulletrapper	0,295	0,501	0,91	37	1	6	8	18	4
Punktfundament	0,029	0,12	0,34	8	1	1	3	3	0
Pælefundering	0,44	0,77	0,78	5	0	0	1	4	0
Rand- og stribefundamenter	0,189	0,44	0,70	59	11	12	11	21	4
Indervægge	0,31	0,493	0,92	58	11	12	11	22	2
Indervægge i kælderen	0,052	0,013	0,38	6	0	0	2	2	2
Søjler og bjælker	0,048	0,103	0,41	29	1	4	7	16	1
Tage	0,52	1,00	1,49	60	11	12	11	22	4
Terrændæk	0,38	0,81	1,35	60	11	12	11	22	4
Trapper og ramper	0,02	0,049	0,101	41	0	6	11	20	4
Vandinstallationer	0,019	0,095	0,13	38	11	9	5	9	4
Varmeinstallationer	0,003	0,024	0,31	55	11	12	10	19	3
Ventilationsinstallationer	0,022	0,057	0,086	57	10	11	11	22	3
Døre	0,018	0,053	0,11	56	8	12	11	21	4
Glasfacader	0,041	0,293	0,70	7	0	1	0	6	0
Vinduer	0,385	0,573	0,84	60	11	12	11	22	4
Kælderydervægge	0,069	0,196	0,37	11	0	1	2	8	0
Ydervægge	0,66	1,09	1,44	60	11	12	11	22	4

Bilag 2 Undersøgelse af konstruktioner

I nedenstående afsnit angives undersøgelser udført til at bestemme repræsentative referenceværdier for konstruktionerne etage- og kælderdek, gulve, lofter, indervægge, tage, terrændæk og pladefundamenter, ydervægge- og kælderydervægge samt søjler og bjælker.

2.1. Etage- og kælderdek

Referenceværdien for etage- og kælderdek er fastsat som den sammen, da det er vurderet af klimapåvirkningen for henholdsvis etage- og kælderdek varierer marginalt. Nedenstående diagram viser klimapåvirkningen fordelt på kvadratmeter dæk for 15 generiske dækkonstruktioner og 9 dækkonstruktioner med branche-specifikke data udgivet af EPD Danmark. Den repræsentative klimapåvirkning baseret på 60 bygninger er markeret ved en vandret linje, og den endelige reference markeret ved en punkteret rød linje.



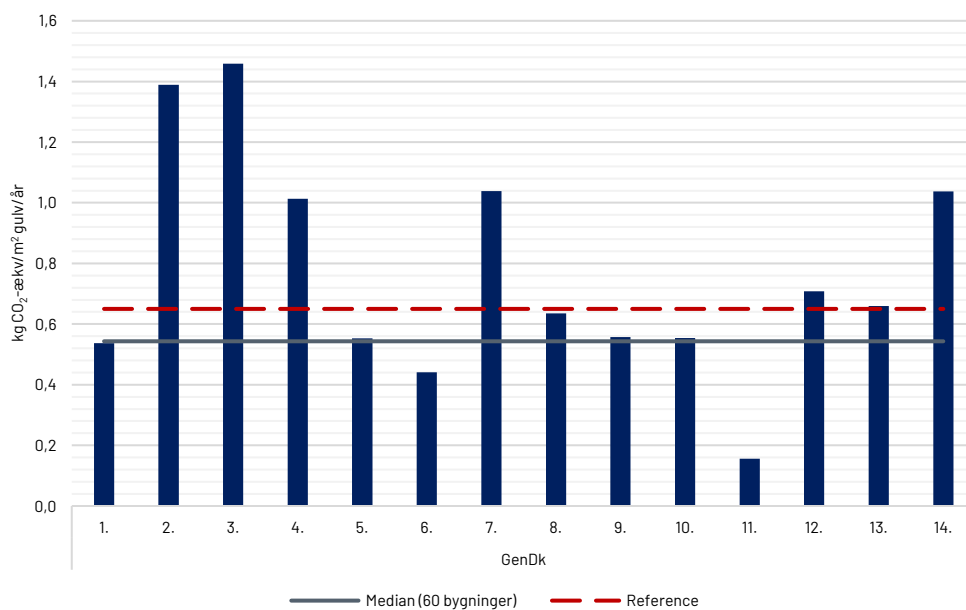
Navngivningen for de anvendte dækkonstruktioner fremgår af nedenstående tabel.

#	Konstruktioner	kg CO ₂ -ækv/m ² dæk/år
1.	Dæk, betonelement, forspændt huldæk 0,18/7,0 m	0,84
2.	Dæk, betonelement, forspændt huldæk 0,22/12,0 m	0,89
3.	Dæk, betonelement, forspændt huldæk 0,22/7,0 m	0,89
4.	Dæk, betonelement, forspændt huldæk 0,27/12,0 m	1,05
5.	Dæk, betonelement, forspændt huldæk 0,27/7,0 m	1,05
6.	Dæk, betonelement, forspændt huldæk 0,32/12,0 m	1,19
7.	Dæk, betonelement, letbeton 0,16/5,0 m	1,67
8.	Dæk, betonelement, letbeton 0,2/7,0 m	2,09
9.	Dæk, betonelement, letbeton 0,24/7,0 m	2,51
10.	Dæk, massivtræs- /betonelement 0,28/7,0 m, etagedæk	1,38
11.	Dæk, pladsstøbt 0,2/5,0 m	1,17
12.	Dæk, pladsstøbt 0,3/7,0 m	1,75
13.	Dæk, stål etagedæk	0,64
14.	Dæk, træ, CLT-element 0,2/5,0 m	0,98
15.	Dæk, træelement 0,38/6,0 m	0,48
16.	Huldæk element, 22 cm, 6-10 liner	1,03
17.	Huldæk element, 32 cm, 11-17 liner	1,41
18.	Huldæk element, 32 cm, 6-10 liner	1,38
19.	Letbetonelement, 173,0mm	0,87
20.	TT-element/Ribbedæk, TT60 med 12-18 stk. L12,5 liner, og 1,3-3,3 kg slap armering	1,77

21.	TT-element/Ribbedæk, TT60 med 16-22 stk. L12,5 liner, og 1-2,5 kg slap armering	2,01
22.	TT-element/Ribbedæk, TT60 med 20-28 stk. L12,5 liner, og 2-4 kg slap armering	1,82
23.	Betonelement TT ribbedæk	1,08
24.	Betonelement huldæk, 270.0mm	1,12

2.2. Gulve

Nedenstående diagram viser klimapåvirkningen fordelt på kvadratmeter gulv for 14 generiske gulvkonstruktioner. Den repræsentative klimapåvirkning baseret på 60 bygninger er markeret ved en vandret linje, og den endelige reference markeret ved en punkteret rød linje.

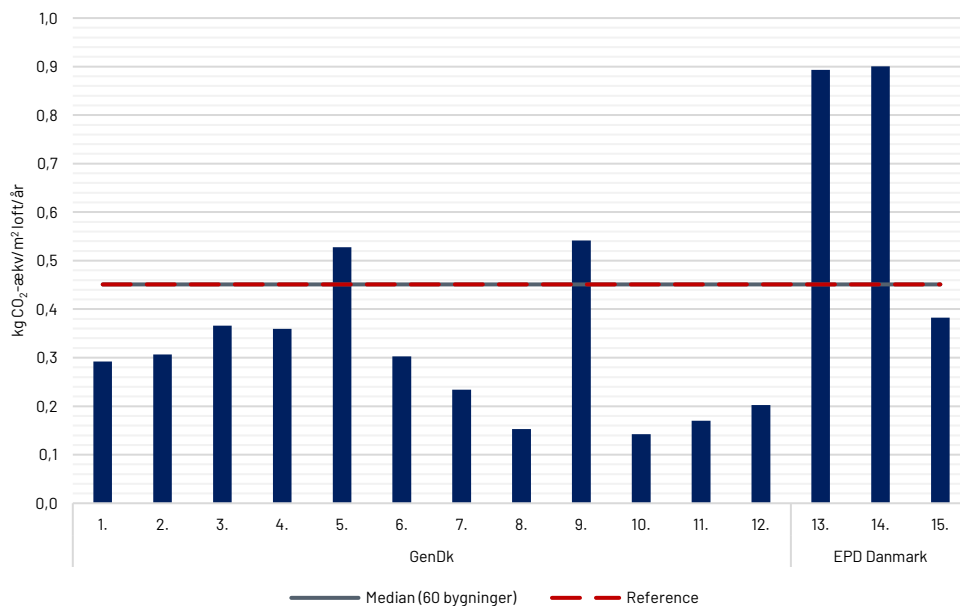


Navngivningen for de anvendte gulvkonstruktioner fremgår af nedenstående tabel.

#	Konstruktioner	kg CO ₂ -ækv/m ² gulv/år
1.	Gulv, gulvklinter	0,54
2.	Gulv, gulvtæppe	1,39
3.	Gulv, gummi	1,46
4.	Gulv, hærdeplastgulv	1,01
5.	Gulv, laminat	0,55
6.	Gulv, linoleum	0,44
7.	Gulv, naturstensfliser	1,04
8.	Gulv, parket på EPS-beton	0,64
9.	Gulv, parket, limet	0,56
10.	Gulv, parket, svømmende	0,55
11.	Gulv, trægulv på strøer	0,16
12.	Gulv, vinyl	0,71
13.	Gulv, vådrumsgulv, keramiske fliser	0,66
14.	Gulv, vådrumsgulv, skridhæmmende vinyl	1,04

2.3. Lofter

Nedenstående diagram viser klimapåvirkningen fordelt på kvadratmeter loft for 12 generiske loftkonstruktioner og 3 loftkonstruktioner med branchespecifikke data udgivet af EPD Danmark. Den repræsentative klimapåvirkning baseret på 60 bygninger er markeret ved en vandret linje, og den endelige reference markeret ved en punkteret rød linje.

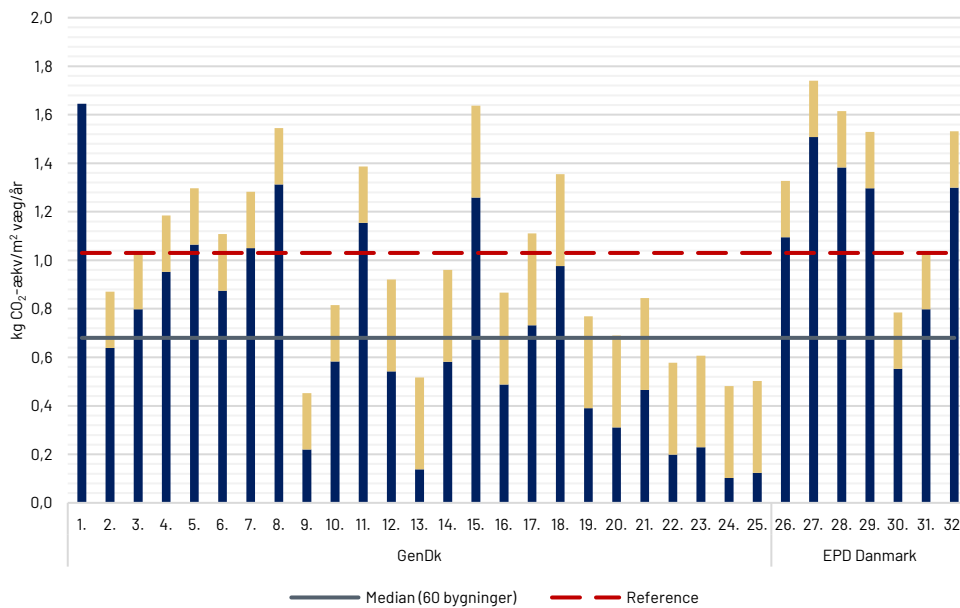


Navngivningen for de anvendte loftkonstruktioner fremgår af nedenstående tabel.

#	Konstruktioner	kg CO ₂ -ækv/m ² loft/år
1.	Loft, brandgips til fx let lejlighedsskel	0,29
2.	Loft, fibercementplader, direkte	0,31
3.	Loft, gipsplader på stålprofiler	0,37
4.	Loft, gipsplader på trælægter	0,36
5.	Loft, isoleret, loft over det fri	0,53
6.	Loft, mod uopvarmet rum	0,30
7.	Loft, nedhængt demonterbart systemloft	0,23
8.	Loft, perforeret krydsfiner	0,15
9.	Loft, perforeret stål, nedhængt	0,54
10.	Loft, træ, bræddeloft	0,14
11.	Loft, træbeton, nedhængt	0,17
12.	Loft, trælameller	0,20
13.	Nedhængt metalloft, aluminium	0,89
14.	Nedhængt metalloft, klima (køl og varme)	0,90
15.	Nedhængt metalloft, stål	0,38

2.4. Indervægge

Nedenstående diagram viser klimapåvirkningen fordelt på kvadratmeter væg for 25 generiske indervægskonstruktioner og 7 indervægskonstruktioner med branchespecifikke data udgivet af EPD Danmark. Alle konstruktioner består af en midterdel (konstruktionen) angivet med blå søjle, og beklædning på begge sider af denne angivet med gul søjle. Den repræsentative klimapåvirkning baseret på 60 bygninger er markeret ved en vandret linje, og den endelige reference markeret ved en punkteret rød linje.



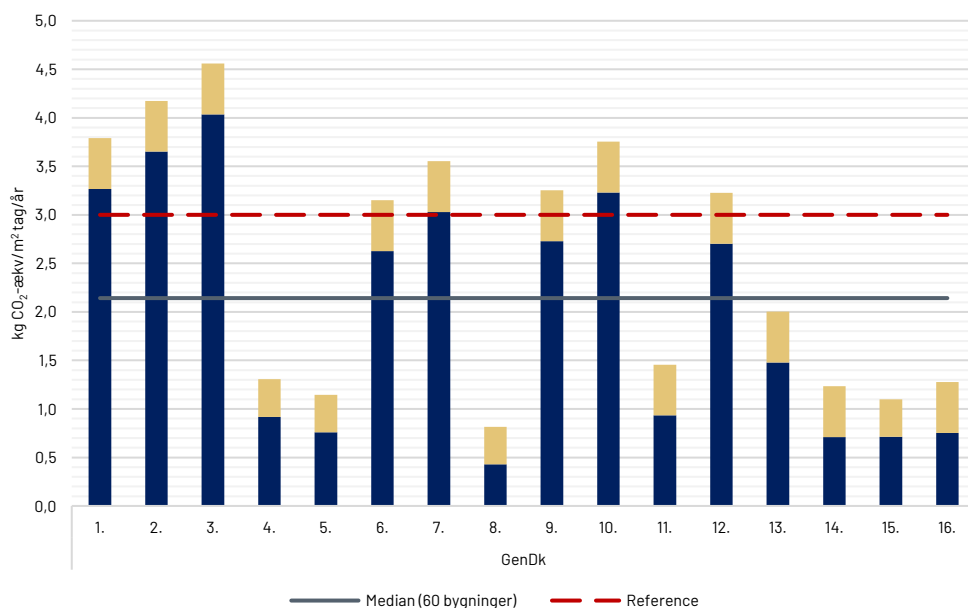
Navngivningen for de anvendte indervægskonstruktioner fremgår af nedenstående tabel.

#	Konstruktion, midterdel	Konstruktion, vægside	kg CO ₂ -ækv/m ² væg/år
1.	Glasvæg (komplet væg)		1,64
2.	Midterdel, betonelement 120 mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	0,87
3.	Midterdel, betonelement 150 mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,03
4.	Midterdel, betonelement 180 mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,18
5.	Midterdel, betonelement 200 mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,30
6.	Midterdel, betonelement, letbeton 100 mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,11
7.	Midterdel, betonelement, letbeton 120 mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,28
8.	Midterdel, betonelement, letbeton 150 mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,55
9.	Midterdel, lersten ubrændt, ikke-bærende	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	0,45
10.	Midterdel, porebeton, 100 mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	0,81
11.	Midterdel, porebeton, 200 mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,39
12.	Midterdel, stål-sandwich-panel, 200 mm	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,92
13.	Midterdel, stålskelet, mineraluld	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,52
14.	Midterdel, teglblokke, bærende	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	0,96
15.	Midterdel, teglsten, bærende	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,64
16.	Midterdel, træ, CLT-element, bærende 100 mm	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,87
17.	Midterdel, træ, CLT-element, bærende 150 mm	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	1,11
18.	Midterdel, træ, CLT-element, bærende 200 mm	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	1,36
19.	Midterdel, træ, CLT-element, ikke-bærende	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,77
20.	Midterdel, træelement 2-delt, lejlighedsskel	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,69
21.	Midterdel, træelement, lejlighedsskel	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,84
22.	Midterdel, træskelet, bærende, mineraluld	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,58
23.	Midterdel, træskelet, bærende, træfiber	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,61
24.	Midterdel, træskelet, ikke-bærende, mineraluld	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,48
25.	Midterdel, træskelet, ikke-bærende, træfiber	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	0,50
26.	Beton vægelementer, Beton vægelementer, 15 cm tyk væg med 5-15 kg armering	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,33
27.	Beton vægelementer, Beton vægelementer, 20 cm tyk væg med 16-25 kg armering	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,74
28.	Beton vægelementer, Beton vægelementer, 20 cm tyk væg med 5-15 kg armering	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,61
29.	Betonelement vægge, 180.0mm	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,53
30.	Letbeton vægelement, 100 mm tyk væg, 10% udsparring	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	0,79
31.	Letbeton vægelement, 150 mm tyk væg, 10% udsparring	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,03

32.	Letbeton vægelement, 220 mm tyk væg, 10% udsparring	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,53
-----	---	--	------

2.5. Tage

Nedenstående diagram viser klimapåvirkningen fordelt på kvadratmeter tag for 16 generiske tagkonstruktioner. Alle konstruktionerne består af en midterdel (konstruktionen) angivet med blå søjle og udvendig tagbelægning angivet med gul søjle. Den repræsentative klimapåvirkning baseret på 60 bygninger er markeret ved en vandret linje, og den endelige reference markeret ved en punkteret rød linje.

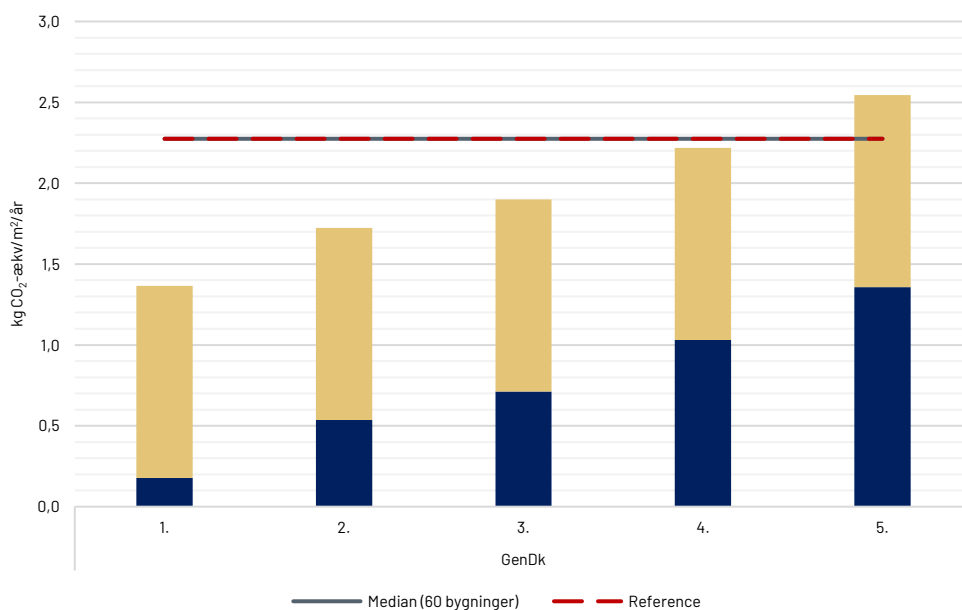


Navngivningen for de anvendte tagkonstruktioner fremgår af nedenstående tabel.

#	Konstruktioner, midterdel	Konstruktion, beklædning	kg CO ₂ -ækv/m ² tag/år
1.	Midterlag, betonelement, letbeton 0,16/5,0 m	Tagbelægning, tagpap	3,79
2.	Midterlag, betonelement, letbeton 0,2/7,0 m	Tagbelægning, tagpap	4,17
3.	Midterlag, betonelement, letbeton 0,24/7,0 m	Tagbelægning, tagpap	4,56
4.	Midterlag, bjælkespær, uventileret, skrå tage, mineraluld	Tagbelægning, tegl	1,31
5.	Midterlag, bjælkespær, ventileret, skrå tage, mineraluld	Tagbelægning, tegl	1,14
6.	Midterlag, forspændt huldæk 0,18/7,0 m	Tagbelægning, tagpap	3,15
7.	Midterlag, forspændt huldæk 0,32/12,0 m	Tagbelægning, tagpap	3,55
8.	Midterlag, gitterspær, mineraluld og papirisolering	Tagbelægning, tegl	0,82
9.	Midterlag, pladsstøbt 0,2/5,0 m, mineraluld	Tagbelægning, tagpap	3,25
10.	Midterlag, pladsstøbt 0,3/7,0 m, mineraluld	Tagbelægning, tagpap	3,75
11.	Midterlag, ståldæk	Tagbelægning, tagpap	1,46
12.	Midterlag, træ, CLT-element 0,2/5,0 m	Tagbelægning, tagpap	3,23
13.	Midterlag, træelement, uventileret, flade tage, 7,2m	Tagbelægning, tagpap	2,00
14.	Midterlag, træelement, uventileret, flade tage, 8m	Tagbelægning, tagpap	1,23
15.	Midterlag, træelement, uventileret, skrå tage, 8m	Tagbelægning, tegl	1,10
16.	Midterlag, træelement, ventileret, flade/skrå tage, 8m	Tagbelægning, tagpap	1,28

2.6. Terrændæk og pladefundamenter

Referenceværdien for terrændæk og pladefundamenter/bundplader er fastsat som den sammen, da det er vurderet af klimapåvirkningen for henholdsvis terrændæk og pladefundamenter /bundplader varierer marginalt. Nedenstående diagram viser klimapåvirkningen fordelt på kvadratmeter terrændæk for 5 generiske dækkonstruktioner. Alle konstruktioner består af selve dækkonstruktionen angivet med blå søjle og et isoleringslag mod terræn angivet med gul søjle. Den repræsentative klimapåvirkning baseret på 60 bygninger er markeret ved en vandret linje, og den endelige reference markeret ved en punkteret rød linje.

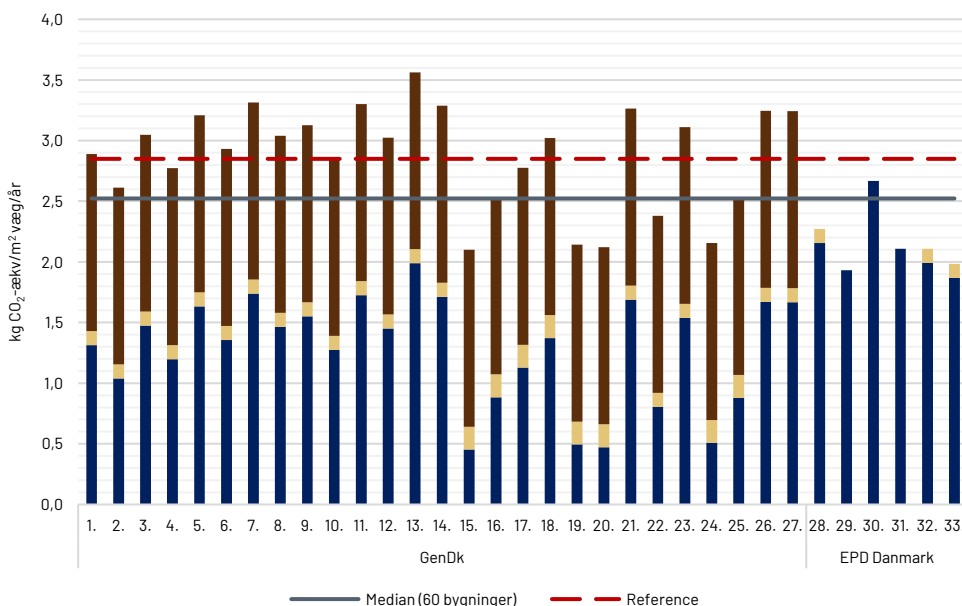


Navngivningen for de anvendte terrændækskonstruktioner fremgår af nedenstående tabel.

#	Konstruktion, terrændæk	Konstruktion, underside	kg CO ₂ -ækv/m ² dæk/år
1.	Terrændæk, let	Underlag, isolering EPS 350 mm og singels	1,36
2.	Terrændæk, beton, 120 mm	Underlag, isolering EPS 350 mm og singels	1,72
3.	Terrændæk, beton, 150 mm	Underlag, isolering EPS 350 mm og singels	1,90
4.	Terrændæk, beton, 200 mm	Underlag, isolering EPS 350 mm og singels	2,22
5.	Terrændæk, beton, 250 mm	Underlag, isolering EPS 350 mm og singels	2,54

2.7. Ydervægge og kælderydervægge

Referenceværdien for ydervægge og kælderydervægge er fastsat som den samme, da det er vurderet af klimapåvirkningen for henholdsvis ydervægge og kælderydervægge varierer marginalt. Alle konstruktioner består af en midterdel (selve konstruktionen) angivet med blå søjle, en udvendig beklædning angivet med gul søjle og en indvendig beklædning angivet med brun søjle. Nedenstående diagram viser klimapåvirkningen fordelt på kvadratmeter væg for 27 generiske ydervægskonstruktioner og 6 ydervægskonstruktioner med branchespecifikke data udgivet af EPD Danmark. Den repræsentative klimapåvirkning baseret på 60 bygninger er markeret ved en vandret blå linje, og den endelige reference markeret ved en punkteret rød linje.



Navngivningen for de anvendte ydervægskonstruktioner fremgår af nedenstående tabel.

#	Konstruktion, midterdel	Konstruktion, yderside	Konstruktion, vægside	kg CO ₂ -ækv/m ² væg/år
1.	Midterdel, betonelement 120mm, EPS-isolering	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	2,89
2.	Midterdel, betonelement 120mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	2,61
3.	Midterdel, betonelement 150mm, EPS-isolering	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,05
4.	Midterdel, betonelement 150mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	2,77
5.	Midterdel, betonelement 180mm, EPS-isolering	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,21
6.	Midterdel, betonelement 180mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	2,93
7.	Midterdel, betonelement 200mm, EPS-isolering	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,31
8.	Midterdel, betonelement 200mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,04
9.	Midterdel, betonelement, letbeton 100mm, EPS-isolering	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,13
10.	Midterdel, betonelement, letbeton 100mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	2,85
11.	Midterdel, betonelement, letbeton 120mm, EPS-isolering	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,30
12.	Midterdel, betonelement, letbeton 120mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,02
13.	Midterdel, betonelement, letbeton 150mm, EPS-isolering	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,56
14.	Midterdel, betonelement, letbeton 150mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,29
15.	Midterdel, stålskelet, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	2,10
16.	Midterdel, træ, CLT-element 100mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	2,53

17.	Midterdel, træ, CLT-element 150mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	2,78
18.	Midterdel, træ, CLT-element 200mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	3,02
19.	Midterdel, træelement, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	2,14
20.	Midterdel, træelement, papiruld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	2,12
21.	Midterlag, beton, letklinkerbetonblok, isoleret	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,26
22.	Midterlag, beton, porebetonblok 100mm, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	2,38
23.	Midterlag, beton, porebetonblok, isoleret	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,11
24.	Midterlag, halmbaserede vægmoduler	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	2,16
25.	Midterlag, stål-sandwich-panel 300 mm	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, gipskartonplade 2 lag, akrylmaling	2,53
26.	Midterlag, teglblok, isoleret	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,25
27.	Midterlag, teglsten, mineraluld	Yderside, skærmtegl, underkonstruktion i aluminium	Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	3,24
28.	Betonelement sandwichfacader, 490.0mm		Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	2,27
29.	Facade elementer med 3-lags glas, 2-lags emailt glas og sandwich paneler, ETA50 with enamelled double layer glass, profile 3105			1,9305
30.	Facade elementer med 3-lags glas, 2-lags emailt glas og sandwich paneler, ETA50 with panel (aluminium sheeting and PUR omsulation boards), profile 3105			2,66806
31.	Facade elementer med 3-lags glas, 2-lags emailt glas og sandwich paneler, ETA50 with triple layer glass, profile 3105			2,10774
32.	sandwichelement/facadeelement, Sandwich element, EPS		Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	2,11
33.	sandwichelement/facadeelement, Sandwich element, mineraluld		Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling	1,98

2.8. Søjler og bjælker

For søjler og bjælker er klimapåvirkningen ved øgning i dimension undersøgt. I nedenstående tabel fremgår de generiske konstruktioner, der går op i dimension. Her fremgår de observerede fra- og til konstruktioner med den tilhørende forøgelse i klimapåvirkning opgjort i kg CO₂-ækv/m/år.

Medianværdien for denne forøgelse er 0,16 kg CO₂-ækv/m/år baseret på alle 114 observationer.

#	Konstruktion (fra)	Konstruktion (til)	Forøgelse [kg CO ₂ -ækv/m/år]
1.	Betonbjælke, KB 580/180 (til 180 mm huldæk)	Betonbjælke, KB 620/220 (til 220 mm huldæk)	0,48
2.	Betonbjælke, KB 620/220 (til 220 mm huldæk)	Betonbjælke, KB 820/320 (til 320 mm huldæk)	0,36
3.	Betonbjælke, KB 820/320 (til 320 mm huldæk)	Betonbjælke, KB 820/220 (til 220 mm huldæk)	0,64
4.	Betonbjælke, KBE 580/180 (til 180 mm huldæk)	Betonbjælke, KBE 620/220 (til 220 mm huldæk)	0,20
5.	Betonbjælke, KBE 620/220 (til 220 mm huldæk)	Betonbjælke, KBE 820/320 (til 320 mm huldæk)	0,31
6.	Betonbjælke, KBE 820/320 (til 320 mm huldæk)	Betonbjælke, KBE 820/220 (til 220 mm huldæk)	0,35
7.	Betonbjælke, RB 180/480 mm	Betonbjælke, RB 240/540 mm	0,58
8.	Betonbjælke, RB 240/540 mm	Betonbjælke, RB 300/600 mm	0,37
9.	Betonbjælke, RB 300/600 mm	Betonbjælke, RB 360/660 mm	0,42
10.	Betonbjælke, RB 360/660 mm	Betonbjælke, RB 420/720 mm	0,48
11.	Betonbjælke, RB 420/720 mm	Betonbjælke, RB 500/840 mm	0,86
12.	Bjælker, konstruktionstræ 100/150	Bjælker, konstruktionstræ 100/200	0,03
13.	Bjælker, konstruktionstræ 100/200	Bjælker, konstruktionstræ 150/150	0,01
14.	Bjælker, konstruktionstræ 150/150	Bjælker, konstruktionstræ 200/200	0,10
15.	Bjælker, konstruktionstræ 45/95	Bjælker, konstruktionstræ 45/145	0,01
16.	Bjælker, konstruktionstræ 45/145	Bjælker, konstruktionstræ 45/195	0,01
17.	Bjælker, konstruktionstræ 45/195	Bjælker, konstruktionstræ 45/245	0,01
18.	Bjælker, konstruktionstræ 45/245	Bjælker, konstruktionstræ 45/295	0,01
19.	Bjælker, konstruktionstræ 45/295	Bjælker, konstruktionstræ 45/340	0,01
20.	Bjælker, konstruktionstræ 75/150	Bjælker, konstruktionstræ 75/200	0,02
21.	Bjælker, konstruktionstræ 75/200	Bjælker, konstruktionstræ 75/225	0,01
22.	Bjælker, stål IPE 100	Bjælker, stål IPE 140	0,09
23.	Bjælker, stål IPE 140	Bjælker, stål IPE 180	0,12
24.	Bjælker, stål IPE 180	Bjælker, stål IPE 220	0,14
25.	Bjælker, stål IPE 220	Bjælker, stål IPE 270	0,19
26.	Bjælker, stål IPE 270	Bjælker, stål IPE 300	0,12
27.	Bjælker, stål IPE 300	Bjælker, stål IPE 330	0,14
28.	Bjælker, stål IPE 330	Bjælker, stål IPE 360	0,16
29.	Bjælker, stål IPE 360	Bjælker, stål IPE 400	0,18
30.	Bjælker/søjler, stål HEA 100	Bjælker/søjler, stål HEA 120	0,06
31.	Bjælker/søjler, stål HEA 120	Bjælker/søjler, stål HEA 140	0,09
32.	Bjælker/søjler, stål HEA 140	Bjælker/søjler, stål HEA 160	0,11
33.	Bjælker/søjler, stål HEA 160	Bjælker/søjler, stål HEA 180	0,10
34.	Bjælker/søjler, stål HEA 180	Bjælker/søjler, stål HEA 200	0,13
35.	Bjælker/søjler, stål HEA 200	Bjælker/søjler, stål HEA 220	0,16
36.	Bjælker/søjler, stål HEA 220	Bjælker/søjler, stål HEA 240	0,19
37.	Bjælker/søjler, stål HEA 240	Bjælker/søjler, stål HEA 260	0,16
38.	Bjælker/søjler, stål HEA 260	Bjælker/søjler, stål HEA 280	0,16
39.	Bjælker/søjler, stål HEA 280	Bjælker/søjler, stål HEA 300	0,23
40.	Bjælker/søjler, stål HEA 300	Bjælker/søjler, stål HEA 320	0,19
41.	Bjælker/søjler, stål HEA 320	Bjælker/søjler, stål HEA 340	0,14
42.	Bjælker/søjler, stål HEA 340	Bjælker/søjler, stål HEA 360	0,16
43.	Bjælker/søjler, stål HEA 360	Bjælker/søjler, stål HEA 400	0,25
44.	Bjælker/søjler, stål HEB 100	Bjælker/søjler, stål HEB 120	0,12
45.	Bjælker/søjler, stål HEB 120	Bjælker/søjler, stål HEB 140	0,14
46.	Bjælker/søjler, stål HEB 140	Bjælker/søjler, stål HEB 160	0,18
47.	Bjælker/søjler, stål HEB 160	Bjælker/søjler, stål HEB 180	0,17
48.	Bjælker/søjler, stål HEB 180	Bjælker/søjler, stål HEB 200	0,20
49.	Bjælker/søjler, stål HEB 200	Bjælker/søjler, stål HEB 220	0,20
50.	Bjælker/søjler, stål HEB 220	Bjælker/søjler, stål HEB 240	0,23
51.	Bjælker/søjler, stål HEB 240	Bjælker/søjler, stål HEB 260	0,19
52.	Bjælker/søjler, stål HEB 260	Bjælker/søjler, stål HEB 280	0,20
53.	Bjælker/søjler, stål HEB 280	Bjælker/søjler, stål HEB 300	0,28
54.	Bjælker/søjler, stål HEB 300	Bjælker/søjler, stål HEB 320	0,19
55.	Bjælker/søjler, stål HEB 320	Bjælker/søjler, stål HEB 340	0,16
56.	Bjælker/søjler, stål HEB 340	Bjælker/søjler, stål HEB 360	0,16
57.	Bjælker/søjler, stål HEB 360	Bjælker/søjler, stål HEB 400	0,26
58.	Bjælker/søjler, stål HEB 400	Bjælker/søjler, stål HEB 450	0,31
59.	Bjælker/søjler, stål HEB 450	Bjælker/søjler, stål HEB 500	0,33
60.	Bjælker/søjler, stål HEB 500	Bjælker/søjler, stål HEB 550	0,24
61.	Bjælker/søjler, stål HEB 550	Bjælker/søjler, stål HEB 600	0,24
62.	Bjælker/søjler, stål HEB 600	Bjælker/søjler, stål HEB 650	0,26
63.	Bjælker/søjler, stål HEB 650	Bjælker/søjler, stål HEB 700	0,30
64.	Bjælker/søjler, stål HEB 700	Bjælker/søjler, stål HEB 800	0,43
65.	Bjælker/søjler, stål HEB 800	Bjælker/søjler, stål HEB 900	0,57
66.	Bjælker/søjler, stål HEB 900	Bjælker/søjler, stål HEB 1000	0,45
67.	Kompositbjælke, 1-sidet, 220/250 (til 220 mm dæk)	Kompositbjælke, 2-sidet, 180/300 (til 180 mm dæk)	0,33
68.	Kompositbjælke, 2-sidet, 180/300 (til 180 mm dæk)	Kompositbjælke, 1-sidet, 320/310 (til 320 mm dæk)	0,25
69.	Kompositbjælke, 1-sidet, 320/310 (til 320 mm dæk)	Kompositbjælke, 2-sidet, 320/300 mm (til 320 mm dæk)	0,07
70.	Kompositbjælke, 2-sidet, 320/300 mm (til 320 mm dæk)	Kompositbjælke, 2-sidet, 220/400 (til 220 mm dæk)	0,11

71.	Kompositbjælke, 2-sidet, 220/400 (til 220 mm dæk)	Kompositbjælke, 1-sidet 180/230 mm (til 180 mm dæk)	1,22
72.	Søjler, beton pendulsøjle 200/200	Søjler, beton pendulsøjle 300/300	0,31
73.	Søjler, beton pendulsøjle 300/300	Søjler, beton pendulsøjle 400/400	0,51
74.	Søjler, beton rammesøjle 200/200	Søjler, beton rammesøjle 300/300	0,48
75.	Søjler, beton rammesøjle 300/300	Søjler, beton rammesøjle 400/400	0,47
76.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 100/150	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 100/200	0,03
77.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 100/200	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 150/150	0,01
78.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 150/150	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 200/200	0,10
79.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/95	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/145	0,01
80.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/145	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/195	0,10
81.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/195	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/245	0,02
82.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/245	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/295	0,07
83.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/295	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 45/340	0,11
84.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 75/150	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 75/200	0,02
85.	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 75/200	Søjler, konstruktionstræ, høvlet 75/225	0,01
86.	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 100/6	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 140/6	0,15
87.	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 140/6	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 180/8	0,35
88.	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 180/8	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 200/10	0,32
89.	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 200/10	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 250/10	0,31
90.	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 250/10	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 300/10	0,31
91.	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 300/10	Søjler, stål kvadratisk rør SHS 400/20	2,87
92.	Søjler, stål rektangulært rør RHS 100/50/5	Søjler, stål rektangulært rør RHS 140/80/5	0,11
93.	Søjler, stål rektangulært rør RHS 140/80/5	Søjler, stål rektangulært rør RHS 200/100/10	0,32
94.	Søjler, stål rektangulært rør RHS 200/100/10	Søjler, stål rektangulært rør RHS 250/150/10	0,52
95.	Søjler, stål rektangulært rør RHS 250/150/10	Søjler, stål rektangulært rør RHS 300/200/10	0,31
96.	Søjler, stål rektangulært rør RHS 300/200/10	Søjler, stål rektangulært rør RHS 400/200/12	0,65
97.	Træ, I-bjælke H 47/200	Træ, I-bjælke H 47/250	0,01
98.	Træ, I-bjælke H 47/250	Træ, I-bjælke H 47/300	0,01
99.	Træ, I-bjælke H 47/300	Træ, I-bjælke H 47/350	0,01
100.	Træ, I-bjælke H 47/350	Træ, I-bjælke H 47/400	0,01
101.	Træ, I-bjælke H 47/400	Træ, I-bjælke H 47/450	0,01
102.	Træ, I-bjælke H 47/450	Træ, I-bjælke H 47/500	0,01
103.	Træ, I-bjælke HB 97/250	Træ, I-bjælke HB 97/300	0,01
104.	Træ, I-bjælke HB 97/300	Træ, I-bjælke HB 97/350	0,01
105.	Træ, I-bjælke HB 97/350	Træ, I-bjælke HB 97/400	0,01
106.	Træ, I-bjælke HB 97/400	Træ, I-bjælke HB 97/450	0,01
107.	Træ, I-bjælke HB 97/450	Træ, I-bjælke HB 97/500	0,01
108.	Træ, I-bjælke HI 70/200	Træ, I-bjælke HI 70/220	0,00
109.	Træ, I-bjælke HI 70/220	Træ, I-bjælke HI 70/250	0,00
110.	Træ, I-bjælke HI 70/250	Træ, I-bjælke HI 70/300	0,01
111.	Træ, I-bjælke HI 70/300	Træ, I-bjælke HI 70/350	0,01
112.	Træ, I-bjælke HI 70/350	Træ, I-bjælke HI 70/400	0,01
113.	Træ, I-bjælke HI 70/400	Træ, I-bjælke HI 70/450	0,01
114.	Træ, I-bjælke HI 70/450	Træ, I-bjælke HI 70/500	0,01

CO₂-krav og særlige bygningsforudsætninger

Fra 2023 skal alle nye bygninger i Danmark dokumentere klimapåvirkning ved hjælp af livscyklusvurderinger. Bygninger større end 1.000 m² skal i øvrigt leve op til en CO₂-grænseværdi på 12 kg CO₂-ækv/m²/år.

Kravet er udformet på baggrund af konventionelt byggeri som kontor- og boligbyggeri, hvilket ikke afspejler alle bygninger, som yder en særlig funktion. Der er altså et behov for at forstå, om der vil være situationer for nyopførte bygninger, der har en særlig bygningsforudsætning, som gør, at CO₂-kravet ikke kan overholdes.

Rapporten undersøger derfor, hvilke særlige forudsætninger der kan medføre overskridelse af CO₂-grænseværdien, og i hvilke tilfælde overskridelsen kan tillades. Derudover udarbejdes en beregningsmodel, som kan fastsætte en værdi for den tilladte overskridelse.