



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

LCA i tidlig bygningsdesign

Introduktion til metoden og eksempler på miljøprofiler

Kanafani, Kai; Zimmermann, Regitze Kjær; Birgisdottir, Harpa; Rasmussen, Freja Nygaard

Publication date:
2019

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Kanafani, K., Zimmermann, R. K., Birgisdottir, H., & Rasmussen, F. N. (2019, feb.). LCA i tidlig bygningsdesign: Introduktion til metoden og eksempler på miljøprofiler. (1 udg.) Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

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.



LCA I TIDLIG BYGNINGSDESIGN



INTRODUKTION TIL METODEN OG EKSEMPLER PÅ MILJØPROFILER

| | |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Titel | LCA i tidlig bygningsdesign |
| Undertitel | Introduktion til metoden og eksempler på miljøprofiler |
| Udgave | 1. udgave |
| Udgivelsesår | 2019 |
| Forfattere | Kai Kanafani, Regitze Kjær Zimmermann, Harpa Birgisdottir, Freja Nygaard Rasmussen |
| Sprog | Dansk |
| Sidetal | 30 |
| Emneord | Livscyklusvurdering, LCA, bygningsdesign, miljøprofil |
| ISBN | 978-87-563-1902-7 |
| Layout og illustrationer | Kai Kanafani, Regitze Kjær Zimmermann |
| Udgiver | Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk |

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

| | | | |
|----------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| Forord | 1 | Miljøprofiler | 14 |
| Ordforklaring | 2 | Indledning | 14 |
| Introduktion | 3 | Eksempelkatalog | 14 |
| Kort fortalt om LCA | 4 | Byggetekniske definitioner | 14 |
| Overblik | 4 | Forudsætninger | 15 |
| LCAbyg | 5 | Resultater | 15 |
| LCA overslag | 5 | Bygningsanalyser | 16 |
| Elementer i en LCA | 6 | Generelt | 16 |
| Sammenlignelighed | 6 | Bygningstypologi | 16 |
| Livscyklusfaser | 7 | Antal etager | 18 |
| Levetider | 9 | Etagehøjde | 18 |
| Miljødata | 10 | Facadens åbningsgrad | 19 |
| Fuldstændighed | 11 | Kompakthed | 19 |
| Analyse og usikkerhed | 12 | Dæk | 20 |
| | | Ydervægge | 22 |
| | | Indervægge | 24 |
| | | Tage | 26 |
| | | Vinduer / glasfacader | 28 |
| | | Installationer | 29 |

Forord

Der har i mange år været stor fokus på bygningers driftsenergiforbrug, ikke mindst gennem stramninger af bygningsreglementet. Efter de seneste års reduktion af energiforbruget er interessen i bygningers indlejrede miljøeffekter steget. Formålet med denne publikation er at give bygherre og rådgiver viden om og redskaber til at reducere miljøpåvirkninger relateret til byggematerialers miljøaftryk over hele bygningens livscyklus.

Ønsket er at gøre livscyklusvurderinger tilgængeligt for en endnu bredere kreds af professionelle og bygherrer, så miljøbelastningen forårsaget af byggeri kan reduceres.

Udgivelsen er udarbejdet i forbindelse med PSO-projekt 349-051 'Lavenergibygninger og indlejret energi i et bæredygtighedsperspektiv: ny viden & værktøjer for rådgivere og bygherrer'.

Projektet blev gennemført af Statens Byggeforskningsinstitut sammen med projektpartnerne Bygherreforeningen, Arkitektforeningen, Konstruk-tørforeningen og IDA Byg. Partnernes medlemmer har bidraget til videreudvikling af værktøjet LCAbyg og til udvikling af denne publikation med deres deltagelse i en række workshops og kurser. SBI vil gerne takke alle, som har bidraget.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Energieffektivitet, Indeklima og Bæredygtighed

Søren Aggerholm
Forskningschef

Ordforklaring

| | | | | | |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Byggevarer | Betegner her den mindste konstruktive enhed, fx en mursten, folie eller isoleringsmåtte. En eller flere byggevarer udgør en funktionel sammenhængende <i>konstruktion</i> . Byggevarer er produkter, som kan bestå af en eller flere materialer. <i>Livscyklusfasen A1-3</i> omfatter byggevarers produktion. | Indlejret energi | Den del af <i>Total Primary Energy</i> , som er relateret til <i>byggevarer</i> og derfor ikke er bygningsdrift. Regnskabet giver et positivt tal, hvis der bliver forbrugt energi, fx til produktion af en mursten. | Miljødata | Miljøeffekten på baggrund af materialestrømme og processer, typisk relateret til en byggevarer. Angivet i <i>miljøpåvirknings-</i> og <i>ressourceindikatorer</i> . De fleste miljødata i LCAByg stammer fra den tyske miljødatabase Ökobaudat. |
| Bygningsdel | Betegner her en afsluttet funktionel del af bygningens struktur fx ydervæg, tag eller dæk. Bygningsdele består af en eller flere <i>konstruktioner</i> . | Klimabelastning | <i>Miljøpåvirkningsindikator</i> for den potentielle globale opvarmning af jordens overfladetemperatur på baggrund af øget koncentration af drivhusgasser, som bidrager til drivhus-effekten. Enheden er CO ₂ -ækvivalenter, hvor de forskellige drivhusgassers påvirkning bliver omregnet til kuldioxid klimabelastning. | Miljøaftryk, Miljøprofil, Miljøpåvirkning | Effekten, som en bygning eller anden enhed har på miljøet, målt i forskellige <i>miljøpåvirknings-</i> og <i>ressourceindikatorer</i> jf. EN 15987 eller 15804. |
| CO₂-aftryk, carbon footprint | Se <i>Klimabelastning</i> | Konstruktion | Betegner her en funktionel del af en <i>bygningsdel</i> , fx ydervæggens facadebeklædning eller etagedækkets gulv. Består af en eller flere <i>byggevarer</i> . | Miljøpåvirkningsindikator | Bygningers miljøpåvirkning kan opdeles i flere kategorier, der hver opgøres i en tilknyttet indikator jf. EN 15987 eller 15804. |
| End of life, EoL | Endt levetid, dvs. tidspunktet, hvor et emne er udtjent. Betegner tilsvarende fasen i en bygnings eller <i>bygningsdels</i> livscyklus efter endt levetid. | Levetid | Bygningers eller bygningsdeles teoretisk antagede levetid. Ved <i>endt levetid</i> regnes med at bygningsdelen udskiftes. Se også SBI-rapport 2013:30. | Miljøvaredeklaration | En vurdering af en byggevarers miljøaftryk efter EN 15804, som kan indgå i en LCA af en bygning. Indenfor bestemte produkter skal man overholde ensartede beregningsregler (Product Category Rules, PCR) for at sikre sammenlignelige resultater. |
| Environmental Product, Declaration, EPD | Se <i>Miljøvaredeklaration</i> | Life Cycle Assessment, LCA | Se <i>Livscyklusvurdering</i> | Ressourceindikator | Ligner <i>miljøpåvirkningsindikator</i> , men dækker over forbrug af ressourcer. |
| Funktionel ækvivalent | To emner med sammenlignelige primære funktioner og leverede ydelser betegnes som funktionel ækvivalente. | Livscyklus | Bygningers livscyklus er perioden fra udvinding af råstoffer til nedrivningen, dvs. fra vugge til grav. Den er opdelt i livscyklusfaser jf. EN 15978. | Total Primary Energy, PEtot | <i>Ressourceindikator</i> for forbruget af primærenergi fra både vedvarende og fossile kilder. |
| Genbrug, genanvendelse | Når materialer indgår i en ny livscyklus. Genbrug er direkte anvendelse af fx en eksisterende dør i en ny væg. Genanvendelse er omdannelse til et nyt produkt, fx knust beton som vejfyld. | Livscyklusvurdering | En standardiseret vurdering af potentielle <i>miljøpåvirkninger</i> og <i>ressourceforbrug</i> over en bygnings <i>livscyklus</i> . | | |
| Global Warming Potential, GWP | Se <i>Klimabelastning</i> | | | | |

Introduktion

Denne publikation er lavet i kombination med en ny version 4.0 beta af beregningsværktøjet LCAByg, og begge dele kan med fordel supplere hinanden. LCAByg er et værktøj til livscyklusvurderinger (LCA) for bygninger, og publikationen underbygger værktøjet med beskrivelser af de væsentlige koncepter og forudsætninger i LCA, og hvordan man kan forholde sig til dem. Den giver inspiration til design med eksempler på bygningsdeles miljøaftryk, hvis baggrundsdata ligger i LCAByg. Selve anvendelse af værktøjet er forklaret i den medfølgende brugervejledning. I det følgende omtales funktioner, der relaterer sig til den nye version med LCAByg 4.0 beta, men der refereres til LCAByg, hvis der er tale om funktioner, som begge version har til fælles. Publikationen er bygget op omkring to dele.

I den første del gennemgås en række emner, som livscyklusvurderinger af bygninger skal forholde sig til i henhold til den europæiske standard EN 15978, som sætter rammerne for vurderingen af bygningers miljømæssige kvalitet. Det fulde omfang og detaljeringsgrad af de beskrevne procedurer, der relaterer sig til hele bygningens livscyklus, kan dog ikke imødekommes i dagens praksis, da det beror på data og viden i et omfang, som ikke er tilgængelig i dag i den danske byggebranche.

Både publikationen og LCAByg 4.0 tager udgangspunkt i den europæiske standard, som den benyttes i den danske byggebranche, herunder i DGNB-certificeringsordningen. Publikation og værktøj skal ses som redskaber, der byder

på en række forenklinger i arbejdet med at udføre LCA og styre en bygnings miljøaftryk gennem designprocessen. LCA'en kan kvalificeres med større nøjagtighed i takt med projektets udvikling.

Vigtige elementer i LCA, såsom sammenlignelighed, livscyklusfaser, levetider, fuldstændighed, miljødata og analyse og usikkerhed, beskrives først generelt. Derefter er der angivet, hvilken afgrænsning der anvendes i LCAByg og denne publikation.

Del to i publikationen giver nogle eksempler på miljøprofiler, både for bygninger og bygningsdele.

Der er vist, hvordan forskellige bygningers egenskaber kan komme til udtryk i miljøaftrykket, herunder med hensyn til bygningers geometri, åbningsgrad, bygningstype og andre karakteristika. Formålet er at skabe en forståelse, for hvilke parametre der kan påvirke resultaterne. Eksemplerne er ikke udtømmende, men skal inspirere til selv at udforske årsag og virkningssammenhæng.

Til sidst gives en række eksempler af bygningsdeles miljøprofiler. Bygningsdelene er inddelt i tre lag, hvoraf den midterste del omfatter den bærende og varmeisolerende funktion, og hvor de to øvrige lag omfatter afsluttende overflader. Oversigterne viser miljøaftrykket af 1m² af hvert lag, hvilket skaber en mængdemæssig sammenlignelighed mellem de forskellige lag og konstruktioner. Formålet er at anskueliggøre, hvordan enkelte materialer og de konstruktionstyper de indgår i, påvirker bygningens samlede

miljøprofil. Samtlige præsenterede bygningsdele findes i eksempel-kataloget i LCAByg 4.0 beta. Selvom et større antal rådgivere har bidraget til bygningsdelenes udvalg og opbygning, må løsningerne betragtes som udpluk af eksempler, som kan bruges til LCA-overslag. Når bygningsdelenes opbygning er kendt i et konkret projekt, må rådgiveren tilpasse eksemplerne i LCAByg eller anvende egne løsninger. LCAByg giver mulighed for, på flere niveauer, at anvende, tilpasse eller definere nye løsninger.

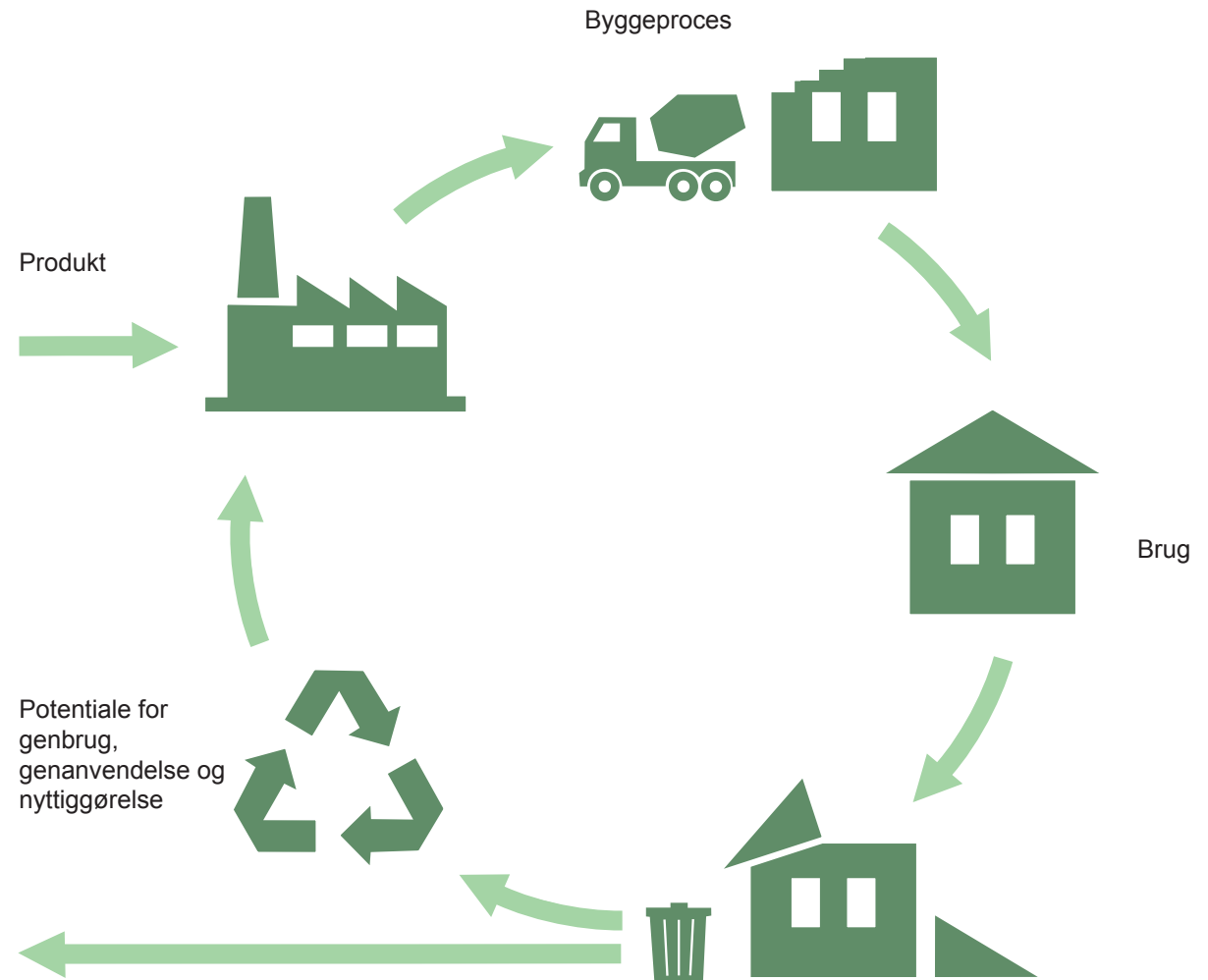
Kort fortalt om LCA

Overblik

Bygninger står for en stor del af det globale ressourceforbrug og affaldsdannelse og dermed også potentielle miljøbelastninger, der knytter sig hertil. Det er derfor væsentligt at nedbringe byggeriets miljøaftryk. Livscyklusvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) er en anerkendt og standardiseret metode til vurdering af potentielle miljøpåvirkninger af produkter og ydelser. Metoden er baseret på en kvantificering af ressourcebrug og miljøpåvirkning, som muliggør sammenligning af løsninger. Med baggrund i metoden er det muligt at definere mål i form af reference- eller grænseværdier, på samme måde som energirammen, når en række forudsætninger og definitioner er overholdt.

Afgørende for LCA er betragtningen af bygningens livscyklus frem for en snæver betragtning af dele af livscyklussen, for eksempel driftsenergi i brugsfasen. I stedet for at begrænse vurderingen til driftsenergibehov, medregnes der også hidtidige 'blinde pletter' i vurderingen, herunder hvor store indlejrede påvirkninger, der stammer fra byggematerialer. Derudover reducerer en helhedsbetragtning risikoen for at nogle miljøpåvirkninger kan flyttes til de dele af livscyklussen, som ikke er omfattet betragtningen og dermed forsvinder fra regnskabet.

På sigt forventes det, at den høje standard, som er opnået med henblik på udviklingen af lavenergibyggeri, udvides til en mere helhedsorienteret vurdering af bygningers livscyklus.



Bygningens skematiske livscyklus

LCAByg

LCAByg er et beregningsværktøj til at udføre LCA for bygninger. Værktøjet blev udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut og udgivet af Energistyrelsen (nu Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen) i 2015. Værktøjet er gratis, godkendt til brug som DGNB-dokumentation og er siden udgivelsen løbende blevet opdateret.

I forbindelse med udgivelsen af denne publikation om LCA i tidlige designfaser er der også udgivet en ny LCAByg 'version 4.0 beta'. Værktøjet udgives sideløbende med LCAByg's officielle version 3. Der er ikke forskel i selve beregningsmetode og –forudsætninger, hvorfor identiske input vil give identiske resultater.

De nye funktioner i version 4.0 er derimod en nemmere og hurtigere indtastning af bygningsmodel gennem en ny brugergrænseflade og integrationen af et katalog over konstruktionseksempler. Derudover understøtter version 4.0 estimering af udefinerede mængder og dimensioner og giver mulighed for sammenligning af miljøaftryk ved valg af løsninger.

Hent programmet og brugervejledningen på www.LCAByg.dk.

LCA overslag

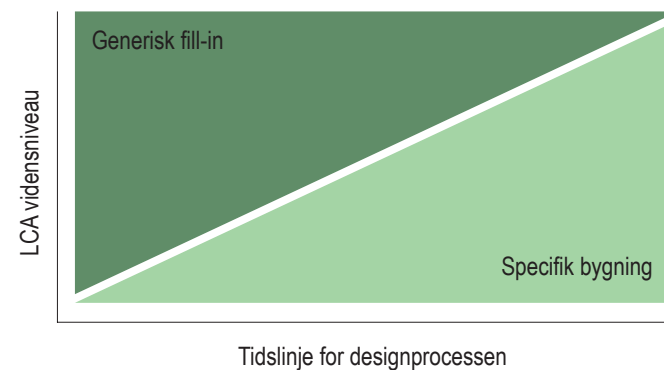
Da de mest gennemgribende beslutninger tages i de indledende projektfaser, kan bygningers miljøaftryk ligeledes påvirkes mest effektivt i de indledende faser for efterfølgende at blive konkretiseret i projektføreløbet.

Beregning og vurdering af de indlejrede miljøpåvirkninger i materialer, forudsætter data om de anvendte byggevarer og deres mængde. Når bygningens udformning og materialevalg ikke er endeligt fastlagt, kan der ikke beregnes en nøjagtig miljøprofil. Mangel på information pga. ikke-defineret udformning og materialevalg må derfor erstattes af et estimat vedrørende mængde og konstruktionstype.

Da LCA stadig er forholdsvis nyt i byggebranchen, og der ikke findes tilstrækkeligt erfaringsgrundlag fra gennemførte livscyklusvurderinger, kan disse estimater ikke baseres på cases for typiske konstruktionsmetoder eller bygningstyper. Erfaringstal fra et større antal LCA'er forventes dog at foreligge i løbet af et kort årrække.

Den valgte tilgang i LCAByg 4.0 er at integrere en række eksempelkonstruktioner og hjælp til at estimere tekniske installationsløsninger. Sammen med muligheden for at tilpasse disse løsninger til de konkrete projekters behov, kan der opnås en fuldstændig bygningsmodel allerede på baggrund af fx skitseforslaget.

Unøjagtigheder kan forekomme i forskellen mellem de antagne arealer af bygningsdele, dimensionering med hensyn til funktionskrav samt den konkrete opbygning sammenlignet med den endelige løsning. Estimatet kan give information til beslutninger i designprocessen og levere et foreløbigt miljøaftryk. Men det understreges, at der må accepteres en vis fejlmargen, som afhænger af ovennævnte inputvariable.



Knowledge gap

Tilgangen til at spænde bro over den manglende viden om konkrete mængder og materialevalg er at erstatte med estimater.

Elementer i en LCA

I dette afsnit gennemgås de bærende elementer i en bygnings-LCA, som har indflydelse på kvaliteten af vurderingen. Publikationens mål er at give grundlæggende viden for praktikere i at udføre og forstå en bygnings-LCA. For mere udtømmende viden henvises til standarden EN 15978 og gældende DGNB-manual, hvis projektet skal dokumenteres i henhold til certificeringsordningen. Se også det sidste afsnit med litteraturforslag samt publikationerne på LCAbyg.dk.

Sammenlignelighed

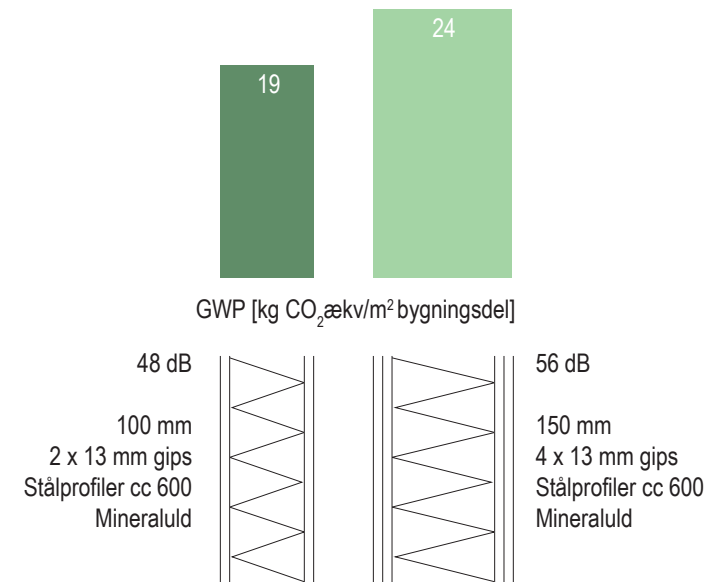
Når LCA-resultater anvendes som beslutningsgrundlag på baggrund af sammenligning af varianter, er det vigtigt, at varianterne er sammenlignelige. Inden der udføres LCA, skal det bestemmes, hvilket formål resultaterne skal tjene, da dette bestemmer udformningen af vurderingen.



De betragtede varianter skal være 'funktionelt ækvivalente', det vil sige at sammenligningen skal ske på basis af den samme leverede hovedydelse eller funktion. Derfor bør man ikke sammenligne bygninger med forskellig brug, fx kontorbygning og børnehave, uden videre. Ligeledes bør der kun sammenlignes løsninger for bygningsdele, som opfylder lignende funktioner fx med henblik på bæreevne eller isoleringsevne. Under alle omstændigheder skal de relevante funktionsmæssige egenskaber oplyses i en sammenligning, så resultatet sættes i kontekst.

ANVENDT AFGRÆNSNING

LCAbyg kræver en række oplysninger om bygningen, herunder bygningstype, arealer, levetid m.v., som belyser bygningens leverede ydelse i en LCA-sammenhæng. I værktøjets integrerede eksempel-katalog for konstruktioner gælder ligeledes en række fælles forudsætninger. Det isolerende midterste lag har samme U-værdi for lignende bygningsdele og svarer til isoleringskrav for tilbygninger i Bygningsreglementet 2018. Praktikerer må sørge for, at funktionerne indenfor bæreevne, brand, lyd og andre vælges eller justeres i henhold til den ønskede funktionelle ækvivalent.



Skillevæg i forskellige lydklasser

Lyddæmpning som eksempel på forskellig funktionel ydeevne.

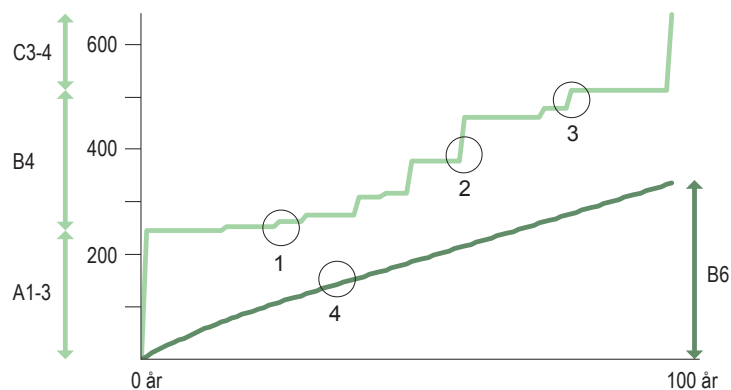
Livscyklusfaser

Grundlæggende omfatter LCA hele bygningens livscyklus, som er delt op i 5 faser og 17 underliggende moduler i henhold til EN 15978. Faser og moduler er illustreret på side 8. Opdelingen muliggør en modulær beskrivelse og håndtering af afgrænsede processer, der forekommer i byggeri. En livscyklus begynder med udvindingen af råstoffer eller genanvendelse af allerede eksisterende materiale og slutter med bygningens nedtagning og materialernes bortskaffelse og genanvendelse. På trods af sin faseopdelte struktur kan livscyklussen både imødekomme lineære processer fra produktion til affald og cirkulære materialestrømme, hvor materialer indgår i en ny cyklus.

Summen fra alle medtagne moduler udgør bygningens miljøprofil. Da en designløsning kan have en lav miljøpåvirkning i ét modul, men en høj miljøpåvirkning i et andet modul, er det vigtigt at vurdere varianter på basis af alle medtagne moduler. Et eksempel på dette er produktion og udskiftning. En bygningsdel kan have et lavt miljøaftryk, hvis man udelukkende ser på dens produktion. Men dens bidrag til bygningens samlede miljøaftryk kan være betragteligt, hvis produktet har en kort levetid og dermed behov for hyppig udskiftning.

ANVENDT AFGRÆNSNING

I LCAbyg kan der regnes på et udvalg af moduler, som er tilgængelige i øjeblikket i Danmark. Modulerne inkluderer produktion af byggevarer (A1-3), udskiftninger af bygningsdele (B4), driftsenergi (B6) og processer efter endt levetid (C3-4). Det forventes, at der udvikles metoder og data for at medtage flere moduler i fremtiden.

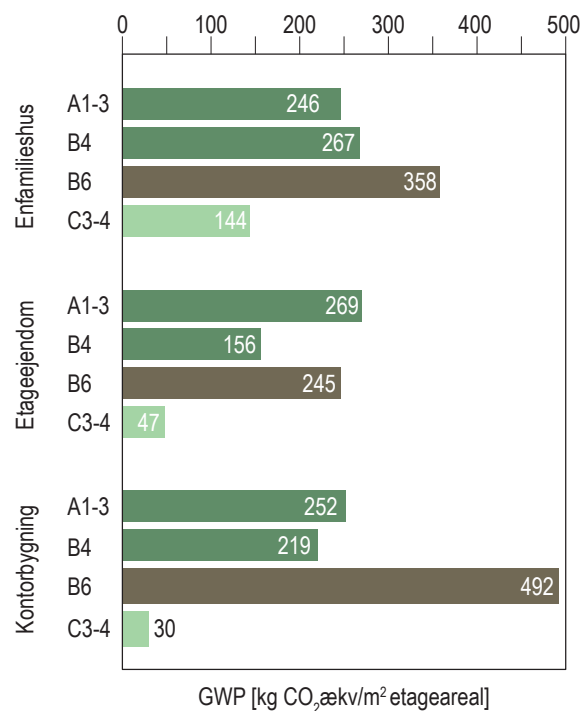


Drift og materialer

Diagrammet viser klimabelastningen af et enfamilieshus fordelt over husets levetid. Der vises separat bidrag fra bygningsdele (øverst) og forbrug af driftsenergi (nederst).

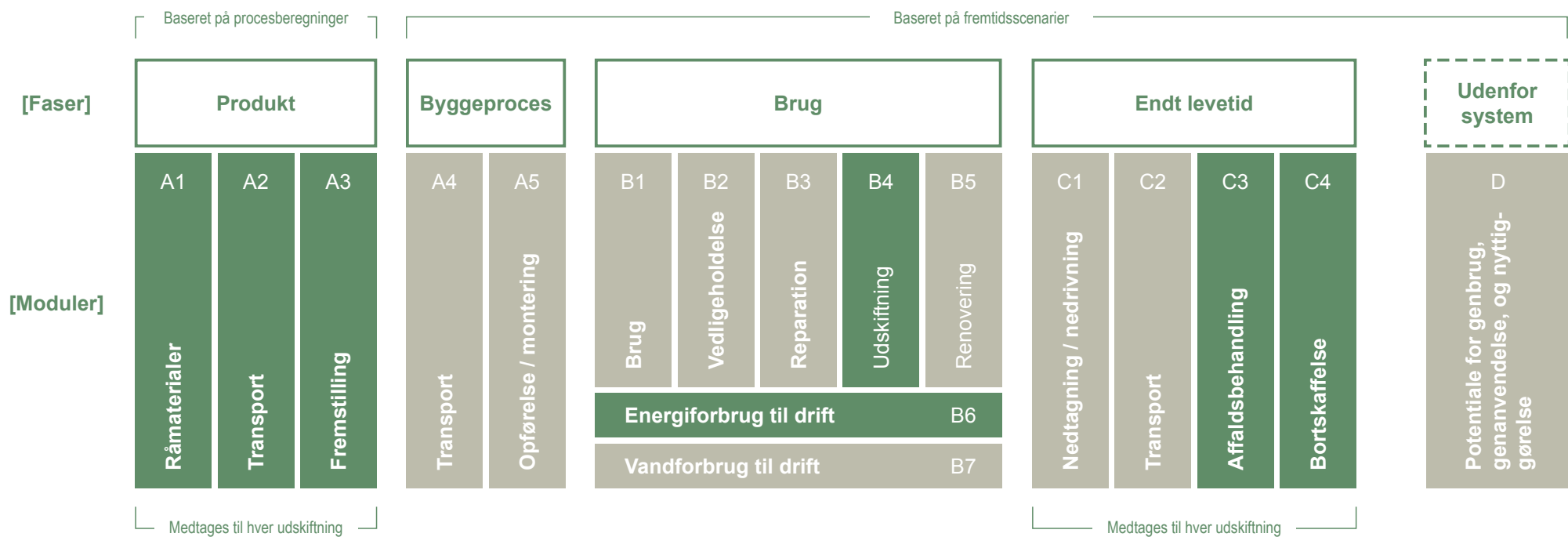
Kurverne kan fortolkes således:

1. Udskiftninger af materialer med kort levetid fx maling
2. Udskiftninger af både materialer med kort og længere levetid fx tagbelægning
3. Færre udskiftninger op til nedrivning
4. Fremskrivning af energiproduktion hen imod en større andel af vedvarende energi i fremtiden



Miljøprofiler af eksempelbygninger

Eksemplerne viser forskelle i de enkelte livscyklusmodulers bidrag til miljøprofilerne for en betragtningsperiode på 100 år. Eksempelbygningerne er beskrevet på side 17.



Produktion af byggevarer fra udvinding af råstoffer og fremstilling i fabrik med tilhørende transport.

Transport fra fabrik til byggepladsen og opførelse af bygningen. Medtages ikke i nuværende afgrænsning.

Bygningens brugsfase fra ibrugtagning til nedrivning. Driftsenergi kan importeres fra beregning efter BR18 / SBI-anvisning 213 om bygningers energibehov. Udskiftninger definerer, hvor mange gange en bygningsdel bliver erstattet med en ny indenfor bygningens levetid. Til hver udskiftning regnes der en ny fase for Endt Levetid (C3-4) samt en ny Produkt-fase (A1-3). Øvrige miljøaftryk fra bygningens brug, fx rengøring, vedligeholdelse, reparationer samt vandforbrug medtages ikke i nuværende afgrænsning.

Endt Levetid medtager ressourceforbrug og påvirkninger, når bygningen nedrives. Fasen indgår også i hver udskiftning af en bygningsdel.

Fasen omfatter muligheder for genbrug eller nyttiggørelse i en ny livscyklus.

Bygningens livscyklus

Bygningens livscyklus i henhold til EN 15978. De moduler, som er tilgængelige i LCAbyg og som omtales i denne publikation er markeret med mørkegrøn.

Levetider

I en LCA antages der forventede levetider for bygningen som helhed og for dens bestanddele. Betragtningstiden betegner den årrække, som bygningens LCA beregnes over, og som typisk er det samme som bygningens levetid. Denne periode indgår for det første i beregning af den akkumulerede driftsenergi, som er afgørende for størrelsesordenen af forholdet mellem operative og indlejrede påvirkninger. For det andet bestemmer perioden, hvor mange materialeudskiftninger der bidrager til miljøpåvirkningen.

Bygningens levetid vil være længere end mange af de bygningsdele, der indgår i bygningen. Med i beregningen hører derfor, at bygningsdele med kortere levetid skal udskiftes et antal gange i løbet af bygningens livscyklus. Hver gang en bygningsdel udskiftes, regnes der på miljøpåvirkninger for de moduler, der indgår i nedrivning og affaldshåndtering for den nedslidte bygningsdel, samt påvirkninger fra produktion og installering af den nye bygningsdel. For nogle bygningsdele vil levetiden derfor være afgørende for bidraget til bygningens samlede miljøpåvirkninger.

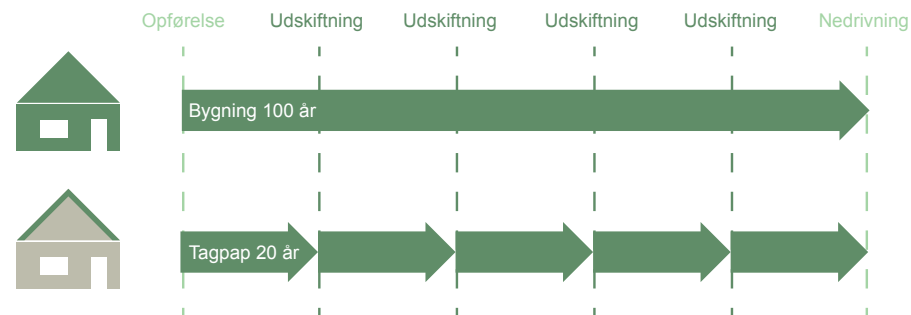
ANVENDT AFGRÆNSNING

LCAbyg 4.0 beta's eksempel-katalog af bygningsdele er baseret på levetider fra SBI-rapport 2013:30. Når brugeren selv opretter bygningsdele, giver LCAbyg 4.0 beta hjælp til at vælge levetider i henhold til rapporten.

Rapportens bestemmelse af bygningstypers levetider er opdelt i bygningsdeles placering og funktion samt materialevalg. Herfra er også medtaget regler om, at der i LCAbyg udelades udskiftninger i bygningens sidste 10 års levetid. Udskiftning af byggevare undlades også, hvis en byggevare vil have en resterende levetid i bygningen på under en tredjedel af byggevarens forventede levetid.

Udskiftning – kronologisk set

Eksemplet viser udskiftninger af tagpap inden for en bygnings levetid på 100 år.

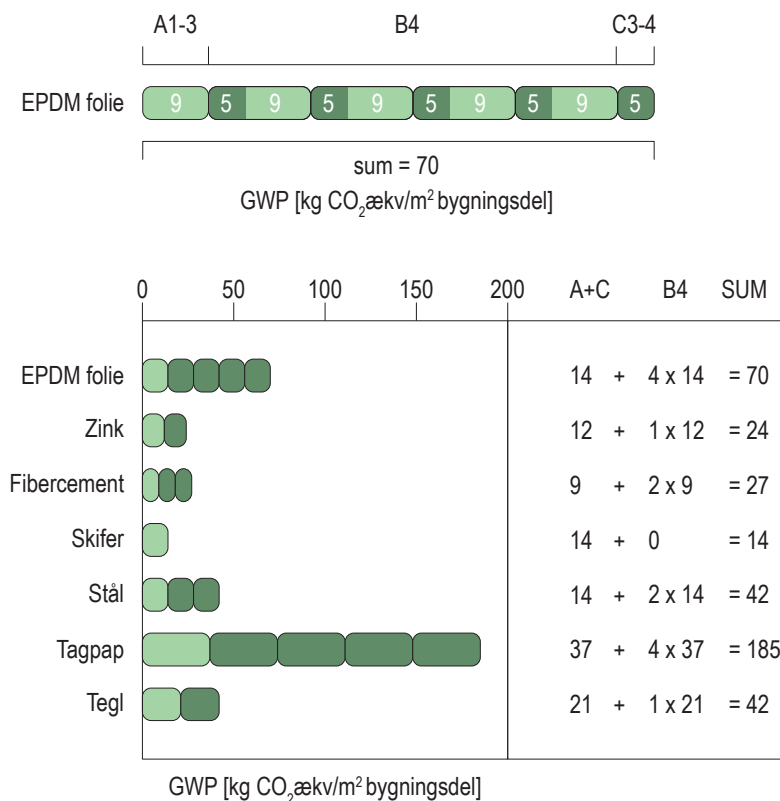


Udskiftning – i LCA-beregningen

Den øverste figur viser, hvordan en byggevarers miljøpåvirkninger er fordelt på livscyklusmoduler over 100 år med 4 udskiftninger. Faserne for Produkt (A) og Endt Levetid (C) indgår også i beregning af hver udskiftning (B4).

Diagrammet nedenunder viser eksempler på tagbelægningens bidrag til bygningens miljøprofil inddelt i Produkt og Endt Levetid (A+C, lysegrøn) og udskiftninger (B4, mørkegrøn). For hver udskiftning medtages nedrivning og opsætning af nyt produkt, svarende til A+C. Antallet af udskiftninger hhv. byggevarers levetid kan dermed have en stor indflydelse på byggevarers miljøprofil.

Der er kun medtaget selve belægningsprodukterne, ikke underkonstruktioner.



Miljødata

Bygningens belastning af miljøet bestemmes ud fra data om produkters og processers potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug, som beregnes for hver livscyklusmodul. Summen af modulernes bidrag udgør bygningens miljøaftryk.

Der er udviklet databaser med miljøpåvirkninger af en lang række produkter. Databaser specielt for byggeprodukter og bygningsdele reducerer kompleksiteten i praksis og giver også rådgivere og arkitekter i byggebranchen mulighed for at arbejde med LCA.

En anden kilde til miljødata er miljøvaredeklarationer (Environmental Product Declaration, EPD), som ofte udføres i regi af producenter eller brancheforeninger. Inddragelse af EPD'er bliver ikke uddybet i denne publikation.

ANVENDT AFGRÆNSNING

I LCAByg anvendes miljødata fra den tyske, frit tilgængelige database Ökobaumat, som dækker over de mest gængse byggevarer og bliver opdateret jævnligt.

Det er muligt at erstatte data fra databasen med en miljøvaredeklaration, hvis denne er mere repræsentativ for det pågældende projekt.

Bygningers LCA er standardiseret i EN 15978 med en række forskellige indikatorer, der viser miljøpåvirkning, ressourceforbrug og affaldsdannelse. LCAByg beregner altid resultater inden for 9 af disse indikatorer.

Det kan være vanskeligt at vurdere resultater for 9 eller flere indikatorer op mod hinanden. I nogle certificeringsordninger og udenlandsk lovgivning og praksis sammenfattes indikatorer derfor til et enkelt tal eller der udelades et antal indikatorer for derved at begrænse kompleksiteten. I begge tilfælde er der tale om en vægtning, da denne praksis introducerer en prioritering af de forskellige indikatorer.

Da nærværende publikation primært omhandler LCA på overslagsbasis og skal formidle LCA til alle interesserede, er der valgt at begrænse resultaterne til klimabelastning (Global Opvarmning, GWP) og indlejret energi (total Primærenergi, PETot).

| Indikator | Afkortning | Miljøproblem |
|-------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------|
| Klimabelastning | GWP | Udledning af drivhusgasser opvarmer de jordnære luftlag |
| Primærenergiforbrug | PETot | Forbrug af fossile og fornybare energikilder |
| Ozonlagsnedbrydning | ODP | Svækning af ozonlaget, som forstærker skadelig UV-stråling |
| Fotokemisk ozondannelse | POCP | Dannelse af skadelig jordnær ozon (sommersmog) |
| Forsuring | AP | Dannelse af planteskadende sur regn |
| Næringssaltbelastning | EP | For mange næringsstoffer bringer økosystemer i ubalance fx algevækst |
| Udtømning af abiotiske ressourcer | ADPe | Reduktion af tilgang til fx metaller og mineraler |
| Udtømning af abiotiske ressourcer – fossile brændsler | MJ | Fossile brændsler er en begrænset ressource |
| Forbrug af sekundære brændsler | Sek | Sekundære brændsler fx affald er en begrænset ressource |

Indikatorer for potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug

Liste over alle indikatorer for miljøpåvirkning og ressourceforbrug, som er tilgængelige i LCAByg. Listen udgør en delmængde af indikatorer i EN 15978.

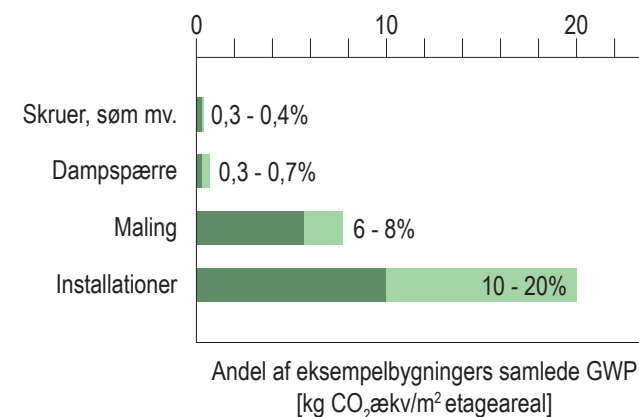
Fuldstændighed

Fuldstændighed handler om den detaljeringsgrad, der bruges, når bygningsdele indregnes i en LCA. Ifølge EN 15978 bør alle bestanddele af bygningen medtages i LCA. Hvis man ekskluderer materialer og deres miljøpåvirkning, fordi de ligger under en bagatelgrænse, skal det beskrives og konsekvenserne af dette vurderes. Dette skal modvirke, at en ufuldstændig bygningsmodel vil føre til et mere fordelagtigt resultat.

Når LCA udføres i forbindelse med bygningscertificering eller andre regelsæt, vil detaljeringsgraden blive defineret derudfra. I øvrige tilfælde anbefales den højst mulige detaljeringsgrad. Udeladelse af enkelte dele som fx skruer, forudsætter en vurdering af, at disse ikke har stor indflydelse på resultatet, hvilket er vanskeligt at argumentere for uden erfaringsgrundlag.

ANVENDT AFGRÆNSNING

LCAbyg giver mulighed for at tage udgangspunkt i bygningsdelene fra eksempelkataloget, som dækker over de fleste af bygningens elementer, har et højt detaljeringsniveau og samtidig er nemt at inddrage i modelleringen. Brugerdefinerede bygningsdele kan så baseres på katalogets detaljeniveau.



Bidrag til bygningens miljøprofil

Udvalgte emners bidrag til bygningens GWP, der spiller ind i fuldstændigheden af bygningsmodellen. Eksempelbygningerne er beskrevet på side 17.

Analyse og usikkerhed

En kritisk analyse af beregningsresultater er en vigtig bestanddel af en livscyklusvurdering. Først og fremmest hjælper analysen med at vurdere, hvor i bygningsdesignet der er potentiale for miljømæssige forbedringer. Derudover viser resultatanalysen ofte åbenlyse fejl i beregning af mængder og forkert indtastning generelt.

Udover en analyse af et givet resultat kan det være svært at gennemskue, hvilken indflydelse ændringer af enkelte variabler/indtastninger vil have på det samlede resultat. 'Følsomme' inputvariabler er kendetegnet ved en relativ stor indflydelse og kan dermed føre til en større 'usikkerhed' af resultatet. Følsom inputdata kan være relateret til bygningens design, materialevalg, dimensioner og arealer eller mere LCA-specifikke faktorer som fx valg af miljødata, levetider, som har betydning for antal af udskiftninger.

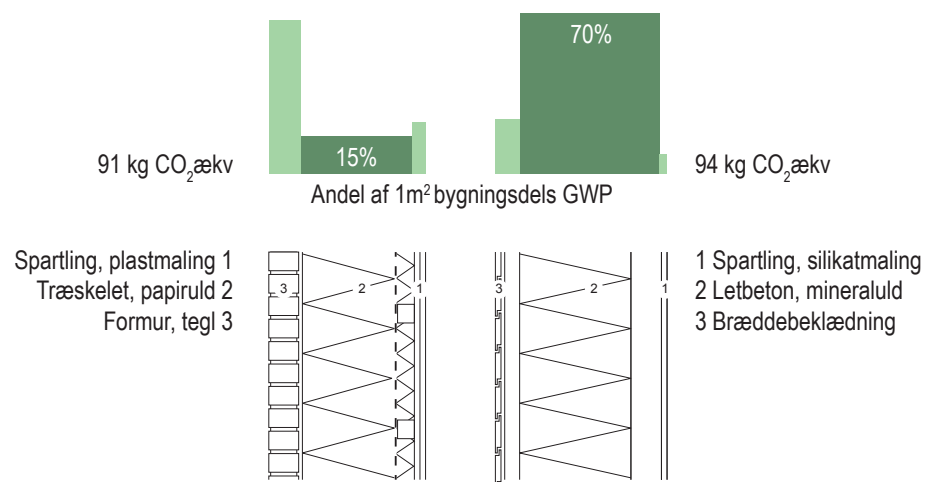
Det miljømæssige forbedringspotentiale kan undersøges på forskellige niveauer. Analyser af resultater kan fokusere på fordelingen af miljøpåvirkninger mellem de inkluderede livscyklusfaser og moduler eller gå helt ned på materiale niveau. Dermed øges forståelsen for LCA's resultater og eventuelle alternativer i bygningsdesignet kan efterprøves med henblik på at optimere miljøaftrykket.

ANVENDT AFGRÆNSNING

Analysefunktioner i LCAByg gør det muligt at sammenligne varianter, både på bygnings-, konstruktions- og byggevarer niveau og dermed at optimere bygningens miljøprofil. Funktionerne kan anvendes til at finde og undersøge de inputdata med den største påvirkning på resultatet. Det kan være en konstruktion, som både indgår med stor mængde og/eller har et stort relativt miljøaftryk. Denne analyse er nyttig for at finde mulige fejl i indtastning af mængder og for at vurdere, om de valgte miljødata er repræsentative for byggevarerne, der bruges i bygningen.

Dimensionering af midterlaget som eksempel på følsom indata

Dimensionering af materialer med hensyn til bæreevne og varmeisolerende kan ændres i løbet af projekteringen. I ydervæggen til højre udgør midterlaget 70% af bygningsdelens klimabelastning. Derfor vil en ændring i dimensionering give et forholdsvis større udslag for resultatet sammenlignet med en ændring af eksemplet til venstre – selvom begge varianter har en lignende klimabelastning på hhv. 91 og 94 kg CO₂ ækv, samlet set.



Miljøprofiler

Indledning

Dette afsnit indeholder eksempler på miljøaftrykket af en række bygningsdele og eksempelbygninger. Formålet er at give læseren en indikation af mulige konsekvenser af materialevalg og bygningens udformning.

Beregninger for hele bygninger er baseret på opstillede eksempelbygninger indenfor tre bygningstyper, og resultaterne kan dermed ikke betragtes som gennemsnitsværdier.

Eksempelbygningerne analyseres ved forskellige ændringer i design for at give en forståelse af, hvilke designvalg der kan påvirke en LCA.

Alle bygninger og bygningsdele er opbygget med emner fra eksempelkataloget i LCAByg 4.0 beta, som blev udviklet til anvendelse i overslags-LCA.

Miljøprofil og miljøaftryk bruges her synonymt for miljøpåvirkningen, hhv. ressourceforbruget af 1m² bygning eller bygningsdel over en periode på 100 år. Ud af miljøpåvirkningskategorierne fra EN 15978 er klimabelastning (Global Warming Potential, GWP) og indlejret energi (Total Primærenergi, PE_{tot}) medtaget. Desuden gælder de i det foregående afsnit beskrevne afgrænsninger og regler for brug af miljødata.

Eksempelkatalog

LCAByg 4.0 beta indeholder et katalog over eksempler på bygningsdele og installationer relateret til nybyggeri i Danmark. Kataloget kan bruges til at udføre LCA på overslagsbasis eller til at erstatte de bygningsdele eller installationer, som endnu ikke er defineret i et projekt, således at der opnås en fuldstændig bygningsmodel.

Det er muligt i LCAByg 4.0 beta at oprette egne bygningsdele uafhængigt af kataloget eller bruge eksempelkonstruktioner som udgangspunkt og tilpasse dem efter behov.

Bygningsmodellens struktur i LCAByg 4.0 beta og dermed eksempelkataloget er opbygget af bygningsdele, som er sammensat af en eller flere konstruktioner, som ligeledes består af et antal byggevarer. De rumbegrænsende bygningsdele, såsom tag, dæk og vægge, består af tre funktionsopdelte konstruktionslag: Et bærende og isolerende lag i midten og et beklædende lag på hver sin side. Lagopbygningen muliggør en nem og systematisk vurdering af funktionel sammenlignelige dele af bygningen. Lagene udgør pakker af en eller flere byggevarer, som man ellers ville skulle tage stilling til enkeltvis. Andre grupper af bygningsdele består af 1-3 konstruktionslag, som svarer til logiske bestanddele.

I praksis sammensættes bygningsdele af lag fra enten kataloget eller brugerens egne opbygninger.

En ydervæg kan fx bestå af:

1. Lag: Indvendig overflade af puds med maling
2. Lag: Kerne af isolering og en bagmur
3. Lag: Klimaskærm af mursten

Det kræver byggefaglig viden at vurdere, hvilke kombinationer af lag der er teknisk korrekte og overholder gældende krav. I nogle tilfælde kan løsningen bestå af kun to lag, fx ved en dækkonstruktion med gulvbelægning, men uden loftsbeklædning. I renoveringer er det endvidere muligt kun at medtage de lag, som tilføjes i projektet; fx for en ny tagbelægning, hvor tagkonstruktionen og loft ikke er berørt.

Byggetekniske definitioner

Eksempelkataloget er udviklet på basis af en række byggetekniske antagelser og forudsætninger. Det komplette katalog, samt mere detaljerede definitioner, kan findes i LCAByg 4.0 beta og tilhørende brugervejledning.

Kataloget dækker over løsninger indenfor bygningstyperne boliger, skoler/institutioner og kontorer på op til fem etager. Et gennemgående princip er, at alle antagelser angående dimensionering, opbygning og miljødata følger konservative antagelser. Det betyder, at det er muligt at opnå en miljømæssig forbedring ved at udarbejde projektspecifikke, brugergenererede bygningsdele.

Da det midterste konstruktionslag dækker over de bærende og varmeisolerende funktioner af bygningsdelen, er deres bidrag til bygningsdelens miljøaftryk direkte afhængig af den konkrete dimensionering. Dette gælder ikke for det to beklædende lag, hvis bidrag kan betragtes som mere konstante.

Isoleringen, som er i det midterste lag i kataloget, læner sig op ad BR18-krav til U-værdier for tilbygninger. Den bærende del, som også er i det midterste lag, findes for nogle bygningsdele flere varianter med forskellige dimensioner og dermed bæreevner. Vindspærre er typisk placeret i ydervæggens facadebeklædning. Dampspærre er anvendt i alle midterste lag af klimaskærmen i de tilfælde, hvor ydervæggens bærende lag ikke er damp tæt i forvejen.

Konstruktioner er defineret med en høj detaljeringsgrad hvad angår dimensionering og medtagne byggevarer. Der medtages bl.a. fastgørelsesmidler, folier og maling. Ikke desto mindre vil byggerier altid indeholde flere end de angivne byggevarer, herunder afsluttende løsninger til kanter, hjørner eller lignende.

Forudsætninger

Miljøprofilerne udgør et udpluk fra eksempelkataloget. Resultaterne er orienterende og kan i nogle tilfælde ikke direkte sammenlignes, da nogle af de anførte konstruktioner har forskellig funktionel ydeevne med hensyn til

bæreevne, lydisolering, varmekapacitet m.v. Derudover må bygningsdele betragtes i den sammenhæng, de indgår i, dvs. en konkret bygning.

Uddybende oplysninger om de enkelte konstruktioner, herunder opbygning, indhold af byggevarer, mængder og dimensioner, kilde for miljødata m.v., findes i LCAByg 4.0 beta og tilhørende brugervejledning.

Bygningens levetid er bestemt til 100 år, og resultaterne vises for indikatorerne klimabelastning og indlejret energi. Livscyklusfaserne indebærer produktfasen, udskiftninger og affaldsbehandling/bortskaffelse.

Resultater

Resultater for miljøpåvirkning og ressourceforbrug kan afvige fra indikator til indikator. Som eksempel har træ en lav klimabelastning, men et stort indhold af indlejret energi. Da træ binder CO₂ under væksten, fungerer bygninger som CO₂-lager. CO₂-en udledes til atmosfæren, når træet fjernes fra bygningen og enten rådner eller afbrændes, fx som byggeaffald. Påvirkningen af CO₂ fra træ og andre plantebaserede produkter er derfor begrænset til hugst, bearbejdning, transport og affaldsbehandling.

Regnskabet for de energimæssige aspekter giver et andet resultat. Under væksten optager træ solenergi. Ved Endt Levetid kan denne indlejrte energi udnyttes til vedvarende energiproduktion ved afbrænding – til forskel fra CO₂.

Der opnås en miljømæssig fordel, hvis biomasse erstatter fossile brændsler. Træets relativt høje indhold af primær energi kan derfor forklares ved, at træet ikke kun er et byggemateriale, men også en vedvarende energiressource.

En anden væsentlig forklaring på variation i resultater skyldes konstruktioners forskelle i densitet. Densiteten varierer, hvor materialet skal opfylde forskellige funktioner i bygningen. Den forholdsvis store klimabelastning af fiberbaseret trykfast isolering skyldes ofte en forhøjet densitet sammenlignet med anvendelsen som blød måtte i en skeletkonstruktion. Materialeforbruget øges i dette tilfælde yderligere ved en større nødvendig tykkelse for at opnå en given U-værdi. Til sidst gælder der strammere U-værdikrav for tage og terrændæk, som igen kræver en større tykkelse.

Bygningsanalyser

Generelt

Hver bygnings geometri består af et specifikt forhold mellem arealer af vægge, dæk, åbninger og andre bygningsdele. Ligesom geometrien har en påvirkning på varmetabet i en bygningen, når der justeres på forholdet mellem klimaskærmens overflade og bygningens volumen, så har geometrien også en påvirkning på materialernes miljøaftryk. Dette afsnit belyser bygningsgeometriens indflydelse på miljøaftrykket isoleret set, dvs. uden at variere materialevalget. Der er beregnet miljøprofiler på basis af tre tænkte bygningseksempler. I de forskellige studier, som er repræsenteret af en graf hver, er der varieret én parameter, som er relateret til bygningsdesign. I analysen af kompakthed varieres kontoreksemples grundplan.

Bygningstypologi

Der kan konstateres tydelige forskelle i miljøaftryk mellem enfamilieshuset og større og højere bygninger. Bygningsdelene terrændæk og tag fylder væsentligt mere i den 1-etagers miljøprofil og er årsagen til, at enfamilieshusets har det højeste resultat per kvadratmeter etageareal. Indflydelse af terrændæk og tag på hele bygningens resultat aftager, jo flere etager, dvs. jo flere andre bygningsdele, der tilføjes. Den samme tendens gælder for fundamenter, men på et lavere niveau.

Der kan imidlertid være andre parametre, som eventuelt modvirker dette princip. Selvom etageboligen er to etager højere, har terrændækket en større relativ klimabelastning end kontorbygningens. Dette skyldes, at etageboligens kælder har en tyk bundplade mod vandtryk, som øger terrændækkets bidrag væsentligt.

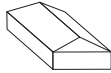


Miljøprofil opdelt på bygningsdele

Bygningsdelenes andel af miljøaftrykket for 3 forskellige typer bygninger.

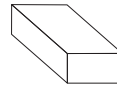
Eksempel 1: Enfamilieshus

| | |
|------------------|---------------------------|
| Bruttoetageareal | 150m ² |
| Antal etager | 1 |
| Kælder | - |
| Etagehøjde | 2,5m |
| Statisk princip | Bærende vægge |
| Tag | Skrå tag, træspær |
| Tagbelægning | Tegl |
| Terrændæk | Beton, EPS-isolering |
| Ydervægge | Porebeton, formur af tegl |
| Indervægge | Porebeton |
| Vinduer | Træ-alu, 3-lags rude |
| Opvarmning | Fjernvarme, gulvvarme |



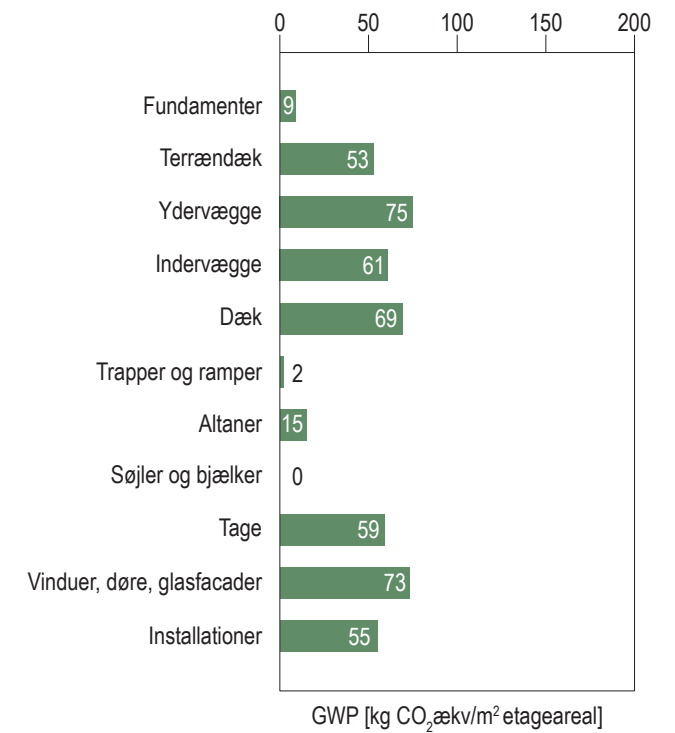
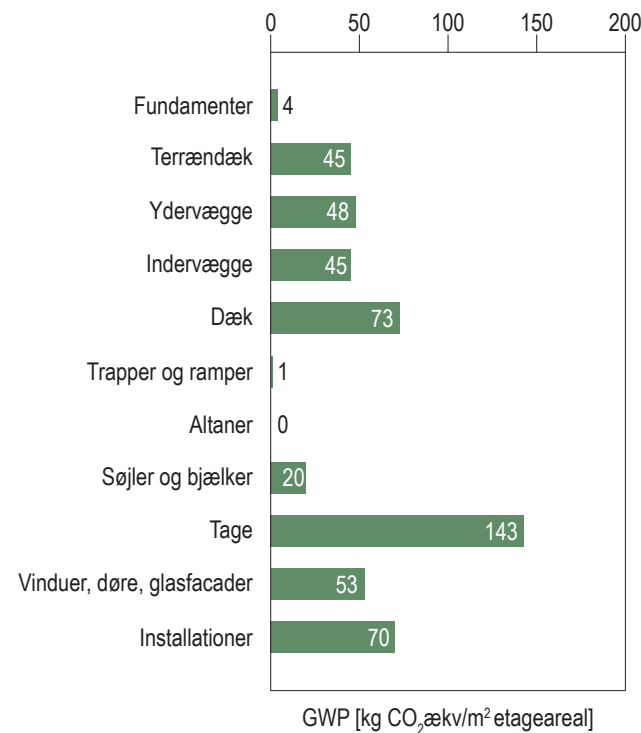
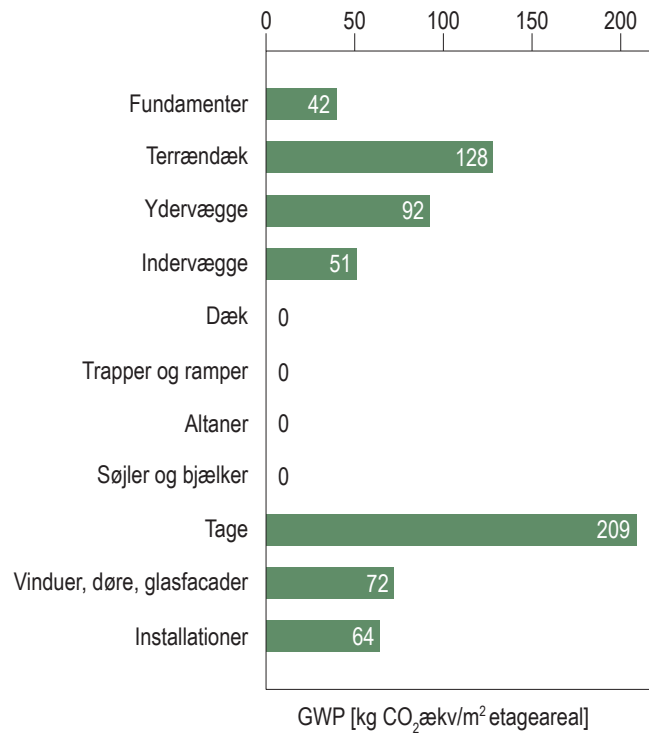
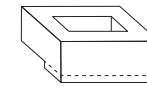
Eksempel 2: Kontorbygning

| | |
|------------------|--------------------------|
| Bruttoetageareal | 3.000m ² |
| Antal etager | 3 |
| Kælder | - |
| Etagehøjde | 3,6m |
| Statisk princip | Søjle/bjælke |
| Tag | Flad tag, betonhuldæk |
| Tagbelægning | Tagpap |
| Terrændæk | Beton, EPS-isolering |
| Ydervægge | Letbeton, formur af tegl |
| Indervægge | Betonelement, stålskelet |
| Vinduer | Træ-alu, 3-lags rude |
| Opvarmning | Fjernvarme, radiatorer |
| Søjler | Beton |
| Bjælker | Betonkomposit |
| Kerne | Beton |



Eksempel 3: Etageejendom

| | |
|------------------|------------------------------------------------|
| Bruttoetageareal | 9.030m ² |
| Antal etager | 5, plus kælder |
| Kælder | 530m ² |
| Etagehøjde | 3,5m |
| Statisk princip | Bærende vægge |
| Tag | Flad tag, betonhuldæk |
| Tagbelægning | Tagpap |
| Terrændæk | Beton, EPS-isolering Bundplade under kælder |
| Ydervægge | Letbeton, formur af tegl |
| Indervægge | Betonelement, stålskelet |
| Vinduer | Træ-alu, 3-lags rude |
| Opvarmning | Fjernvarme, radiatorer |

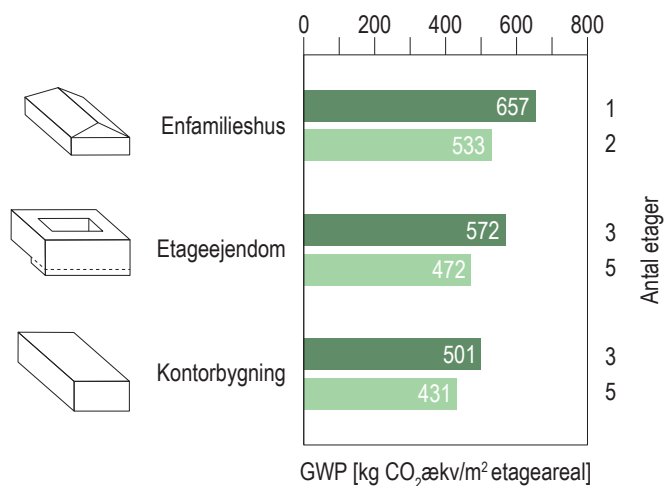


Antal etager

Antallet af etager påvirker en bygnings miljøprofil i høj grad, når vi ser på miljøprofil per kvadratmeter etageareal. Særligt for bygninger på få etager.

Springet fra 1 til 2 etager, som fx forekommer i enfamiliehus, rækkehus eller institutioner giver den største ændring, her 19% i eksemplet for enfamiliehuset. Forskellen aftager langsomt med et større antal etager og ville være minimalt ved højhus, medmindre andre afledte effekter, fx med hensyn stabilitet og brand, kræver større ændringer i designet.

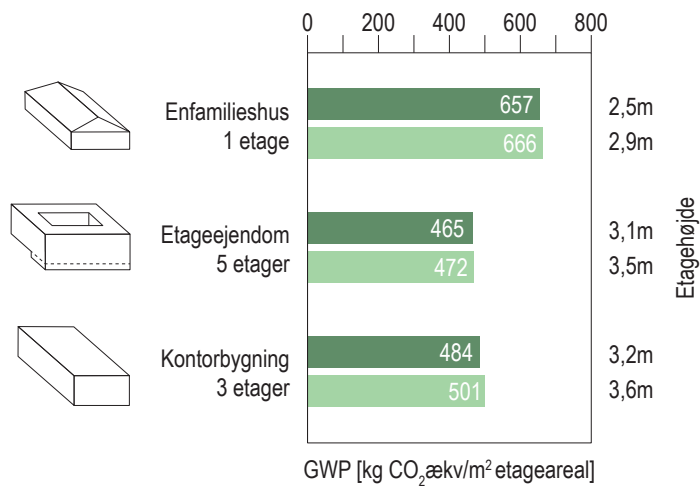
Årsagen ligger i den relative påvirkning fra tag og terrændæk, som ofte har en større miljøpåvirkning end øvrige dele af klimaskærmen. Jo flere etager, der tilføjes, desto mindre fylder tag og terrændæk, når det ses i forhold til den samlede bygning og etagearealet.



Etagehøjde

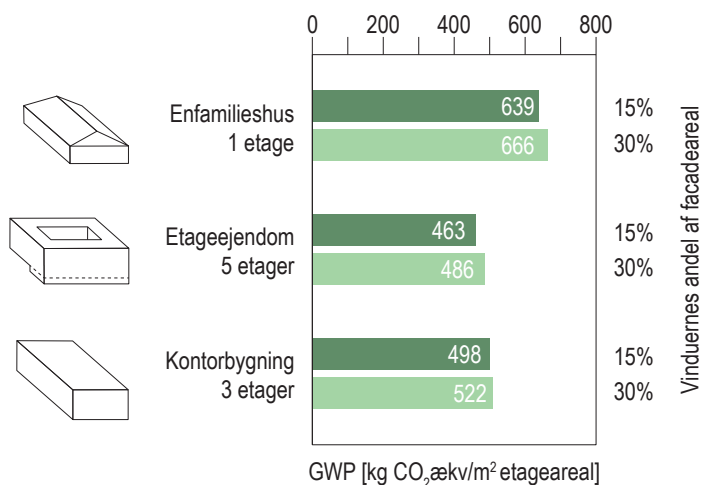
Etagehøjden ændrer ved ydervæggenens størrelse i forhold til klimaskærmen. Når etagehøjden varieres med 40cm, ses dog kun en lille ændring i miljøaftrykket for alle bygningstyper. Baggrunden for dette er, at miljøpåvirkningen for 1m² dæk er flere gange højere end 1m² væg. Derfor bliver bygningen samlede miljøaftryk i højere grad påvirket af ændringer i dækkenes areal end i ændringen af væggenes areal.

Ikke desto mindre kan etagehøjden være en vigtig designparameter i tilfælde af vægge med højere miljøaftryk, fx ved curtain wall-facader. I bygninger, hvor væggene har en lav miljøpåvirkning, vil etagehøjden give spillerum til designet, fordi ændringen kun har lille indflydelse på miljøaftrykket.



Facadens åbningsgrad

Vinduer har typisk et større miljøaftryk pr. areal end resten af facaden. Derfor vil et større vinduesareal i mange tilfælde give en højere miljøbelastning. Det ses også i case-analyser, hvor der er en højere miljøbelastning ved 30% vinduesandel sammenlignet med 15%. Effekten for hele bygningens miljøaftryk er større for etageejendommen og kontorbygningen (cirka 5%) på grund af den store andel af facade i forhold til andre bygningsdele. For enfamiliehuset, som har en mindre facadeandel, er den miljøpåvirkning en kun øget om cirka 4%.

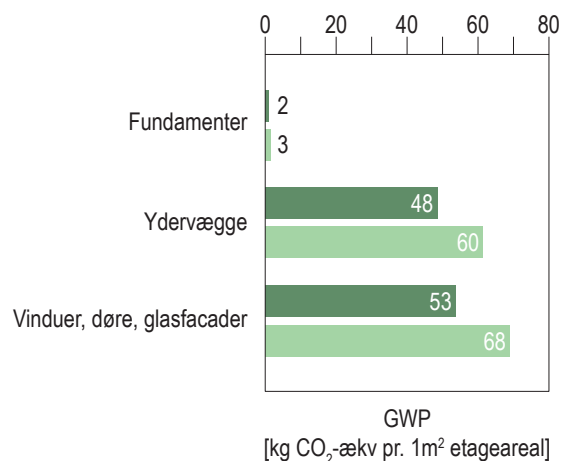


Kompakthed

Kompakthed er et udtryk for en høj andel af bygningsvolumen i forhold til overfladearealet. En simpel kubeform er mere kompakt end en forgrenet længebygning eller en bygning med et trappeformet taglandskab. Analysen tager udgangspunkt i kontorbygningen (eksempel 2), som sammenlignes med en slankere variant med to sidefløje. Etageareal og -antal er identisk.

Den forgrenede variant har større facadeareal og lidt længere randfundament som eneste forskel til udgangsbygningen.

Resultaterne bekræfter, at ydervæggens miljøaftryk følger skaleringen af facadearealet. I en mere detaljeret LCA ville der forekomme yderligere afledte effekter af den ændrede grundplan.



| Kompakt grundplan (Eksempel 2: Kontorbygning) | |
|--------------------------------------------------|---------------------|
| Vinduer (33%) | 840m ² |
| Ydervægge, lukket del (66%) | 1.680m ² |

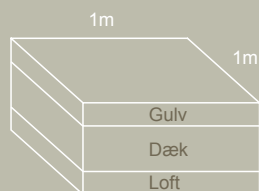
| Forgrenet grundplan (Eksempel 2b: Kontorbygning) | |
|-----------------------------------------------------|---------------------|
| Vinduer (33%) | 1.070m ² |
| Ydervægge, lukket del (66%) | 2.138m ² |

Dæk

Materialetyper

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|  | Træ |
|  | Metal |
|  | Mineralsk |
|  | Kunststof |
|  | Isolering |
|  | Andet |

Lagopbygning



Enheder

| | |
|-------|-------------------------------------------------------|
| GWP | kg CO ₂ ækv pr. m ² bygningsdel |
| PEtot | kWh pr. m ² bygningsdel |

Gulv

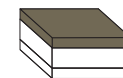
Udgør opbygningen over den bærende dækkonstruktion. Indeholder også eventuelt undergulv fx med afretningslaget og trinlydisolering.

Dæk

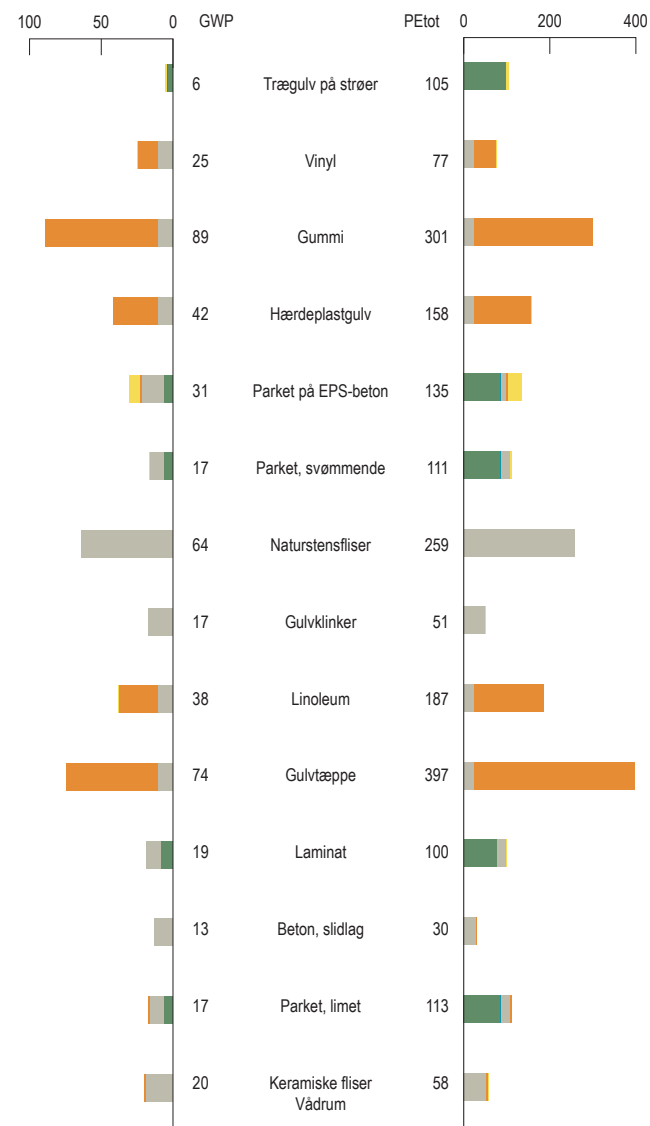
Betegner den bærende del af konstruktionen, som skal kombineres med en gulv som minimum.

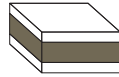
Loft

Indeholder hele opbygningen under den bærende dækkonstruktion, herunder nedhængte og påbyggede lofter. I nogle tilfælde har lofterne særlige funktioner i form af brandsikring/lejlighedsskel, lyd-dæmpning eller ekstra isolering mod uopvarmet rum.

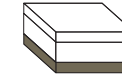
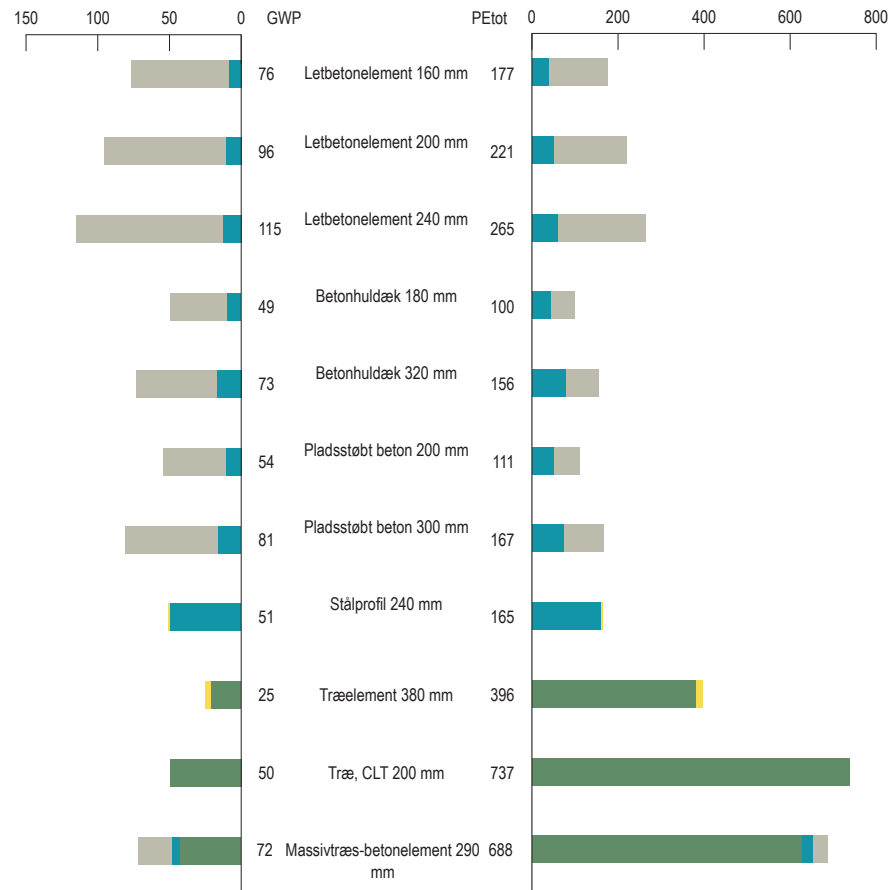


Gulv

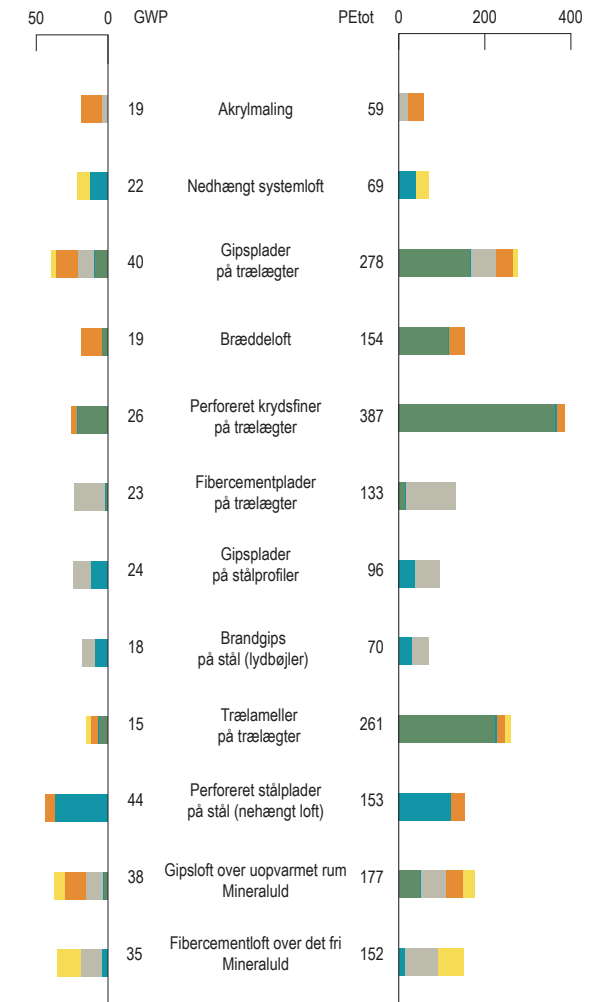




Dæk



Loft

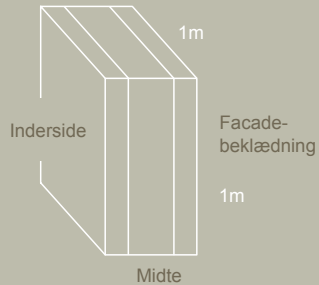


Ydervægge

Materialetyper



Lagopbygning



Enheder

GWP kg CO₂ækv pr. m² bygningsdel
 PEtot kWh pr. m² bygningsdel

Inderside

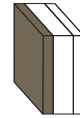
Udgør opbygningen af det indvendige lag i ydervæggen, herunder beklædning med plader og puds og maling. Statisk afstivende forskalling eller pladebeklædning til skeletkonstruktioner kan placeres i dette lag.

Midt

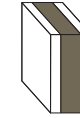
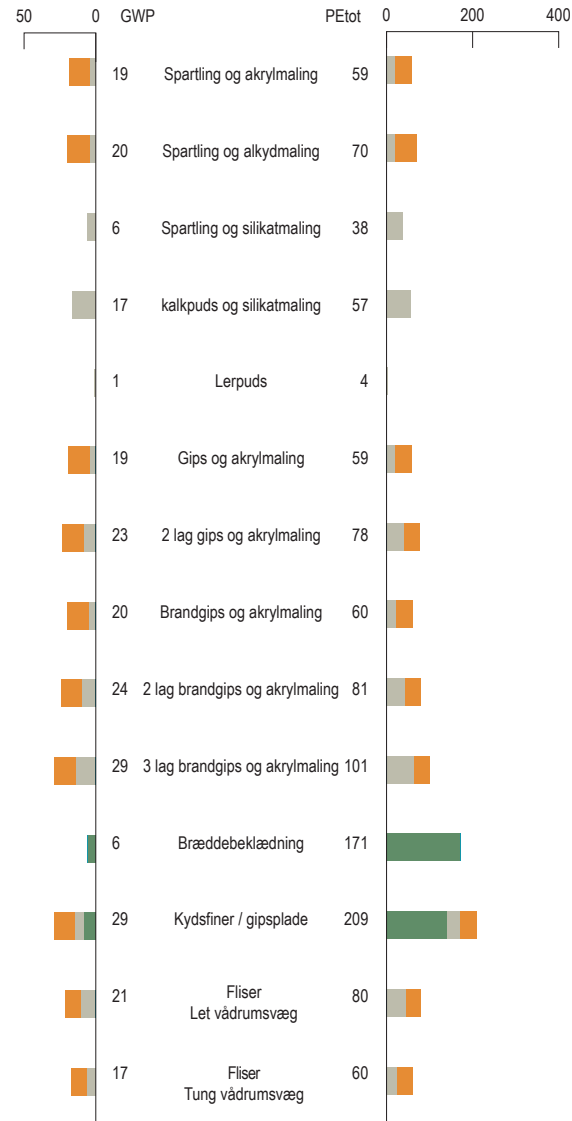
Indeholder den bærende og isolerende del af ydervæggen, herunder bagvæggen med isolering i en sandwichkonstruktion. Udstivende lag til skeletkonstruktioner er placeret i det indre lag. U-værdi er på niveau med BR18 krav for tilbygninger og beregnet på basis af isoleringen alene.

Facadebeklædning

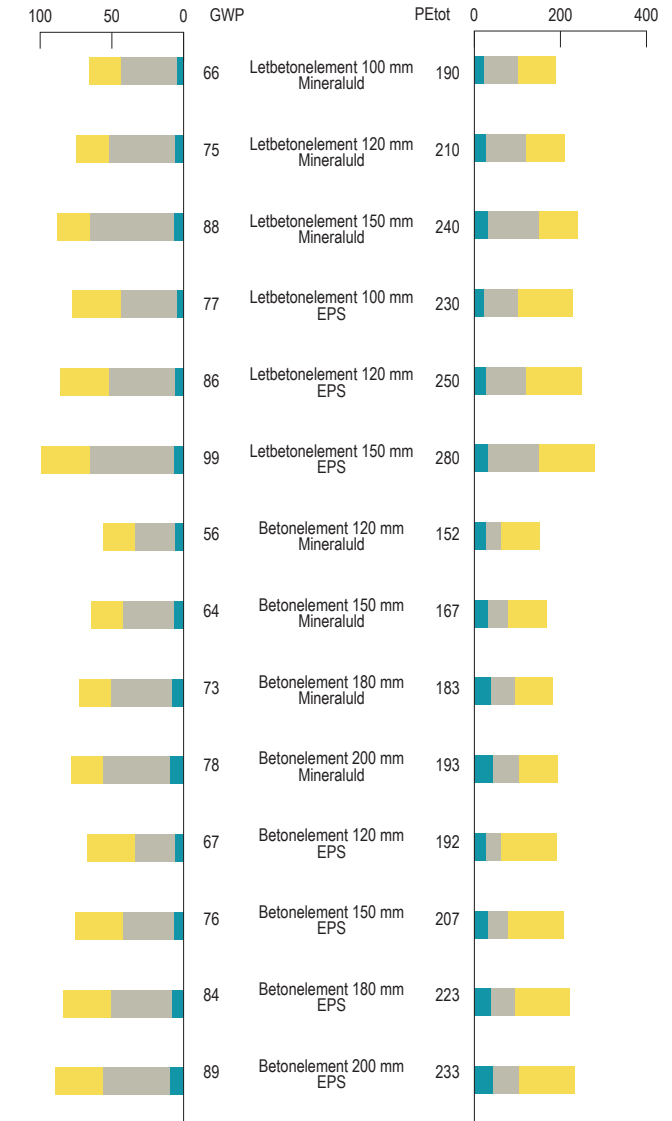
Omfatter alle dele af regnskærmen for ventilerede og uventilerede facader, herunder underkonstruktion og vindspærre. Vinduer og glasfacader er placeret i egen gruppe.

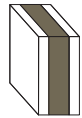


Inderside

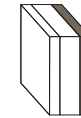
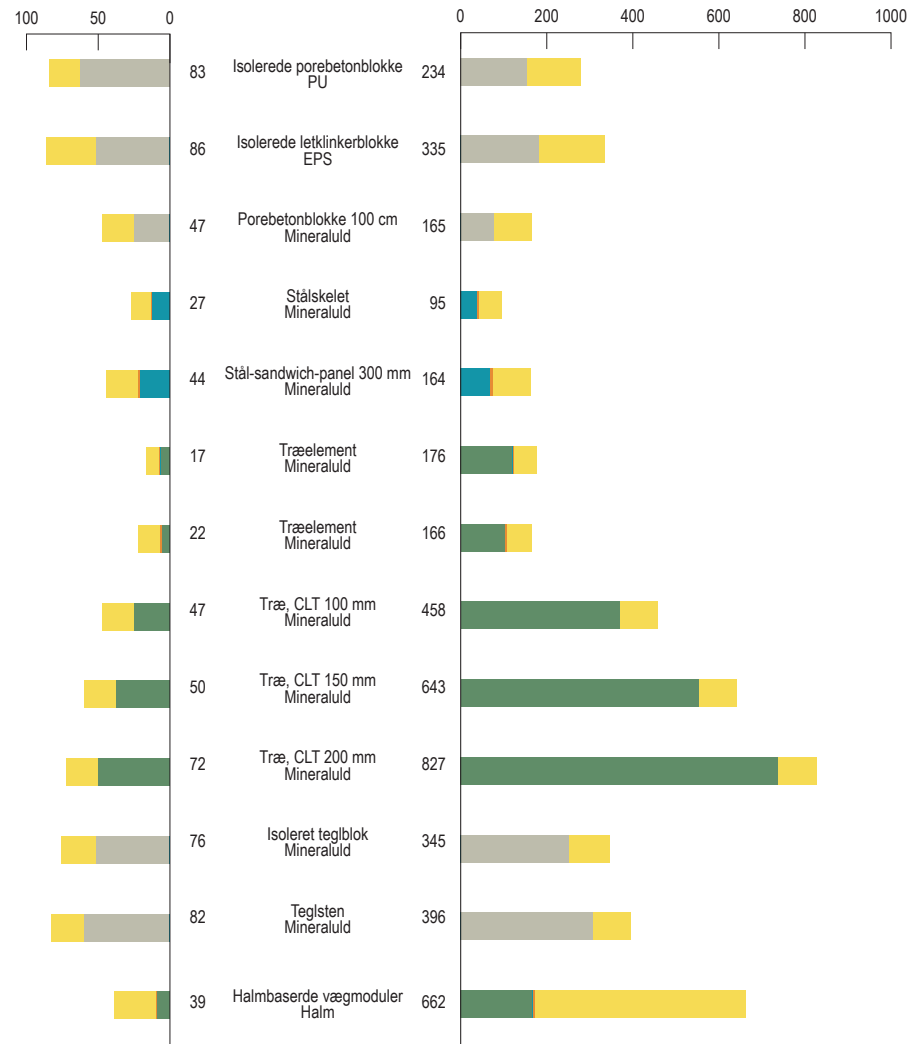


Midte

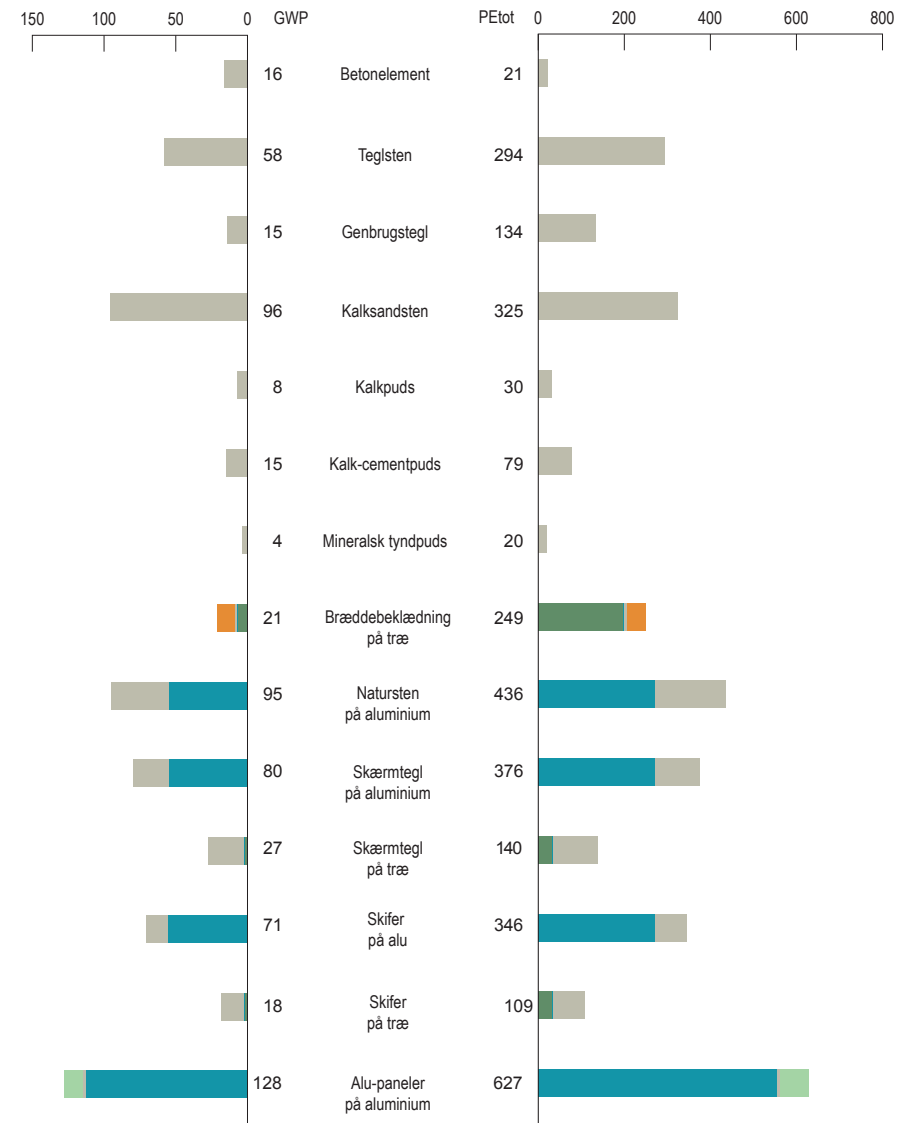




Midte



Facadebeklædning

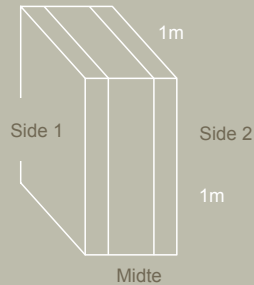


Indervægge

Materialetyper

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|  | Træ |
|  | Metal |
|  | Mineralsk |
|  | Kunststof |
|  | Isolering |
|  | Andet |

Lagopbygning



Enheder

| | |
|-------|-------------------------------------------------------|
| GWP | kg CO ₂ ækv pr. m ² bygningsdel |
| PEtot | kWh pr. m ² bygningsdel |

Side 1 og 2

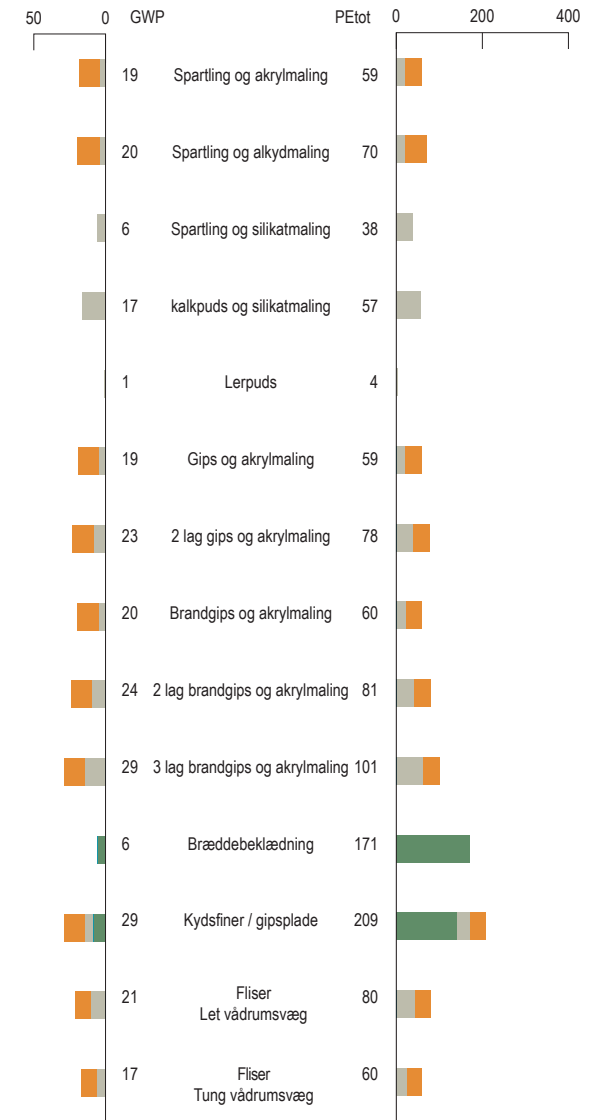
Omfatter al beklædning eller malerbehandling på indvendige vægge. Løsninger indeholder pladebeklædninger, puds eller malerbehandling, som hver især kan kombineres med nogle af midterlagene. Laget kan bidrage til funktioner som brandsikring, lydisolering, vådrumssikring eller have stabiliserende effekt.

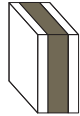
Midt

Indeholder den bærende vægkonstruktion, som kan være både bærende og ikke-bærende.

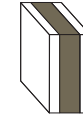
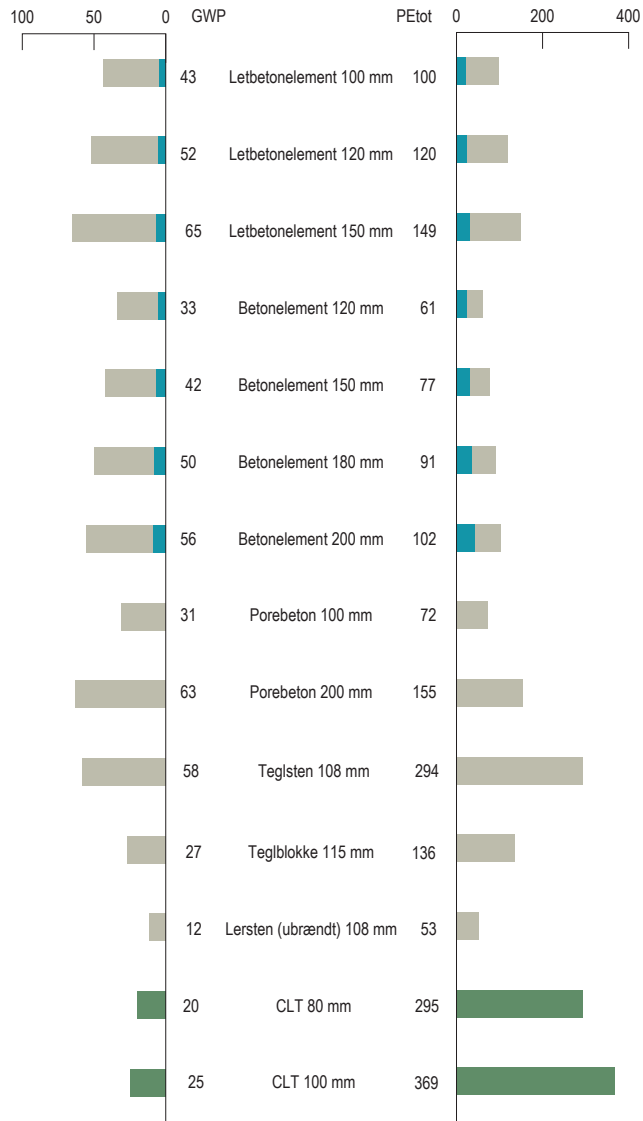


1. / 2. side

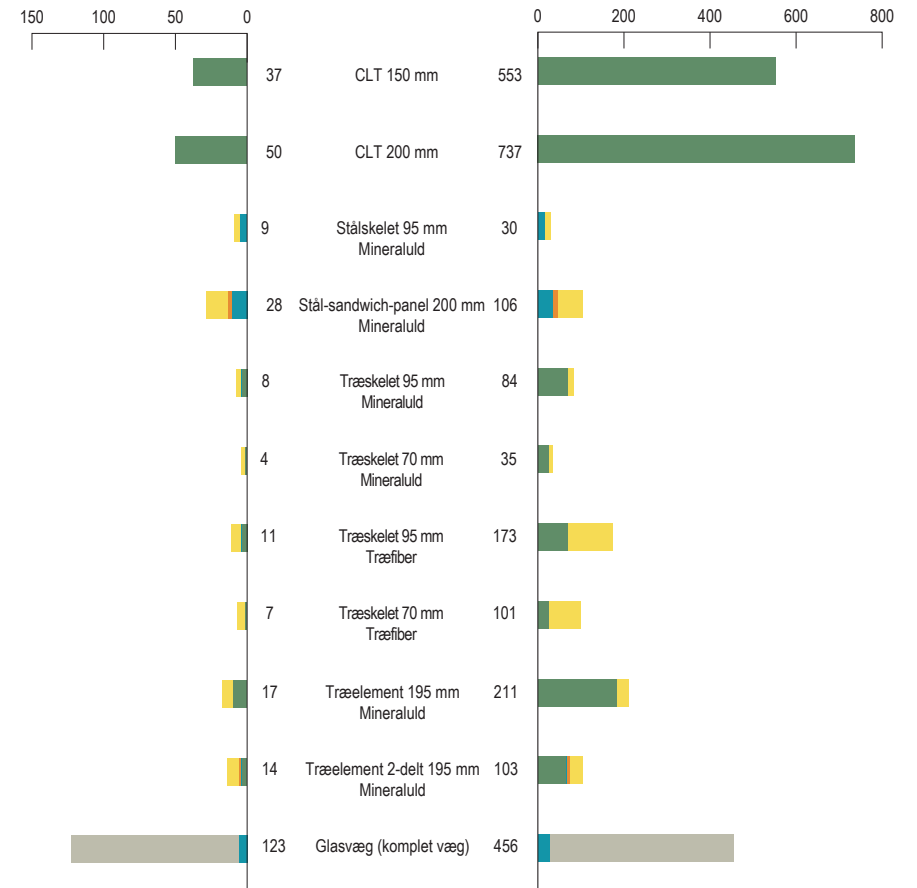




Midte



Midte

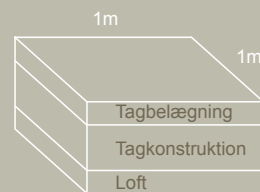


Tage

Materialetyper

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|  | Træ |
|  | Metal |
|  | Mineralsk |
|  | Kunststof |
|  | Isolering |
|  | Andet |

Lagopbygning



Enheder

| | |
|-------|-------------------------------------------------------|
| GWP | kg CO ₂ ækv pr. m ² bygningsdel |
| PEtot | kWh pr. m ² bygningsdel |

Tagbelægning

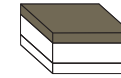
Indeholder opbygningen ovenpå det bærende og isolerende lag.

Tagkonstruktion

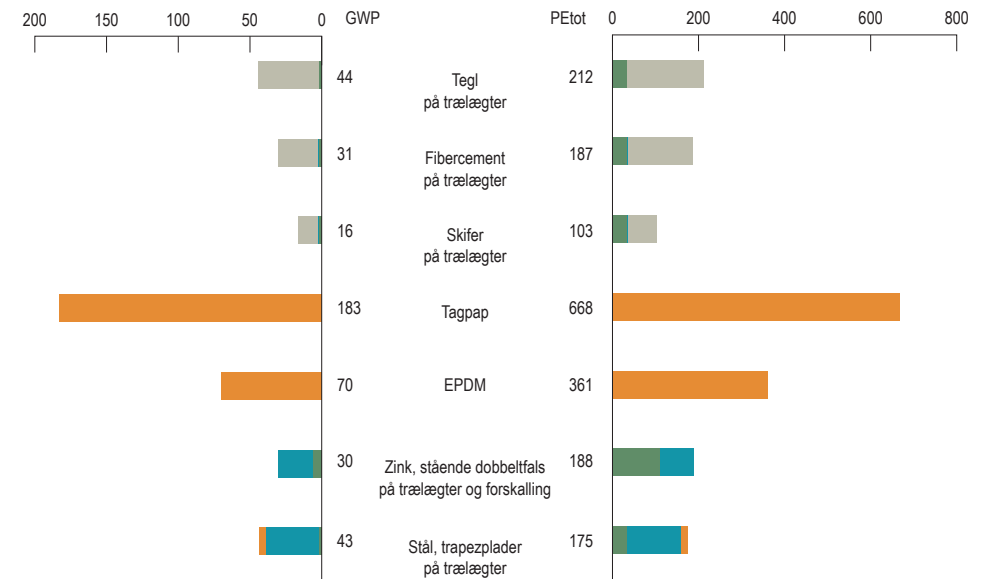
Indeholder den bærende og isolerende tagkonstruktion samt evt. undertag.

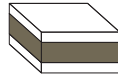
Loft

Indeholder hele opbygningen under den bærende tagkonstruktion, herunder nedhængte og påbyggede lofter. I nogle tilfælde har lofterne særlige funktioner i form af brandsikring eller lyddæmpning.

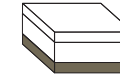
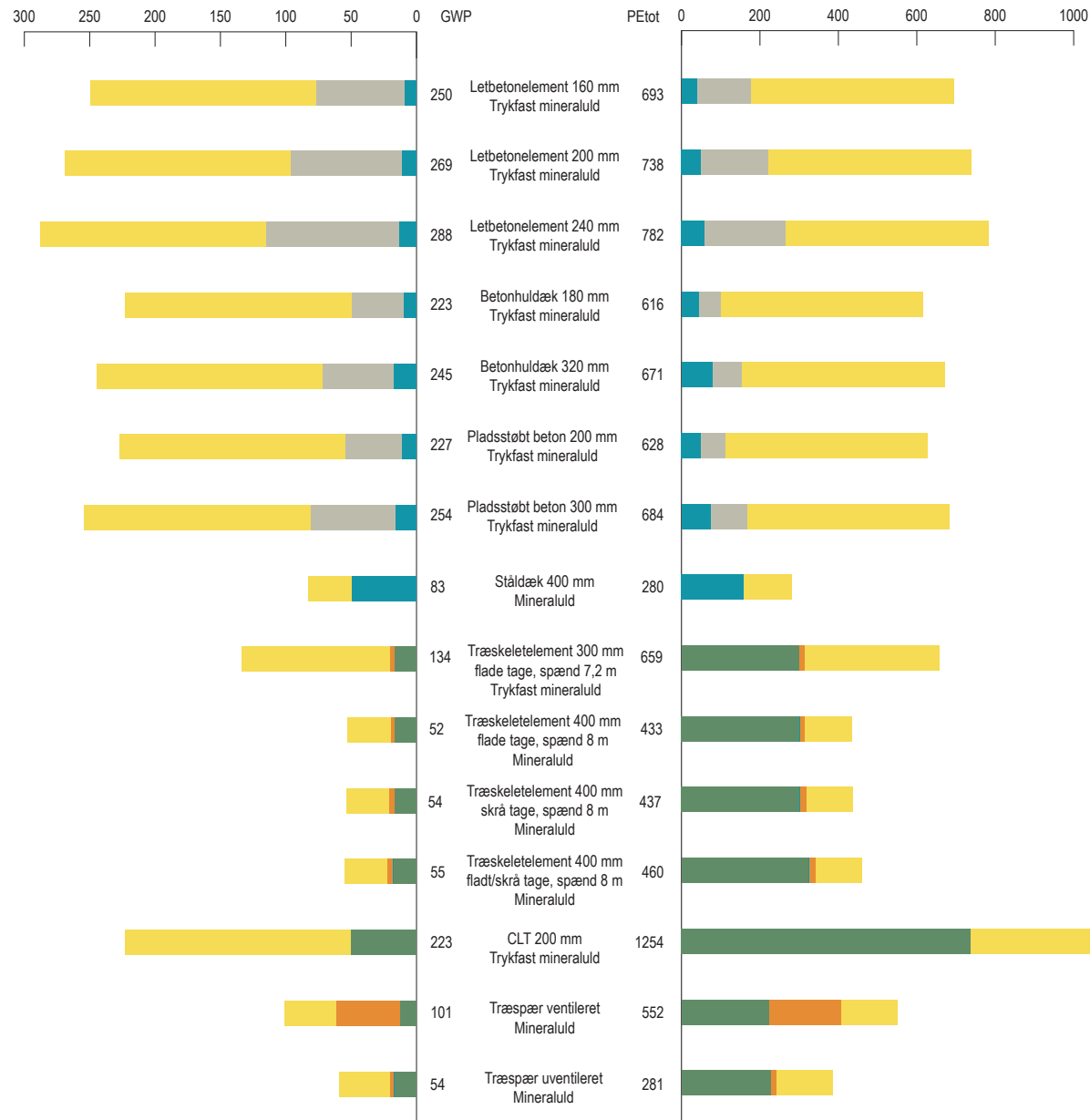


Tagbelægning

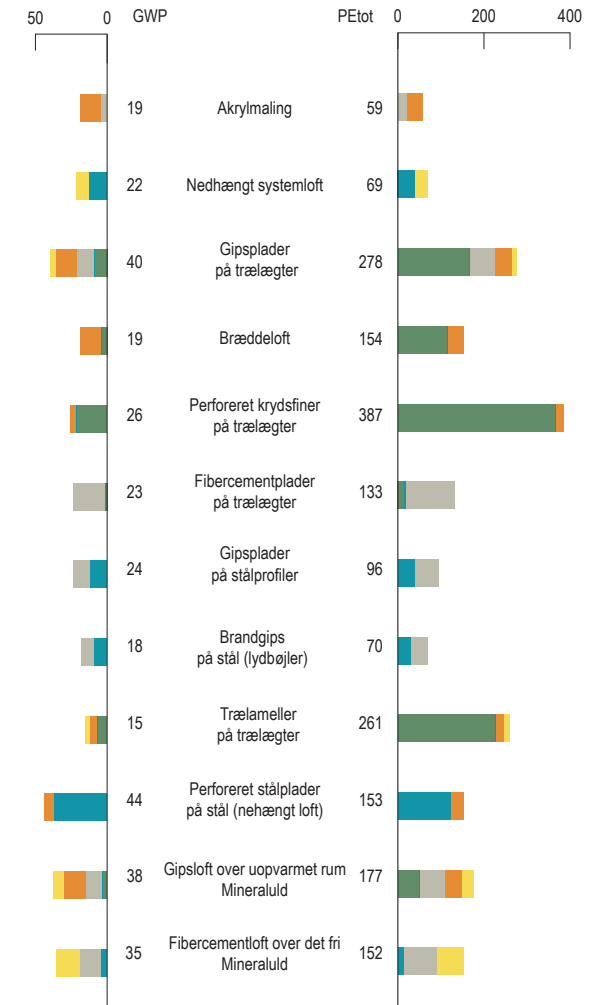




Tagkonstruktion



Loft

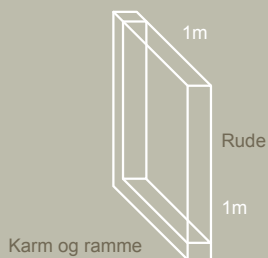


Vinduer / glasfacader

Materialetyper

- Træ
- Metal
- Mineralsk
- Kunststof
- Isolering
- Andet

Lagopbygning



Enheder

- GWP kg CO₂ækv pr. m² bygningsdel
 PEtot kWh pr. m² bygningsdel

Karm og ramme

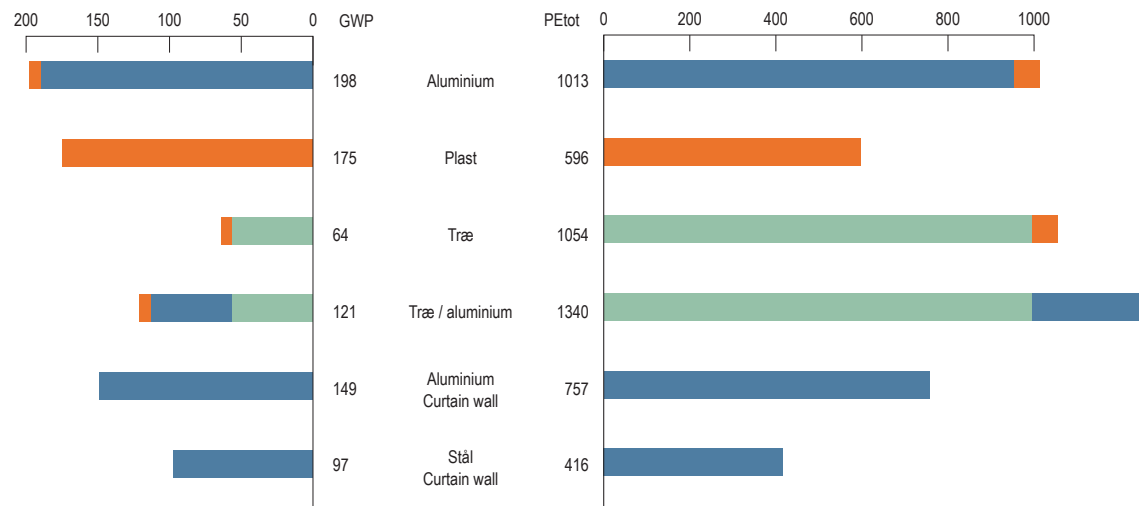
Indeholder opbygningen af vinduets karm og ramme eller profiler til glasfacader. Mængden af karm og ramme er bestemt ud fra referencevinduet (1,23m x 1,48m).

Rude

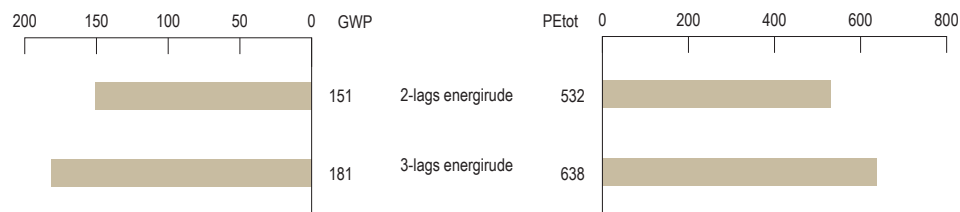
Indeholder ruden, der indgår i vinduet eller glasfacaden. I LCAbyg indgår også et udvalg af 'færdige' vinduer, som indeholder alle elementer af karm, ramme og rude: Fx ovenlyskuppel, glastag og rytterlys.



Karm og ramme



Rude



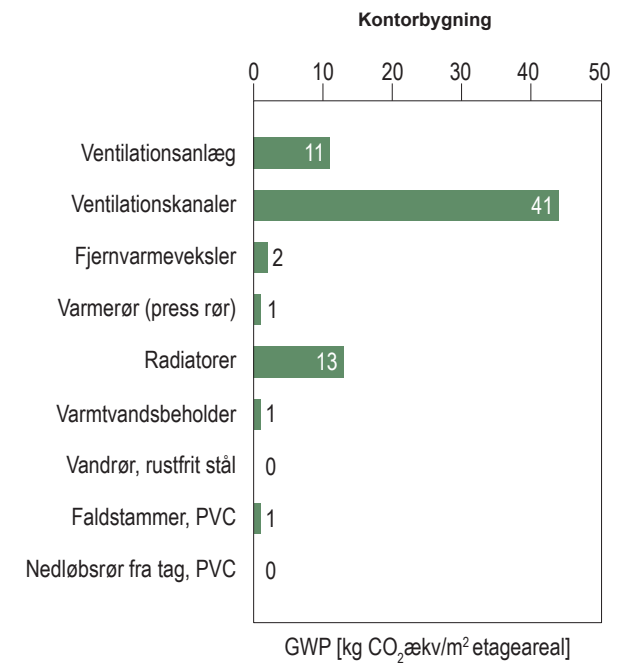
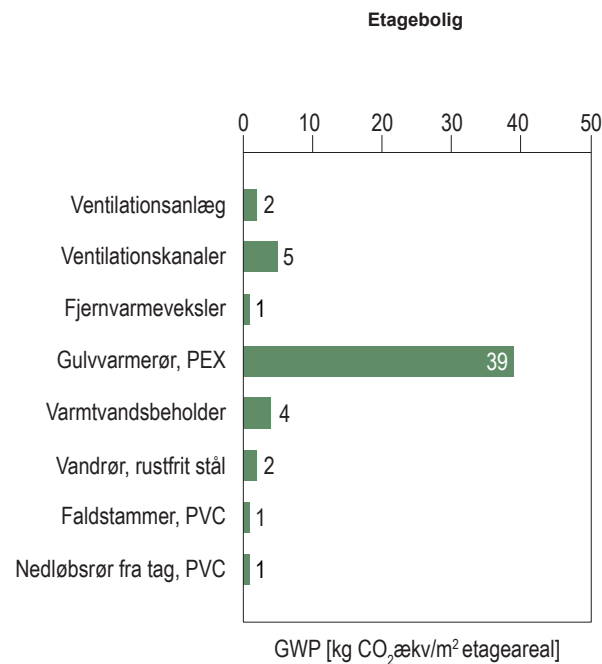
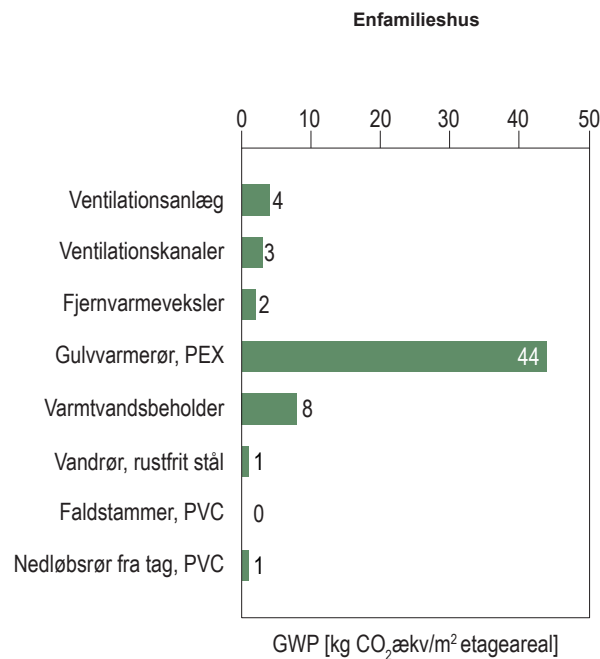
Installationer

Installationer har i mange tilfælde ikke været medtaget i en bygnings LCA, bl.a. fordi det har været for besværligt at estimere mængder, og fordi variationsmulighederne for at forbedre sin LCA har været begrænset. Med hensyn til at opnå en fuldstændig bygningsmodel er det dog vigtigt at inkludere også installationer. I kataloget er der mulighed for at medtage installationer for vand, varme, ventilation og køling.

I LCAbyg 4.0 findes hjælp til at estimere mængder af de forskellige installationer på basis af erfaringstal. Installationerne indeholder forsyningsanlæg (fx ventilationsanlæg), fordeling (fx rørføring) og for varme også forbrugsanlæg (fx radiatorer). Selvom installationers andel af en bygnings miljøprofil kan svinge afhængig af den valgte løsning og bygningstype, kan den udgøre en væsentlig del af bygningens miljøaftryk

– op til 20% i de undersøgte cases, se side 11.

Nedenunder vises de forskellige installationers detaljerede andel af casenes miljøprofil. Kontorbygningens forholdsvis store ventilationsbehov resulterer i en stor påvirkning fra ventilationskanalerne, mens de to boligers primære påvirkning stammer fra gulvvarmerør.



Litteratur

STANDARDE FOR LCA AF BYGNINGER

EN 15643-2:2011 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg. Vurdering af bygninger. Del 2: Rammer for vurdering af miljørelaterede egenskaber

(på engelsk)

Standarden beskriver krav og vurdering af de miljømæssige påvirkninger fra byggeri.

EN 15978:2011 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg. Vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet. Beregningsmetode

(på engelsk)

Standarden beskriver beregningsmetoden for udførelse af LCA på bygninger.

EEN 15804:2012 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg. Miljøvaredeklarationer. Grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer

(på engelsk)

Standarden beskriver struktur, indhold og principper af en miljøvaredeklaration (EPD) for byggevarer for at sikre, at de laves efter samme fremgangsmåder og præsenteres i et ensartet format.

STANDARDE FOR LCA

DS/EN ISO 14040:2008 Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Principper og struktur

Standarden beskriver principperne for udarbejdelse af LCA, fx hvilke effektkategorier der skal medtages, krav om datatransparens mv.

DS/EN ISO 14044:2008 Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Krav og vejledning

Standarden beskriver krav til udførelse af LCA.

LCA AF BYGNINGER

Introduktion til LCA på bygninger

Udgivet af Energistyrelsen (nu: Trafik, bygge og boligstyrelsen), 2015

Bygningers indlejrede energi og miljøpåvirkninger

Udgivet af SBI, 2017

Bygningens Livscyklus

Udgivet af SBI, 2015

BÆREDYGTIGT BYGGERI

Bæredygtig byggeri

Udgivet af Energistyrelsen (nu: Trafik, bygge og boligstyrelsen), 2015

Guide to Sustainable Building Certifications

Udgivet af GXN og SBI, 2018

Kortlægning af bæredygtigt byggeri

Udgivet af SBI, 2013

DGNB-manual for nye kontorbygninger 2016

Udgivet af DK-GBC, 2016

Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings.

Level(s) er EU Kommissionens bud på en afrapporteringsordning for bæredygtigt byggeri. Den er udgivet i 3 dele og beskriver metoder og kriterier til vurdering af bygningers bæredygtighed.

Udgivet af EU Kommissionens Joint Research Centre, 2017

LCA i tidlig bygningsdesign – introduktion til metoden og eksempler på miljøprofiler

LCA, også kaldet livscyklusvurdering, er en metode til at vurdere en bygnings forventede samlede miljøaftryk i hele bygningens levetid. Denne publikation forklarer, hvad LCA er, hvilke regler og definitioner, der gælder, og giver eksempler på en række bygningsdeles og bygningers miljøprofiler. Publikationen er et supplement til beregningsværktøjet LCAByg, der bruges til at beregne en bygnings miljøaftryk. Formålet med denne publikation sammen med LCAByg er at gøre livscyklusvurderinger tilgængelige for en bred kreds af bygherrer og rådgivere for at reducere miljøbelastningen og ressourceforbrug forårsaget af byggeri. Publikationen er sammen med en opdatering af LCAByg resultatet af et projektsamarbejde mellem Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet, Bygherreforeningen, Arkitektforeningen, Konstruktørforeningen og IDA Byg med støtte fra ELFORSK.

