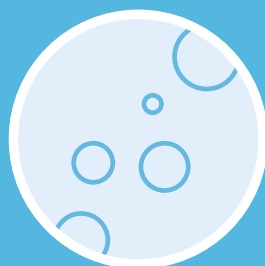
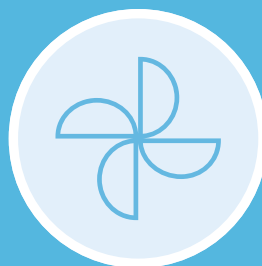
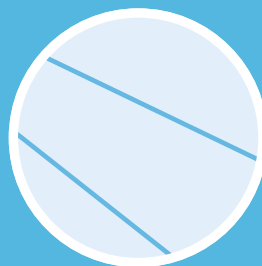
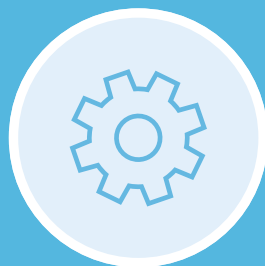


# Grundbog i Bæredygtighed

Forstå de ni krav i den frivillige bæredygtighedsklasse



# Indhold

Formål med grundbogen . . . . .	3
Læsevejledning . . . . .	4
Hvad er bæredygtighed? . . . . .	5
Baggrunden for bæredygtighedsklassen . . . . .	7
Krav 1: Livcyklusvurdering - bygningens samlede klimapåvirkning . . . . .	12
Krav 2: Ressourceanvendelse på byggepladsen . . . . .	24
Krav 3: Totaløkonomisk analyse - omkostninger til opførelse, drift og vedligehold . . . . .	30
Krav 4: Drifts- og vedligeholdelsesplan for opretholdelse af indeklimaet . . . . .	38
Krav 5: Dokumentation af problematiske stoffer. . . . .	43
Krav 6: Afgasninger til indeklimaet. . . . .	49
Krav 7: Detaljeret eftervisning af dagslysniveauet . . . . .	56
Krav 8: Støjniveauet fra ventilationsanlæg . . . . .	63
Krav 9: Rumakustik i boliger . . . . .	70
Forstå bæredygtighedsbegreber på få minutter . . . . .	75

# Formål med grundbogen

Danmark har et mål om at reducere sine samlede udledninger af drivhusgasser med 70 procent i 2030 sammenlignet med niveauet i 1990 – og byggebranchen har et stort ansvar for, at dette kan lade sig gøre.

Derfor introducerede boligministeren den frivillige bæredygtighedsklasse i 2020. Den definerer et lettilgængeligt og ensartet grundlag at opføre bæredygtigt byggeri efter.

Bæredygtighedsklassen er ikke en del af bygningsreglementet i dag, men et grundlag at opføre bæredygtigt byggeri efter, som frem til sommeren 2022 testes i en lang række byggerier og med en bred inddragelse af byggebranchen. Målsætningen er i 2023 at kunne indføre krav til bæredygtighed i bygningsreglementet på et velafprøvet og dokumenteret grundlag.

Den frivillige bæredygtighedsklasse er med andre ord et centralt element i den grønne omstilling af byggeriet og vil være et konkret praktisk værktøj, der kan hjælpe byggebranchen og bygherrer på vej mod et mere bæredygtigt byggeri.

Der er ni krav i den frivillige bæredygtighedsklasse, og denne grundbog forklarer i sine ni kapitler om hvert af de ni krav, og hvad håndværkerens rolle er, for at de ni krav kan blive opfyldt.

Denne grundbog er primært til undervisningsbrug i forhold til håndværkere og kommende håndværkere, og der tages udgangspunkt i, at håndværkeren skal tage forskellige skridt for at kunne bidrage til, at kravene kan overholdes. En række af kravene kræver dog også specialiserede rådgivere til, fx krav om Livscyklusvurdering.

## De ni i krav den frivillige bæredygtighedsklasse er



Livscyklusvurdering – bygningens samlede klimapåvirkning



Ressourceanvendelse på byggepladsen



Totaløkonomisk analyse – omkostninger til opførelse, drift og vedligehold



Drifts- og vedligeholdelsesplan for opretholdelse af indeklimaet



Dokumentation af problematiske stoffer



Afgasninger til indeklimaet



Detaljeret eftervisning af dagslysniveauet



Støj fra ventilationsanlæg i bygninger



Rumakustik i boliger

## Læs mere om bæredygtighedsklassen

Læs også om den frivillige bæredygtighedsklasse på [baeredygtighedsklasse.dk](http://baeredygtighedsklasse.dk), som er udgivet af Bolig- og Planstyrelsen. Desuden kan du hos Videntcenter for Energibesparelser i Bygninger på [ByggeriOgEnergi.dk](http://ByggeriOgEnergi.dk) finde en række trin-for-trin guider om, hvordan man som entreprenør og håndværker kan være med til at opfylde de enkelte krav.

# Læsevejledning

Grundbogen indledes med en introduktion af emnet bæredygtigt byggeri. Her præsenteres emnet overordnet med eksempler på, hvor langt udviklingen er kommet de seneste årtier og der gives perspektiv på, hvilken retning Danmark bevæger sig mod de overordnede mål.

Derefter følger afsnit, hvor de ni krav i den frivillige bæredygtighedsklasse introduceres og gennemgås enkeltvis. Disse ni afsnit kan læses uafhængigt af de øvrige afsnit. Afsnittene fokuserer desuden på at forklare tekniske begreber og metoder samt redegøre for, hvordan en håndværker kan bidrage til at overholde kravene. Derudover er der eksempler til at understøtte forklaringerne.

Afslutningsvis indeholder grundbogen en liste med ordforklaringer over bæredygtighedsbegreber. Den kan hjælpe læseren med hurtigt at forstå og skelne mellem forskellige bæredygtighedsbegreber.

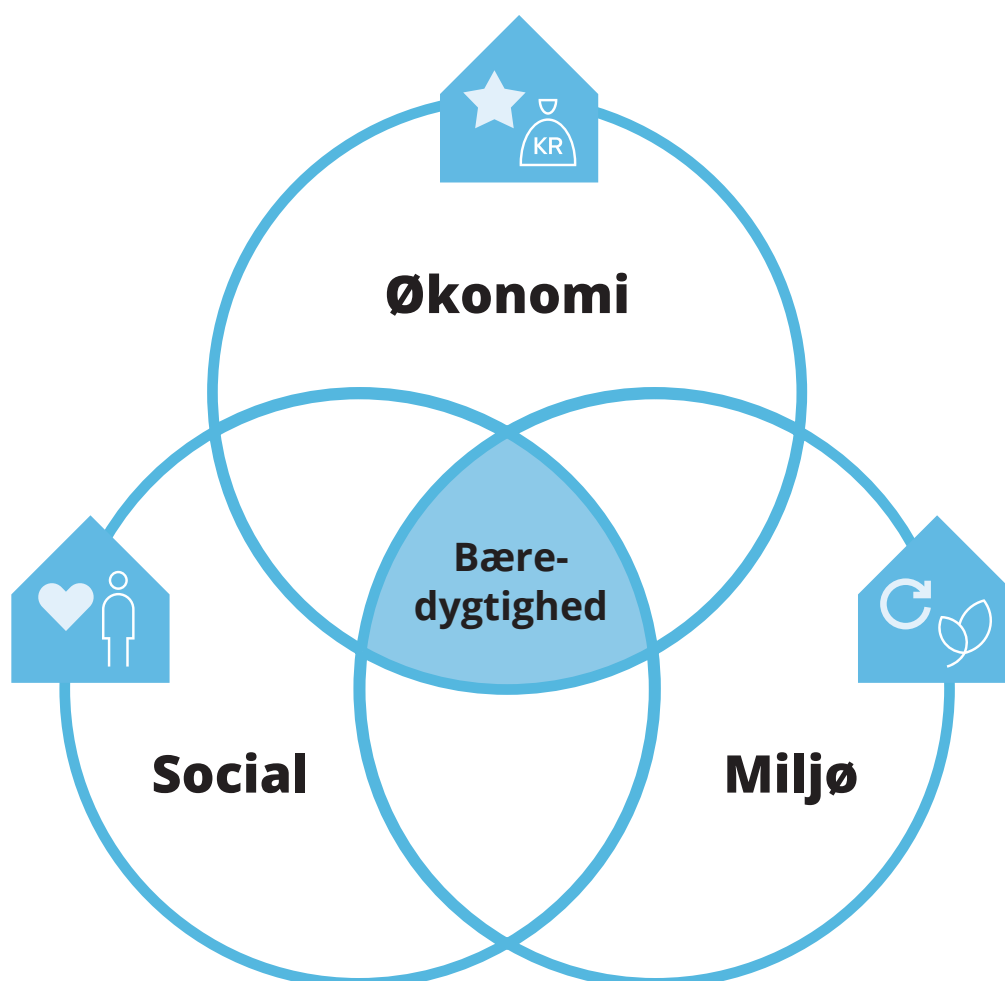


# Hvad er bæredygtighed?

Bæredygtighed i byggeriet er at bygge og renovere uden at bringe fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i fare. Der er i dag ingen lovgivningsmæssige krav om bæredygtigt byggeri, men der er bl.a. energi- og indeklimakrav til bygninger og forskellige miljøkrav, bl.a. om håndtering og genanvendelse af byggeaffald – og så er der nu en frivillig bæredygtighedsklasse.

Grundlæggende kræver bæredygtighed en balanceret tilgang til bygge- og renoveringsprojekter i forhold til tre kvaliteter: social kvalitet, økonomisk kvalitet og miljømæssig kvalitet.

Styrken ved bæredygtighed er netop bredden. Det er fx ikke tilstrækkeligt, at en løsning er klima- og miljøvenlig, hvis man ikke kan finansiere projektet. Et projekt er heller ikke bæredygtigt, blot fordi det skaber arbejdspladser og sikrer god vækst, hvis man samtidig skader miljøet betydeligt. Det handler altså om at træffe de bedst mulige valg i byggeriet på tværs af de tre bæredygtighedskvaliteter.

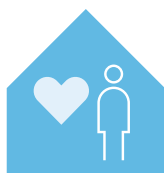


Figur 1. Generelle bæredygtighedskvaliteter.



### Miljømæssig bæredygtighed

Har fokus på, hvordan bygninger påvirker og belaster klimaet og miljøet i både opførelse og drift, herunder hvor belastende de energikilder og materialer der vælges er. Det omfatter også, hvordan og hvor meget man inddrager og beskytter naturen og dyrelivet på land, i havet og i byerne. Derudover er cirkulær økonomi og affaldshåndtering en del af den miljømæssige bæredygtighed, herunder hvordan gamle byggematerialer fra nedrivninger og renoveringer sorteres, genbruges og genanvendes.



### Social bæredygtighed

Fokuserer på de menneskelige faktorer som vores livskvalitet og helbred. I relation til byggeri handler det fx om at skabe liv, fællesskaber og tryghed i og omkring bygninger. Samtidig skal man bygge for alle ved fx at tage højde for mennesker med handicap og sikre, at mennesker med lav indkomst også har råd til en bolig. Derudover er det relevant, at alle, der påvirkes af et byggeprojekt, får mulighed for at få deres mening hørt gennem en konstruktiv dialog.



### Økonomisk bæredygtighed

Tager ofte udgangspunkt i totaløkonomi, hvor et projekt vurderes over langt sigt. Udover selve prisen for byggeriet kræver det, at man inddrager udgifter til den efterfølgende drift og vedligeholdelse. Der er fokus på at få mest mulig kvalitet for pengene. Det skal vurderes, om pengene kunne være brugt bedre et andet sted eller helt sparet. Samtidig skal det vurderes, om ekstra investeringer i byggefasen kan føre til en besparelse senere.

## Hvad er DGNB?

DGNB, som er den mest udbredte bæredygtighedscertificeringsordning i Danmark, vægter den sociale, økonomiske og miljømæssige kvalitet ligeligt i sin vurderingsmetode. De tre områder vægter hver med 22,5 % i bedømmelsen. Derudover vurderer DGNB også den tekniske kvalitet med 22,5 % og til sidst proceskvaliteten med 10 % - ialt 100 %.

Inden for hvert af disse områder er der en lang række underkriterier, som bedømmes.

Målet er at score højest muligt inden for hvert område. Desuden er der krav til minimum score i de forskellige kategorier for, at et byggeri kan blive DGNB certificeret.

Certificeringsordningen DGNB har visse sammenfald med den frivillige bæredygtighedsklasse, men adskiller sig også på mange områder fra den. DGNB er væsentligt mere omfattende og har en anden opbygning end den frivillige bæredygtighedsklasse.

# Baggrunden for bæredygtighedsklassen

Folketinget har sat et ambitiøst, men nødvendigt klimamål. I 2050 skal alle fossile brændsler være udfaset i Danmark, og den samlede CO<sub>2</sub>-udledning skal være reduceret med 70 % i 2030 sammenlignet med 1990. Byggebranchen er en af de brancher, der skal bidrage til at nå denne målsætning. Den frivillige bæredygtighedsklasse er et nyt værktøj til at skubbe udviklingen yderligere mod målet.

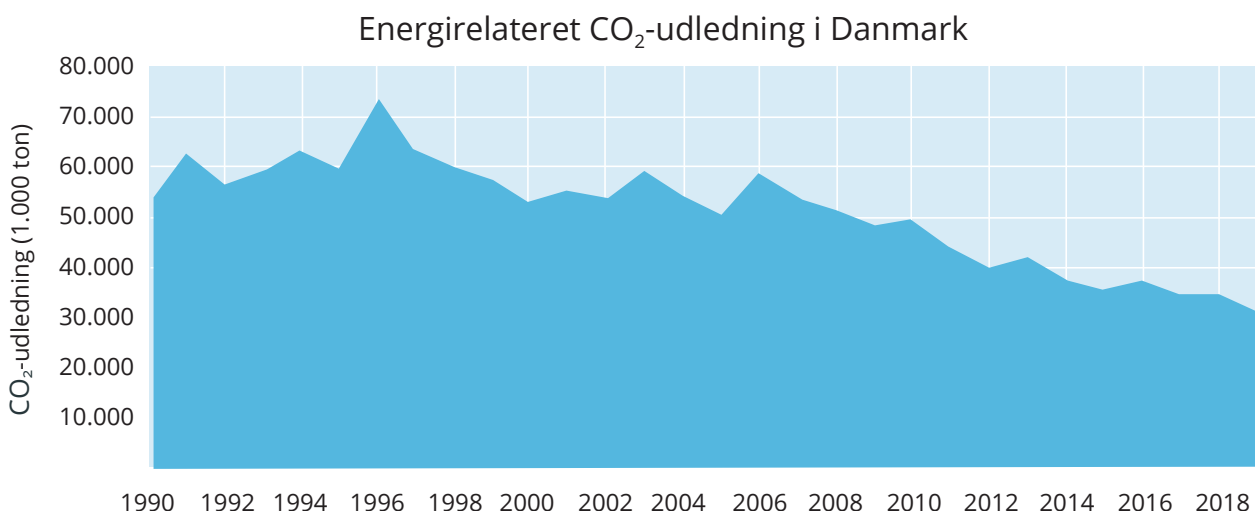
Men er vi overhovedet på rette kurs i Danmark? I basisåret 1990, som er udgangspunktet for vurdering af klimaindsatsen, var den menneskeskabte udledning på 70,8 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter i Danmark. Med en reduktion på 70 % skal vores udledning ned på 21,2 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter i år 2030.

På figur 1 ses udviklingen fra 1990 og frem til og med 2019. Her peger kurven den rigtige vej, og den samlede udledning er blevet reduceret med ca. 41 % siden 1990. Men kurven går ikke stejlt nok nedad. Uden nye tiltag og en ekstra indsats når vi kun en reduktion på 44 % i 2030. Derfor er nye tiltag afgørende i jagten på målet om 70 %.

## Hvad er CO<sub>2</sub>-ækvivalenter?

Man bruger opgørelsen 'kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter' for enkelthedsens skyld, så man kan nøjes med ét tal for drivhusgasserne som fx metan og lattergas. Ækvivalent betyder, at noget er lig med noget andet.

Andelen af CO<sub>2</sub> i atmosfæren er væsentlig højere end koncentrationen af metan- og lattergas og andre drivhusgasser. Derfor er det særligt CO<sub>2</sub>, man ønsker at reducere. 1 kg metan påvirker dog atmosfæren 25 gange hårdere end 1 kg CO<sub>2</sub>. For lattergas er dette tal 298 gange. Dvs. 1 kg metan svarer til 25 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter, mens 1 kg lattergas svarer til 298 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter.



Figur 2. Danmarks udledning af energirelateret CO<sub>2</sub> fra basisåret 1990 og frem til og med 2019 med udgangspunkt i bruttoenergiforbruget. Grafen viser udledning fra afbrænding af fossile brændsler og affald. Derudover forårsager landbruget en udledning, og der er en naturlig udledning fra træer m.v. Kilde: Energistyrelsens Energistatistik

Danmark bruger i dag stort set den samme mængde energi som i 1990 (se figur 2). Men den markant større andel af vedvarende energikilder som vindmøller, solceller og biogas har gjort CO<sub>2</sub>-reduktion mulig alligevel. I 1990 bidrog de vedvarende energikilder med ca. 6 % af det samlede energiforbrug. I 2019 var den andel vokset til ca. 35,5 %. For elforbruget isoleret set blev over to tredjedele af Danmarks forbrug dækket af vedvarende kilder.

Udviklingen her går også den rette vej frem mod et konkret mål – vi skal være uafhængige af olie, kul og gas i 2050. Det kræver, at vi samtidig reducerer energiforbruget. Det faldt med små 4 % i 2019, hvilket er første gang i 5 år.

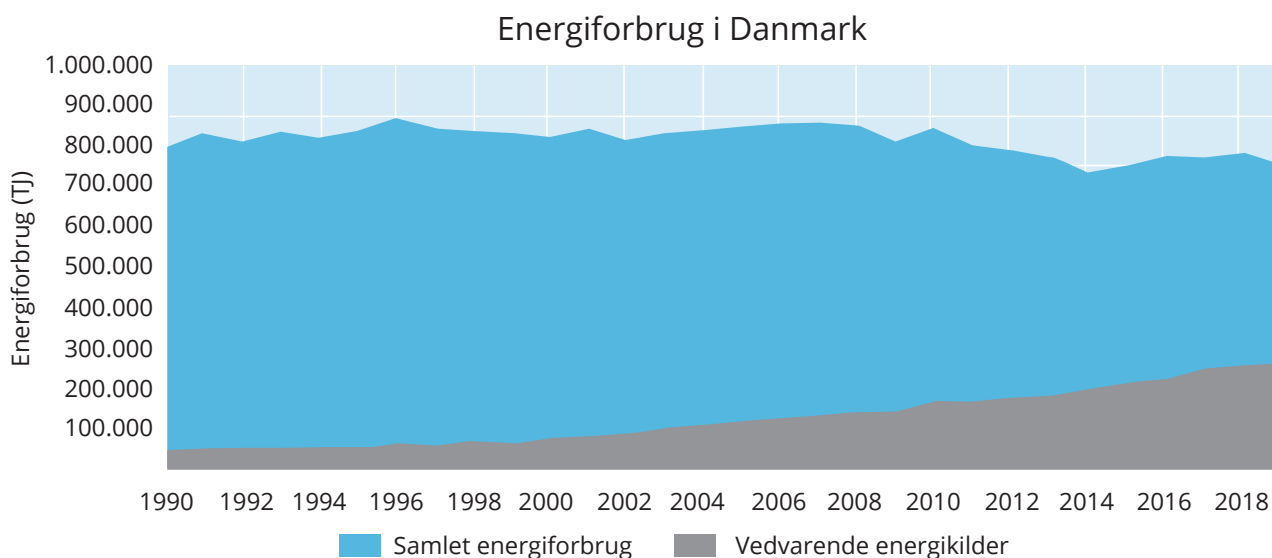
## Fjernvarme er grønnere

Opvarmning fra et gennemsnitligt fjernvarmesystem udleder halvt så meget CO<sub>2</sub> som et typisk gasfyr i de danske hjem.

## Eksisterende bygninger er en del af løsningen

En række kendte løsninger giver et mindre energiforbrug i bygninger:

- Hold på varmen: Optimer ældre bygningers isoleringsevne ved at udskifte ældre vinduer, døre og efterisolere på loft og i hulmur.
- Få energien fra en grønnere energikilde: Udskift gamle varmekilder som olie- og gasfyr til fx varmepumper.
- Gennemgå installationerne: Hvor effektive er pumper, ventilator osv., og er deres driftstider og temperaturer optimale? Er kvaliteten af isolering af rør og installationer tilstrækkelig?
- Sænk rumtemperaturen: Brug mindre energi til opvarmning. Hver grad lavere giver en besparelse på ca. 5 % på varmeregningen.



Figur 3. Danmarks samlede energiforbrug fra 1990 og frem til og med 2019, samt andelen af energi, som stammer fra vedvarende energikilder. Kilde: Energistyrelsens Energistatistik



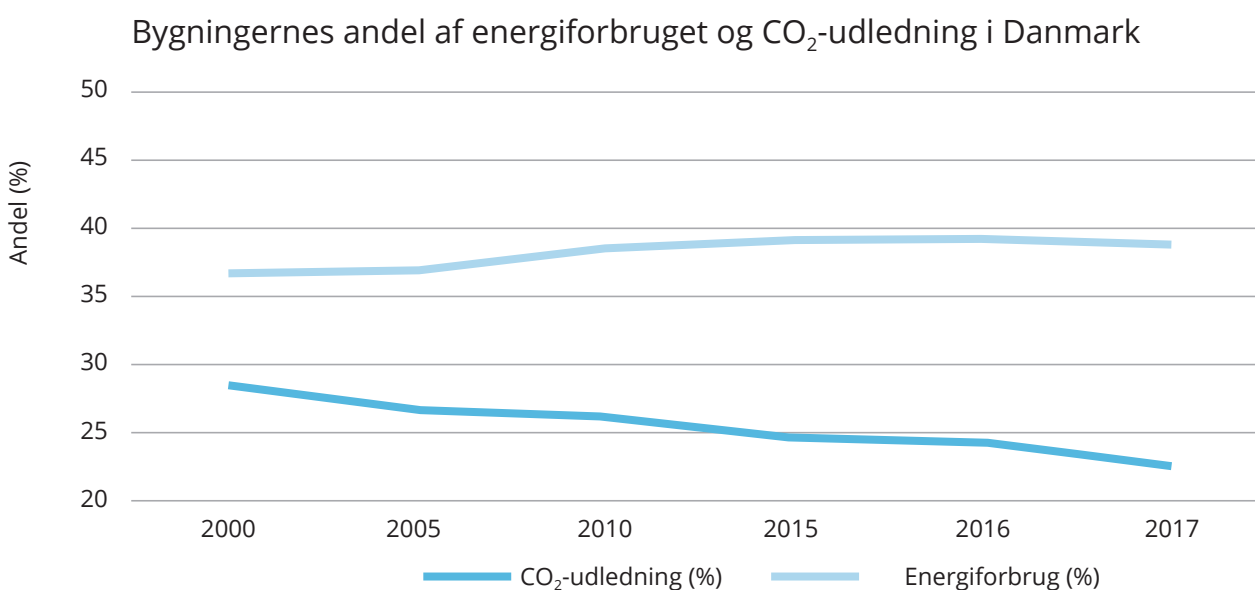
### Bygningers energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning

Der bruges energi til andet end bygninger fx i transportsektoren og landbruget. Så kan byggebranchen overhovedet påvirke den samlede belastning?

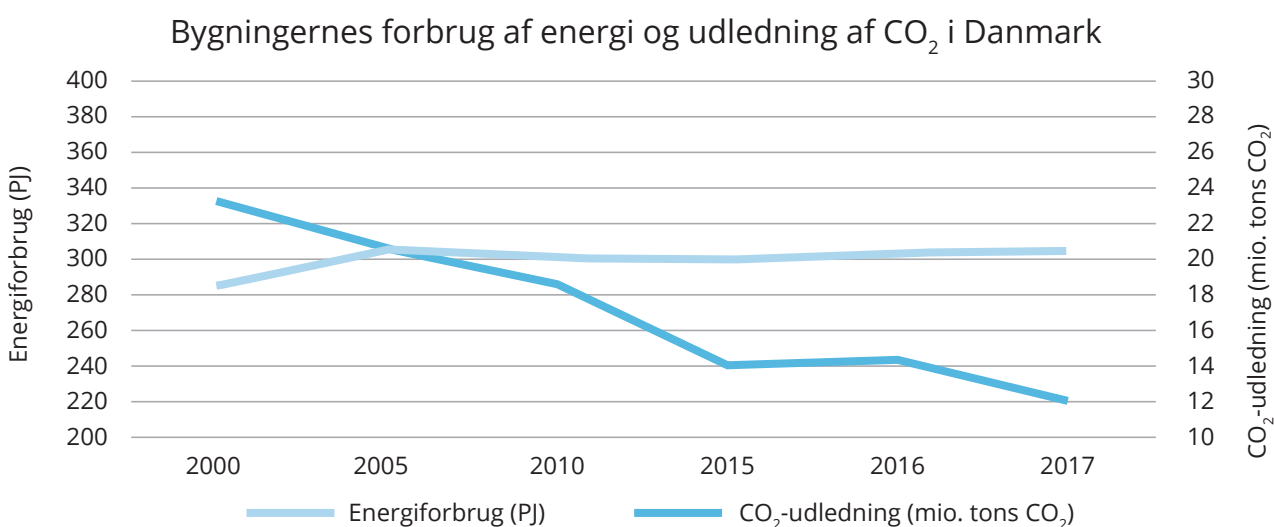
Hvis man kigger dybere i tallene, ser man, at bygninger er en af samfundets største energiforbrugere, se figur 4. Energiforbruget til at varme, køle, belyse, ventilere osv. udgjorde næsten 40 % af Danmarks samlet energiforbrug i 2017. Derfor er potentialet for at reducere CO<sub>2</sub>-udledningerne også stort.

Dette ses i figur 4 og figur 5, der viser udviklingen fra 2000 til 2017.

Det ses i figur 4, at bygningernes andel af energiforbruget i Danmark fra år 2000 til 2017 ikke er blevet mindre. Det skyldes bl.a., at bygningernes faktiske energiforbrug i perioden er steget minimalt, som vist på figur 5.



Figur 4. Udviklingen af bygningernes andel af energiforbruget og CO<sub>2</sub>-udledning i Danmark mellem år 2000 til 2017.  
Kilde: Det Økologiske Råd (nu Rådet for Grøn Omstilling), "Bygningernes andel af energiforbrug og udledninger", marts 2020.



Figur 5. Udviklingen af bygningernes reelle energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning i Danmark mellem år 2000 til 2017.  
Kilde: Det Økologiske Råd (nu Rådet for Grøn Omstilling), "Bygningernes andel af energiforbrug og udledninger", marts 2020.

### Grønnere energi trods stigende forbrug

Både bygningernes andel af CO<sub>2</sub>-udledningerne (figur 4) og den faktiske CO<sub>2</sub>-udledning relateret til bygninger (figur 5) er faldet, selvom bygningernes andel af det samlede energiforbrug er steget (figur 4).

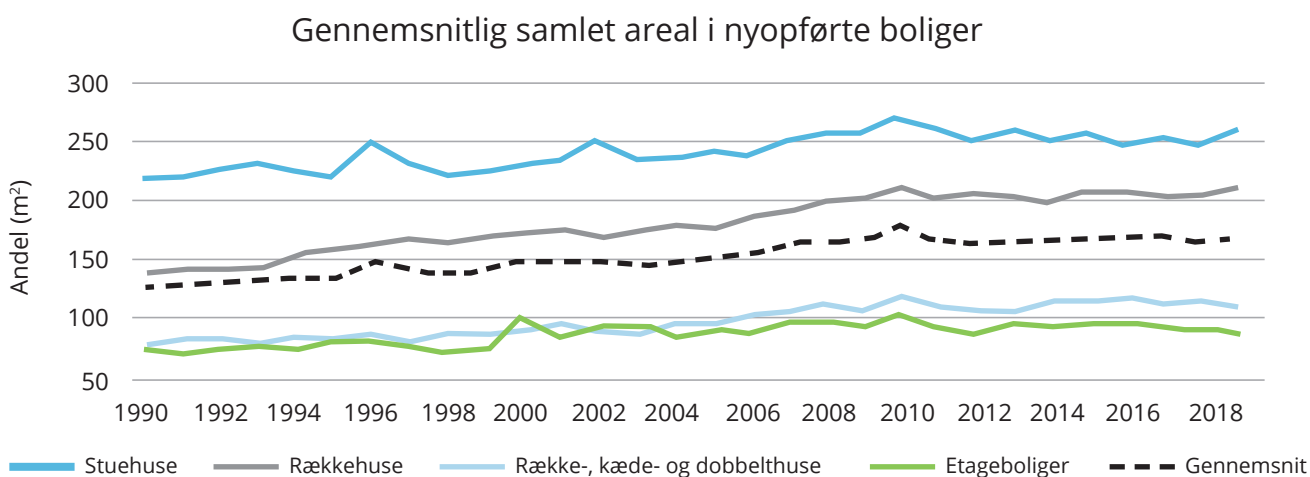
Dette skyldes bl.a., at der ganske vist er flere opvarmede kvadratmeter, men at man også har skiftet til mere miljø- og klimavenlige opvarmningsformer. Fx er mange oliefyr blevet udskiftet, og der er blevet installeret flere varmepumper de senere år.

Det viser, at det har effekt at have fokus på at skifte til renere opvarmningskilder og spare på energi i bygninger.

Men der er stadig lang vej igen. Fx anvender nye bygninger i nogle tilfælde mere energi end beregnet før opførelsen, og der er behov for at sikre, at bygninger holder sig indenfor det planlagte energiforbrug – bl.a. ved hjælp af funktionsafprøvning af nyinstallerede tekniske anlæg inden ibrugtagning, hvilket i dag er et krav i Bygningsreglementet.

### Større bygninger i dag end tidligere

Bygningers andel af energiforbruget i Danmark er forsat høj, selvom vi energieffektiviserer bygningerne. Det skyldes, at vi bygger større og større. Fra 1990 til 2018 er nyopførte boliger i gennemsnit blevet over 40 m<sup>2</sup> større (figur 6). Større bygninger giver naturligvis et større energiforbrug til fx opvarmning og belysning af de ekstra kvadratmeter.



Figur 6. Nyopførte boliger er med tiden blevet større uanset typen. Kilde: Danmarks Statistik

### Renovering er grønnere end nybyggeri

Omkostningerne og miljøpåvirkningerne er typisk mindre, hvis man renoverer fremfor at bygge nyt (kilde: Rapport Rambøll: 'Analyse af CO<sub>2</sub>-udledning og totaløkonomi i renovering og nybyg').

Men menneskers ønsker til bygninger ændres konstant; folk flytter mellem land og by, familiesammensætninger ændrer sig, erhverv uddør og nye opstår, gennemsnitslevealderen stiger, nye teknologier skaber nye designmuligheder osv.

Derfor kommer vi ikke udenom at bygge nye bygninger – og i dag anses det ofte som den nemme og mere komfortable løsning at opføre bygninger fra bunden fremfor at renovere, selvom det er grønnere at renovere, hvis man kan.

### Energikrav til både nybyggeri og renovering

Uanset om man bygger nyt eller renoverer en eksisterende bygning, har vi i Danmark strenge energikrav i Bygningsreglementet. For nybyggeri er der en ramme for, hvor meget beregnet energi en bygning må bruge i driften.

Ved renovering er der krav om at energiforbedre bygningen, hvis energitiltaget tjener sig hjem inden for  $\frac{3}{4}$  af forbedringens levetid, og hvis det er fugtteknisk forsvarligt at efterisolere de bygningsdele, der ombygges.

Der er altså krav til energiforbrug til opvarmning og anden drift af bygninger – men på nuværende tidspunkt er der ingen krav til, hvor meget byggematerialer og byggeprocesser må belaste klimaet.

### Materialernes betydning

Materialer har stor indflydelse på klimabelastningen ved nybyggeri, så materialevalg bør have et stort fokus. Undersøgelser viser, at påvirkninger fra materialer kan være op til fire gange højere end påvirkninger fra driftsenergiforbruget. (Kilde: Rapport fra SBI: Klimapåvirkning fra 60 bygninger. 2020).

Det kan virke simpelt at skulle vælge de mindst belastende materialer og sammensætninger. Men materialer produceres på forskellig vis og er forbundet med forskellige typer af klima- og miljøbelastninger, der er vanskelige umiddelbart at sammenligne. Samtidig er bygninger ofte unikke, og når der skal tages højde for forhold som bl.a. levetid, byggegrund, mængde, pris og bæreevne, bliver det vanskeligt at afgøre, om løsning A klimamæssigt er bedre end løsning B.

For at give bygherrer og byggebranchen et bedre beslutningsgrundlag er der behov for at benytte livscyklusvurderinger af bygninger (LCA) og totalomkostningsvurderinger (LCC). De giver et fælles værktøj til at vurdere den samlede belastning og omkostninger relateret til et byggeprojekt.

Man opnår også et erfaringsgrundlag, som kan gøre det nemmere at genkende og vælge de mest hensigtsmæssige løsninger på sigt ud fra hensyn til både klima og økonomi.

Overordnet gør hensynet til klimaet valget af byggematerialer og bygningsdesign mere komplekst. Imidlertid bliver flere og flere nye bygninger bæredygtighedscertificeret, i dag dog primært kontorbygninger og større beboelsesejendomme. Bæredygtighedscertificering fx med DGNB – giver en systematisk tilgang til at gennemgå løsninger og træffe de bedst mulige beslutninger ved at betragte parametre enkeltvis og samlet.

### Hvorfor en frivillig bæredygtighedsklasse?

Det store energiforbrug fra opførelsen af bygninger er en af årsagerne til, at der er kommet en frivillig bæredygtighedsklasse. Men den handler ikke kun om energi og klimabelastning. Det er også vigtigt, at bygninger er sikre, sunde og behagelige at opholde sig i, og derfor er der også en række krav i bæredygtighedsklassen, som adresserer indeklimaet i bygningerne.

## Produktion af byggematerialer belaster klimaet

Opvarmningsprocesser i forbindelse med produktion af byggematerialer medfører et stort energiforbrug – fx når man skal brænde og hærde mursten og isoleringsmaterialer eller smelte glas eller metal.

Der bliver brugt så store mængder beton til byggeri og anlæg, at cementproduktionen alene står for 7 % af verdens samlet energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning.

Kilde: <https://www.iea.org/news/cement-technology-roadmap-plots-path-to-cutting-CO2-emissions-24-by-2050>



# Krav 1:

## Livscyklusvurdering – bygningens samlede klimapåvirkning

En livscyklusvurdering (Life Cycle Assessment - LCA) er en hjørnesteen i den frivillige bæredygtighedsklasse. En LCA er en beregning af miljøpåvirkningerne fra de materialer og den energi, som indgår og bruges i et byggeri, set over bygningens levetid. I kravet om LCA er den beregningsmæssige levetid, også kaldet betragtningsperioden, sat til 50 år.

### Sådan lyder kravet om livscyklusvurdering

*“Ved ansøgning om byggetilladelse og ved færdigmelding af en bygning skal der foreligge en hhv. indledende og endelig livscyklusvurdering (LCA), som vurderer bygningens samlede klimapåvirkning.”*

I en LCA drejer det sig om klimapåvirkning – ikke andre dele af begrebet bæredygtighed – dvs. ikke om de sociale og økonomiske aspekter. LCA-vurderinger kan bruges til at sammenligne miljøaftrykket af en bygning overfor en anden. Men de kan også bruges til at sammenligne miljøaftrykket fra forskellige konstruktionsopbygninger eller enkelte byggematerialer.

Der er ikke bestemte krav til fx maksimalt CO<sub>2</sub>-udslip. Kravet er blot, at der skal laves en LCA ad to omgange.



# Sådan opfyldes kravet til LCA i bæredygtighedsklassen

Kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse er overholdt, når dokumentationen er afleveret for:

## 1

### Den indledende LCA på tidspunktet for ansøgning om byggetilladelse

Dokumentationen udarbejdes af bygherren eller dennes rådgiver – til dels på baggrund af informationer fra de udførende håndværksvirksomheder.

Den indledende LCA bruges tidligt i designfasen for at træffe beslutninger på et oplyst grundlag. Tidligt i processen vil en LCA dog ofte være baseret på antagelser. Selvom det er vanskeligt at forudse alle beslutninger, der har indflydelse på bygningens klimapåvirkning, giver det god mening at udføre en LCA allerede i starten af projektet. Det er nemlig her, de største potentialer ligger for at forbedre bygningers klimabelastning. Derfor skal LCA'en justeres, når de endelige beslutninger er truffet for at sikre den mest korrekte livscyklusvurdering af den opførte bygning. Der skal således udarbejdes to LCA'er i projektforløbet.

#### Beregningsprogram til LCA-vurdering

Til at udføre livscyklusvurderinger kan det gratis program LCAbyg benyttes. Programmet er udviklet af BUILD (der tidligere hed Statens Byggeforskningsinstitut – SBI).

## 2

### Den endelige LCA ved færdigmelding af byggeriet

Med LCAbyg kan man beregne byggeriets miljøprofil og ressourceforbrug. Det kan anvendes til LCA af både nye bygninger, tilbygninger og renoveringsprojekter.

Man skal indtaste:

1. Informationer om bygningsdelene
2. Mængdeopgørelser og miljøinformationer fra miljødeklarationer (forkortes EPD – Environmental Product Declaration – se side 14) eller generiske miljødata for byggematerialer
3. Oplysninger om bygningens energiforbrug til drift

LCAbyg værktøjet tager sig automatisk af LCA-beregningerne og samler resultaterne i figurer og en rapport.

## Hvad er en miljøvaredeklaration – eller EPD?

En miljøvaredeklaration hedder på engelsk Environmental Product Declaration og forkortes derfor EPD. En EPD dokumenterer en byggevares miljømæssige egenskaber og udvikles efter anerkendte europæiske og internationale standarder.

Der findes EPD'er for et stigende antal byggevarer, og de kan bruges som beslutningsgrundlag til at vælge mellem forskellige byggevarer.

### EPD - Miljøvaredeklaration

EPD'er dokumenterer alle miljøpåvirkningskategorier – såsom påvirkningen af den globale opvarmning, forsuring, næringssaltbelastning m.m. Desuden sætter de tal på forbruget af energiresourcer til produktion af det aktuelle produkt. Bl.a. opgøres forbrug af vedvarende og ikke-vedvarende energiresourcer samt affaldsstrømme fra produktionen – fx mængden af bortskaffet affald og materialer til energiidnytelse eller genanvendelse.

EPD'erne skal udføres iht. til standarden EN15804, som er et krav til LCA'en i den frivillige bæredygtighedsklasse.

Du kan som regel finde EPD'er på producentens hjemmeside eller fx hos EPD Danmark, [www.epddanmark.dk](http://www.epddanmark.dk).

### Hvilke faser indgår i en LCA?

De klimapåvirkninger, der indgår i en LCA, omfatter i hovedtræk:

1. Udvinning og fremskaffelse af råmaterialer
2. Fremstilling af byggematerialer
3. Byggeproces – transport og opførelse af bygning
4. Brug – energi- og ressourceforbrug til drift og udskiftning af byggematerialer
5. Efter endt levetid – nedrivning, affaldsbehandling og bortskaffelse
6. Eventuel genbrug og genanvendelse af bygningsdele og byggematerialer

En LCA drejer sig om at beregne byggeriets potentielle miljø- og klimapåvirkning.

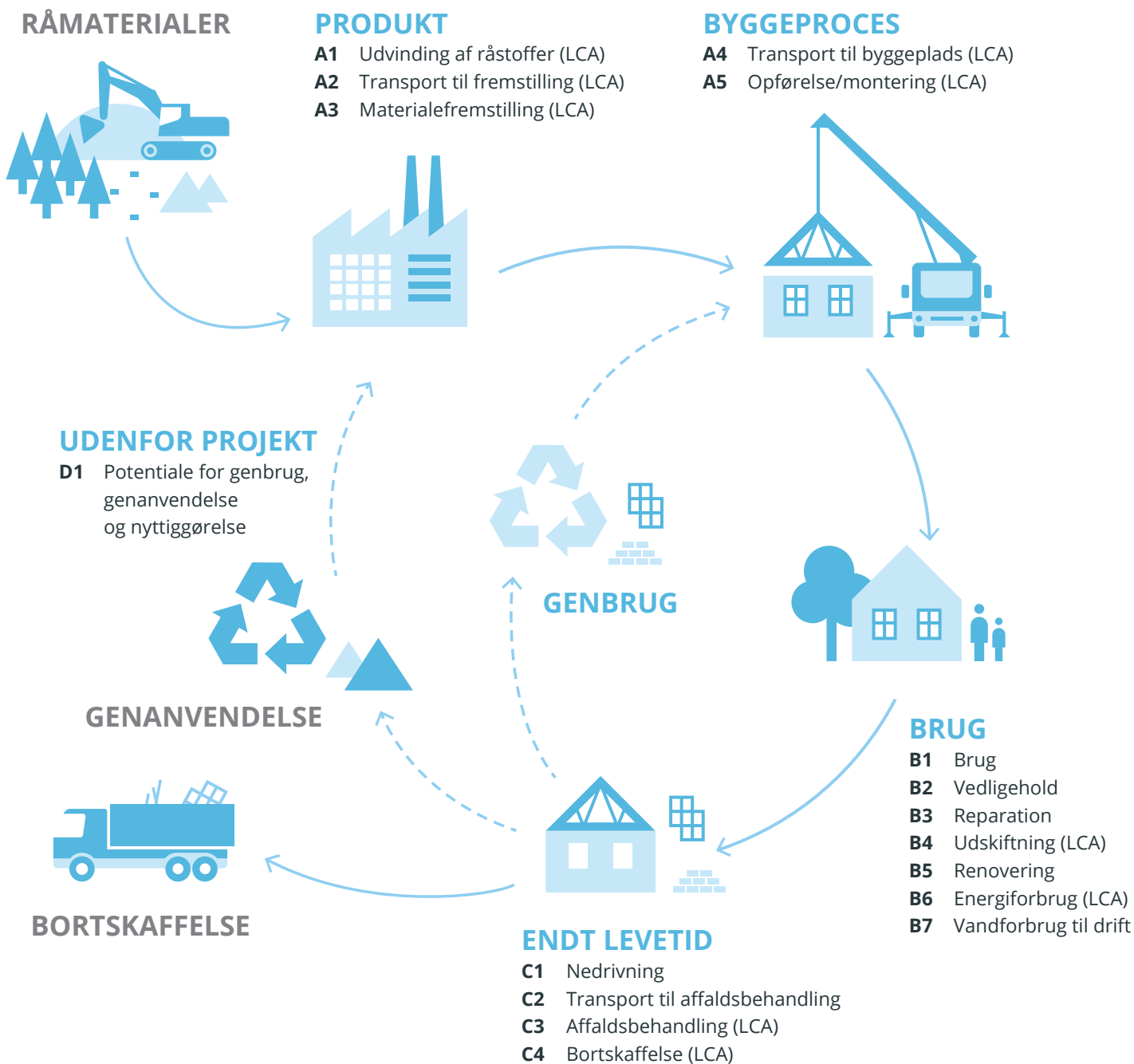
LCA'en omfatter bygningen inklusive installationer, fundering og fast inventar samt sekundære bygninger i tilknytning til bygningen og terrænarbejder på bygningens grund.

En LCA er som udgangspunkt en analyse af bygningens reelle forventede levetid. I beregningerne skal betragtningsperioden fastsættes til 50 år. Det gælder både for nybyggeri og ombygninger og renoveringer.

Et byggeprojekt er opdelt i de faser, der påvirker miljøet, og der fremgår af figuren på næste side.

## FASER I EN LIVSCYKLUSVURDERING

Faserne, der er efterfulgt af LCA i parentes, skal indgå i LCA-vurderinger udført efter den frivillige bæredygtighedsklasse.



Figur 7. Samtlige livscyklusstadier for en bygning. Det varierer, hvilke faser der er inkluderet i henholdsvis en EPD og i en LCA-beregning. Kilde: EPD Danmark



Det er vigtigt at være opmærksom på, hvilke livscyklusfaser en konkret LCA omfatter. Fx udelades fase A4 og A5 i den indledende LCA på tidspunktet for ansøgningen om byggetilladelsen. Definitioner af de enkelte faser i livscyklusen ses i Bolig- og Planstyrelsens vejledning til kravet på [www.baeredygtighedsklasse.dk](http://www.baeredygtighedsklasse.dk). Her kan man i bilagsmaterialet se, hvilke krav der er til selve dokumentationen.

Der skelnes mellem hvilke livscyklusfaser, som indgår i vurderingen af henholdsvis nybyggeri, ombygninger og renoveringer. Dette uddybes også i vejledningen fra Bolig- og Planstyrelsen.

En miljøvaredeklaration – en EPD (se boks side 14) – skal indeholde faserne A1 til A3 i produktionsfasen samt næste produktionssystem: Genbrugs-, genanvendelses- og genvindingspotentiale. Alle faser fra A4 til D er i dag valgfrie at inddrage i en EPD, men nødvendige i en LCA for en bygning. For de manglende faser bruges generiske data.

## Hvorfor er genbrug og genanvendelse med?

Potentialet for genbrug, genanvendelse og anden nyttiggørelse af byggeaffald indgår som en del af en LCA. Formålet er at sætte fokus på de mulige klimamæssige fordele ved genanvendelse af ressourcer i byggeriet. En stor mængde materialer og ressourcer er allerede bundet i eksisterende byggeri, og det betyder, at genanvendelse ikke er et valg, men en nødvendighed i fremtidens byggeri. Det gælder om at sikre, at der bliver taget stilling til genbrug og genanvendelse så tidligt som muligt.



# Håndværkerens rolle

Det vil oftest være en rådgiver, der udfører LCA på bygninger. Arbejdet vil tage udgangspunkt i bygningsmodeller og tilhørende beskrivelser af, hvordan bygningen skal konstrueres, og hvilke komponenter den vil bestå af. Derfor kan arbejdet foregå i tæt dialog med arkitekten, som har stor indflydelse på materialevalget og udformningen. Dette gælder i høj grad, når den indledende LCA skal beregnes.

Håndværkerens viden og erfaring fra byggepladsen kommer særligt i spil, når den endelige LCA skal beregnes – men kan også spille en rolle tidligere, når der vælges byggematerialer. Håndværkerens materialevalg og viden kan direkte påvirke resultatet af LCA'en.

## 1. Valg af byggevarer

Hvis du har indflydelse på materialevalg til byggeriet, skal du undersøge, om der foreligger en EPD for produktet – og om du kan sammenligne værdierne i forskellige EPD'er med hinanden. I den kolonne i EPD'en, som hedder GWP (global warming potential), kan du danne dig et groft overblik over, hvor stor materialets indflydelse på drivhuseffekten er (se eksempel på side 22).

## 2. Tjek af endeligt materialevalg

Håndværkere kan også blive bedt om at tjekke, om der i det hele taget er brugt de materialetyper og -mængder, som der er angivet i den indledende LCA.

## 3. Mængder

Som entreprenør eller håndværker kan du blive bedt om at oplyse mængder på dine byggematerialer. Mængdeopgørelserne omfatter alle materialer i byggeriet inkl. rør til tekniske anlæg. Dog undtages typisk de mindste komponenter: skruer, søm, fittings m.m.

## 4. Brug af genbrugte eller genanvendte materialer

Som håndværker kan du blive anmodet om at dokumentere, om der er genbrugte eller genanvendte materialer i byggeriet.

## 5. Opgørelse og minimering af forbrug på byggepladsen

Ofte er det håndværkerne, der står for måling og registrering af ressource- og energiforbrug på byggepladsen. Måske kan du være med til at reducere ressourceforbruget på byggepladsen. Fx kan der spares energi ved at optimere den nødvendige udtørring. Læs også om det specifikke krav til ressourceforbrug på byggepladsen på side 24-29.

## 6. Genbrug af materialer fra nedrivning

Som håndværker kan du også være med til at registrere, om dele af det nedrevne byggemateriale bliver genbrugt.

## 7. Opgørelse og minimering af affald på byggepladsen

Som håndværker vil du ofte også være med til at dokumentere og minimere affald fra byggepladsen.

## Prøv LCAbyg!

Selvom LCA normalt ikke foretages af den udførende håndværker, kan du godt afprøve værktøjet LCAbyg, så du får begreb om, hvad der skal "fyldes i det", og hvad der kommer ud i den anden ende. Det er afgørende, at de indtastede oplysninger er korrekte – fx vægtmængder, materialetyper og affaldshåndtering, og det kan ofte være oplysninger, som håndværkeren leverer. Se LCAbyg.dk. Det er gratis at benytte, men du skal oprette en profil for at få adgang.

# Baggrundsviden

## Hvad betyder enheden kg CO<sub>2</sub>-eq?

Enheden for den totale klimapåvirkning over samtlige 50 år, uanset bygningens størrelse, er [kg CO<sub>2</sub>-eq]. CO<sub>2</sub>-eq er en forkortelse for kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Man bruger opgørelsen 'kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter' for enkelthedsens skyld, så man kan nøjes med ét tal for drivhusgasserne. Ækvivalent betyder, at noget er lig med noget andet.

Beregningsresultatet af en LCA måles med referenceenheden [kg CO<sub>2</sub>-eq pr. m<sup>2</sup> pr. år].

Det vil sige, at man vurderer udledningen af CO<sub>2</sub> pr. én kvadratmeter af bygningen for ét år.

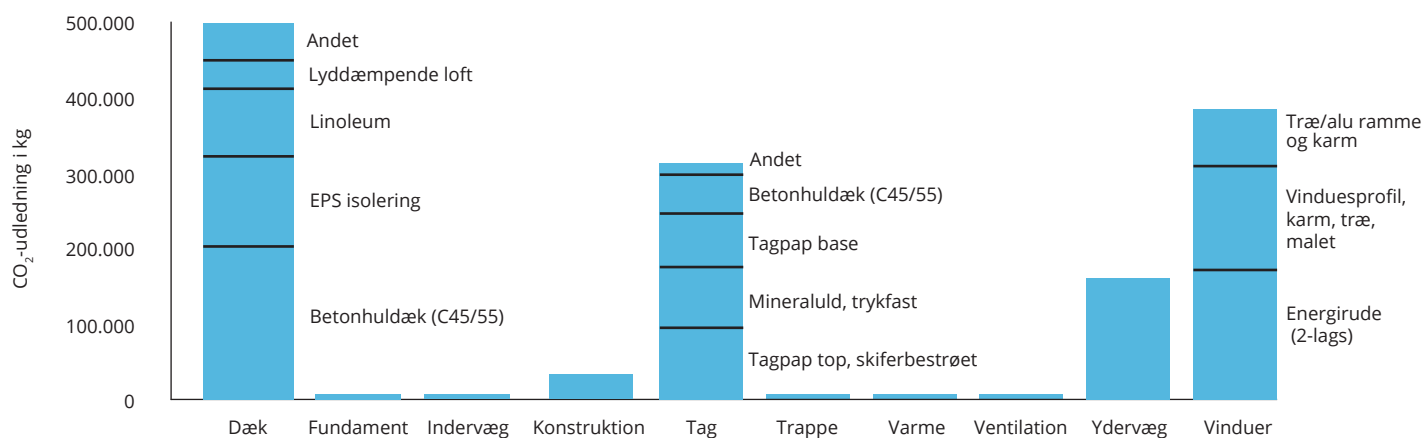
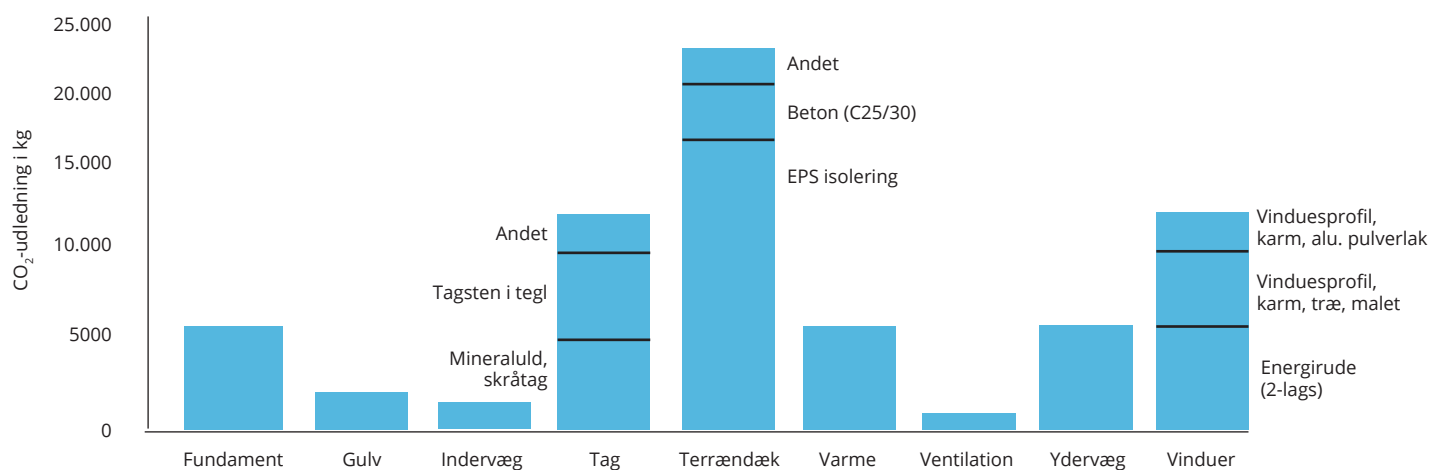
Det samlede resultat i en LCA måles og vurderes ved at betragte følgende forskellige miljøparametre:

1. Global opvarmning (GWP)
2. Ozonedbrydning (OPD)
3. Fotokemisk ozondannelse (POPC)
4. Forsuring (AP)
5. Næringssaltsbelastning (EP)
6. Abiotisk ressourceudtømmning, grundstoffer (ADPe)
7. Abiotisk ressourceudtømmning, fossil (ADPf)
8. Total primærenergi (PEtotal)

## Nogle bygningsdele er vigtigere end andre

Det er en tidskrævende opgave at skulle vurdere og optimere klimabelastningen fra alle materialer og konstruktioner i et bygge- eller renoveringsprojekt. Derfor er en fordel at starte med at udvælge de mest betydelige bygningsdele. Miljøpåvirkningerne fra forskellige bygningsdele og deres indflydelse på bygningens totale miljøpåvirkning varierer afhængigt af fx typen af bygning. Et eksempel på en beregning ses på næste side.



Nybyggeri af kontorbygning - CO<sub>2</sub>-udledningNybyggeri af enfamiliehus - CO<sub>2</sub>-udledning

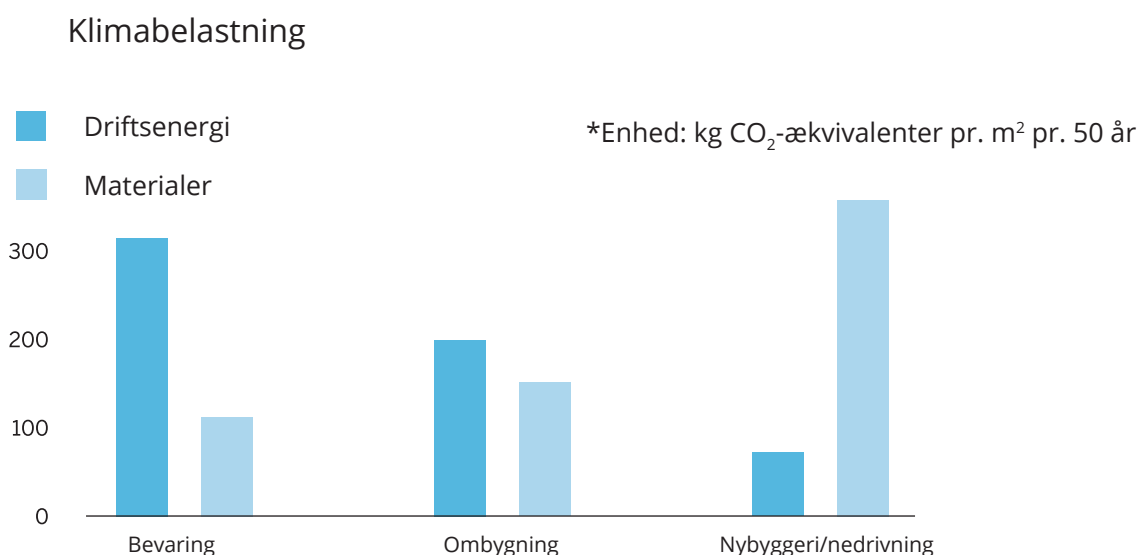
Figur 8 og 9.

Værdierne i eksemplerne er fra programmet LCAbyg. I ingen af beregningerne er energiforbrug til belysning, udstyr og maskiner inkluderet, da dette er meget individuelt. Kontorbygningen er 4.157 m<sup>2</sup> fordelt på 4 etager. Enfamiliehuset er et 1-plans længehus på 150 m<sup>2</sup>. Beregningerne er lavet af BUILD (Statens Byggeforskningsinstitut, SBI).

### Byggematerialer spiller en stigende rolle i CO<sub>2</sub>-belastningen

CO<sub>2</sub>-belastningen ved fremstilling af byggematerialer til at opføre nye bygninger eller renovere eksisterende bygninger udgør en stigende andel af CO<sub>2</sub>-aftrykket fra bygninger i forhold til driftsenergi. Ved nybyggeri udgør materialerne i dag faktisk en væsentlig større klimabelastning end driften, og derfor er der stigende fokus på byggematerialerne.

Figur 10 illustrerer dette og viser tre scenarier: når man bevarer en ældre bygning, når man ombygger en bygning, og når man river ned og bygger nyt. Hvis en ældre bygning bevares, og der kun foretages løbende, nødvendige udskiftninger af bygningsdele, udgør energiforbruget til drift den største CO<sub>2</sub>-belastning. Ved større ombygninger belaster energi til drift og energi til at fremstille nye materialer omtrent lige meget. Ved nybyggeri udgør materialerne i dag en væsentlig større klimabelastning end driften.



Figur 10.

Klimabelastning fra byggematerialer i forhold til belastning fra driften. Eksemplet gælder for en konventionel måde at bygge eller renovere på i en konkret skolebygning, men billedet, der tegnes, gælder generelt. Dog kan der være stor variation i klimabelastningen til materialer ved nybyg (dvs. i kolonnen længst til højre). Kilde *Circularity city - Dialogværktøj*.

# Eksempler

## Eksempel 1: Et materialets udledning gennem livsfaser

I figur 11 ses CO<sub>2</sub>-udledningen for de forskellige livsfaser i forhold til en LCA for et stråtag. Stråtag har et negativt GWP i produktionsfasen A1-A3, nemlig minus 50,4 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. kvadratmeter. Det skyldes, at strå er biomasse, der optager CO<sub>2</sub> under sin vækst i naturen.

Til gengæld afgives en stor del CO<sub>2</sub> (40,5 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter), når stråene rådner, afbrændes eller forgår på anden vis (C4).

De fleste byggematerialer udleder CO<sub>2</sub> i produktionsfasen, og for at sætte det i perspektiv kan nævnes, at en dansk gul mursten udleder 794 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. ton mursten i faserne A1-A3.

EPD'en inkluderer også de materialer (og dermed belastningen), der anvendes til den tilhørende emballage og fragten af selve produktet, som EPD'en omhandler.

## CO<sub>2</sub> udledningen over en 50-års periode gennem de forskellige livsfaser for 1 m<sup>2</sup> stråtag. (Faserne fra A1 til D ses i figur 7 på side 15.)

Parameter	Enhed	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	-50,4	0,55	0,81	38,4	0,004	0	0	0	0	0,134	0	40,5	-15,2

## CO<sub>2</sub>-udledningen over en 60-årig periode gennem forskellige livsfaser for 1 m<sup>2</sup> tagpap inkl. bund- og toplag.

Parameter	Enhed	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eq	3,83	0,105	1,95	0	0	0	3,54	0	0	0,0734	24	0,01	-8,85

Figur 11. Kilde: EPD Denmark

### Eksempel 2: Affald fra byggeplads og CO<sub>2</sub>-ækvivalenter

En entreprenør vil gerne mindske sit ressourceforbrug på byggepladsen (livsfase A5) og har allerede fokus på indkøb af korrekte mængder og korrekt opbevaring af materialerne på byggepladsen, så overskydende varer kan leveres retur. Men der skal også fokus på affaldssorteringen.

En screening af affaldsmængderne på to af entreprenørens byggepladser viste, at 78 % af affaldsmængden var sorteret bygge- og anlægsaffald, og 17 % var blandet brandbart affald. På byggepladserne blev der samlet opført 127 boligheder i form af rækkehuse og etageboliger. Den samlede affaldsmængde var på 19.260 kg, heraf blev 16.030 kg genanvendt, se figur 12.

De resterende 3.230 kg bygge- og anlægsaffald, bestående af pap, plast, træ etc. blev sorteret som brandbart. Hvis det hele var blevet genanvendt fremfor brændt, havde man sparet yderligere 9,7 ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter.

### Forskel på genbrug og genanvendelse

Genbrug er, når en byggevare bruges igen til samme formål, mens genanvendelse er, når de gamle materialer bearbejdes og bruges til at fremstille nye materialer.

### Affaldsmængder sorteret med henblik på genanvendelse.

(Hvis alt affaldet i stedet kunne genbruges, ville man kunne spare 2,9 ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter).

Materiale	Mængde (kg)	Kg CO <sub>2</sub> -ækvivalenter
Træ	860	1.511
Jern og metal	140	94
Beton	5.261	247
Tegl	6.012	87
Cement	752	598
Stenuld	3.006	353
<b>I alt</b>	<b>16.030</b>	<b>2.891</b>

Figur 12. Kilde: EPD Denmark

# Yderligere information

Beregningen af en LCA bygger på metoden fra de to standarder DS/EN 15804 og DS/EN 15978

Gratis fælles værktøj til LCA-vurdering:  
[www.lcabyg.dk](http://www.lcabyg.dk)

Læs mere om livscyklusvurdering i publikationen 'Introduktion til LCA' på <https://tbst.dk/da/Byggeri/Baeredygtigt-byggeri/Om-baeredygtigt-byggeri#publikationer-og-vaerktoejer> samt i analysen 'Bygningens livscyklus' <https://sbi.dk/Assets/Bygningens-livscyklus/sbi-2015-09-1.pdf>

Organisationen, som udgiver miljøvaredeklara-tioner i Danmark, er en såkaldt EPD program-operatør, og man kan også finde EPD'er hos programoperatører i andre lande fx EPD Norge og The International EPD System i Sverige. Den danske EPD programoperatør er EPD Danmark: <http://www.epddanmark.dk/>. EPDDanmark



## Krav 2: Ressourceanvendelse på byggepladsen

Når et byggeri opføres, er en veldrevet byggeplads en forudsætning for et godt slutprodukt. En byggeplads er ofte kompleks, hvor mange forskellige faggrupper skal samarbejde, og det kræver planlægning og styring at opnå en god byggeproces. Ofte er der på en byggeplads også forskellige håndværksvirksomheder involveret.

På byggepladsen anvendes mange typer af ressourcer. Vand bruges fx til selve byggearbejdet og i skurvogne, el anvendes fx til værktøj, udtørring og belysning, og køretøjer og maskiner på pladsen anvendes til transport, løft, bearbejdning og montage af byggematerialer.

En strøm af byggematerialer og jord/råstoffer kommer ind på pladsen, hvor de fleste bliver anvendt i byggeriet, mens en mindre del bliver kørt væk fra byggepladsen som byggeaffald i form af fx afskær og andet spild.

Ressourceforbruget på byggepladsen er et område, der tidligere har haft et begrænset fokus, til trods for at det kan have en væsentlig betydning for en bygnings miljø- og klimapåvirkning. Hensigten med kravet er at kortlægge ressourceanvendelsen og dermed give mulighed for at minimere og optimere dette på selve byggepladsen. Samtidig kan det have en positiv økonomisk effekt.

### Sådan lyder kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse

*"Transport, energi og vandforbrug på byggepladsen samt mængden af byggeaffald skal måles, registreres og dokumenteres."*

## Uddybning af kravet om ressourceanvendelse på byggepladsen

Nedenfor og på næste side er gengivet hovedparten af Bolig- og Planstyrelsen vejledning til kravet om ressourcer på byggepladsen:

*"Vandforbruget på byggepladsen afrapporteres separat, mens transport, energiforbruget og byggeaffald opgøres og benyttes i LCA-beregningen."*

**Vandforbruget:** Vandforbruget i byggeperioden på byggepladsen skal måles og registreres løbende. Dokumentation skal indeholde mængde af vand samt formål med vandforbruget. Vand, som genbruges, skal kun måles en gang.



**Transport:** Transport i henhold til byggeprocessen for byggevarer, jord og byggeaffald skal dokumenteres i henhold til LCA-kravet, Bilag 1, Tabel 8. Transport mellem byggeplads og øvrige beliggenheder i forbindelse med byggeprocessen, herunder til oplagring, præfabrikation eller oparbejdning, er også medtaget.

Dokumentationen skal indeholde afstanden samt transportform og type transporterede gode. Transport af byggevarer til byggepladsen skal knyttes til byggevarerne. Transporten af byggevarer og jord til byggepladsen skal benyttes i LCA-beregningen for modul A4 Transport til byggeplads. Transport af personer og materiel samt transport af byggeaffald fra forudgående nedrivning er ikke omfattet.

Brændstofforbrug fx til maskiner og køretøjer på byggepladsen skal registreres. Forbrug, hvor dette ikke kan ske på en hensigtsmæssig måde, kan alternativt estimeres ved beregning. Transport i forbindelse med byggeprocessen, dvs. på byggepladsen og væk fra byggepladsen skal bruges i LCA-beregningen for modul A5 Opførelse / montering.

Ved ukendt transportform skal der vælges transportformen standard lastbil. Det gælder også for transport af byggeaffald og jord. Ved ukendt transportafstand skal der antages en afstand på 500 km for byggevarer henholdsvis 200 km for byggeaffald og jord. Transportform og -afstand skal dog dokumenteres detaljeret for de fem byggevarer med den største samlede vægt. Den detaljerede dokumentation skal indeholde alle transportformer og -afstande i leveringskæden, som er relateret til de fem byggevarer med den største samlede vægt. Transport af de øvrige byggevarer, jord og byggeaffald dokumenteres som afstand mellem produktionssted og byggeplads, henholdsvis mellem byggeplads og modtager, og ved brug af den dominerende transportform.

**Energiforbruget:** Forbrug af energi skal måles og registreres løbende. Også forbrug af energi på andre lokationer end den egentlige byggeplads, som er relateret til byggeprocessen samt transport mellem disse, skal registreres. Det kan fx være pladser til lagring, oparbejdning eller præfabrikation.

Elforbrug skal måles og dokumenteres i separate delforbrug i henhold til Tabel 5.

På mindre byggepladser i skala af enfamiliehusbyggeri kan elforbruget måles og dokumenteres med én måler. Målingen skal starte på dato for anmeldelse af byggearbejde til kommunen eller senest efter installation af måleren. Den sidste dag for målingen er datoen for ibrugtagningstilladelse. Datoen kan ligge tidligere, hvis måleren bliver afmonteret før dette tidspunkt, eller hvis byggeriet er blevet afleveret tidligere.

**Byggeaffald:** Byggeaffald i byggeperioden på byggepladsen skal mængdeopgøres og dokumenteres. Også byggeaffald i andre beliggenheder end den egentlige byggeplads, som er relateret til byggeprocessen, skal registreres. Det kan fx være pladser til lagring, oparbejdning eller præfabrikation. Byggeaffald fra forudgående nedrivning er ikke omfattet. Dokumentation af byggeaffald skal indeholde type af byggeaffald og en mængdeopgørelse.

Byggevarer, som blev beskadiget under byggeprocessen, fx ved transport eller gennem forkert lagring, og dermed ikke længere kan bruges til det egentlige formål, skal dokumenteres som spild af materialer. Spild af materialer skal benyttes i LCA-beregningen for modul A1-4 og C3-4. Ved ukendt mængde spild skal alle materialer i bygningsmodellen tillægges 10 procent spild.

Dokumentationen af spild af materialer skal indeholde type af spildt byggevare og en mængdeopgørelse registreres og dokumenteres.”

# Sådan opfyldes kravet til ressourceanvendelse i bæredygtighedsklassen

For at leve op til kravet skal følgende dokumenteres:

- A. Vandforbruget på pladsen
- B. Transport af byggevarer og jord/råstoffer til byggepladsen
- C. Transport af byggevarer og jord/råstoffer fra byggepladsen
- D. Brændstofforbrug til køretøjer og maskiner på byggepladsen
- E. Energiforbrug på byggepladsen
- F. Spild af materialer på byggepladsen

Man skal bruge data fra B, C, D, E og F som input til LCA-vurderingen, se afsnittet om krav 1.

Vær opmærksom på, at der i forvejen er krav om kildesortering på byggepladsen, jf. affaldsbekendtgørelsen, og måling af el, gas, varme og vand på byggepladsen, jf. målerbekendtgørelsen. Kravet om at dokumentere ressourceforbruget på byggepladsen er overholdt, når man har afleveret sin dokumentation til bygningsejeren. Dette skal gøres, når byggeriet er færdigmeldt. Husk også at aflevere data til den rådgiver, der står for at udføre LCA-beregninger.

Kravet er komplekst og omfattende, og derfor er det vigtigt at lave en plan for, hvordan man vil indsamle, måle og dokumentere ressourceforbruget allerede i projektering og planlægningsfasen. I udførelsesfasen skal de forskellige data registreres og indsamles.

---

## Krav til dokumentation

Der er mange oplysninger, som skal indhentes, måles og dokumenteres. Derfor anbefales det at lave et grundigt forarbejde. Et godt forarbejde gør indhentning af dokumentation lettere.

1. Identifikation af relevante fagentreprenører i forhold til de enkelte delkrav
2. Identifikation af relevante lokationer udover den egentlige byggeplads, fx pladser til oplagring, steder til præfabrikation eller oparbejdning
3. Udarbejdelse af en materialeliste, dvs. en liste over anvendte byggevarer, inkl. en leverandørliste
4. Udarbejdelse af liste over affaldsmottagere

Andet forarbejde, der kan gøre dit arbejde lettere eller bedre, omfatter:

5. Fremskaffelse af en byggepladstegning – for at skabe overblik
6. Indretning af system for sortering af byggeaffald og overskydende byggevarer – for at sikre bedre data om spildprocenter

### I udførelsesfasen skal man indsamle denne dokumentation:

Delkrav	Dokumentationskrav for ressourceforbrug på byggepladsen
A	Vandforbrug: Opstil vandmålere forskellige steder på byggepladsen, alt efter hvordan vandet bliver anvendt. Data indsamles fra vandmålere.
B	Transport af byggevarer og jord/råstoffer til byggepladsen: Transportform og transportafstand skal kortlægges. For de fem byggevarer med størst samlet vægt skal der laves en detaljeret kortlægning af leverandørkæden.
C	Transport af byggeaffald og jord fra byggepladsen: Dette dokumenteres ved indsamling af vejesedler for det bortkørte affald.
D	Dokumentation af brændstofforbrug på byggepladsen: Kortlæg hvilke maskiner/køretøjer, der bliver anvendt, og estimer forbruget, evt. ved hjælp af kvitteringer for indkøbt brændstof.
E	Energiforbrug: Opstil elmålere forskellige steder på byggepladsen, alt efter hvordan el bliver anvendt. Registrer forbrug af naturgas og varme ved måleraflæsning.
F	Spild af materialer: Opgør spildprocenten ved at dokumentere mængden af byggeaffald for den enkelte byggevare og sammenhold den med den indkøbte mængde af byggevaren.

Figur 13.

## Håndværkernes rolle

Entreprenør- og håndværksvirksomheder spiller en vigtig rolle i at kunne overholde kravet om ressourceanvendelse på byggepladsen i bæredygtighedsklassen. Det gælder særligt i forhold til at indsamle dokumentationen i udførelsesfasen.

### Få trin-for-trin hjælp

Læs mere i guiden fra Videncenter for Energibesparelser i Bygninger om kravet om at dokumentere ressourceforbrug på byggepladsen. Den giver en trin for trin gennemgang af, hvordan man opfylder kravet. Find den på [www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)

# Baggrundsviden

## Lovkrav til sortering af affald

Man skal ifølge affaldsbekendtgørelsen kilde-sortere byggeaffald på byggepladsen. Dog giver bekendtgørelsen også mulighed for at lade sit affald sortere på et eksternt affaldsanlæg efterfølgende.

## Fraktioner på byggepladsen

Affaldsbekendtgørelsens liste over fraktioner, man skal sortere i, er ikke nødvendigvis udtømmende i forhold til, hvad der kan være en god ide at udsortere. I praksis er der ofte på byggepladsen en container til blandet affald, som bliver sendt til sortering. Man kan dog med fordel sortere i flere fraktioner på byggepladsen. Dette vil øge kvaliteten af byggeaffaldet. Et smart containervalg kan understøtte dette, fx via rumopdelte containere.

## Fraktioner, man ifølge affaldsbekendtgørelsen skal sortere i

1. Natursten, fx granit og flint, jf. dog nr. 4
2. Uglaseret tegl (mur- og tagsten), jf. dog nr. 4
3. Beton, jf. dog nr. 10
4. Blandinger af materialer fra natursten, uglaseret tegl og beton
5. Jern og metal
6. Gips
7. Stenuld
8. Jord
9. Asfalt, jf. dog nr. 10
10. Blandinger af beton og asfalt

## Fraktioner, der typisk kan overvejes til sortering, er:

1. Beton
2. Natursten
3. Uglaseret tegl
4. Blandinger af uglaseret tegl, natursten og beton
5. Blandinger af beton og asfalt
6. Træ
7. Gips
8. Glas
9. Isoleringsmateriale
10. Metal
11. PVC
12. Andet plast end PVC
13. Emballage

# Eksempler

## Eksempel 1: Bedre affaldssortering

I 2017 udførte Teknologisk Institut målinger af affaldsgenereringen på fem byggepladser ved hjælp af besøg i løbet af byggeprocessen, interview og vejersedler.

På to af byggepladserne blev der regnet nøgletal ud for affaldsproduktionen. De var på henholdsvis 22 kg og 94 kg byggeaffald pr. m<sup>2</sup> nybygget etageareal. Tallene blev holdt op imod et karaktersystem fra den engelske certificeringsordning for bæredygtigt byggeri, BREEAM. I begge eksempler viste tallene, at der her var tale om entreprenører, som havde gjort aktive indsatser for at reducere byggeaffaldet. (I BREEAM svarer 19 kg/m<sup>2</sup> affald og under til bedste niveau ud af fire niveauer. Ligger mængderne over 111 kg/m<sup>2</sup>, opnås ingen point.)

På baggrund af data fra undersøgelserne beregnede Teknologisk Institut, at affaldsgenereringen ved opførelsen af et enfamiliehus svarer til 7-8 års fremtidigt husholdningsaffald for en husstand på fire personer.

Casestudierne viste også, at spørgsmålet om at sortere eller ikke, afhæng af de enkelte byggepladser og praktiske detaljer. Størrelsen af byggepladsen har stor betydning for, hvor mange containere der kan sættes op, og dermed om det er muligt at sortere. En konklusion var også, at valget af containertype kan lette affaldshåndteringen og sorteringen.

Desuden spiller kulturen på byggepladsen ind, og sortering er særligt udfordrende, når der er mange underentreprenører på pladsen. Der, hvor man havde en stab af faste håndværkere, fungerede det godt med at sortere i stål, gips, isolering og træ.

På én byggeplads var der væsentlig mindre byggeaffald. Da det ikke var muligt at opstille containere på grund af pladsmangel, skulle håndværkerne dagligt fragte deres affald bort fra byggepladsen i deres varevogne og på trailere. Det betød, at håndværkerne tænkte mere over,

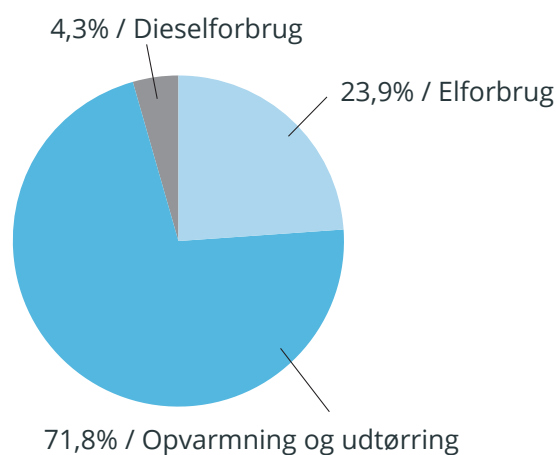
om afskær kunne anvendes igen, hvilket det blev i stort omfang.

## Eksempel 2: Sådan kan energiforbruget minimeres

En totalentreprenør var interesseret i at minimere sit ressourceforbrug på selve byggepladsen, og der blev derfor foretaget en screening af bl.a. energiforbruget på en af deres byggepladser. Her viste det sig, at langt den største del af energiforbruget gik til opvarmning og udtørring af bygningen i udførelsen.

Elektricitetsforbruget udgjorde 24 % og blev brugt til opvarmning af skurby, elværktøj og belysning. Dieselforbruget udgjorde kun 4 % af det samlede energiforbrug og blev benyttet til diverse generatorer.

## Fordeling af energiforbrug på undersøgt byggeplads



Figur 14.

I dette tilfælde blev byggepladsen tilkoblet fjernvarmenettet ved opstart, som så blev brugt til opvarmning og udtørring (ofte bruges der på andre byggepladser fyringsolie eller dieseldrevne varmeblæsere).

Da udtørring og opvarmning udgør så stor en del af det samlede energiforbrug på en byggeplads, bør der gøres mere for at nedsætte behovet for udtørring. Derfor blev entreprenøren rådet til at lagre materialer under tag for at reducere fugten i bygningen.



## Krav 3: Totaløkonomisk analyse - omkostninger til opførelse, drift og vedligehold

Totaløkonomisk analyse af byggeri tvinger bygherren til ikke kun at tænke på, hvad det koster at opføre bygningen, men også hvad det koster at drifte og vedligeholde den.

Totaløkonomi vedrører dermed den økonomiske side af bæredygtighed, hvor det gælder om at sikre, at økonomien hænger sammen, også efter bygningen er færdig og resten af dens levetid.

Når man beregner totaløkonomi, er det vigtigt at se på regnestykket i hele bygningens levetid – herunder hvad det vil koste at vedligeholde de enkelte bygningsmaterialer og løsninger.

### Sådan lyder kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse

*“Ved færdigmelding af en bygning skal der foreligge beregninger af totaløkonomien [LCC] for mindst tre væsentlige valg, hvor to eller flere alternativer sammenlignes for hvert af de tre valg.”*

Fx vil der i en totaløkonomisk beregning for et vinduesparti blive indregnet udgifter til at rengøre vinduerne, herunder udgifter til lift e.l. for at kunne pudse vinduerne. I værste tilfælde kan et større vinduesparti være udformet, så en almindelig lift ikke kan komme til, og der er dermed behov for stilladser for at rengøre vinduerne. En totaløkonomisk analyse vil betyde, at en sådan udgift bliver synlig allerede inden opførelsen af bygningen, og derved kan den inddrages i beslutningen om en løsning, der også er økonomisk fornuftig på lang sigt.

Totaløkonomi kaldes også life-cycle costing, hvorfra LCC, den meget anvendte forkortelse for totaløkonomi, kommer.

Ved væsentlige valg forstås valg under projektering eller udførelse, der har betydning for totaløkonomien. Det kan fx være valg af en bærende konstruktion eller valg af bygningsdele. Under udførelsesfasen kan totaløkonomiberegninger benyttes til fx projektoptimering, hvor der viser sig behov for at vælge andre løsninger eller materialer end først besluttet.

## Hvad er LCC?

LCC står for **Life-cycle costing** eller på dansk, **livscyklusomkostninger**, og er en analyse af alle omkostninger for bygningen gennem en dens levetid. I den frivillige bæredygtighedsklasse er denne levetid sat til 50 år. Livscyklusomkostningerne udtrykker i sidste ende bygningens totaløkonomi i kroner og øre. Totaløkonomien eller LCC er altså den samlede pris for en bygning eller bygningsdel over en levetid på 50 år. I den frivillige bæredygtighedsklasse kræves ikke en LCC for hele bygningen, men alene for minimum tre valg af betydning for det endelige byggeri.

LCC-beregninger kan laves på mange forskellige tidspunkter i en byggesag med meget forskellige detaljeringsgrader og med fokus på forskellige skalatrin (fx hele bygningen kontra en konkret bygningsdel).

Omkostningerne kan inddeles i følgende omkostningsgrupper i løbet af bygningens levetid:

1. Anskaffelsesomkostninger, fx terræn og bygningsdele, fast inventar, byggegrund, rådgiverhonorar og bygherreomkostninger.
2. Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger, fx løbende drift og vedligehold af bygningsdele og genopretning/udskiftning.
3. Forvaltningsomkostninger, fx administration, skatter og forsikring.
4. Forsyningsomkostninger, fx vand, varme, elektricitet og affald.
5. Renholdelsesomkostninger, fx indvendig renhold, udvendig renhold, vinduespudsning og pasning af udearealer.

## Sådan opfyldes kravet til LCC i bæredygtighedsklassen

For at overholde kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse skal der ved færdigmelding afleveres en totaløkonomisk redegørelse for minimum tre valg af betydning for det endelige byggeri ved færdigmelding af bygningen.

Der skal for hvert valg fremlægges to eller flere alternativer, hvor totaløkonomien (LCC) er beregnet og sammenlignet. Det vil sige, at der som minimum skal udføres seks LCC-beregninger på en byggesag. Dertil fremlægges en begrundet redegørelse for, hvilke beregningsforudsætninger der er brugt for at kunne sammenligne de forskellige alternativer.

Valg eller fravalg af løsninger skal begrundes og dokumenteres, når det ikke er den totaløkonomisk mest optimale løsning, som bliver valgt. Argumenter om andre faktorer såsom klimapåvirkning og miljøhensyn kan forklare, hvorfor man ikke vælger den bedste totaløkonomiske løsning.

Dokumentation for LCC-beregningerne og den tilhørende redegørelse skal bygherren eller dennes rådgiver sørge for at aflevere ved færdigmelding af bygningen. Se den samlede detaljerede beskrivelse af, hvad dokumentation skal indeholde på [baeredygtighedsklasse.dk](http://baeredygtighedsklasse.dk)

### LCC i forskellige faser

LCC-beregninger skal fremlægges ved færdigmelding af et byggeri, og man kan lave en LCC-beregning under byggeriets forskellige faser. Dermed vil formålet med en LCC-beregning være forskelligt afhængigt af, hvor man er i byggeprocessen.

Der kan være tilfælde, hvor der laves LCC-beregninger under selve udførelsesfasen. Dette vil dog være begrænset til valg af byggematerialer, hvor det er nødvendigt at kende totaløkonomien for det valgte materiale – særligt, hvis der er opstået behov for at vælge andre byggematerialer end først besluttet. Det kan fx være gulvbelægningen, som i driften kan være forbundet med meget vedligehold på grund af slitage.

Byggefase	Formål med LCC-beregninger
Idéfase	Valg mellem at renovere eksisterende ejendom, bygge nyt eller købe anden ejendom.
Forslagsfase	Valg mellem forskellige energiklasser eller valg af råhus i forskellige materialer, fx træ, beton eller stål.
Hovedprojekteringsfase	Valg mellem konkrete bygningsdele, fx forskellige facade- eller vinduesløsninger.
Udførelsesfase	Behov for nye valg af byggematerialer.

Figur 15.

## God totaløkonomi siger ikke noget om miljø og klima

Det er vigtigt at påpege, at de økonomisk mest fordelagtige løsninger i en LCC-beregning ikke nødvendigvis også er de mest miljø- og klimamæssigt bæredygtige løsninger. Derfor er det vigtigt, at LCC-beregninger ikke står alene, når beslutningen om den bedste løsning tages.

LCC-beregninger skal derfor suppleres af en LCA-beregning og de andre krav i den frivillige bæredygtighedsklasse.

### Beregningsmetode til LCC

Beregning af totaløkonomi (LCC) skal ske efter nutidsværdimetoden. Nutidsværdimetoden er nærmere beskrevet i blandt andet "Bekendtgørelse nr. 1179 af 04/10/2013 om kvalitet, OPP og totaløkonomi i offentligt byggeri" med tilhørende vejledningsmateriale.

LCC-beregninger skal udregnes på baggrund af nogle generelle beregningsforudsætninger. Særligt vigtigt er det at fastlægge den forventede prisudvikling i løbet af levetiden på 50 år. Det ses, at prisudviklingen for flydende brændsel som fx fyringsolie er høj, da man forventer, at olie er udfaset inden 2050 og dermed bliver det sværere at få fat i.



## Generelle beregningsforudsætninger for LCC-beregninger

Begreb	Kategori	Værdi
Kalkulationsperiode	Alle bygningstyper	50 år
Kalkulationsrente (realt)	Private bygherrer	3,0 %
	Offentlige bygherrer	År 1 - 35: 4,00 %
		År 36 - 50: 4,00 %
Prisudvikling – energi (realt)	Fjernvarme	1,0 %
	Gas	-0,5 %
	Flydende brændsel	2,0 %
	Fast brændsel	1,0 %
	El	1,5 %
Prisudvikling – øvrige omkostninger (realt)	Vand	2,0 %
	Vandafledningsafgift	5,0 %
Udskiftning	Genopretningsprocent	125 %
Levetider	Bygningsdele	SBi-rapport 2013: 30 eller nyere

Figur 16.

Offentlige bygherrer er forpligtet til at følge Finansministeriets retningslinjer fra 2018, som anviser en trappemodel for kalkulationsrenten. Ovenfor er der kun medtaget de relevante dele, dvs. til beregningsperiodens udløb efter 50 år.

### Beregningsprogram til LCC-vurdering

Det anbefales at bruge det gratis onlineprogram LCCbyg til at lave LCC-beregningerne. LCCbyg skaber et godt overblik over levetidsomkostningerne for bygninger og enkelte bygningsdele, da programmet bruger standardværdier og laver beregningerne hurtigt. LCCbyg er udviklet af BUILD, der tidligere hed Statens Byggeforskningsinstitut (SBI).

Man skal først vælge de bygningselementer, som man vil have beregnet LCC for. Dette kan være en tagkonstruktion, hvor man kan vælge flere tagløsninger med tilhørende data. Herefter skal man indtaste mængdeopgørelsen i fx m<sup>2</sup>, og man kan rette enhedsprisen og levealderen. Programmet udfører automatisk LCC-beregningerne og samler resultaterne i en rapport med grafer.

LCCbyg indeholder allerede de beregningsforudsætninger, som kræves i den frivillige bæredygtighedsklasse. Man kan dog også benytte andre beregningsværktøjer, så længe disse har tilsvarende beregningsmetode og beregningsforudsætninger.

# Håndværkerens rolle

Det vil oftest være en rådgiver, der udfører LCC-beregningerne. Håndværkerens viden og erfaring kan dog godt være nødvendig, når livscyklusomkostningerne skal gøres op, og LCC'en skal beregnes, herunder på følgende områder:

## 1. Valg af byggevarer

Som entreprenør eller håndværker kan du blive bedt om at komme med forslag eller en vurdering af løsninger og materialer samt give en mængdeopgørelse, hvis der laves LCC-beregninger under udførelsesfasen af en byggesag.

## 2. Besparelser på opførelsesomkostningerne

Som entreprenør kan du optimere opførelsesomkostningerne i forhold til den samlede totaløkonomi fx gennem valg af fuld overdækning i stedet for klassisk stillads. Dette kan være særligt gældende i renoveringsopgaver.

## 3. Prisen på byggevarene

I mindre byggesager vil du som håndværker være meget inde over anskaffelsesomkostninger, hvor du kan have indflydelse på at skaffe byggematerialerne til en fordelagtig pris.

## 4. Tjek af byggevarer

Du kan som håndværker være med til at tjekke, om der er brugt de løsninger, som blev valgt på baggrund af LCC-beregningerne.

## 5. Timeforbrug til opførelse

Med håndværkerens erfaringer kan du være den bedste til at estimere, hvor mange timer ét byggesystem kræver at anvende fremfor et andet. Dette er væsentlig viden, da timepriser og lønninger har afgørende økonomisk betydning.

## Prøv LCCbyg

Selvom LCC normalt ikke foretages af den udførende håndværker, kan du godt afprøve værktøjet LCCbyg, for at få begreb om, hvad der skal "fyldes i det", og hvad der kommer ud i den anden ende. Man får et indtryk af, hvordan drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne er afhængig af de materialevalg, der tages allerede inden bygningen bygges.

Se LCCbyg.dk. Det er gratis at benytte, men man skal oprette en profil for at få adgang.

# Baggrundsviden

## Hvad er en bygnings livscyklus?

En bygning har et liv allerede inden, den er opført.

Det starter med udvinding af de råmaterialer, der bruges til at konstruere bygningen. Det kan være udgravning af kridt til cement, som indgår i betonen. Derefter skal disse materialer forarbejdes, inden de sendes ud til byggepladsen.

Først efter udførelsesfasen står der en bygning, som efterfølgende forventes at have en samlet levetid på minimum 50 år. Se også figur 7. Enkelte bygningsdele har længere levetider fx teglsten. Tekniske installationer har en kortere levetid, men er ikke på samme måde væsentlige for bygningens stand. En levetid dækker altså perioden fra opførelsen, til bygningen eller bygningsdelen skal udskiftes eller genoprettes. Dermed er en bygnings levetid ikke det samme som bygningens livscyklus.

I en bygnings levetid vil der være løbende drift og vedligehold, indtil bygningen nedrives, og byggematerialerne forhåbentlig kan genanvendes eller genbruges i nye bygninger.

Totaløkonomi (LCC) dækker omkostningerne i livscyklussen fra køb af byggematerialerne til opførelse og drifts- og vedligeholdelsesudgifter over en levetid på 50 år.



# Eksempel

## Valg af de mest økonomiske vinduer

I forbindelse med opførelsen af almene boliger i et plan skulle en bygherre tags stilling til, hvilken vinduesløsning der har den bedste totaløkonomi. Vinduer med henholdsvis fyrretræ ramme og træ-alu ramme blev sammenlignet.

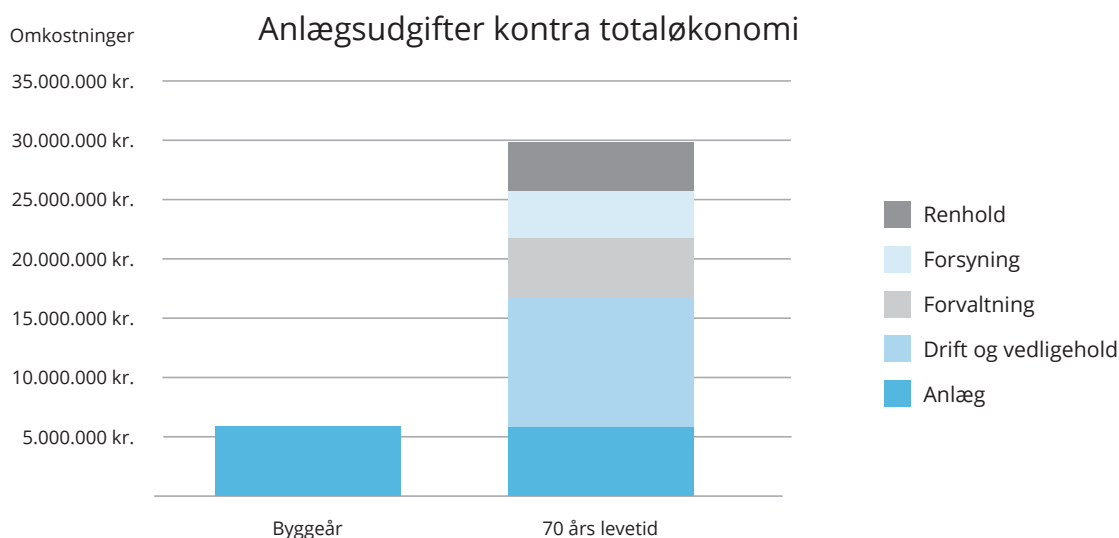
Nedenfor ses alene de årlige drifts- og vedligeholdelseskostninger, men den totale LCC-beregning medregner prisudvikling for energi og håndværksydelse i forbindelse med reparation og vedligehold over vinduets levetid.

Vinduesløsning	Anlægspris	Årlige drift- og vedligehold omkostninger	Total LCC over levetiden
Fyrretræ termoglas	62.500 kr.	3.500 kr.	168.000 kr.
Træ-alu vinduesprofil	68.750 kr.	2.675 kr.	128.400 kr.

Figur 17.

I eksemplet er løsningen med den dyreste anlægspris i sidste ende den billigste løsning over dens levetid, da træ-alu vinduer kræver mindre vedligehold. Men totaløkonomien er ikke den eneste faktor at basere sin beslutning på. I dette tilfælde kan løsningen med træ-alu vinduesprofiler have en mere negativ miljøeffekt end fyrretræsvinduerne, da udvinding af aluminium er temmelig belastende for klimaet.

Ved at udregne totaløkonomien er det muligt at få en forståelse af, hvad en bygning vil koste i fremtiden og dermed undgå dyre overraskelser i driften. Som det fremgår af eksemplet nedenfor, kan de samlede omkostninger gennem levetiden vise sig at være meget større end selve anlægsomkostningerne.



Figur 18.

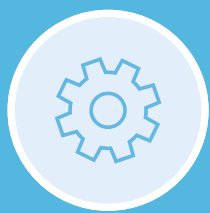
I dette tilfælde blev LCC-beregningerne brugt til at vælge de mest hensigtsmæssige materialeløsninger og tekniske løsninger, der giver både et lavt energiforbrug samt lave drifts- og vedligeholdelseskostninger – mens de måske er dyrere, når man alene ser på anlægsomkostninger.

I eksemplet er der regnet med en levetid på 70 år.

Se flere eksempler på LCCbyggs hjemmeside: <https://lccbyg.dk/lccipraksis/lcceksempler/>

# Yderligere information

- Introduktion til LCC: <https://www.trafikstyrelsen.dk/da/-/media/TBST-DA/Byggeri/B%C3%A6redygtigt-byggeri/Om-b%C3%A6redygtigt-byggeri/Total%C3%B8konomi-LCC/Introduktion-til-LCC-p%C3%A5-bygninger.pdf>
- Gode råd om LCC: <https://lccbyg.dk/lccipraksis/gode-raad/>
- Datakilder bag LCCbyg: <https://lccbyg.dk/videnskilder/>
- Vejledning om LCC krav i den frivillige bæredygtighedsklasse: <https://baeredygtigheds-klassen.dk/5-Krav-og-vejledning/Totaloekonomisk-analyse#>
- Beregningsværktøjet LCCbyg: <https://lccbyg.dk/>
- Bekendtgørelse nr. 1179 af 04/10/2013 om kvalitet, OPP og totaløkonomi i offentligt byggeri: <https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2013/1179>
- Levetider af bygningsdele: <https://sbi.dk/Pages/Levetider-af-bygningsdele-ved-vurdering-af-baeredygtighed-og-totaloekonomi.aspx#s=levetider+af+bygningsdele+ved>
- Bygningers klimapåvirkning: [https://concito.dk/files/dokumenter/artikler/bygningers\\_klimapaavirkning\\_endelig\\_270214.pdf](https://concito.dk/files/dokumenter/artikler/bygningers_klimapaavirkning_endelig_270214.pdf)



# Krav 4:

## Drifts- og vedligeholdelsesplan for opretholdelse af indeklimaet

Formålet med en drifts- og vedligeholdelsesplan er at medvirke til, at indeklimaet ikke forværres, når først bygningen er taget i brug. Med andre ord skal det planlagte indeklima opretholdes i hele bygningens levetid. Udover et dårligere indeklima kan det også være forbundet med et øget energiforbrug, hvis det forværede indeklima skyldes, at de tekniske installationer er indstillet forkert.

Drifts- og vedligeholdelsesplanen er et supplement til bygningens drifts- og vedligeholdelsesmanual, der ifølge Bygningsreglementet i forvejen skal udarbejdes for en række tekniske installationer inden ibrugtagning – både for installationer, der har med indeklimaet at gøre, men også for andre installationer fx vandinstallationer.

Drifts- og vedligeholdelsesmanualen, de tekniske standarder DS 469 og DS 447 samt andre indeklimarelaterede krav i Bygningsreglementet udgør således den base, som planen skal bygges ovenpå.

Samlet spiller planen en afgørende rolle set fra et bæredygtighedsperspektiv, da indeklima og den tilhørende drift af installationerne både påvirker den sociale, økonomiske og miljømæssige kvalitet.

På de følgende sider forklares indholdet og betydningen af kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse om en drifts- og vedligeholdelsesplan set i forhold til byggeriets omfang og de eksisterende procedurer og forhold. I tilknytning til denne grundbog er der udarbejdet en guide, der uddyber hvordan man udformer en drifts- og vedligeholdelsesplan for at opretholde indeklimaet.

### Sådan lyder kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse

*"Inden ibrugtagning af en bygning skal der foreligge en drifts- og vedligeholdelsesplan for indeklimaet."*

#### Krav til planens indhold

Udover selve kravet er der en række følgekrav til drifts- og vedligeholdelsesplanen, som fremgår af vejledningsteksten til kravet fra Bolig- og Planstyrelsen. Her fremgår, at drifts- og vedligeholdelsesplanen:

- "skal forholde sig til indeklimaet ud fra rummene og brugernes behov, sekundært hertil skal et lavt energiforbrug sikres"
- "skal være udformet til den specifikke bygning og være skrevet, så den er forståelig og tilgængelig for brugere og driftspersonale"

- "skal justeres, hvis der sker ændring i bygningen, brugen eller installationerne"
- "skal beskrive, hvordan der samlet opnås et godt indeklima i bygningen med anvendelse af de forskellige systemer sommer og vinter samt i overgangsperioderne forår og efterår"
- "skal både beskrive den daglige anvendelse af systemerne og den årlige kontrol af deres funktion og samspil"

# Sådan opfyldes kravet til plan for indeklima i bæredygtighedsklassen

Da den frivillige bæredygtighedsklasse dækker alle typer bygninger, vil der være forskel på de forventninger og krav, der er til indeklimaet. Der vil også være forskel på omfanget af tekniske installationer i den enkelte bygningstype.

Generelt skal drifts- og vedligeholdelsesplanen indeholde en beskrivelse af følgende installationer og anvendelser for den specifikke bygning:

1. Opvarmning af rummene om vinteren
- 2a. Ventilation og udluftning om vinteren
- 2b. Ventilation og udluftning om sommeren
3. Brug af solafskærmning på alle årstider
4. Køling af rummene på alle årstider
5. Brug af belysningen
6. Brug af emhætte (kun boliger)

For boliger vil anlæg til køling og belysning ofte ikke være relevante. Det samme gælder dynamisk solafskærmning. Til gengæld kan der i mere avancerede bygninger være andre funktioner og anlæg end dem, der er nævnt på listen, og hvis de har indflydelse på indeklimaet, skal de også beskrives i planen.

Et andet væsentligt element i planen er den årlige kontrol af installationernes funktion og samspil. Vejledningen til den frivillige bæredygtighedsklasse beskriver forskellige kontroller for forskellige typer bygninger. Der er ikke en endelig facitliste, men i den følgende tabel ses omfanget og hyppigheden af kontrollerne – sammensat ud fra vejledningsteksten og kontrollerens relevans.

## Krav om årlige kontroller i den frivillige bæredygtighedsklasse

Type af kontrol	Enfamiliehuse o.l.	Etageejendomme til boliger	Andre bygninger end boliger
Kontrol af ventilations-systemers drift, funktion og vedligehold	Årligt	Årligt/ Årligt via stikprøve i 3 til 5 lejligheder	Årligt (evt. delmængde)
Kontrol af luftstrømme og indregulering i mekaniske ventilationsanlæg	Ved ændret anvendelse	Årligt/ Årligt via stikprøve i 3 til 5 lejligheder	Årligt (evt. delmængde)
Kontrol af udluftningssystemer	Ved ændret anvendelse/ ny bruger	Årligt/ Årligt via stikprøve i 3 til 5 lejligheder	Årligt (evt. delmængde)
Kontrol af solafskærmninger	Ved ændret anvendelse	Årligt/ Årligt via stikprøve i 3 til 5 lejligheder	Årligt (evt. delmængde)
Kontrol af mekanisk køling	Normalt ikke relevant	Normalt ikke relevant	Årligt (evt. delmængde)
Kontrol af lysstyring	Normalt ikke relevant	Normalt ikke relevant	Årligt (evt. delmængde)
Kontrol af automatikkens indstilling	Årligt	Årligt	Årligt (dagligt)
Kontrol af luftkvalitet	Hvis der opstår behov	Hvis der opstår behov	Ved ændret anvendelse/ ny bruger
Kontrol af varmeanlæg udover automatikkens indstilling	Ikke beskrevet i vejledning til den frivillige bæredygtighedsklasse		

Figur 19. Ved ændret anvendelse menes enten, at en del af boligen ændrer anvendelse, fx at et soveværelse bliver til et ekstra badeværelse, eller at hele bygningen ændrer anvendelse, fx fra kontor til lejligheder.

### Enfamiliehuse

I ejerboliger vil de simple kontrollere typisk kunne udføres af ejeren/brugeren selv. Det drejer sig fx om ventilationssystemets drift, funktion og vedligehold og automatikkens indstilling. Ved kontrollerne kan det undersøges, om der er behov for filterskift og for at ændre automatikkens indstilling fx tilbage til de referenceindstillinger, der var udgangspunktet for det planlagte indeklime. For opvarmningsanlægget kan også kontrolleres, om der er behov for at ændre på automatikkens indstilling, og hvis der er digitale rumtermostater, om der er strøm på batterierne, og om den indstillede ønskede rumtemperatur er som planlagt.

I enfamiliehuse, der er lejeboliger, skønnes det, at de samme kontroller kan anvendes som for etageboliger.

### Etageejendomme

I etageejendomme med boliger kontrolleres de centrale ventilationsanlæg årligt. For decentrale anlæg og ventilationen i lejlighederne udtages 3-5 tilfældigt valgte lejligheder. Det er i vejledningen fra Bolig- og Planstyrelsen ikke specificeret, hvor stor en pulje af lejligheder de 3-5 tilfældigt valgte kan repræsentere.

Ud fra et praktisk driftssynspunkt kan det være relevant at have særligt fokus på lejligheder, hvor der opleves problemer – fx træk- eller lydgener – og på lejligheder, hvor der er ændret anvendelse og/eller ny bruger (fra- og indflytning). Sidstnævnte situation kan være særligt relevant i forhold til kontrol af luftstrømme og indregulering af mekaniske ventilationsanlæg. Ved decentrale ventilationsanlæg kan automatikkens indstilling kontrolleres i forbindelse med filterskift eller via fjernaflæsning, hvis der er oprettet en kommunikationsforbindelse til automatikken.

### Andre bygninger end boliger

I andre bygninger end boliger er der foreskrevet årlige kontroller af en række forskellige installationer, systemer og parametre. Ved bygninger med mange anlæg er der mulighed for at udtage en delmængde af de givne anlægstyper til kontrollerne. I bygninger med et samlet system til at regulere og styre de tekniske anlæg (CTS/BMS) vil det være muligt at kontrollere automatikkens indstilling dagligt. Kontrol af luftkvalitet vurderes at være mest relevant ved ændret anvendelse eller ved nye brugere.

---

## Anden dokumentation, der skal på plads

Selvom drifts- og vedligeholdelsesplanen skal foreligge før ibrugtagning, er dens fokus oprettholdelse af indeklime efter ibrugtagning.

Der er en række forhold, der skal være på plads før ibrugtagning, og som er relevante i forhold til drifts- og vedligeholdelsesplanen – og som skal dokumenteres. Det drejer sig om:

- Beregning af termisk indeklime (BR18, §386)
- Udsyn ved solafskærmning (BR18, §378)
- Brugervejledninger (DS 469, 15 & DS 447, 5.3 m.fl.)

- Drifts- og vedligeholdelsesmanual. Manualen skal indeholde tegninger med oplysning om placering af installationer, der skal vedligeholdes, samt hvordan og hvor ofte vedligeholdelsen skal ske (BR18, §392 & §452 m.fl.)
- Indreguleringsrapporter (DS 469, 14.7 & DS 447, 6.3.2, 7.3.1, 8.3.1 m.fl.)
- Funktionsafprøvning (BR18, §391 & §450 m.fl.)



Derudover er der nogle af de andre krav i den frivillige bæredygtighedsklasse, hvis dokumentation er nyttig også i forhold til kravet om at udforme en drifts- og vedligeholdelsesplan.

Det drejer sig om:

- Dokumentation for kravet om dagslys også i boliger – eftervisning ved simulering
- Dokumentation for kravet om støj fra ventilationsanlæg (25 dB)

Alle disse forhold udgør en vigtig reference for indeklimaet, som der kan henvises til, når planen skal føres ud i livet efter ibrugtagning. Det planlagte indeklima bør dokumenteres med de referenceindstillinger, som de tekniske anlæg skal have for at opfylde dette planlagte indeklima.

Det foreslås derfor, at der i drifts- og vedligeholdelsesplanen på et centralt sted oplyses om de væsentligste indstillinger af anlæggene ved ibrugtagning.

I efterfølgende kontroller kan disse referenceindstillinger anvendes som udgangspunkt for, om det planlagte indeklima kan opretholdes. Ved ny bruger/ændret anvendelse kan referenceindstillingerne opdateres.

For at drifts- og vedligeholdelsesplanen kan blive operationel, bør der tilskyndes til, at planen leveres digitalt med mulighed for at kunne opdatere referenceindstillingerne og registrere kontrollerne.

## Håndværkernes rolle

Installationsvirksomheder spiller en vigtig rolle i at kunne overholde dette krav i bæredygtighedsklassen. Det gælder særligt i forhold til at indsamle dokumentationen i udførelsesfasen og udføre de årlige kontroller.

### Få trin-for-trin hjælp

Læs mere i guiden fra Videncenter for Energibesparelser i Bygninger om kravet om at opretholde indeklimaet i nye enfamiliehuse, dobbelthuse og rækkehuse. Den giver en trin-for-trin gennemgang af, hvordan man opfylder kravet. Find den på [www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)





## Baggrundsviden

Ideen om en drifts- og vedligeholdelsesplan i den frivillige bæredygtighedsklasse – alene for at opretholde indeklimaet – skal ses i sammenhæng med Bygningsreglementet. Det kræver nemlig allerede, at der udarbejdes en drifts- og vedligeholdelsesmanual, der indeholder mange af de konkrete krav til drift, vedligehold og betjening, som er relevante for indeklimaet.

Når det gælder den frivillige bæredygtighedsklasse og en drifts- og vedligeholdelsesplan for opretholdelse af indeklimaet, er den primære opgave derfor at få indarbejdet nogle procedurer for, hvordan indeklimaet opretholdes. Det betyder, at der i planen er mere fokus på drift og driftskontrol end på klassisk vedligehold.

## Eksempel

For et enfamiliehus kan tidsskemaet for kontroller i en drifts- og vedligeholdelsesplan for indeklimaet fx se ud som i figuren herunder:

Før ibrugtagning	Efter ibrugtagning	Ny bruger/ Ændret anvendelse	Efter ny ibrugtagning
			
Se tjekliste! Se referenceindstillinger	Årlig kontrol af: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilationssystemers drift, funktion og vedligehold</li> <li>Automatikkens indstilling</li> </ul>	Kontrol af: <ul style="list-style-type: none"> <li>Luftstrømme og indregulering i mekaniske ventilationsanlæg</li> <li>Udluftningssystemer (hvis relevant)</li> <li>Solafskærmning</li> <li>Mekanisk køling</li> <li>Lysstyring</li> </ul>	Årlig kontrol af: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilationssystemers drift, funktion og vedligehold</li> <li>Automatikkens indstilling</li> </ul>

Figur 20.

Kontrollerne er arrangeret sådan, at nogle er årlige og andre først relevante ved ny bruger eller ændret anvendelse.

Det er desuden vigtigt at sikre, at dokumentationen for at beskrive det planlagte indeklima er til stede, så der kan defineres referenceindstillinger for anlæggene. Derfor er der før ibrugtagning henvist til tjeklister og referenceindstillinger.

## Yderligere information

- Udover Bygningsreglementet er der en række standarder, som beskriver de enkelte anlæg, bl.a. standarderne DS 469: Varme- og køleanlæg i bygninger og DS 447: Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer. Køb de nævnte standarder her: [www.ds.dk](http://www.ds.dk)
- Videncenter for Energibesparelser i Bygninger har udarbejdet en guide om drifts- og vedligeholdelsesplan til opretholdelse af indeklimaet i nye enfamiliehuse, dobbelthuse og rækkehuse. I den kan der findes mere information om udarbejdelsen af planen: [www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)
- Læs paragrafferne i Bygningsreglementet her: [www.bygningsreglementet.dk](http://www.bygningsreglementet.dk)



## Krav 5: Dokumentation af problematiske stoffer

Det er hensigtsmæssigt at dokumentere, hvilke problematiske stoffer der anvendes i byggevarer og i byggeriet. Det skyldes, at stofferne giver flere problemer: i udførelsesfasen er det nødvendigt med arbejdsmiljøkrav til at håndtere risici ved stofferne, i driftsfasen kan stofferne afgasse til indeklimaet, og i nedrivningsfasen er der risiko for, at stofferne spredes i naturen eller indbygges i nye materialer. Og det kan endvidere medføre store udgifter at håndtere disse udfordringer efterfølgende.

Ved at dokumentere hvilke problematiske stoffer, der anvendes i et byggeri, får man overblik over omfanget af disse risici – og mulighed for helt at fravælge byggematerialer med problematiske stoffer.

### Uddybning af kravet om dokumentation af problematiske stoffer

Nedenfor er gengivet hovedparten af Bolig- og Planstyrelsen vejledning til kravet om ressourcer på byggepladsen:

*”Kravet om indsamling og opbevaring af sikkerhedsdatablade gælder for byggematerialet eller -produktet, som det indgår i bygningen. Hvis der ved fremstilling af produkterne skal være et selvstændigt sikkerhedsdatablad for nogle af de stoffer, som indgår i produktet, vil det være hensigtsmæssigt at medtage det i samlingen af sikkerhedsdatablade og på anvendelseslisten, men der er ikke krav om det. Sikkerhedsdatabladene skal opdeles i*

- materialer, som ikke indeholder stoffer på kandidatlisten
- materialer, som indeholder stoffer på kandidatlisten. Læs mere om kandidatlisten på side 46.

### Sådan lyder kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse

*”Ved færdigmelding af en bygning skal der foreligge en komplet samling sikkerhedsdatablade for alle de materialer, hvor der er krav om sikkerhedsdatablad i kemikalie- og arbejdsmiljølovgivningen med flere. Sikkerhedsdatablade indsamles digitalt og indeholder en entydig reference til, hvor i bygningen materialerne er anvendt.”*

*Materialer, som indeholder stoffer på kandidatlisten, bør kun anvendes, hvis materialet ikke kan substitueres af et andet materiale, som ikke indeholder stoffer på kandidatlisten. Arbejdstilsynet har regler om dette.*

*Sikkerhedsdatabladene skal afleveres i filformat PDF/A i henhold til ISO 19005-1:2005 eller alternativt i TIFF-format, og anvendelseslisten skal afleveres som et simpelt, ikke formateret tekstdokument. De fleste tekstbehandlingsprogrammer kan eksportere til disse filformater.*

*Det er væsentligt, at samlingen af sikkerhedsblade og anvendelseslisten opdateres ved alle typer byggearbejde, hvor der anvendes materialer med krav om sikkerhedsdatablad, herunder også fx mindre vedligeholdelsesarbejder som fugning eller maling.*

*Bygningsejeren skal opbevare sikkerhedsbladene og anvendelseslisten samt eventuelle opdateringer sammen med de øvrige dokumenter på bygningen.”*

# Sådan opfyldes kravet til dokumentation for problematiske stoffer

For at overholde kravet skal man:

- Samle de sikkerhedsdatablade, der findes på de produkter der er anvendt i byggeriet. Denne samling skal være digital i formatet PDF/A eller TIFF.
- Inddele samlingen af sikkerhedsdatablade efter:
  - 1) materialer, som indeholder stoffer på kandidatlisten
  - og 2) materialer, der ikke indeholder stoffer på kandidatlisten.
- Lave en liste, der viser hvor produkterne er anvendt i byggeriet. Dette skal leveres til bygherren i et ikke-formateret tekstdokument.
- Aflevere sikkerhedsdatablade og anvendelsesliste til bygningsejeren, når byggeriet afleveres.
- Være opmærksom på, at samlingen skal opdateres ved alle typer af vedligehold og renoveringsopgaver, hvis der benyttes produkter med krav om sikkerhedsdatablade.

Man skal være opmærksom på, at der i forvejen er krav om, at sikkerhedsdatablade skal være tilstede på byggepladsen.

Håndværkere kan udføre forskellige dele af kravet, men der er også en mulighed at involvere en rådgiver til nogle af opgaverne.

## Hvornår er kravet overholdt?

Kravet er overholdt, når man har afleveret sikkerhedsdatablade og anvendelsesliste i digital form til bygherren. Dette skal gøres, når byggeriet er afleveret.

Byggeriet har en lang levetid, og det giver nogle udfordringer i forhold til denne type dokumentation, særligt hvis den skal bruges ved nedrivning, som typisk sker mange årtier, efter byggeriet er opført.

Det stiller nogle særlige krav til at opdatere samlingen af sikkerhedsdatablade ved vedligehold og renovering af bygningen. Derfor skal bygningsejeren gøres opmærksom på, at samlingen af sikkerhedsdatabladet skal opdateres ved alle typer af vedligehold og renovering.

**Indsamling af sikkerhedsdatablade:**

Man kan vælge at indsamle de relevante sikkerhedsdatablade i:

- 1) planlægnings- og projekteringsfasen af byggeriet eller
- 2) udførelsesfasen.

**1) Planlægnings- og projekteringsfasen**

Fordelen ved at indsamle de relevante sikkerhedsdatablade i planlægnings- og projekteringsfasen er, at man har mulighed for at fravælge produkter med problematiske stoffer. Dette kræver også, at man har en oversigt over de materialer og produkter, der skal anvendes i byggeriet.

**2) Udførelsesfasen**

Fordelen ved at indsamle de relevante sikkerhedsdatablade i udførelsesfasen er, at de i forvejen skal være til stede på byggepladsen. Det vil være din arbejdsmiljøorganisation på byggepladsen, der er i besiddelse af sikkerhedsdatabladene.

Sikkerhedsdatabladene vil typisk findes som pdf-dokumenter og ofte være op til 20 sider. Mange producenter har sikkerhedsdatablade liggende på deres hjemmeside. Hvis et produkt har et sikkerhedsdatablad, skal producenten udlevere det. Er der tvivl om, et produkt har et sikkerhedsdatablad, skal man spørge producenten.

**Anvendelsesliste**

Der skal laves en anvendelsesliste med en oversigt over, hvorhenne i byggeriet produkterne er blevet anvendt. Det er vigtigt, at der er en entydig reference til, hvor i bygningen materialerne er anvendt.

Denne reference kan laves på to måder:

- 1) Kortbilag med indtegnning af placering på bygningen.
- 2) En entydig beskrivelse af placeringen af bygningen, fx "alle lofter i hovedbygning".

## Håndværkernes rolle

Entreprenør- og håndværkervirksomheder spiller en vigtig rolle i at kunne overholde dette krav i bæredygtighedsklassen. Det gælder særligt i forhold til at indsamle sikkerhedsdatablade og udarbejde en anvendelsesliste.

### Få trin-for-trin hjælp

Læs mere i guiden fra Videncenter for Energibesparelser i Bygninger om kravet om dokumentation af problematiske stoffer. Den giver en trin for trin gennemgang af, hvordan man opfylder kravet. Find den på [www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)

# Baggrundsviden

## Kemikalielovgivning

Kemikalielovgivningen består af en kompleks samling af europæiske forordninger, som gælder i Danmark.

CLP står for Classification, Labelling and Packaging. Det er en EU-forordning, der sikrer en ensartet klassificering og mærkning globalt af kemiske stoffer og blandinger.

REACH står for Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals og er også en EU-forordning. REACH sikrer, at information om kemiske stoffers miljø- og sundhedsfarlige egenskaber kommer ud til alle virksomheder, eksempelvis entreprenører og bygherrer. Producenter og importører har ifølge REACH pligt til at levere data om stofferne, og alle virksomheder har pligt til at følge leverandørens anvisninger og håndtere kemikalier forsvarligt.

Under REACH findes kandidatlisten. Kandidatlisten er en liste over særlig problematiske stoffer, som også kaldes SVHC-stoffer (Substances of Very High Concern). Stoffer på kandidatlisten kan senere komme på listen over stoffer, der kræver godkendelse under REACH. Det betyder, at virksomhederne skal søge om godkendelse, før de må anvende stofferne.

Find kandidatlisten her: <https://www.echa.europa.eu/da/candidate-list-table>

## Sikkerhedsdatablade

Et sikkerhedsdatablad oplyser om et produkts indhold af kemikalier og om kemikaliernes egenskaber og farer. Desuden giver det anvisninger om håndtering og forholdsregler. Ifølge Arbejdstilsynets vejledning om arbejde med stoffer og materialer skal en arbejdsgiver indhente sikkerhedsdatablade fra leverandøren og sikre, at de er tilgængelige for de ansatte. Leverandøren af et farligt stof eller materiale skal levere et let forståeligt sikkerhedsdatablad på dansk.

Det er ikke alle byggevarer, der skal have et sikkerhedsdatablad. Svaret på, om det er tilfældet, findes i kemikalielovgivningen.

Et sikkerhedsdatablad skal udarbejdes for en byggevare, hvis den er klassificeret som farlig ifølge CLP-forordningen. Hvis byggevaren i sig selv ikke er klassificeret som farlig, kan det stadig godt være, at der er krav om et sikkerhedsdatablad. Det er tilfældet, hvis en byggevare indeholder mere end 0,1 % af et stof, der findes på kandidatlisten for særligt problematiske stoffer under REACH-forordningen.

## Læs sikkerhedsdatabladet

Hvis man gerne vil undgå at bruge problematiske stoffer i byggeriet, kan man ikke nøjes med at samle sikkerhedsdatabladene. Det er også nødvendigt at kunne finde de relevante informationer i sikkerhedsdatabladet. Et sikkerhedsdatablad er opbygget efter en skabelon med en række punkter, hvor forskellige oplysninger er angivet.

De punkter i sikkerhedsdatabladet, der er særligt relevante, er følgende:

- Punkt 1 om identifikation, der indeholder oplysninger til at identificere byggevaren og producenten.
- Punkt 2 om fareidentifikation, der indeholder oplysninger om farer. Dvs. om der er stoffer, der er klassificeret i forhold til CLP-forordningen, eller om der er andre farer, fx PBT (resistente, bioakkumulerende og giftige) og vPvB (meget resistente og meget bioakkumulerende).
- Punkt 3 indeholder oplysninger om indholdsstoffer, herunder kemisk navn, koncentrationer og klassificering.
- Punkt 11 og 12 indeholder oplysninger om toksikologi for indholdsstofferne og data om miljøgiftighed.
- Punkt 13 indeholder oplysninger om bortskaffelse.
- Punkt 15 indeholder oplysninger om regulering. Her vil det være angivet, om stoffer i byggevaren er på kandidatlisten.

### Om skadelige stoffer i byggeriet

Der findes en række eksempler på skadelige stoffer, der har været anvendt i byggeriet, eksempelvis PCB og asbest. Da PCB og asbest blev anvendt i byggeriet for mange år tilbage, var man uvidende om deres farlighed. Sidenhen er man blevet opmærksom på, at både asbest og PCB er kræftfremkaldende m.m. Derfor er stofferne i dag forbudte at anvende.

Både asbest og PCB har haft mange anvendelser, bl.a. er PCB anvendt i fugemasser og i maling. Det er en udfordring i dag, at vi ikke ved, hvilke bygninger der indeholder PCB og asbest. PCB giver udfordringer i byggeriet, hvor afdampning af PCB påvirker indeklimaet negativt. Desuden udgør udsortering og destruktion af PCB en betydelig udgift i en nedrivning, da PCB ikke må udledes til miljøet gennem den almindelige affaldsbehandling.



## Eksempel

### Sikkerhedsdatablade og indhold af skadelige stoffer i byggematerialer

På portalen bygdok.dk, som drives af Danske Byggecentre, findes sikkerhedsdatablade for mere end 28.000 produkter. Det anbefales dog altid at dobbelttjekke med producenten, om man har det senest opdaterede sikkerhedsdatablad, som er udført i overensstemmelse med det format for sikkerhedsdatablade, der er fastlagt i REACH forordningen.

Det kan umiddelbart være vanskeligt at gennemskue, om et stof er et kandidatliste stof ud fra et sikkerhedsdatablad. Hvis dette er tilfældet, bør det fremgå af punkt 15 eller andre steder i sikkerhedsdatabladet i forbindelse med beskrivelse af indholdsstoffer eller fareidentifikaton. Hvis oplysningen ikke findes her eller andre steder i databladet, kan det være svært at afgøre, om stoffet ikke findes på kandidatlisten, eller om oplysningerne på sikkerhedsdatabladet ikke er tilstrækkelige. Et godt råd er derfor at tjekke, om de oplyste indholdsstoffer findes her:

<https://www.echa.europa.eu/da/candidate-list-table>

Nedenfor er et eksempel på, hvordan indholdsstoffer kan være beskrevet i et sikkerhedsdatablad. Dette findes i punkt 3.2 i sikkerhedsdatabladet. I dette tilfælde er det indholdsstoffer i en imprægnering. Beskrivelsen vil desuden være ledsaget af et identifikationsnummer for kemikaliet, fx et CAS-Nr.

Vær opmærksom på, at blot fordi stofferne har en klassificering, udgør de ikke nødvendigvis en risiko for indeklime eller miljø.

### Eksempel på datablad over indholdsstoffer i en imprægnering

Kemisk betegnelse	Klassificering	Koncentration (% w/w)
2-aminoethanol	Acute Tox. 4; H332 Acute Tox. 4; H312 Acute Tox. 4; H302 Skin Corr. 1B; H314 STOT RE 3; H335 Aquatic Chronic 3; H412 Eye Dam. 1; H318	>= 3 - > 5
2,2'-iminodiethanol	Acute Tox. 4; H302 Skin irrit. 2; H315 Eye Dam. 1; H318 STOT RE 2; H373 Aquatic Chronic 3; H412	>= 2,5 - > 3

Figur 21. Stofferne har en CLP-klassificering.





## Krav 6: Afgasninger til indeklimaet

Det overordnede mål med kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse er at sikre og dokumentere, at byggematerialer ikke påvirker luftkvaliteten, og der opstår komfortmæssige gener eller risiko for personers sundhed i det færdige byggeri.

I udførelsesfasen kan der være arbejdsmiljøkrav til at håndtere særlige risici forbundet med arbejdet med materialer og produkter. I brugsfasen kan materialerne afgive kemiske stoffer til indeluften i mængder, som er uhensigtsmæssige – og for nogle kemiske stoffer kan selv små mængder være problematiske.

Nogle stoffer kan være kræftfremkaldende, skade ufødte børn eller forplantningsevnen. Stofferne kan også irritere slimhinderne i øjne og luftveje eller have andre negative helbredsmæssige effekter på mennesker. Derfor bør man altid benytte byggematerialer med den lavest mulige afgivelse af forurening til indeklimaet.

### Sådan lyder kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse

*"Inden ibrugtagning af en bygning må formaldehydindholdet i indeluften højst være 100 µg/m<sup>3</sup>, og TVOC i indeluften må højst være 1.500 µg/m<sup>3</sup>. Kravet skal dokumenteres ved måling."*

## Uddybning af kravet om afgangninger til indeklimaet

Nedenfor er gengivet hovedparten af vejledningsteksten til kravet om afgangninger til indeklimaet:

*”Rummene skal være klar til indflytning med alle byggearbejder inklusive, fx fugning og maling færdiggjorte, når målingen foretages. Hvis der er inventar i rummene, gælder kravene inklusive afgivelsen af formaldehyd og TVOC fra inventaret. Det er dog tilladt at flytte inventaret ud af rummene, inden målingerne foretages.*

*I enfamiliehuse gennemføres der måling af formaldehyd og TVOC i stuen og i det mindste soverum. Hvis der er forskel på byggematerialer eller ventilationen i soverummene, måles der i det soverum, hvor der ud fra størrelse, ventilation, byggematerialer og færdiggørelsestidspunkt må forventes de højeste koncentrationer. Hvis der kan være tvivl om, hvilket rum det er, må der måles i flere soverum.*

*I etageboliger og sammenbyggede enfamiliehuse gennemføres der måling af formaldehyd og TVOC i tre boliger efter de samme principper, som gælder for enfamiliehuse. I etageboliger og sammenbyggede enfamiliehuse med maksimalt ti boliger er det dog tilstrækkeligt at måle i to boliger. Hvis der er forskel på byggematerialer, ventilationen eller færdiggørelsestidspunkt i rummene i de forskellige boliger, måles der i to boliger med hver slags byggematerialer, ventilation og færdiggørelsestidspunkt. For sammenbyggede enfamiliehuse, hvor de enkelte huse bliver færdige på forskellige tidspunkter, kan der måles i de huse, der er færdige først, forudsat at der fastholdes mindst samme tid mellem færdiggørelse og indflytning i de øvrige huse, som i de huse, der er målt i.*

*I andre bygninger end boliger gennemføres der måling af formaldehyd og TVOC i tre rum, hvor der ud fra størrelse, ventilation, byggematerialer og færdiggørelsestidspunkt må forventes de højeste koncentrationer. Hvis der kan være tvivl om, i hvilke rum der er de højeste koncentrationer, må der måles i flere rum. I naturligt ventilerede rum luftes der først godt ud i 15 minutter, hvorefter rummets vinduer, yderdøre og interne døre holdes lukket i mindst 8 timer, inden målingen foretages i det lukkede rum. I rum med mekanisk ventilation holdes vinduer, yderdøre og interne døre lukket i mindst 24 timer, inden målingen foretages i det lukkede rum. Ventilationsanlægget sættes i gang højst 3 timer, før målingen udføres. Ventilationsanlægget køres med minimums volumenstrømme for brugstiden om vinteren i hele perioden.”*

Måling af formaldehyd og TVOC foretages over en periode på 30-45 minutter og skal udføres efter metoderne beskrevet i disse to standarder:

- DS/ISO 16000-3 ”Indendørsluft – Del 3: Bestemmelse af formaldehyd og andre carbonylforbindelser i indendørs- og prøve-kammerluft – Aktiv prøveudtagning”
- DS/ISO 16000-6 ”Indendørs luft – Del 6: Bestemmelse af flygtige organiske forbindelser i indendørs luft og luft i prøve-kammer ved hjælp af aktiv prøveopsamling på Tenax TA®-sorbent og efterfølgende termisk desorption og gaskromatografisk analyse udført med MS eller med MS-FID”

# Sådan opfyldes kravet om afgangninger til indeklimaet

Bygningsreglementet stiller krav om, at byggematerialer ikke må afgive gasser eller andet, der kan give anledning til sundhedsmæssigt utilfredsstillende indeklimaforhold.

Træbaserede plader, nedhængte lofter og andre byggematerialer, der indeholder formaldehyd-afgivende stoffer, må kun anvendes under forudsætning af, at afgivelsen af formaldehyd ikke giver anledning til et sundhedsmæssigt utilfredsstillende indeklima.

Formaldehyd er et kræftfremkaldende stof og Verdenssundhedsorganisationen WHO anbefaler, at formaldehydindholdet i indeluften ikke overstiger  $0,1 \text{ mg/m}^3$  (svarende til  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ).

I den frivillige bæredygtighedsklasse stilles der krav til luftens indhold af formaldehyd og TVOC. Man skal ved måling i den færdige bygning dokumentere, at kravene er overholdt. Målingerne skal foretages i bygningen, når alle byggearbejder er afsluttede, og inden bygningen tages i brug.

For at opfylde kravet om afgangninger til indeklimaet i den frivillige bæredygtighedsklasse skal man dokumentere følgende:

## 1

At indholdet af formaldehyd i rumluften ikke overstiger  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

## 2

At indholdet af TVOC i rumluften ikke overstiger  $1.500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

## Krav til dokumentation

Kravet skal dokumenteres, når alle byggearbejder er færdige, og rummene er klar til indflytning.

Selvom kravet først kan dokumenteres, når bygningen er færdig, er det en god idé at tænke på materialernes påvirkning af luftkvaliteten allerede i de tidlige faser af byggeriet.

### Under projektering og planlægning

For at imødekomme kravet til luftens indhold af kemiske stoffer i den færdige bygning kan man under projektering og planlægning med fordel vælge materialer, der har dokumenteret lav afgangning.

Ved at vælge materialer med lav afgangning er der større sandsynlighed for, at luftens indhold af kemiske stoffer også er lavt i den færdige bygning.

De overflader, der er i direkte kontakt med inde luften, har den største påvirkning på luftkvaliteten. Afgasning fra materialer, der er dækket af andre materialer, eller sidder inde i konstruktionen, påvirker kun i mindre grad luftkvaliteten i den færdige bygning. Materialer, som sidder på den udvendige side af dampspærren, påvirker kun luftkvaliteten i minimal grad.

Man skal være særlig opmærksom på de materialer, som har store overflader mod indeklimaet – loft, gulv og vægge. Da overfladerne er store, kan de have stor effekt på luftkvaliteten.

Materialer, der kun har lille overflade mod indeklimaet, kan dog også afgive kemiske stoffer i mængder, der påvirker luftkvaliteten, så det er vigtigt at vurdere alle materialer.

I særligt mindre byggesager kan håndværkeren som tømreren, gulvlæggeren eller mureren ofte have en direkte mulighed for at påvirke materialevalet og har dermed en indflydelse på hvor meget, der bliver afgasset.

Da afgangningen er størst i starten og aftager med tiden, vil særligt de materialer, der indbygges eller bruges sidst i byggeprocessen, kunne påvirke luftkvaliteten ved indflytning.

Når man skal vælge materialer med lav afgangning, skal man efterspørge dokumentation for dette fra producenterne. Dokumentationen kan

have mange forskellige former. Det kan være i form af værdier for formaldehyd og TVOC i en prøvningsrapport fra et laboratorium eller et certifikat fra en mærkningsordning.

Findes dokumentationen for materialets afgangning i form af værdier for formaldehyd og TVOC, er det let at vurdere afgangningen fra ét materiale op mod et andet. Hvis dokumentationen i stedet kommer i form af et certifikat fra en mærkningsordning for lavt-emitterende materialer, skal man være opmærksom på, at forskellige mærkningsordninger har forskellige krav. Nogle mærkninger har kun fokus på afgangning og stiller detaljerede krav, mens andre kun omfatter enkelte krav vedrørende afgangning.

Det er også vigtigt at være opmærksom på, om materialedokumentationen dækker indhold af VOC i produktet eller afgivelse af VOC. Et materiale kan sagtens afgive stoffer, som ikke er deklareret i fx sikkerhedsdatabladet.

### Eksempler på mærkningsordninger for lavt-emitterende materialer:

- Indeklimamærket
- M1
- GuT (tæpper)
- Der Blaue Engel
- Emicode (fugemasser mv.)
- AgBB (Ü-mærke)
- A+
- Indoor Air Comfort

Det er ikke muligt at beregne eller modellere luftens indhold af kemiske stoffer på baggrund af dokumentation for de enkelte materialer.

Det skyldes bl.a., at afgangning fra materialerne typisk er målt under standardiserede forhold (overfladeareal, temperatur, luftskifte mv.), som ikke svarer til de aktuelle forhold i bygningen. Samtidig sker der nogle interaktioner mellem materialer og afgangning, som bevirker at '1+1=2' ikke altid er gældende.

### Udførelse

Under udførelsen er det vigtigt at anvende de materialer, der er i projekteringsfasen er planlagt anvendt. Sker der af den ene eller anden grund ændringer i materialevalet, er det vigtigt at være opmærksom på, om det påvirker afgangningen.

**Aflevering**

Når alle byggearbejder inklusive fugning og maling er færdiggjorte, og rummene er klar til indflytning, skal målingen af luftkvaliteten foretages.

Hvis der er inventar i rummene, regnes afgangningen fra inventaret med. Det er dog tilladt at flytte inventaret ud af rummene, inden målingerne foretages.

Det kræver særligt udstyr at udføre selve prøveudtagningen, og de udtagne prøver skal efterfølgende analyseres i laboratoriet. Det er derfor typisk ikke en opgave, som entreprenøren eller rådgiveren selv kan udføre, men der findes en række virksomheder, som har specialiseret sig i at udføre måling af luftkvalitet i indeklimate, og som kan udføre målingerne i henhold til de krævede standarder.

## Håndværkerens rolle

Håndværkerens viden og erfaring kan komme i spil, når det gælder at dokumentere og reducere afgangningerne i indeklimate bl.a. på disse områder:

### 1. Valg af byggevarer

Hvis man som håndværker har indflydelse på materialevalg til byggeriet, skal man være opmærksom på at vælge produkter med lav afgangning.

### 2. Fremskaffelse af dokumentation

Håndværkeren kan få til opgave at fremskaffe dokumentation fra producenterne – fx i form af værdier for formaldehyd og TVOC i en prøvningsrapport eller et certifikat.

### Få trin-for-trin hjælp

Læs mere i guiden fra Videncenter for Energibesparelser i Bygninger om kravet om afgangninger til indeklimate. Den giver en trin for trin gennemgang af, hvordan man opfylder kravet. Find den på [www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)

# Baggrundsviden

## Hvad er formaldehyd og TVOC?

De stoffer, der afgasser til indeklimaet fra materialer og produkter, er flygtige organiske forbindelser. Ofte bruges den engelske betegnelse VOC, Volatile Organic Compounds, for stofferne. VOC er en fælles betegnelse for flygtige forbindelser, der kort fortalt har mellem 6 og 16 kulstofatomer. VOC dækker således over mange tusinde forskellige stoffer.

For at gøre det lettere at vurdere afgangningen til indeklimaet benyttes begrebet TVOC, Total Volatile Organic Compounds, der i ét enkelt tal angiver summen af VOC i luften. TVOC fortæller altså om mængden af kemiske stoffer i luften, men siger ikke noget om, hvilke kemiske stoffer der er tale om.

Nogle stoffer er mere flygtige end andre. De meget flygtige stoffer kaldes ofte WVOC, Very Volatile Organic Compounds. Formaldehyd tilhører gruppen af WVOC. Typisk forbindes afgivelse af formaldehyd med træbaserede plader. Formaldehyd findes naturligt i træ i meget små mængder, men det er hovedsageligt limen, der bruges i de træbaserede plader, der afgiver formaldehyd. Formaldehyd afgasser også fra mange andre materialer og produkter i indeklimaet.

Formaldehyd er et kræftfremkaldende stof, og afgivelsen er for en række byggevarer reguleret gennem CE-mærkningen.

For alle typer produkter gælder, at nogle afgiver større mængder kemiske stoffer end andre. Det er derfor vigtigt at granske dokumentationen for afgangning fra netop de produkter, der indgår i bygningen.

# Eksempel

## **Hvorfor er det vigtigt at dokumentere - eksemplet formaldehyd**

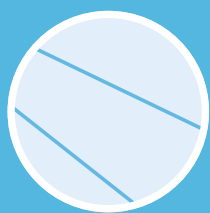
I 1970'erne konstaterede man problemer med indeklimaet i boliger, skoler og institutioner på grund af høje koncentrationer af formaldehyd i indeluften.

Problemet opstod som en indirekte følge af, at man tætnede bygningerne efter energikrisen i 1970'erne og øgede brugen af spånplader i byggeriet. På det tidspunkt var der ingen krav til, hvor meget formaldehyd spånplader måtte afgive.

Disse erfaringer førte til, at der blev indført regler for afgivelse af formaldehyd fra træbaserede plader. Reglerne blev indført i 1980 og er skærpet flere gange siden.

# Yderligere information

Standarder, der skal følges ved målinger, kan købes her: [www.ds.dk](http://www.ds.dk)



# Krav 7:

## Detaljeret eftervisning af dagslysniveauet

Et godt dagslysdesign er ikke kun et spørgsmål om at indrette vores bygninger, så der er lys nok til, at vi kan orientere os og læse en bog. Vi mennesker har simpelthen brug for dagslys, og det påvirker grundlæggende vores sundhed og trivsel, både fysisk og mentalt. Gode dagslysforhold kan samtidig gøre en bygning mere attraktiv, hvilket kan have en økonomisk værdi, udover hvad man sparer på den mindre brug af elektrisk lys.

Det overordnede formål med kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse er at dokumentere, at vores bygninger er designet til, at der kommer tilstrækkeligt med dagslys i rummene til at bidrage til, at der er et godt indeklima, og bygningens samlede kvalitet løftes. Derudover opnår man et bedre beslutningsgrundlag for indretning og vinduesvalg ved at skulle dokumentere dagslyset.

### Sådan lyder kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse

*"I arbejdsrum og beboelsesrum (soveværelser og børneværelser undtaget), skal dagslyskravet i Bygningsreglementet dokumenteres ved brug af en timebaseret metode for simulering af dagslysniveauet."*

#### Uddybning af kravet om dokumentation detaljeret eftervisning af dagslysniveauet

Nedenfor er gengivet Bolig- og Planstyrelsen vejledning til kravet om eftervisning af dagslysniveauet:

*"Dagslysniveauet i arbejdsrum og beboelsesrum skal dokumenteres ved at eftervise, at den indvendige belysningsstyrke fra dagslys er 300 lux eller mere, ved mindst halvdelen af det relevante gulvareal i mindst halvdelen af dagslystimerne. Beregningerne af dagslyset skal udføres og dokumenteres som angivet i § 379 i bygningsreglementet for metoden for indvendig belysningsstyrke. Vejledningen til bygningsreglementets kapitel om lys og udsyn giver ligeledes en anvisning på, hvordan beregningerne udføres, og hvordan kravet overholdes."*

Det er altså ikke øgede krav til mængden eller fordelingen af dagslys i forhold til Bygningsreglementet, men kun krav til dokumentationen. Hvis ovenstående krav er opfyldt, betragtes rummene som tilstrækkeligt belyste med dagslys.

Vær opmærksom på, at der i Bygningsreglementets § 379 er angivet to løsninger til, hvordan man dokumenterer kravet om, at opholds- og arbejdsrum skal være tilstrækkelig belyste med dagslys, er overholdte. Bemærk, at den ene løsning angivet i § 379 med en simpel 10 % regel ikke er tilstrækkelig at anvende, hvis man ønsker at leve op til kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse.



# Sådan opfyldes kravet om eftervisning af dagslysniveauet

Dokumentationen af kravet skal foregå ved en beregning, som i praksis er en digitalsimulering. Det kræver en geometrisk model af rummene eller hele bygningen, som oftest importeres fra et tegneprogram. Herefter udføres en analyse med brug af et egnet computerprogram. Man skal tage højde for de faktiske omgivelser – fx kan omkringliggende bygninger, træer osv. skygge for solen og påvirke det diffuse lys.

## Der gælder en række forskellige betingelser:

### • Betragtede rum

Kravet gælder for arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum, beboelsesrum og køkken, som skal have tilført så meget dagslys, at rummene er tilstrækkeligt belyste. Det er kun for de kritiske rum med forventede ringe dagslysforhold, at dagslysforholdene skal dokumenteres ved simulering. Der er ikke en specifik definition af, hvad et kritisk rum er, men kunne fx være et nordvendt rum eller et rum med et lille vinduesareal.

### • Halvdelen af dagslystimerne

Der er i Danmark dagslys mellem ca. 7 og 17,5 timer om dagen alt efter årstiden. Antal timer med dagslys hver dag lægges sammen for hele året. I mindst halvdelen af disse timer skal mængden af dagslys i rummene være kraftigt nok til, at kravet på 300 lux overholdes. Halvdelen af årets dagslystimer svarer til 2190 timer.

### • Gulvareal og beregningsplan

I praksis simuleres dagslysforholdene i hele rummet, men måles kun i en række knudepunkter placeret i et vandret plan 0,85 meter over gulvet i arbejdsrum og 0,50 meter for rum i boliger. Arealet i en afstand på op til 0,50 meter fra væggene betragtes ikke, da arealet ikke indgår i opholdszonen. Knudepunkterne placeres med jævn afstand til hinanden, hvor afstanden maksimalt bør være 1 meter. Se detaljeret forklaring i standarden DS/EN 17037 "Dagslys i bygninger", som metoden tager udgangspunkt i.

### • Anvendelse af korrekt klimafil

DMI har en såkaldt klimafil, der giver et datasæt, som repræsenterer vejret og klimaet i et typisk år i Danmark. Den bygger på data samlet gennem en 10-årige periode, målt med i alt 11 parametre som fx temperatur og vindretning. Tre af disse parametre beskriver belyningsstyrken, der er oplyst som timeværdier. Ved brug af de samme klimadata kan alle beregninger sammenlignes. Det er derfor muligt at lave en korrekt vurdering af, hvilke løsninger der giver det bedste dagslys.

Klimafilen hedder: Design Reference Year, DRY2001-2010 (Wang et al., 2013), og et supplerende datasæt er i DMI Report No. 18-20 "2001 - 2010 Danish Design Reference Year. Update and supplementary datasets". Klimafilen importeres til simuleringsprogrammet, og nærmeste geografiske dataområde vælges i forhold til bygningens placering i Danmark.

### • Kan der være for meget lys?

Rum kan sagtens være belyste betydeligt mere, end hvad kravene angiver, især tæt på vinduer. Facaderne i kontorbygninger består ofte af meget glas, der tillader store mængder lys at komme ind. Rummene er dog samtidig relativt dybe, hvilket gør, at lyset har svært ved at trænge tilstrækkeligt ind i den bagerste del af rummene.

I boligbyggeri fylder vinduer noget mindre, men bygningerne er til gengæld ofte smallere, og lyset skal ikke trænge så langt ind.

Derfor stilles der også krav til, hvor stor en andel af gulvarealet, der skal være tilstrækkeligt belyst. En gennemsnits lux-værdi kan være misvisende, når den er beregnet ved, at en mindre del af gulvarealet er kraftigt belyst, imens det resterende gulvareal er svagt belyst. Der er risiko for at blive blændet og generet, hvis lyset er for skarpt, og kontrasterne er for store. Derudover er der risiko for, at meget dagslys medfører

et stort varmetilskud fra solen, der kan føre til overophedning.

Det er et krav i Bygningsreglementet, at vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.

## Krav til dokumentation

En dagslysberegning vil typisk blive foretaget af den projekterende rådgiver eller entreprenør, før selve byggeriet starter. Det vil skabe brugbar information at udføre sin beregning så tidligt som muligt. Derfor ses det ofte, at arkitekter og andre involveret i designprocessen analyserer dagslysforholdene på et tidligt stadie. Det hænder dog også, at det først sker i løbet af byggefasen.

Følgende informationer skal man have til rådighed, før en beregning kan gennemføres:

- Bygningens geografiske orientering (drejning i forhold til nord) og placering.
- Størrelsen og placeringen af objekter og omgivelser, der kan skygge for det enkelte vindue.
- Størrelse, form og placering af de rum i bygningen, hvor dagslysniveauet skal eftervises.
- Overfladematerialerne i de enkelte rums lysreflektans-faktor mellem 0 og 1, der beskriver overfladens evne til at reflektere lyset.

- Størrelsen, form og placering af vinduerne i det enkelte rum.
- Vinduernes glasareal og lystransmittans (faktor, der angiver, hvor stor en andel af lyset, der vil passere gennem): Den enkelte leverandør har information om sine produkter. Hvis produkterne er leveret på byggepladsen, kan informationen som regel også findes direkte på vinduet, skrevet mellem glaslagene. Er der ikke valgt vinduestype forud for dagslysberegningen, kan Energi-styrelsens og Vinduesindustriens positivliste anvendes til at finde produktdata på en lang række af vinduer.

Hvis det ikke er muligt at fremskaffe information angående lysreflektansen, kan man anvende standardværdier, se figur 22.

### Standardværdier for lysreflektans

Overflade	Lysreflektans
Lofter	0,70
Indvendige vægflader	0,50
Gulvflader	0,20
Glasflader	0,15
Vinduesramme/-karm	0,70
Udvendige omgivelser, terræn, træer, m.v.	0,10
Omkringliggende bygninger	0,20

Figur 22.

# Håndværkernes rolle

Det vil oftest være en rådgiver, der udfører dagslyssimuleringer – og tit før selve byggeriet starter.

Hvis beregningen først udføres i løbet af byggefasen, vil de udførende på byggepladsen som regel kunne levere relevante informationer om området og om de faktiske anvendte bygningskomponenter, som skal indgå i beregningen. Dette gør sig særligt gældende i forbindelse med renoveringsprojekter.

## Baggrundsviden

### Hvilke enheder bruges?

#### Lux

Mængden af dagslys måles med enheden lux, som er SI-enheden for belysningsstyrken. 1 lux = 1 lumen/m<sup>2</sup>. Det angiver, hvor meget lys, der strømmer fra lyskilden ned på én kvadratmeter med en styrke på én candela.

#### Lumen

Lumen er et mål for den samlede mængde lys, som udsendes fra lyskilden. Når man arbejder med dagslys, vil denne lyskilde være solen.

### Hvad er dagslys?

Dagslys er defineret som de stråler fra solen, der kan skabe et synsindtryk. Nogle solstråler har en anden bølgelængde som fx varmestråler, der ikke skaber et lys.

En del af dagslyset stammer fra det direkte sollys, som uhindret skinner fra solen og direkte ind i et rum. Ofte vil det give et meget intenst lys og dermed mange lux. Skyer, bygninger og andre forhindringer kan skygge for det direkte sollys, så der ikke er solindfald i et rum i perioder af året.

Der kan stadigvæk være dagslys, selvom solens lys ikke står direkte ind ad et vindue. Denne del af lyset kaldes for diffust lys og kommer om dagen blandt andet fra himmelen. Derudover kan der komme diffust lys fra omgivelser udenfor, som reflekteres på overfladerne og ind. Derfor vil der også være dagslys i et rum, hvor vinduer kun vender mod nord, og der ikke vil komme direkte sollys ind.

Den samlede dagslysmængde er en kombination af disse forskellige faktorer.



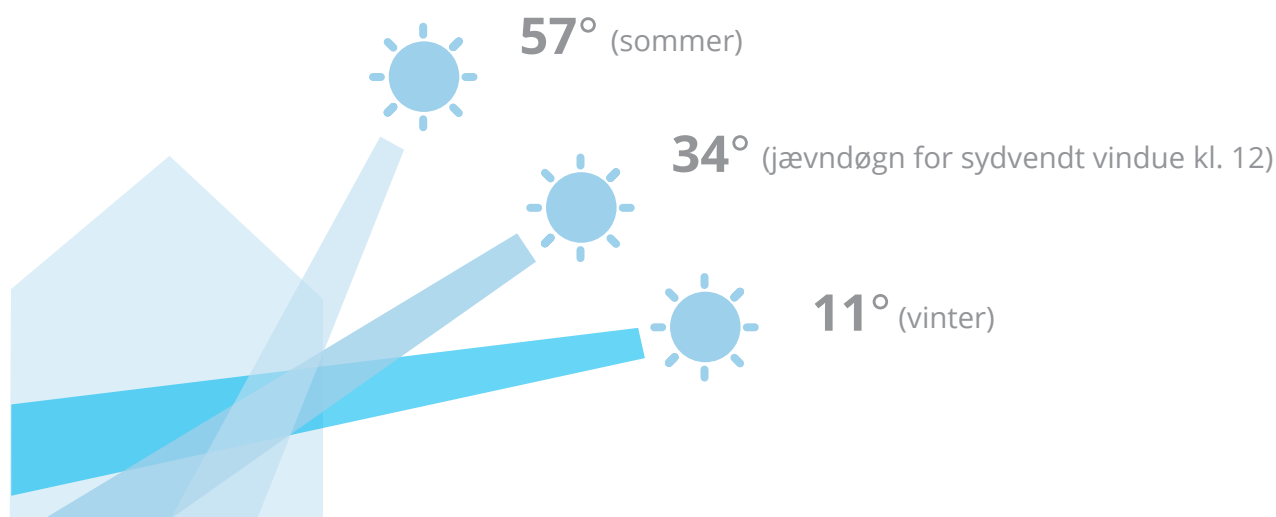
Figur 23. Mængden af dagslys i et specifikt punkt er en kombination af det direkte sollys, lys fra rummet og det, der reflekteres fra de omkringliggende overflader.

Kilde: Bogen 'Hvad med dagslys?' - designmanual med forslag til helhedsrenovering'

### Hvorfor betragtes hele året?

Mængden af dagslys ændres konstant, da den påvirkes af mange vejræssige og fysiske forhold. Når kvaliteten af forskellige designløsninger skal vurderes, er der derfor stor værdi i at betragte hele året og ikke kun tage udgangspunkt i enkelte tidspunkter på året. På figur 24 ses solens maksimale vinkel på forskellige årstider.

Solen hænger lavt på himlen om vinteren, hvilket tillader den direkte solstråle at trænge længere ind. Til gengæld er solen ikke lige så intens som i sommerperioden. Anvendelse af solafskærmning kan gøre løsningen mere fleksibel, så man optimerer dagslyset og energibalancen efter årstiden.



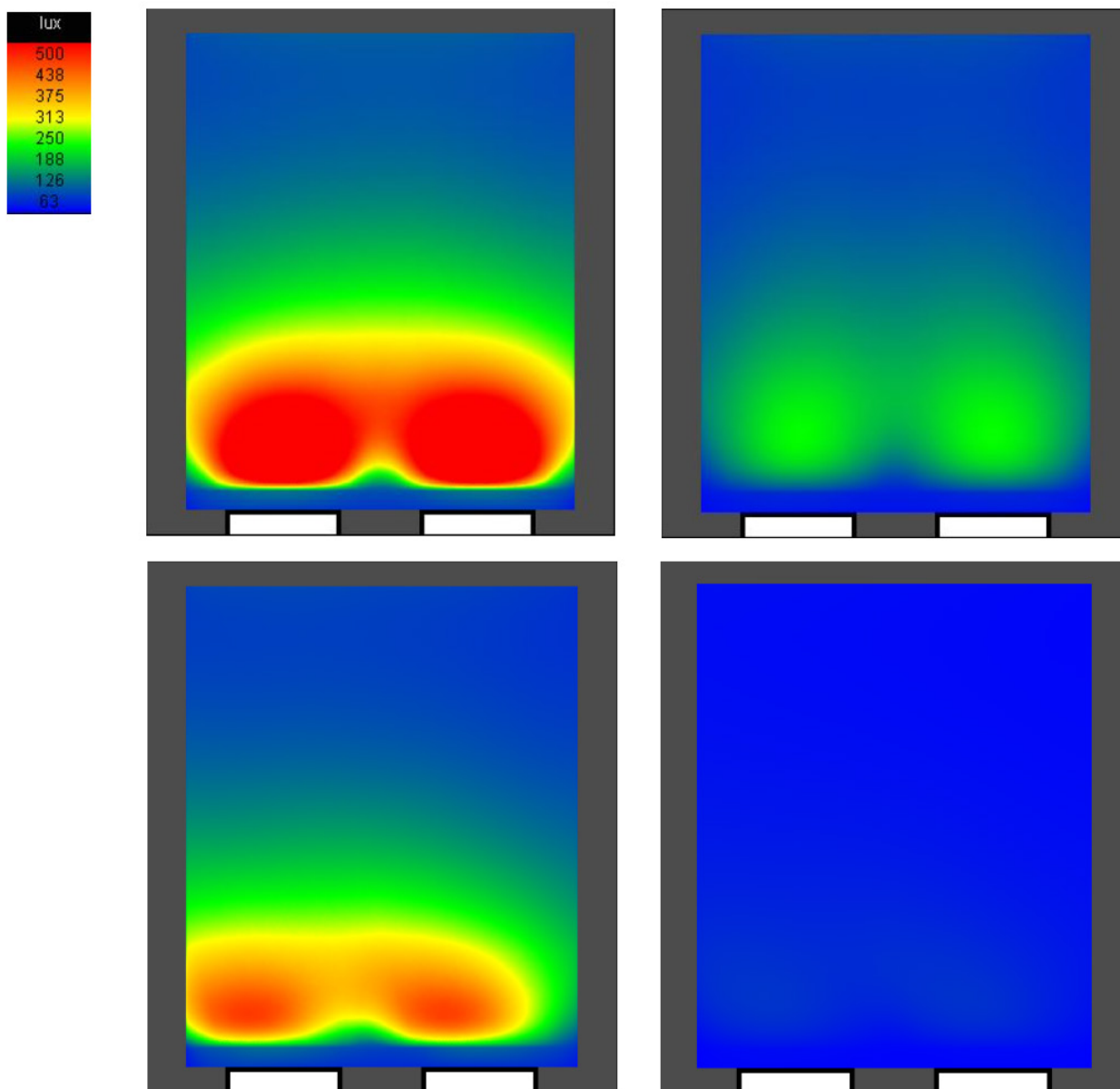
Figur 24. Solens placering på himlen varierer i løbet af året, hvilket har stor betydning for det direkte solindfald.

## Eksempel

I hvor høj grad et rum lyses op af dagslys, afhænger som beskrevet af en lang række faktorer. Som eksempel ses der på figur 25 en simulering af, hvordan et rum er oplyst af dagslys på to forskellige tidspunkter af året og to forskellige tidspunkter på dagen. Rummet måler 4,0 × 5,0 m i grundplan og er 2,5 m højt. Dagslyset kommer ind via to standard størrelse vinduer placeret i 0,90 m højde på den sydlige facade.

Beregningsplanet, som er visualiseret med farverne, er målt i 0,5 m højde, svarende til en bolig. Det ses, hvordan belysningsstyrken har svært ved at komme op på 300 lux i stort set hele rummet i december måned. Når man vurderer dagslyskvaliteten, er det derfor vigtigt at kigge henover hele året.

Samtidig ses det, at belysningsstyrken er meget lav lige under vinduet. Man skal dog huske, at arealet i en afstand på 0,5 m fra væggen ikke er en del af beregningsplanet.



Figur 25. Visualisering af belysningsstyrken i det samme rum for fire forskellige scenarier. De to scenarier til venstre er en dag i juni måned, og de to til højre er i december måned. De to nederste er kl. 09.00, og de to øverste kl. 12.00.

# Yderligere information

Vejledningen referer til §379 i Bygningsreglementet, som beskriver, at man skal tage udgangspunkt i den beregningsbeskrivelse, der fremgår af standard DS/EN 17037 "Dagslys i bygninger".

- Læs nævnte paragraf her:  
[www.bygningsreglementet.dk](http://www.bygningsreglementet.dk)
- Køb standarder her:  
[www.ds.dk](http://www.ds.dk)
- Vinduesindustriens positivliste:  
[www.energivinduer.dk](http://www.energivinduer.dk)



## Krav 8: Støjniveauet fra ventilationsanlæg

Der er ofte konstateret problemer med støj fra mekanisk ventilation i boliger, især på stille tidspunkter og særligt ved sovetid.

Det er rigtig ærgerligt – og desværre ses det, at beboerne i desperation selv forsøger at gøre noget fx ved at justere eller ligefrem blokere luftventiler og ventilationsanlægget.

Dette kan betyde en forringet ventilation og reel risiko for, at indeklimaet bliver usundt med for højt CO<sub>2</sub>-indhold. I nogle tilfælde opstår der skimmelsvamp, som kan forårsage allergi- og luftvejssygdomme. Med andre ord kan der være meget kedelige følger af støj fra ventilationen.

Kravet om et lavere støjniveau fra ventilationsanlæg i boliger er derfor et vigtigt element i den frivillige bæredygtighedsklassifikation.

Et lavere støjniveau vil understøtte et bedre indeklima og øget sundhed og trivsel blandt brugerne.

### Sådan lyder kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse

*"I boligens opholdsrum må støjniveauet LAeq fra ventilationssystemer højst være 25 dB."*

Kravet er en skærpelse i forhold til Bygningsreglementet, hvor grænseværdien for støj fra faste installationer, herunder ventilation, er 30 dB.

### Vigtige begreber i forhold til støj

- **Støjniveau LAeq:** Ofte angives det gennemsnitlige lydtryksniveau for en relevant tidsperiode som et mål for støjniveauet. Det er en samlet A-vægtet værdi for hele frekvensområdet.
- **A-vægtning:** Menneskets hørelse er mindre følsom for lave og meget høje frekvenser. Et såkaldt A-vægtningsfilter efterligner dette, så man kan lægge niveauerne ved de forskellige frekvenser sammen til et A-vægtet total-niveau. Det er herved lettere at sammenligne forskellige støjklæder, som støjklæder er sammenlignelige – så man fx ikke sammenligner støjen fra en summende myg med støjen fra et tordenskrald.
- **Frekvensområde:** Vores hørbare frekvensområde (mennesker med normal hørelse) er fra ca. 20 Hz til 15-20.000 Hz. Hz betyder svingninger pr. sek. Med alder og høreskader kan især den øvre grænse blive reduceret meget.

# Sådan opfyldes kravet om støjniveauet fra ventilationsanlæg

Kravet gælder for umøblerede beboelsesrum med ventilationssystemet i drift med grundventilation og med emhætte i position "kontrolventilation" (laveste indstilling).

Overholdelse af kravet dokumenteres enten via beregninger eller via en teknisk rapport på baggrund af lydmålinger i de relevante beboelsesrum.

Målinger skal foretages i overensstemmelse med SBI-anvisning 217 "Udførelse af bygningsakustiske målinger", afsnit 6. Korrektion for baggrundsstøj foretages efter retningslinjerne i DS/EN ISO 16032.

Målinger foretages som stikprøver. Hvis flere boliger på den samme byggesag er opført med akustisk ens konstruktioner og ventilationssystemer, skal målingerne udføres i mindst 5 % af de givne boliger udvalgt tilfældigt.

Det skærpede krav ned til 25 dB stiller særlige krav til måleteknikeren og måleudstyret, idet det i praksis er vanskeligt at måle så lave lydniveauer, når der er aktiviteter i bygningen fra beboere og støj fra trafik – og i byggefasen også støj fra bygningsarbejdet. Dokumenterende målinger må ofte ske om aftenen eller natten.

Disse lydmålinger bør udføres af anerkendte og erfarne lyd-måleteknikere med sporbart kalibreret udstyr. Der skal afleveres en fyldestgørende målerapport som dokumentation.

---

## Krav til dokumentation

### Måling af intern støj i bolig

Relevante målepositioner og måleudstyr er beskrevet i SBI-anvisning 217 "Udførelse af bygningsakustiske målinger", afsnit 6. Korrektion for baggrundsstøj foretages efter retningslinjerne i DS/EN ISO 16032.

I korte træk skal der anvendes kalibreret lyd-måleudstyr i 'klasse 1' for at kunne måle lave lydniveauer præcist. Der skal udvælges mindst 3 målepositioner i mellemstørrelse lokaler, 2 i små lokaler og nok 4-5 positioner i store lokaler for at opnå repræsentative gennemsnitsværdier. Målehighjden er typisk 1,5 m og mindst 1 meter fra væggene. Positionerne bør ikke placeres midt i lokalet eller langs halveringslinjer for at undgå at måle i områder med såkaldte stående lydbølger, hvor niveauet lokalt kan være særligt højt eller lavt, især for de lavere frekvenser.

### Beregninger af forventet lydniveau i bolig

Det er i princippet muligt at forudberegne, hvilke lydniveauer der vil være i lokalerne ud fra de kendte støjklender og udformningen af ventilationskanaler, armaturer og spjæld ved en givet luftmængde. Men selv med gode inddata og detaljeret viden om bygningens konstruktion og materialevalg er der adskillige usikkerheder, der typisk skyldes montageforhold, som ikke er optimale, og utilsigtede ændringer i forhold til det planlagte, som kan påvirke det endelige resultat væsentligt.



De fleste større leverandører og producenter af ventilationsanlæg med tilhørende luftkanaler og ventiler m.m. har forskellige beregningsværktøjer, der baserer sig på en kombination af målte lydeffekter fra ventilationskanaler (kanalstøj og fra selve enhedens overflade) og erfaringsbaserede værdier, hvor der tages højde for kanalføringen (type, længde, bøjninger, dimensionsændringer m.m.), som med lidt erfaring kan give et godt udgangspunkt til at vurdere forskellige løsninger med hensyn til både lyd og økonomi.

Men der må regnes med en usikkerhed, så man skal være forsigtig. For store byggesager kan løsningen være, at man opbygger en prototype for typiske lejligheder og foretager relevante målinger, før det endelig design fastlægges for ventilationen. Disse målinger vil dog ikke i sig selv være tilstrækkelig dokumentation.

## Håndværkerens rolle

Håndværkerens viden, holdning og praktiske færdigheder er uanset de planlægningsmæssige muligheder meget vigtige for i praksis at kunne opnå gode støjmessige forhold.

Håndværkeren skal have en forståelse af, at selv små fejl (utætheder, spalter, manglende tætning, mekaniske kortslutninger) kan ødelægge selv de bedste intentioner. Det er ofte 'djævelen i detaljen', som overses.

Især er det vigtigt fordi disse detaljer ofte er skjulte bag afdækninger og installationer og derfor kan være særdeles vanskelige både at finde og ikke mindst at reparere efterfølgende.

### Sørg for dokumentation

En mulighed er at dokumentere installationen undervejs med systematiske smartphone fotos, små film med lydoptagelser e.l. Så er både klokkeslæt og målested registreret. Sådanne optagelser vil dog ikke være kalibrerede og ofte med nogen støj og susen.

Foto- eller filmdokumentation er især relevant, når noget af installationen afdækkes eller skjules af mere eller mindre permanente yderligere trin og komponenter. Dette skal gøres så let og selvfølgelig, at det ikke glemmes, og så det sker i tide, dvs. straks når det er relevant. Dokumentationsfotos- og film lægges i et lettilgængeligt arkiv med backup.

### Simple test og tjek

Det er muligt for håndværkerne under arbejdets udførelse selv at foretage nogle vigtige og simple test på stedet til en lyttemæssig vurdering af, om der kan være nogle utilsigtede fejl:

#### *Simple test i rum*

Opstil en 'SoundBlaster' i et lokale og spil høj musik, luk dørene og lyt i naborum og lejligheder, om der måske er lidt dårlig isolering eller fejl i ventilationskanalernes lyddæmpning. Hvis man er tvivl, så skal der nok måles.

#### *Simple test i luftkanaler*

Der kan også opstilles en lille batteridrevet højttaler i en luftkanal, som trådløst kan afspille kraftig lyd – musik eller kunstig støj. Der findes en række applikationer til mobiltelefoner, som kan lave kunstig støj (pink noise og toner).

#### *Simple test af vibrations- og luftlyds-transmission*

Bank med en hård gummihammer eller let metalhammer på ventilator og kanaler. Lad en kollega i et naborum vurdere vibrations- og luftlyds-transmissionen (husk at lukke døre og andre åbenlyse huller imellem rummene). Virker det 'normalt', eller er der tegn på manglende vibrationsisolering eller en uheldig placering af ventilationsanlægget? Der kan også mangle et stykke fleksibel luftkanal.

*Løs problemer med isolering o.l.*

Er der tydelige klang-resonanser i kanalerne, bør vibrations-dæmpning overvejes. Det kan være at omvikle kanaler med lidt varmeisolering eller egentligt vibrationsdæmpende materiale.

*Tjek efter indregulering*

Efter den første indregulering af anlægget lyttes og kigges der efter utætheder og huller til måleudstyr/skruer, som ikke er blevet lukket/tapet korrekt.

*Tjek fleksibilitet af luftkanaler*

Rusk og tryk lidt på luftkanaler, som føres igennem vægge, lofter, gulve eller ind i afdæknings-skabe m.m. Er der fuld fleksibilitet, dvs. kan de flyttes lidt i alle retninger? Hvis de føles låst i én retning, tyder det på såkaldt 'mekanisk kortslutning', hvor vibrationer forplanter sig til væg eller afdækning, som så fungerer som en højttaler. Ikke nødvendigvis noget man kan føle med fingerspidserne, men som kan høres, når der er stille i lokalet.

**Hvilke håndværkergrupper skal interessere sig for støj fra ventilationsanlæg?**

*Ventilationsmontørerne* udvælger, tilpasser og monterer komponenterne i de tildelte områder i bygningen i en vis grad og har derved nogen indflydelse på kravet om at reducere støj fra ventilationsanlæg.

Frihedsgraderne for ventilationsmontørerne er dog i praksis ofte begrænsede af, at føringsvejene for luftkanaler m.m. typisk defineres af arkitekter eller entreprenører. Føringsvejene påvirkes ofte væsentligt af de øvrige tekniske installationer såsom vand, afløb, varmerør, elektriske ledninger og diverse kabler.

Derfor spiller *VVS-installatører* (vand og varme og afløb) og elektrikere en vigtig rolle. Her er der behov for en fælles forståelse, sådan at det aftales, hvor meget plads der er til installationerne, så placering og tidsplaner kan koordineres.

Også *bygningsarbejdere*, som står for nedhængte lofter, skabe, indkapslinger som fx teknikskakt eller luftkanaler under loftsplader, er centrale for, om ventilationsstøj kan reduceres tilstrækkeligt.

Trange føringsveje med skarpe knæk, for lidt plads til at montere kanaler og lyddæmpere samt dårlige nødløsninger, der forværrer støjen, ses desværre alt for ofte.

I praksis skyldes mange uhensigtsmæssige installationer ofte manglende koordinering, tidsmæssige forskydninger, kapacitetsproblemer og økonomi. Det giver risiko for, at tingene skal laves om, og at de opstillede krav ikke kan opfyldes. Derfor er det vigtigt, at de forskellige parter på byggepladsen koordinerer indsatsen.

## Eksempler på årsager til støj i ventilationsanlæg

- Utætheder i luftkanaler, hvilket kan skabe hvisle- og fløjtelyde samt tryktab.
- Skarpe knæk og tværsnitsændringer giver udover tryktab lufthvirvler, og dermed risiko for hørbar støj.
- Dårlig indregulering pga. uhensigtsmæssige trykfald i kanalerne m.m. Fx en for højt placeret indblæsningsventilator, hvor luftmængden reduceres med ventiler.
- Fleksible lyddæmpere over støjfølsomt område fx soveværelse.
- "Forkerte" indblæsningsarmaturer til en given luftmængde, dvs. støjmæssigt dårligt indreguleret.
- Lydtransmission mellem lokaler eller lejligheder via ventilations-/udsugningskanaler. Mangler der lyddæmpere, eller er de, der er installeret, for små?
- Ventilationskanaler, der rører ved nedhængt loft.
- Ventilationsenheder monteret på svingningsmæssigt uegnet placering, fx over let loft, eller ophængt stift på lette vægge fx i teknikskakter.
- Ventilationskanaler, som bringer vibrationer fra ventilator videre ud i kanalerne og til ophæng. Manglende fleksible forbindelser.
- Utætte og 'stive' gennemføringer af luftkanaler gennem vægge og etageadskillelser, herunder også igennem nedhængte lofter.

# Baggrundsviden

## Ordforklaringer

- **Lyd**

Fysisk definition: Luftlyd er udbredelse af trykvariationer i luft, og samtidig flytter luftmolekyler sig en lille smule frem og tilbage, hvorved naboluftmolekyler også påvirkes til at flytte sig frem og tilbage. Altså er der ikke tale om, at luften bevæger sig hele vejen fra lydilden til modtageren, fx dit øre. Det svarer lidt til, hvordan man kan se overfladebølger i væske udbrede sig og blive svagere jo større område, de dækker.

- **Beregnet lydniveau**

Ud fra viden om støjkluder som ventilationsanlæg, ventiler, luftkanaler, armaturer og lokalets akustiske egenskaber er det muligt at anslå de resulterende lydtrykniveauer 'ude' i lokalerne. Men usikkerheden er relativt stor, så afsluttende målinger på den færdige opbygning er det sikreste.

- **Lydtryksniveau (eksempler)**

Den svageste lyd, et normalthørende menneske kan høre, er helt ned til 0 dB(A) (= 20 µPa). I et stille lokale fx et soveværelse kan der være ned til 20-25 dB(A). Samtale-niveau mellem to mennesker i rolige omgivelser er typisk 60-70 dB(A). Hørskadener kan opstå ved langvarig påvirkning over 80-85 dB(A). Niveauforskelle på 6-10 dB opleves som hhv. en fordobling eller en halvering. Den mindste niveauforskel, man kan høre, er 1-2 dB afhængigt af omstændighederne.

- **Lyddæmper**

På ventilations-kanalstrækninger er det normalt at montere en absorptionsdæmper. Det er typisk et perforeret kanalstykke, hvor der udenpå er beklædt ekstra med et lydabsorberende materiale (mineraluld e.l.) som opfanger luftlyden, imens luften fortsætter igennem kanalen. Som regel er dæmperen cylindrisk og fremstår tykkere end de kanalstykker, den monteres i forlængelse af.

- **Lydabsorption**

Når luftlyd kan bevæge sig ind i et porøst materiale, dvs. et materiale med mange små huller og hulrum, så bliver luftpartiklernes svingninger bremset, og dermed dæmpes lyden. Jo tykkere materiale, jo bedre er det til at dæmpe lydens lave frekvenser. Jo tættere overflade, des mindre bliver den højfrekvente lyd absorberet.

Man kan godt beskytte porøse overflader med en perforeret plade eller ganske tynd folie, men det reducerer lidt af absorptions-eften, især ved høje frekvenser.

Et tip er, at hvis du kan puste luft ind i et materiale, vil det kunne virke lydabsorberende. Typiske materialer er mineraluld, tekstiler, tæpper, sne- og polyetherskum med åbne celler.

- **Vibrationsdæmpning**

Til at reducere vibrationer i luftkanaler og tyndpladekonstruktioner kan anvendes forskellige materialer som gummidug, asfaltpap og 'pasta', som spartles eller på-sprøjtes.

- **Svingningsisolation**

Vibrationer fra fx en blæser eller motor kan dæmpes ved at indsætte nogle svingningsisolatorer ved bæringerne. Underlaget eller bærende mur/materiale skal være tungt og stift for, at svingningsisolatoren virker godt.

- **Støj**

Støj er uønsket lyd, som man ikke har indflydelse på, og som forstyrrer, trætter og stresser. Det kan være konstant støj fra tekniske installationer, fx ventilation. Eller kortvarige lyde fra kortvarige hændelser fx affald i nedfaldsskakt eller toiletskyl. Varierende lydstyrke for støjkluder kan også være ekstra generende, fordi man bemærker ændringerne.

# Yderligere information

Se sektionen om støj og akustik på:  
[www.indeklimaportalen.dk](http://www.indeklimaportalen.dk)



## Krav 9: Rumakustik i boliger

Dårlig akustik kan opleves som et problem i nye og renoverede boliger. Med dårlig akustik menes her primært, at der er meget 'rumklang', hvor alle lyde reflekteres rundt i lokalet og derved forstærkes og skaber en trættende lydfordeleling.

Det er således både de lyde, som beboerne selv frembringer ved normal aktivitet, leg, madlavning og samtale, og de lyde, som boligens faste installationer laver, her især ventilationsanlæg.

Disse problemer opstår, fordi boliger i dag i højere grad opføres med store åbne planløsninger og hårde indvendige overflader, der tilsammen kan skabe lang efterklangstid og dårlig taleforståelse.

Formålet med kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse er at sikre en bedre rumakustik og et generelt lavere støjniveau i boligen, da mange beboere er generet af støj i deres bolig.

En passende kort efterklangstid vil medføre en bedre akustik og et lavere støjniveau og vil dermed bidrage til et bedre indeklima, komfort og sundhed blandt brugerne.

### Sådan lyder kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse

*"For boliger må efterklangstiden  $T$  i opholdsrum med gulvareal på mindst  $20 \text{ m}^2$  højst være  $0,6 \text{ sek.}$ "*

Dette er stramning i forhold Bygningsreglementets forslag til projekteringsværdier, jf. de grænseværdier, som er angivet i Bygningsreglementets nuværende vejledning.

### Efterklangstidens længde

Efterklangstiden er den tid, som det tager en 'kraftig kortvarig lyd' at forsvinde – dvs. at ekkoerne klinger af.

Efterklangstiden skal ikke være meget kort, da et næsten 'lyddødt' lokale ikke er behageligt at opholde sig i over længere tid. Efterklangstiden bør derfor ikke være kortere end 0,2-0,3 sekunder.

# Sådan opfyldes kravet til rumakustik

Kravet gælder for møblerede opholdsrum og i frekvensområdet 250-4000 Hz.

Overholdelse af kravet dokumenteres enten via beregninger ifølge DS/EN 12354-6 eller via en teknisk rapport på baggrund af lydmålinger i de relevante opholdsrum.

## Dokumentation med målinger

Målinger skal foretages i overensstemmelse med SBI-anvisning 217 "Udførelse af bygningsakustiske målinger", afsnit 5.

Målinger af efterklangstid kan foretages som stikprøver. Såfremt flere boliger på den samme byggesag er opført med akustisk ens konstruktioner, skal målingerne udføres i mindst 5 % af boligerne. Med akustisk ens tænkes både på størrelser, geometrier og indretning, idet større forskelle kan ændre efterklangstiderne.

Brugbare målinger af efterklangstid kræver særligt udstyr og måleteknisk erfaring. De kan kun udføres af uddannede måleteknikere. Målingerne kan normalt gennemføres i dagtimerne, blot der er nogenlunde ro i de nærmeste lokaler.

Møbler og andet inventar kan have stor indflydelse på efterklangstiden. Hvis rummene er umøblerede, kan kravet til efterklangstid efter en konkret vurdering justeres, fx med +0,3 sek. (dvs. op til 0,9 sek.).

For at sikre ensartethed på tværs af klassifikationskravet skal der være tale om de samme møbler, der evt. måtte være i lokalet under måling af afgangning og under en evt. måling af akustiske forhold (dvs. samme type og antal).

Håndværkeren kan være med til at foretage nogle simple test, før man sætter målingerne i gang. Læs mere på næste side.

## Dokumentation med beregninger

Hvis dokumentationen udføres ved brug af beregninger fremfor ved målinger, kan efterklangstiderne anslås ud fra rumvolumen, arealer og absorptionskoefficienter for fladerne. Dette er dog sjældent meget præcist.

Derfor kan afsluttende målinger af efterklangstider være nødvendige for en mere præcis dokumentation af de faktiske efterklangstider. Til projektering og design af lokaler og deres akustiske egenskaber anvendes beregningerne imidlertid i stadig større omfang for at undgå dyre ombygninger m.m.

## Frekvenser, der giver problemer

Det vigtigste frekvensområde i forhold til at påvirke indeklima og rumakustiske forhold er normalt mellem ca. 250 og 4000 Hz, men lavfrekvent brummen og højfrekvent susen/hvislen kan også være et problem.

# Håndværkernes rolle

De rumakustiske forhold i et lokale er i praksis ofte designet af arkitekten tidligt i projektet. Det omfatter bl.a. bestemmelse af rumdimensioner, valg af materialer (herunder areal og type af lydabsorbenter), placering af lydhårde flader parallelt eller vinklet og anvendelse af træ, porøse overflader, stål, beton, sten og glas m.v.

## Håndværkernes arbejde

Altså har bygningshåndværkere og montører af lofter m.m. i større byggesager reelt ikke meget indflydelse på den opnåede lyd kvalitet i et givet lokale.

Håndværkere i mindre og individuelle byggesager kan imidlertid bidrage væsentligt til et godt materialevalg og dermed til en bedre rumakustik.

Om der monteres pænt og uden overfladeskader har ikke nogen akustisk betydning. De eneste reelle risici for, at håndværkeren kan gøre skade på den planlagte rumakustik, er, at:

- Man kommer til at overmale lydabsorberende flader med en tæt og uegnet maling, som helt kan ødelægge den akustiske virkning.
- Man ved afdækning med lydhårde eller lydtætte materialer (fx plader, glas eller plast) på samme måde kommer til at forhindre, at de bagvedliggende akustiske materialer kan opsuge lyden.
- Man rent faktisk bruger de forkerte materialer.

## Simple test til at udpege lokaler til stikprøve og til kvalitetskontrol

Håndværkerne med erfaring kan være med til at udpege lokaler, hvor der ikke synes at være nok lydabsorption. Det kan gøres alene baseret på 'håndklap', og en vurdering af, hvordan taleforståeligheden er i rummet. Resultatet af disse simple test kan man bruge til at prioritere, om de påkrævede stikprøver bør omfatte det pågældende lokale.

Der findes også gratis eller 'billige' smartphone apps, som kan måle efterklangstider med en rimelig nøjagtighed baseret på 'håndklap'. Disse løsninger kan være med til at udpege de lokaler, der har længst efterklangstid. Her kan man så foretage mere præcise målinger med kalibreret udstyr og ifølge BR18 vejledningen.

## Sådanne simple test på stedet kan også under udførelsen bruges til en vurdering af, om der kan være nogle utilsigtede fejl.

### Sørg for dokumentation

Meget kan kun dokumenteres ved at der tages mange fotos undervejs. Det er fordelagtigt at anvende identifikation og dokumentere lokale, placering og tidspunkt. Det kan også være værdifuldt at anvende panoramabilleder eller en kort video med lyd på. Fx med et håndklap, så man kan høre den aktuelle efterklang.

Dette skal gøres så let og selvfølgeligt, at det ikke glemmes, og så det sker i tide, dvs. straks når det er relevant. Alle disse fotos afleveres til et lettilgængeligt arkiv med backup.

## Gør brug af lydabsorbenter

De akustiske forhold i et rum kan optimeres og tilpasses ved at anvende lydabsorbenter, der kan dæmpe lydens refleksioner og dermed sænke efterklangtiden. Lydabsorbenter består primært af porøse materialer (mineraluld, stof, tæpper o.l.), hvor luftens vibrationer forsvinder ind i materialet og bliver til 'varme' i materialet. På den måde bliver lydenergien opsugt i materialet og ikke reflekteret tilbage til lokalet. Der er tale om forsvindende lidt varme, så der går ikke ild i materialet.



# Baggrundsviden

## Efterklangstid (målemæssig definition)

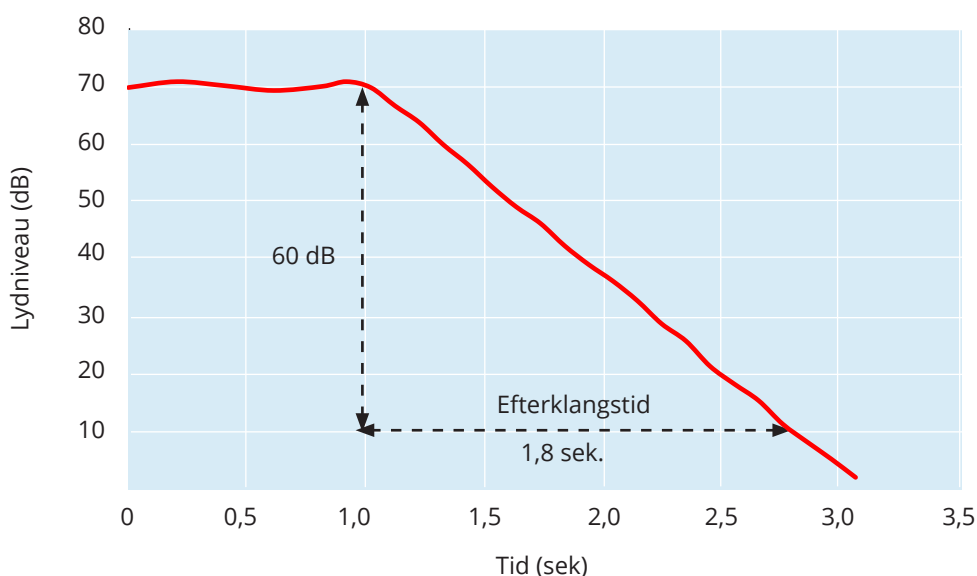
Der måles med lydtrykmåler med hurtig registrering af tidsforløb, hvordan lydniveauet aftager efter en kraftig lyd er ophørt. På figuren nedenunder er vist et kurveblad med dB-skala på Y-aksen og tiden på X-akse som en tilnærmelsesvis ret linje. Hældningen kan omregnes til antal dB pr. sekund.

Med andre ord er efterklang et udtryk for, hvor hurtigt lyden dør ud i et given lokale. Optimalt skal anvendes en linje, hvor dB-værdien falder med mere end 60 dB, men i praksis anvendes ofte 30 eller 20 dB's fald, da baggrundsstøj og andre forhold påvirker linjens 'længde'. En efterklang på mere end 0,5-0,6 sekunder, vil de fleste finde for lang.

## Hvordan defineres lydniveau?

Der anvendes normalt enheden dB (DeciBel) til at angive "et niveau", som eksempelvis lydtryksniveau. Definitionen er et logaritmisk forhold mellem den målte størrelse og en referenceværdi. For lydtryk således  $L_p = 20 \cdot \log ( p / p_{ref} )$ , hvor  $p$  er lydtrykket i Pascal (Pa), og  $p_{ref}$  er referenceværdien 20 $\mu$ Pa.

Moderne måleudstyr registrerer efterklangsforløb for flere frekvenser samtidig og afleverer direkte efterklangstiden fx for hel-oktaverne 250 Hz til 4000 Hz



Figur 27. Eksempel på efterklangsforløb for et lydhårdt lokale.  
Kilde: hifi-akademiet

## Eksempel



Moderne boligindretning kan være et problem for støjniveauet i boligen, fx i køkken-alrum. I dag er det fx mindre almindeligt at have stofmøbler, gardiner og væg-til-væg-tæpper, som kan forkorte efterklangstiden og dæmpe lyden. Der bruges mange hårde flader, som glas, sten og stål, som ikke absorberer lyden.

## Yderligere information

- Om arbejdsmiljø og støj:  
[https://www.arbejdsmiljoweb.dk/stoej\\_lys\\_og\\_luft/stoej-paa-arbejdspladsen/fakta-om-stoej/forstaa-efterklangstiden](https://www.arbejdsmiljoweb.dk/stoej_lys_og_luft/stoej-paa-arbejdspladsen/fakta-om-stoej/forstaa-efterklangstiden)
- Lydeksempel på film  
Film med eksempel på akustisk regulering af et lokale: <https://youtu.be/rAchQiRBTWE>

Linket kan blive forældet, men andre vil kunne søges efter fx via Google eller YouTube. Gode søgeord er: efterklang, reverberation, sound absorption, lyd absorption.

Se sektionen om støj og akustik på:  
[www.indeklimaportalen.dk](http://www.indeklimaportalen.dk)

# Forstå bæredygtighedsbegreber på få minutter

- **Afgasning:** Proces hvor byggematerialer og inventar frigiver kemiske stoffer, hvilket påvirker luftkvaliteten og dermed vores komfort og sundhed alt efter typen af stoffer.
- **BREEAM:** Britisk drevet certificeringsordning for bygge- og infrastrukturprojekter lanceret i 1990. Anvendes globalt og er opbygget omkring pointsystem med særligt fokus på det miljømæssige aspekt. Står for: " Building Research Establishment Environment Assessment Method ".
- **Biodiversitet:** Biologisk mangfoldighed af levende organismer i vandmiljø og naturen. Overvågningen af den generelle udvikling og tilstand varetages af Miljøstyrelsen ved brug af en række indikatorer.
- **Biomasse:** Plantemateriale, som nyligt er dødt eller er levende og dermed indeholder optaget CO<sub>2</sub>. Anvendes typisk i forbindelse med produktionen af energi ved afbrænding og som alternativ til fossile brændsler.
- **Biobrændsel:** Materiale produceret af biomasse, som omdannes til brændsel på flydende, fast eller gasform. Bioethanol er et eksempel på et specifikt biobrændsel, typisk fremstillet af rester fra fødevarerproduktionen.
- **Cirkulær økonomi:** Princip, hvor formålet er at holde materialer og produkter i det økonomiske kredsløb i samfund, virksomhed etc. Er et modsvar til en øget global efterspørgsel og stigning i ressourceforbruget. Fokus er på affaldsforebyggelse ved fx at anvende komposterbare biologiske materialer og sikre, at det kan svare sig at reparere og genanvende produkter.
- **CO<sub>2</sub>:** Er en gasart og den kemiske betegnelse for kuldioxid. Forekommer naturligt i atmosfæren og er en vigtig del af vores økosystemer. En øget forbrænding af fossile brændstoffer over årene har medført en forøgelse af CO<sub>2</sub> i atmosfære, hvilket er problematisk grundet den medførte drivhuseffekt.
- **CO<sub>2</sub>-neutralt:** Når der i et system opnås balance mellem den mængde CO<sub>2</sub>, der udledes til atmosfæren, og mængden, som absorberes/optages i fx jorden, havene og skovene.
- **CO<sub>2</sub>-ækvivalenter:** Omregningsfaktor, der anvendes til at opgøre og sammenligne, hvor meget forskellige gasarter (drivhusgasser), som fx lattergas og metan, påvirker drivhuseffekten sammenlignet med CO<sub>2</sub> ved deres udledning.
- **Commissioning:** Et kvalitetsstyringsværktøj til at sikre bedst muligt sammenspil mellem de tekniske installationer og totaløkonomien. Processen kører derfor gennem hele bygningsens levetid og er relevant i forbindelse med nybyggeri såvel som renovering. Der er fokus på planlægning, installation og test af komponenter og systemer samt dialog med særligt driftspersonale.
- **Cradle-to-cradle:** Tilgang til at designe produkter og systemer, hvor materialer indgår i et kredsløb, og hvor alt genanvendes, eller en ny ressource skabes, som kan indgå i nyt kredsløb. Det er et alternativ til at generere affald og tære på planetens ressourcer. Samtidig skal produkterne belaste mindst muligt i samtlige livsfaser. Forkortes ofte som C2C. Produkter kan certificeres efter en standard.

- **CSR:** Forkortelse for Corporate Social Responsibility. Omhandler hvordan virksomheder forretningsmæssigt arbejder med deres samfundsansvar og skaber værdi ud fra en række sociale, miljømæssige og etiske principper.
- **DGNB:** Tysk bæredygtigheds certificeringsordning for bygninger, som er den mest anvendte i Danmark. Bygninger opnår enten sølv, guld eller platin. Det sociale, økonomiske og miljømæssige aspekt samt den tekniske kvalitet vægter hver 22,5 % og proceskvaliteten 10 % i evaluering.
- **Drivhusgasser:** Fælles betegnelse for de luftarter vi udleder til atmosfæren, der bidrager til den globale opvarmning, ved at forhindre varmestrålingen fra jorden at undslippe.
- **Drivhuseffekt:** Fænomen, der opstår, når der ophober sig vanddamp, CO<sub>2</sub> og andre drivhusgasser i atmosfæren. Det forårsager, at en større andel af solens varmestråling, reflekteret fra jorden, fanges i atmosfæren og sendes tilbage til jorden igen fremfor ud i verdensrummet. Det medfører en yderligere temperaturstigning på jordens overflade.
- **Emission:** Udledning af stoffer i luften fra forureningskilder. Refererer ofte til udledning af drivhusgasser fra afbrænding af fossile brændsler.
- **Energifleksibilitet:** Produktionen af energi fra vedvarende energikilder fluktuerer i takt med vind og vejr modsat produktionen ved brug fossile brændsler, der kan justeres efter behovet. Fleksibilitet opstår, når systemer og brugernes adfærd tilpasses, og energibehovet kan flyttes, så det forekommer samtidig med energiproduktionen. Derved kan omkostningstung lagring af energi undgås.
- **Energiforbrug:** Summen af den energimængde, der er omsat, indenfor et defineret område, fx en bygning, over en bestemt tidsperiode. Måles ofte i MJ eller kWh. Energiforbrug relateret til bygninger udgør ca. 40 % af Danmarks samlede energiforbrug.
- **EPD:** En opgørelse over hvor meget en byggevarer har belastet klima og miljøet. Beregnes som samlet påvirkning, fra råstofferne udvindes, til produktet forlader fabrikken. Benyttes oftest som data til en LCA-analyse. EPD er en miljøvaredeklaration og står på engelsk for Environmental Product Declaration.
- **EU-Blomsten:** Officielt europæisk miljømærke etableret i 1992, der stiller produktspecifikke miljøkrav. Næsten identisk med den nordiske pendant Svanemærket og udstedes af samme instans (se beskrivelse af Svanemærket).
- **Fossilt brændstof:** Energikilder som olie, kul og naturgas, der udvindes fra undergrunden, og som er omdannet fra plante- og dyrerester gennem millioner af år.
- **FSC:** International non-profit og uvildig mærkningsordning for producenter, der forarbejder træ og papir. Sikrer ansvarlig skovdrift ved beskyttelse af dyr og planteliv og ordentlige sociale forhold som løn, sikkerhed og uddannelse til arbejdere. Der er mere end 400 certificerede virksomheder i Danmark, og mærket kan betegnes som et kvalitetsstempel.
- **Genanvendelse:** Anvendelse af materialer fra et produkt til at kreere et nyt produkt. Det engelske begreb for ordet, recycle, anvendes også ofte i danske sammenhænge.
- **Genbrug:** Gøre brug af produkter og materialer i sin oprindelige funktion og form. Det engelske begreb for ordet, reuse, anvendes også ofte i danske sammenhænge.
- **GWP:** Forkortelse af 'Global warming potential' (Drivhuspotentiale). Beskriver hvor meget varme forskellige gasarter fastholder i atmosfæren i forhold kuldioxid ved en tilsvarende mængde. Hvis GWP øges, indikerer det, at der vil udledes flere drivhusgasser i atmosfæren. Det påvirker klimaet negativt, eftersom temperaturen vil stige.

- **Indeklima:** Det miljø, der er indenfor i bygninger. Bestemmes af en lang række faktorer som bygningens form, tekniske installationer, vejret og personlige præferencer og aktivitets-type. Kvaliteten kan afgøres ved at dokumentere en lang række parametre. De inddeles ofte i de fire hovedkategorier; termisk, atmosfærisk, lyd og lys.
- **Indeklimamærket:** Frivillig dansk mærkningsordning for materialer og produkter, der stiller krav til, hvordan luftkvaliteten påvirkes af afgangningen fra deres kemiske stoffer.
- **Klima:** De gennemsnitlige vejrmæssige forhold over en længere periode indenfor et afgrænset område. Omfatter desuden de naturlige svingninger, årstiderne forårsager. Når det ikke har været stabilt over en periode, er der tale om klimaforandringer, hvilket kan være natur eller menneskeskabte.
- **Klimaskærm:** Betegner konstruktionen og de komponenter, der adskiller inde i en bygning fra ude. Kendetegnes som tag, ydervæg, gulv, vinduer m.v. Kvaliteten heraf er afgørende for bygningers energiforbrug og evne til at opretholde et komfortabelt indeklima ved at afskærme brugeren fra vind og vejr.
- **Kuldioxid:** Navnet for CO<sub>2</sub> (der henvises til beskrivelsen der).
- **LCA:** Betyder livscyklusvurdering og er et udbredt redskab til at kortlægge miljøpåvirkningen fra alle de materialer, som indgår i et byggeri. Ved brug af materialemængde og miljøvaredeklarationer beregnes fx CO<sub>2</sub>-udledning og forsurening. Hele bygningens forventelige levetid betragtes, og energiforbruget og udledninger fra driften samt affaldsbehandling og bortskaffelse af byggematerialer inkluderes.
- **Livscyklusvurdering:** Forkortes ofte LCA (der henvises til beskrivelsen her).
- **LEED:** Står for "Leadership in Energy and Environmental Design." Er en certificeringsordning for bygninger, byer og byområder meget tilsvarende DGNB og BREEAM. Stammer fra USA og fokuserer især på energi-, miljø- og sundhedsperspektivet. Uafhængig tredjepart afgør, hvilken bæredygtighedskvalitet projektet lever op til.
- **Miljø:** Ordet betyder omgivelser og anvendes i mange sammenhænge. I forbindelse med bæredygtighed refereres ofte til den natur, der er omkring os mennesker og vores bygninger m.v.
- **Miljøvaredeklaration:** Standardiseret måde at oplyse om produkter, tjenester og råvarers miljømæssige egenskaber, herunder energi- og ressourceforbruget gennem en livscyklus. (Se desuden EPD). Giver brugeren mulighed for at sammenligne på tværs af producenter.
- **Naturgas:** En kategori af gasser, der findes i undergrunden, og som er fossile på tilsvarende vis som kul og olie. Anvendes i stor udstrækning som energikilde til opvarmning af boliger.
- **Svanemærket:** Officielt nordisk miljømærke, du finder på en lang række produkttyper. Det kan betegnes som et kvalitetsstempel. Lægger vægt på at sikre effektive produkter med lang levetid og stiller skrappe krav til bl.a. kemikalier for både miljøet og sundhedens skyld. Hele bygninger kan desuden svanemærkes.
- **SØM:** Forkortelse som refererer til de tre grundprincipper indenfor bæredygtighed – social, økonomi og miljø.
- **Totaløkonomi:** Det samlede overblik over og analyse af omkostninger forbundet med et byggeri. Her betragtes og inkluderes alle faser fra design og opførelse til de efterfølgende udgifter forbundet med driften.

- **Upcycle:** Transformation af kasserede materialer og produkter til nye og ofte kreative genanvendelser, hvor produkterne får en anden funktion. Fx gamle gulvbrædder, der bliver til hylder.
- **Vedvarende energi:** Fælles betegnelse for energiformer, som er fornybare og dermed ikke forsvinder. Der drejer sig primært i Danmark om vindenergi, solenergi, geotermi og bioenergi. Adskiller sig desuden fra andre energiformer ved at udlede begrænsede mængder CO<sub>2</sub> eller være neutrale.
- **Verdensmål:** 17 konkrete mål og 169 delmål vedtaget af FN i 2015, som forpligter dets 193 medlemslande til at handle. Udviklingen omhandler både menneskers og planetens bæredygtige udvikling frem til år 2030 og har fokus på alt fra uddannelse og ligestilling til fred og energi.
- **Vugge-til-grav:** Beskriver et produkts forskellige livsfaser fra råvareudvinding til bortskaffelse. Betegnelse anvendes fx ved kortlægning af ressourceforbruget og miljøpåvirkningen i dets levetid.
- **Vugge-til-vugge:** Dansk benævnelse for Cradle-to-cradle designkonceptet. Ligeledes navn for dansk selskab, der rådgiver virksomheder indenfor emnet på tværs af brancher.
- **Økologi:** Videnskaben, der studerer forholdet mellem levende væsener og miljøet. I forbindelse med byggeri forholder økologi sig ofte til, hvordan materialerne er produceret.
- **Økosystem:** Et samfund af planter, dyr og mikroorganismer, som interagerer med hinanden og det miljø, de færdes i. Forekommer i mange størrelser og variationer som fx en sø eller regnskov.

## **Om Videncenter for Energibesparelser i Bygninger**

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger indsamler og systematiserer viden om energibesparelser i bygninger og formidler dette til byggebranchen. Målet er at realisere flere energibesparelser i den eksisterende bygningsmasse. Videncentret er en del af Energistyrelsens målrettede informationsindsats og har eksisteret siden 2008.

Gregersensvej 1 • Bygning 2 • 2630 Taastrup • Tlf. 7220 2255 • [info@ByggeriOgEnergi.dk](mailto:info@ByggeriOgEnergi.dk) • [www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)



Videncenter for  
Energibesparelser i Bygninger



Scan koden  
og besøg vores  
hjemmeside