

Bæredygtig udvikling i det byggede miljø

Tværgående analyse af afledte effekter og dilemmaer ved bæredygtigt byggeri

Dirchsen, Therese Neel; Søder, Peter Højrup; Haugbølle, Kim

Creative Commons License
Andet

Publication date:
2024

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Dirchsen, T. N., Søder, P. H., & Haugbølle, K. (2024). *Bæredygtig udvikling i det byggede miljø: Tværgående analyse af afledte effekter og dilemmaer ved bæredygtigt byggeri*. (1 udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Bind 2023 Nr. 26

General rights

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

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

Take down policy

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



BUILD RAPPORT

2023:26

Bæredygtig udvikling i det byggede miljø

Tværgående analyse af afledte effekter og dilemmaer ved
bæredygtigt byggeri

Therese Neel Dirchsen, Peter Højrup Søder & Kim Haugbølle

TITEL	Bæredygtig udvikling i det byggede miljø
UNDERTITEL	Tværgående analyse af afledte effekter og dilemmaer ved bæredygtigt byggeri
SERIETITEL	BUILD 2023:26
FORMAT	Tryksag
UDGIVELSEÅR	2024
UDGIVET DIGITALT	Januar 2024
FORFATTER	Therese Neel Dirksen, Peter Højrup Søder, Kim Haugbølle
SPROG	Dansk
SIDETAL	66
LITTERATURHENVISNINGER	58
EMNEORD	Innovation, bygherrer, ejendomsinvestering, bæredygtighed, cirkulær økonomi, certificering, bygningsdrift, kompetencer
ISBN	978-87-563-2131-0
ISSN	2597-3118
UDGIVER	Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.build.aau.dk

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

INDHOLD

FORORD	6
SAMMENFATNING	7
1 INTRODUKTION	12
1.1 Baggrund	12
1.2 Formål	13
1.3 Målgruppe	13
2 METODE	16
2.1 Teoretisk ramme	16
2.2 Litteraturstudie	17
2.3 Kvalitative forskningsinterviews	18
2.4 Analytisk tilgang	19
3 EJENDOMSEJERE OG -INVESTERING	22
3.1 Drivere for valg af bæredygtige ejendomme	22
3.2 Meromkostninger	25
3.3 Leje- og salgspræmie for investorer og ejere	26
3.4 Risiko for strandede aktiver og brown discount	29
3.5 Delkonklusion	30
4 BRUGERE OG FUNKTIONALITET	34
4.1 Energiforbrug for bygninger i drift	34
4.2 Trivsel, sundhed og produktivitet	36
4.3 Tendenser for arealforbrug	37
4.4 Delkonklusion	41
5 PROJEKTVIRKSOMHEDER OG VÆRKTØJER	44
5.1 Nye kompetencekrav	44
5.2 Datadrevet design og datagrundlaget	46
5.3 Ændringer i udførelsespraksis	48
5.4 Delkonklusion	49
6 LEVERANDØR- OG RÅVARENETVÆRK	52
6.1 Risici ved nye byggemetoder	52
6.2 Cirkulær økonomi	54
6.3 Delkonklusion	55
7 REFERENCER	58

FIGUROVERSIGT

FIGUR 1. Perspektiv på byggesystemet.....	16
FIGUR 2. De tre dimensioner i bæredygtigt byggeri.....	19
FIGUR 3. Statistik for DGNB-certificerede projekter.....	24
FIGUR 4. Udvikling i antallet af husstande fra 1986-2023.....	39
FIGUR 5. Samlet etageareal pr. befolkningsmedlem 1986-2023	40
FIGUR 6. Befolkningsfremskrivning 2023-2050.....	40

TABELOVERSIGT

TABEL 1. Litteraturstudiets resultater om forøgede lejepræmie og salgspræmie.	7
TABEL 2. Interviewpersoner.	18
TABEL 3. Meromkostninger ved bæredygtigt byggeri.	26
TABEL 4. Leje- og salgspræmie ved energimærkninger.	27
TABEL 5. Salgspræmie ved frivillige bæredygtighedscertificeringer.	28
TABEL 6. Lejepræmie ved frivillige bæredygtighedscertificeringer.	29
TABEL 7. Opsamling på resultater om lejepræmie og salgspræmie.	31
TABEL 8. Arealforøgelse for nybyggede boligenheder i perioden 1993-2022.	37
TABEL 9. Data vedr. boligtyper, arealer og antal personer i 2022.	38
TABEL 10. Antal boliger fordelt på type og tilvækst 2012-2022.	38

FORORD

Med denne rapport samles der op på både forskningsmæssige og kommercielle perspektiver på den bæredygtige forandringsproces i bygge- og ejendomsbranchen. Den igangværende transition, der kommer til at præge branchens praksisser, forretningsmodeller og output, giver lejlighed til at rejse spørgsmålet om hvilke effekter og tendenser, der allerede har og potentielt vil komme til at påvirke aktørernes ageren og spillerum.

Bolig- og Planstyrelsen (BPST), nu Social- og Boligstyrelsen (SBST) igangsatte dette projekt for at undersøge afledte sociale, miljømæssige og økonomiske effekter, som følger af den bæredygtige udvikling, der er undervejs i byggeriet.

Projektet blev ledet af seniorforsker, ph.d. Kim Haugbølle, BUILD/AAU, og projektgruppen bestod derudover af forskningsassistent Therese Neel Dirksen, og indtil dennes fratræden forskningsassistent Peter Højrup Søder. Fra BPST var tilknyttet ansvarlig projektleder Johannes Utoft Christensen og dennes stedfortræder Niels Bruus Varming til projektet. Den interne kvalitetssikring af rapporten er lavet af Kathrine Godsvig Laursen.

Deklaration af økonomiske interesser:

Der er modtaget økonomisk støtte fra Bolig- og Planstyrelsen (nu Social- og Boligstyrelsen) via den grønne klimapulje (2021-2022) til udarbejdelsen af denne rapport.

BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø
København, december 2023

Anne Kathrine Frandsen

Konstitueret forskningschef, Sektion for Byggeteknik, Processer og Indeklima

SAMMENFATNING

I dette afsnit sammenfattes den brede, tværgående analyse af afledte effekter, der kan ramme aktører i byggeriets værdikæde som følge af den bæredygtige omstilling af det byggede miljø. Byggeriets værdikæde er her afgrænset til brugere, ejere, projektvirksomheder, leverandørnetværk og råvarenetværk og de markeder, som aktørgrupperne indbyrdes udveksler ydelser på.

Ejendoms ejere og -investering

Internationale tiltag for at fremme bæredygtig udvikling taler ind i behovet for reducere klimapåvirkningen, men fra ejerperspektivet knyttes initiativerne primært op på beskyttelse af ejendommens nuværende og fremtidige økonomiske værdi. Effekterne af fx bæredygtighedscertificeringer bliver da en konkurrenceparameter, der differentierer ejendomme på markedet.

Af resultaterne i tabel 1 indikeres en økonomisk gevinst ved salg og udlejning af ejendomme med højere energimærke eller en bæredygtighedscertificering som fx BREEAM, LEED eller Energy Star. Der er identificerede meromkostninger på ml. 1-10 %, når der opføres det der i dag betragtes som bæredygtigt byggeri, hvilket skaber potentiale for at opnå en salgspræmie, der minimum står mål med meromkostningen, plus en lejepræmie.

TABEL 1. Litteraturstudiets resultater om forøgede lejepræmie og salgspræmie.

Certificering	Lejepræmie	Salgspræmie
Energimærke	5,8-17,0 %	3,0-10,1 %
Anden certificering	2,5-40,0 %	5,0-23,0 %

Tabelnote: Resultater fra tabel 4, 5 og 6.

Da økonomiske effekter af en bæredygtig certificering i både positiv og negativ retning typisk forstærkes af ejendomsmarkedets øvrige markeds kræfter, rummer øget udbredelse af certificeringsordninger mv. en forøget risiko for et skarpere skel mellem hvad der betragtes som 'gode' og 'dårlige' ejendomme, hvilket kan lede til brown discounts, dvs. rabatter på 'dårlige' ejendomme, og til strandede aktiver, der ikke opretholder den hidtil estimerede værdi grundet devaluering, rammes af tidlig nedskrivning eller må afskrives tidligere end forventet.

Brugere og funktionalitet

Krav om ejendommens energiforbrug er løbende blevet strammet, men brugernes adfærd har stor betydning for, hvor meget energi en ejendom reelt bruger. De intenderede effekter af bæredygtig udvikling kan udviskes ved et øget forbrug andetsteds gennem en såkaldt rebound effekt. I nogle tilfælde har stramninger i lovgivningen skabt udfordringer for brugerne, fx ses der overophedning i passivhuse, hvilket kan lede til merforbrug af køling.

En del af den eksisterende boligmasse kræver i høj grad energiforbedringer, hvis målene om klimaneutralitet i 2050 skal kunne opnås. Det vil kræve massive investeringer, der kan betyde stigning i ejendomspriser og husleje, hvilket kan forstærke den sociale ulighed, da adgangen til de bedst performende ejendomme koster mest.

Den demografiske udvikling tenderer mod flere husstande på 1-2 personer, og dette står delvist i kontrast til en stigning i kvadratmeter af nybyggede parcelhuse. Derudover ses en stigning i det generelle arealforbrug pr. indbygger over de seneste 35 år, og der forventes en befolkningstilvækst fremadrettet. Da arealet som udgangspunkt har størst betydning for både CO₂-udledning og ressourceaftryk, kan der sættes spørgsmålstegn ved, om tilvæksten af yderligere areal her ender med at kunne betragtes som bæredygtig. Dette rejser også et spørgsmål om Bygningsreglementets krav om livscyklusvurdering i 2023, der har referenceenheden 'antal kg CO₂-ækvivalenter pr. kvadratmeter pr. år over en 50-årig periode', er det mest hensigtsmæssige.

Af positive effekter tyder studier på, at certificerede ejendomme medfører øget produktivitet blandt medarbejdere, reducerer sygefravær og gør det nemmere at fastholde og rekruttere nye medarbejdere, omend disse påviste effekter dog er vanskelige at kvantificere.

Et øget fokus på bæredygtighed vil næsten uundgåeligt medføre øgede krav til reduktion i energiforbrug, hvilket kan forstærke nogle af de beskrevne tendenser.

Projektvirksomheder og værktøjer

En stramning af bygningsreglementets klimakrav kan påvirke de materialer, der anvendes i byggeriet, hvilket bl.a. kan påvirke de udførendes arbejdsgange, bygningers levetid, det almene tekniske fælleseje og potentielt ejendomshandel. En effekt af strammere klimakrav kan være øget fokus på mindskning af spild og kvalitetssvig i byggeprocessen, i særdeles på forbrug af unødvendige materialer til at udbedre byggetekniske fejl, der resulterer i en forhøjet CO₂-belastning.

En øget efterspørgsel på mere bæredygtigt byggeri kræver, at projektvirksomheder må ændre deres ydelser og praksis for at imødekomme markedet. I lighed med digitaliseringen af byggeriet kan der dannes en kløft mellem de aktører, der er med i feltet, når det gælder opdyrkning af kompetencer indenfor de nye markedsområder, og de der falder bagud. Når digitalisering og den grønne omstilling kædes sammen, kan det ende med en endnu kløft mellem hvad der kan betragtes som A- og B-hold. Det kan betyde, at det ikke er alle projektvirksomheder, der kan forvente gevinster ved den bæredygtige udvikling, og at nogle potentielt taber på den grønne omstilling.

Den bæredygtige udvikling kan unødigt hæmmes, hvis bæredygtighed reduceres til en kommerciel tillægsydelse, der kun tildeles opmærksomhed, hvis der er afsat et honorar. Designprocessen og designet af et byggeri præges af de (digitale) værktøjer, der bruges. Designguides som fx DGNB eller LEED kan medføre en tjeklistementalitet, hvor potentialer for yderligere bæredygtige tiltag i projekterne ikke tilvælges eller undersøges, da de ikke er en del af kravene. Øgede krav til beregninger fx LCA giver mere frihed i designprocessen, men har en generel udfordring i forhold til variationer i datagrundlaget og et øget ressourceforbrug.

Leverandør- og råvarenetværk

En nedbringelse af byggeriets klimabelastning kan ske via forbedrede produkter, nye typer af materialer og øget genbrug. Fornybare ressourcer er grundstenen i biogene byggematerialer, der ofte har en lavere klimabelastning end traditionelle materialer. Lovgivningens udmøntning og krav til byggetekniske løsninger, innovationsrisikoen ved brug af nye materialer og historisk stærke leverandører er tre aspekter, der kan begrænse diffusionen af nye materialer ud i den almene byggebranche.

Kultiveringen af den cirkulære økonomi med fokus på (direkte) genbrug og genanvendelse kan også nedbringe klimabelastningen. Som med de nye materialer findes også her forskellige aspekter, der kan stå i vejen for diffusion fx lovkrav til dokumentation af materialernes egenskaber, potentielle miljøfarlige stoffer, tidskrævende nedrivningsproces,

spørgsmål om opmagasinering og forsyningskendskab og -sikkerhed. Øget cirkularitet kan potentielt medføre nye forretningsmuligheder, men også skabe usikkerhed for allerede etablerede producenter og leverandører, der ikke formår at mindske klimabelastningen fra deres produktion.

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a solid dark blue circle containing the white number '1'.

1

INTRODUKTION

1 INTRODUKTION

Den globale miljøtilstand er under forandring, hvilket i høj grad skyldes menneskelige handlinger og deres påvirkning på globale miljøprocesser (Hauschild, Kara, & Røpke, 2020), og de planetære grænser forventes at komme yderligere under pres med en forventet global befolkningstilvækst. Absolut bæredygtighed beskriver en tilstand, hvor forbruget ikke overskrider de planetære grænser og ikke underminerer menneskehedens sociale fundament. Perspektivet kan i fremtiden medføre begrænsninger på, hvad der må produceres og yderligere udfordre og være med til at udvikle, hvad der kan betragtes som ansvarligt og bæredygtigt byggeri.

Nationalt såvel som internationalt er der igangsat en række bæredygtige forandringsprocesser i bygge- og ejendomsbranchen, som har og fortsat vil påvirke branchens praksisser, forretningsmodeller og output. I dette afsnit beskrives baggrunden for og formålet med at undersøgelsens fokus på at kortlægge hvilke effekter, tendenser og dilemmaer, der potentielt har og vil påvirke branchens aktører, deres ageren og spillerum.

1.1 Baggrund

Ambitionen om en bæredygtig udvikling præger den globale agenda med bl.a. FN's 2030 dagsorden, der inkluderer de 17 verdensmål (United Nations, 2015) og den europæiske 'Green Deal' med EU's mål om klimaneutralitet/klimaneutral økonomi i 2050 (EU, 2022). Bæredygtig udvikling forstås i denne sammenhæng som en tilgang til udvikling, der samler økonomiske, sociale og miljømæssige hensyn, så de styrker hinanden for at kunne tilgodese nuværende generationers behov på en måde, der ikke sker på bekostning af fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov (United Nations, 2015).

Dette ses bl.a. omsat til et øget fokus på dokumentation for bæredygtigheden af investeringer for derved at øge gennemsigtighed på finansmarkedet via EU's taksonomi for bæredygtige aktiviteter (Directorate-General for Financial Stability, Financial Services and Capital Markets Union, 2022). Taksonomien gælder ligeledes for alternative investeringer som ejendomme, og den forventes derved at påvirke investorernes ejendomsinvesteringer.

I dansk kontekst er de internationale bæredygtighedsmål konverteret til Klimaloven, der forpligter Danmark til at reducere udledningen af territoriale drivhusgasser med 70 % i 2030 og opnå klimaneutralitet i 2050 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2020). Rettes blikket mod byggeriet ses målet afspejlet i 'Den nationale strategi for bæredygtigt byggeri', der skal sætte retningen for den kommende regulering af det bæredygtige byggeri via fem indsatsområder (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021). Indsatsområdet 'Mere klimavenligt byggeri og anlæg' indeholder strategiske mål om regulering af krav med afsæt i den frivillige bæredygtighedsklasse og indfasning af grænseværdi for klimaaftryk fra bygninger.

I perioden 2020-2023 er FBK blevet testet med henblik på at indføre skærpede krav til bæredygtighed i Bygningsreglementet (Bolig- og Planstyrelsen, 2022a). De to mål er delvist realiseret i 2023 med Bygningsreglementets nye krav til livscyklusvurderinger (LCA) og en CO₂-grænseværdi for nybyggeri, der forventes løbende at blive skærpet over den kommende årrække (Bolig- og Planstyrelsen, 2022b).

Af aktuelle drivere for byggeriets bæredygtige udvikling ses derved på den ene side frivillige bæredygtighedscertificeringer som LEED, DGNB, BREEAM og Svanemærket, der

bliver redskaber til at oversætte bæredygtighedsbegrebet til noget håndterbart for byggeriets aktører. På den anden side ses de øgede krav til bæredygtighed i bygge- og ejendomsbranchen i national og international lovgivning, herunder den statslige frivillige bæredygtighedsklasse (FBK), der placerer sig midt imellem en regulering og et innovationslaboratorium for udvikling af lovgivningen.

I almindelighed vil forandringer ikke kun have direkte intentionelle effekter, men kan potentielt have en række afledte effekter, der kan have konsekvenser, der skaber dilemmaer eller forskydninger mellem de forskellige led i byggeriets værdikæde, hvilket for nogle aktører relateret til byggeriet kan opleves positivt og for andre negativt. Dilemmaer kan fx opstå, hvor noget bliver bedre, fx miljømæssig bæredygtighed, på bekostning af noget andet, som fx økonomisk bæredygtighed.

Endelig kan de afledte effekter være af kvantitativ eller kvalitativ karakter. Kvantitativt kan man fx tale om økonomisk effekt, mens man kvalitativt kan tale om 'Corporate Social Responsibility' (CSR) og 'Environmental, Social, and Governance' (ESG) som et udtryk for en virksomheds samfundsansvar i forhold til reducere af klimapåvirkning.

Eksempler på afledte positive effekter eller gevinster kan omfatte langsigtede besparelser på driftsomkostninger til et byggeri, bedre forrentning af grønne investeringer fx i form af højere husleje og højere gensalgspriser af fast ejendom, højere kvalitet, øget innovationskraft i virksomhederne, opbygning af nye kompetencer, udvikling af nye markedsområder osv. Eksempler på afledte negative effekter kan være øgede anlægsomkostninger, opdeling af byggevirksomheder i et A- og et B-hold, utilsigtede ændringer af byggeskikken, øgede dokumentationskrav mv.

1.2 Formål

Projektets formål har været at foretage en bred, tværgående analyse af afledte effekter, herunder potentielle sociale, miljømæssige og økonomiske gevinster, som følger af den bæredygtige udvikling af byggeriet. Dette er opnået ved at tilvejebringe evidens for hvilke afledte effekter, der kan følge af aktivt at arbejde med at udvikle og implementere tiltag for bæredygtigt byggeri, fx ved brug af frivillige systemer som certificeringsordninger eller strammere offentlig regulering. *Definitivt* undersøger projektet afledte effekter, som for forskellige aktører kan være både positive og negative.

Desuden har det været intentionen, at projektet skulle afdække øvrige afledte effekter ved bæredygtigt byggeri end reducere af klimapåvirkning alene. Analysen har givet mulighed for en diskussion af potentielle dilemmaer, der ligger i de igangværende udviklingsinitiativer rettet mod at opnå et mere bæredygtigt byggeri.

1.3 Målgruppe

Målgruppen er beslutningstagere, som fx offentlige og private bygherrer og investorer i den danske bygge- og ejendomsbranche, der er interesserede i at vide mere om, hvilke potentielle effekter og dilemmaer, der kan ligge i branchens bæredygtige udvikling. Rapportens resultater samler perspektiver fra forskningslitteratur og kommerciel litteratur, og skal ses som et bidrag til de allerede igangværende diskussioner om bæredygtigt byggeri. Den kan desuden med fordel læses af byggeriets udførende og rådgivende virksomheder, der kan få indblik i, hvordan afledte effekter af den bæredygtige udvikling potentielt kan få konsekvenser for deres forretningsområde.

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a solid dark blue circle containing the white number '2'.

2

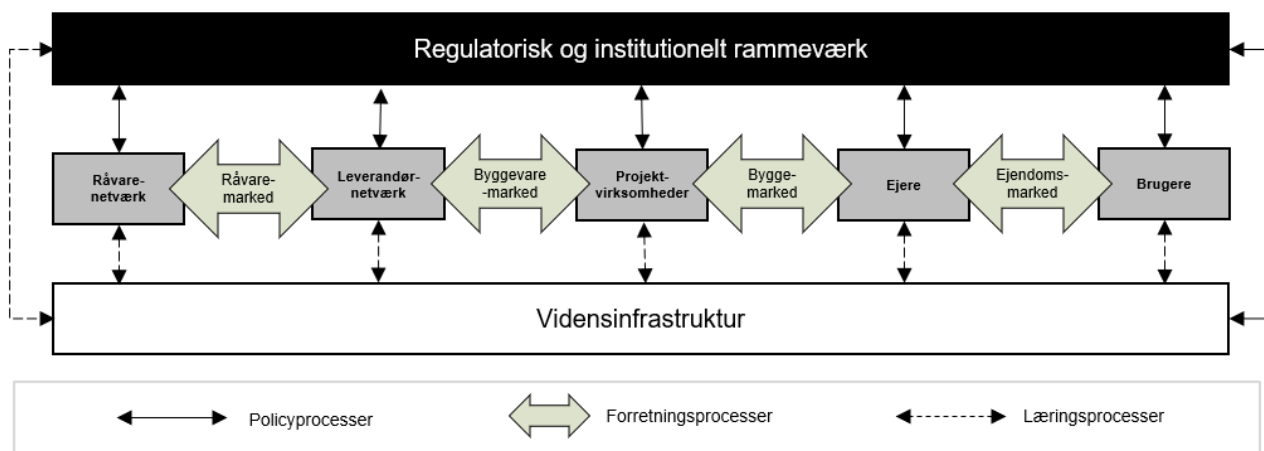
METODE

2 METODE

Herunder præsenteres projektets teoretiske ramme, der er fastsat ud fra ønsket om en bred og tværgående analyse af de effekter, som bæredygtig udvikling har eller kan have på byggeriets værdikæde. Det gælder både de intenderede effekter af forandringer, men i lige så høj grad også de ikke-intenderede effekter, som måske kun sparsomt italesættes udenfor forskningslitteraturen. Derfor er der valgt et systemisk perspektiv på det byggede miljø, som vil være baggrundstæppet for rapportens analyse og diskussionsafsnit. Metodisk er der indhentet data til analysen via et litteraturstudie samt en række kvalitative forskningsinterviews, hvilket beskrives i de følgende afsnit.

2.1 Teoretisk ramme

Projektets teoretiske rammesætning af byggeriets værdikæde tager udgangspunkt i Haugbølle et al. (2012) alternative perspektiv på byggesystemet, der oprindeligt tog udgangspunkt i Gann og Salters (2000) figur for viden, informationsstrømme og aktører i projekt-baserede erhverv. Perspektivet består af forskellige aktører, markeder, processer og rammer (figur 1). Det giver mulighed for at betragte indbyrdes afhængigheder og synliggøre forskydninger i systemet, som kan fremkomme ved en forandring.



FIGUR 1. Perspektiv på byggesystemet.

Note: Videreudviklet efter Haugbølle, Forman & Gottlieb (2012).

Bygge- og ejendomsbranchen er heterogent sammensat. Figur 1 tager udgangspunkt i, at byggedelen (projektvirksomhederne) er en udpræget projektbaseret organisering, der i kraft af sin midlertidighed præges af skiftende samarbejdsrelationer mellem aktører fra forskellige virksomheder (Haugbølle, Forman, & Gottlieb, 2012). De enkelte projekter skaffer indtjening for virksomheder, der fx udbyder deres arbejdskraft eller tjenesteydelser, mens projekter i kraft af deres realisering omsættes til fysiske aktiver eller ejendomme for ejere og funktionelle kvaliteter for brugere. Formidlingen af ressourcer og værdier sker via transaktioner på markeder, hvor værdien af disse hænger sammen med udbud og efterspørgsel (Haugbølle, Forman, & Gottlieb, 2012). Det regulatoriske og institutionelle rammeværk indbefatter teknisk, økonomisk, miljømæssig og social regulering, dvs. fx

lovgivning, men også normbaserede adfærdsregulerende mekanismer samt finansielle og forsikringsmæssige interesser (Gann & Salter, 2000). Slutteligt producerer og udbreder vidensinfrastrukturen viden bl.a. gennem udviklingsaktiviteter, uddannelse og forskning. Som tillæg til Haugbølle, Forman og Gottliebs (2012) oprindelige perspektiv på byggesystemet indeholder figur 1 et råvaremarked og et råvarenetværk. Det skyldes, at byggematerialernes oprindelse og fremkomst er under lup i den bæredygtige udvikling, og dermed skal råvarer her forstås både som dem af jomfruelig og genanvendt karakter.

Innovation kan forsimplet ske i systemet ved, at nye krav til en markedsydelse indføres, hvilket kaldes en kravorienteret innovationsstrategi. En anden mulighed er at nye teknologier bliver stillet til rådighed og udfordrer gængs praksis (Haugbølle, Forman, & Gottlieb, 2012). Perspektivet er som alle modelleringer af virkeligheden ikke fuldstændigt dækkende, men denne model fungerer i rapporten som baggrundstæppe for analyser og diskussioner af afledte effekter ved byggeriets bæredygtige udvikling.

2.2 Litteraturstudie

Dataindsamlingen til rapporten er primært foregået ved et litteraturstudie af beskrevne effekter af eksisterende initiativer med bæredygtighedsfokus fx certificeringsordninger udviklet til at vurdere byggeriers bæredygtighed.

Den indledende del af litteraturstudiet har primært fokuseret på fagfællebedømte, videnskabelige artikler, der er udgivet indenfor de seneste 10 år (dvs. fra 2012 eller senere). En artikel blev vurderet relevant, fx hvis den omhandler reel anvendelse af et 'grønt' værktøj eller system, som:

- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).
- DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen).
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).
- GREEN STAR.

Ovenstående værktøjer udgør ikke en komplet liste, men blev anvendt som en afgrænsning til fokusering af litteratursøgningen, hvor resultater vedrørende fx livscyklusvurderinger (Life Cycle Assessment – LCA) ikke blev ekskluderet. Desuden blev der inkluderet relevante resultater fra Google Scholar, resultater hvor søgeparametrene var udskiftet fra fx 'construction industry' til 'building industry', samt resultater med alternative søgetermer som 'circular economy', 'recycling', 'waste' mv. Efter endt indsnævring blev den indledende del af litteraturstudiet baseret på omtrent 40 fagfællebedømte artikler.

For at identificere eventuelle huller i litteratursøgningen blev artiklerne efterfølgende inddelt i klynger ('clusters') i analysesoftwarens NVivo på baggrund af ligheder i ordvalg. Denne klyngeanalyse påviste huller fx ift. resultater omhandlende konkrete økonomiske effekter af certificeret vs. ikke-certificeret byggeri, hvorefter der blev foretaget en supplerende litteratursøgning.

Udover fagfællebedømt litteratur er der som en del af litteraturstudiet fremsøgt øvrige, ikke-fagfællebedømte publikationer om de realiserede eller forventede afledte effekter af ansvarlige investeringer, fx fra UNPRI (UN Principles for Responsible Investments) dækkende ESG-områderne (Environment, Social and Governance), EU's taksonomi for bæredygtig finansiering mv.

2.3 Kvalitative forskningsinterviews

Som supplement til litteraturstudiet blev der udført fem kvalitative forskningsinterviews baseret på Kvale og Brinkmanns 7-trinsmodel for interviewundersøgelser (Kvale & Brinkmann, 2015). Interviewpersonerne blev udvalgt fra certificeringsordninger, forskere indenfor økonomi og miljøøkonomi, ansvarlige investeringer og governance samt pensionskasser, der via deres hjemmesider viser, at de arbejder med ansvarlige investeringer og ESG. Formålet med interviewene var at få indblik i forskellige aktørperspektiver og deres viden om den aktuelle bæredygtige udvikling af bygge- og ejendomsbranchen. Interviewene gav desuden mulighed for at forfølge andre grene af litteraturen end den indledende del af litteraturstudiet, hvilket i sidste ende har givet rapporten et bredere tværgående fokus end defineret i det oprindelige scope.

De fem semistrukturerede interviews var af ca. 35-60 minutters varighed, og en interviewguide blev brugt som styringsværktøj. Interviewguiden tog udgangspunkt i tematikken: *Afledte effekter og potentielle gevinster ved bæredygtig udvikling i byggeriet*. Interviewpersonerne er i rapporten anonymiseret i det omfang, som det har været muligt, så de i videst muligt omfang kunne tale frit om tematikkerne under interviewene. Nedenstående tabel 2 viser en oversigt over de fem interviewpersoner.

TABEL 2. Interviewpersoner.

Interviewperson	Referencenavn
Certificeringsordning 1	IP1
Certificeringsordning 2	IP2
Forsker	IP3
Pensionskasse 1	IP4
Pensionskasse 2	IP5

Tabelnote: Oversigt over interviewpersoner og deres reference i rapporten.

Som forberedelse til interviewene blev der udarbejdet en interviewguide efter et indledende litteraturstudie. Formålet med en interviewguide er at understøtte, at viden indsamlet gennem interviewet kan være med til at opfylde projektets formål (Tanggaard & Brinkmann, 2020). Undervejs i interviewene blev opmærksomheden vedholdt på de afgrænsende tematikker og spørgsmål vha. interviewguiden, men interviewpersonerne fik frihed til at bevæge sig ud over interviewguidens rammer for derved at få inspiration til den videre litteraturindsamling og det videre analysearbejde (Tanggaard & Brinkmann, 2020). De fire temaer i interviewguiden var:

- Drivere for at bygge bæredygtigt.
- Hvordan måles forskellen på et bæredygtigt og ikke-bæredygtigt byggeri?
- Dokumentation af effekterne ved bæredygtigt byggeri.
- Dilemmaer, udfordringer og afledte effekter ved bæredygtigt byggeri.

'Drivere for at bygge bæredygtigt' undersøgte aktørernes incitamenter og forklaringer på, hvorfor der arbejdes med og er fokus på bæredygtighed og det at gøre noget ud over det lovgivningen foreskriver som minimumskrav, som fx kunne være tilvalg af bæredygtigheds-certificering eller brugen af FBK i byggeriet.

Temaet 'Hvordan måles forskellen på bæredygtigt og ikke-bæredygtigt byggeri?' omhandlede bevæggrunde for at investere, dvs. hvilke porteføljeegenskaber har såkaldte bæredygtige ejendomme ift. Ikke-bæredygtige ejendomme, og hvordan opgøres forskellen mellem dem. Hvilke udfordringer ligger der i at måle et byggeri eller en ejendoms

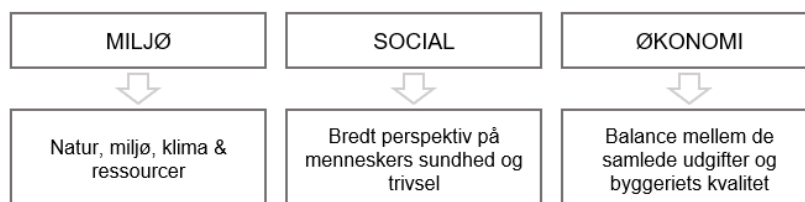
bæredygtighed, og hvad spiller en rolle i bygge- og ejendomsbranchens forståelse af bæredygtighed.

Under temaet 'Dokumentation af effekterne ved bæredygtigt byggeri' efterspurgtes konkrete beviser for de miljømæssige, sociale og økonomiske effekter af bæredygtighed som fx statistikker for salgspriser, risikominimering af investeringer eller lavere driftsomkostninger for bæredygtige ejendomme.

Med 'Dilemmaer, udfordringer og afledte effekter ved bæredygtigt byggeri' blev der spurgt ind til informanternes umiddelbare tanker, dernæst omkring eksisterende bygningsmasse, de nye LCA-krav, certificeringskravs begrænsninger.

2.4 Analytisk tilgang

Kapitel 3-6 udgør analysen af observationer fra projektets litteraturstudie. Kapitlerne favner de tre dimensioner i begrebet bæredygtighed, dvs. den miljø- og klimamæssige, den sociale og den økonomiske dimension, der ses herunder i figur 2.



FIGUR 2. De tre dimensioner i bæredygtigt byggeri.

Note: Tilvirket efter Indenrigs- og Boligministeriet (2021, s. 9).

Analysen indeholder dels betragtninger på bæredygtighed som en overordnet proces i tråd med den nationale strategi for bæredygtigt byggeri, hvor der står skrevet, at de tre dimensioner '*skal vægtes afbalanceret ved at se på byggeriet i sin helhed og i hele levetiden.*' (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021, s. 8). Dels fremhæves enkelte tiltag, der kan forstås som bæredygtige, hvis de involverer en eller flere af de tre dimensioner for bæredygtighed, dels diskuteres hvordan de enkelte tiltag kan have effekt set i forhold til den overordnede proces. Hvert analysekapitel afrundes med en delkonklusion, der opsummerer kapitlets hovedpointer. Der er ikke et samlet konklusionsafsnit, men der henvises i stedet til rapportens sammenfatning.

EJENDOMSEJERE OG -INVESTERING

3 EJENDOMSEJERE OG -INVESTERING

Den første del af analysen tager udgangspunkt i ejendomsejere og bygherrer, der beskæftiger sig med ejendomme i et asset management perspektiv. Med asset management skal forstås investeringsstyring defineret ved: *"Det er aktiverne og udviklingen af værdien af disse – her en ejendom eller en ejendomsportefølje – der her er i fokus."* (EjendomDanmark, 2021b, s. 87). Målet med asset management er at " [...] udvikle og optimere ejendommens drift og afkast for strategisk at øge ejendommens værdi og minimere risikoen ved ejendomsinvesteringerne." (EjendomDanmark, 2021b, s. 88). Udgangspunktet for ejernes interesser er dermed primært økonomisk.

Jf. den teoretiske ramme (figur 1) må ejere på den ene side forholde sig til, at deres ejendomme skal imødekomme brugernes behov for, at ejendommen anses som værende attraktiv på ejendomsmarkedet - fx i forhold til ejendommens funktionalitet, beliggenhed eller indeklima. Hvis ikke bæredygtighed efterspørges på ejendomsmarkedet af lejerne, brugerne eller af potentielle købere (andre investorer), kan det økonomisk set blive en urentabel forretning at tilbyde bæredygtige ejendomme.

På den anden side agerer nogle ejere også som bygherrer, der stiller krav til, hvad byggeprojekter skal indeholde, når der skal ske opførelse eller konvertering/renovering af ejendomme. Det er her, at det strategiske valg træffes ift. om bæredygtighed skal spille en rolle i projektet samt hvilken grad/mængde/type af bæredygtighed, der i så fald skal fokuseres på (EjendomDanmark, 2021b). Det i figur 1 benævnte byggemarked drives dels af det, som projektvirksomhederne kan tilbyde fx indenfor bæredygtighed, og det som ejerne efterspørger. Beslutningen om at bygge eller konvertere ejendomme med et bæredygtigt greb træffes derved af ejerne, der investerer økonomisk i byggeprojektet – men dermed ikke sagt, at ejerne ikke kan lade sig præge af initiativrige aktører fra projektvirksomhederne. Ejerne skal ligeledes forholde sig til gældende lovgivning, og her ses aktuelt EU's taksonomi for bæredygtige investeringer (Directorate-General for Financial Stability, Financial Services and Capital Markets Union, 2022), der er med til at påvirke de beslutninger, som ejendomsejere træffer, når de skal investere. I de kommende fire afsnit udfoldes forskellige effekter af bæredygtig udvikling af bygge- og ejendomsbranchen fra et ejendomssejers- og ejendomsinvesteringsperspektiv. De fire afsnit adresserer følgende forhold:

- Drivere for valg af bæredygtige ejendomme.
- Meromkostninger.
- Leje- og salgspræmie for investorer og ejere.
- Risiko for strandede aktiver.

3.1 Drivere for valg af bæredygtige ejendomme

Ejendomme i et asset management perspektiv skal som investeringer være med til at skabe positivt afkast – typisk gennem udlejning eller salg (An, Deng, Fischer, & Hu, 2016).

Udsigten til en gevinst af sine investeringer er givetvis et væsentligt incitament for enhver omstilling, på samme vis som frygten for et tab kan virke afskrækkende. Ejerens motivation for og krav til at bygge eller renovere bæredygtigt er en afgørende katalysator for at fremme bæredygtigt byggeri og anvendelsen af potentielt bæredygtighedsfremmende byggeteknologier som fx bæredygtigheds certificering (Haugbølle, Forman, & Gottlieb, 2012) eller nye potentielt mere bæredygtige byggematerialer (Rasmussen, et al., 2022). Et

eksempel fra Perth i Australien findes hos Love et al. (2012), der beskriver, at bygherres primære motivation for at opføre den første seksstjernede Green Star-certificerede kontorbygning (den højeste score) i Australien var økonomisk, idet bygherre vurderede, at der var en stigende efterspørgsel på bæredygtigt, kommercielt byggeri. Der beskrives derved først og fremmest et økonomisk incitament for at opføre bæredygtige ejendomme.

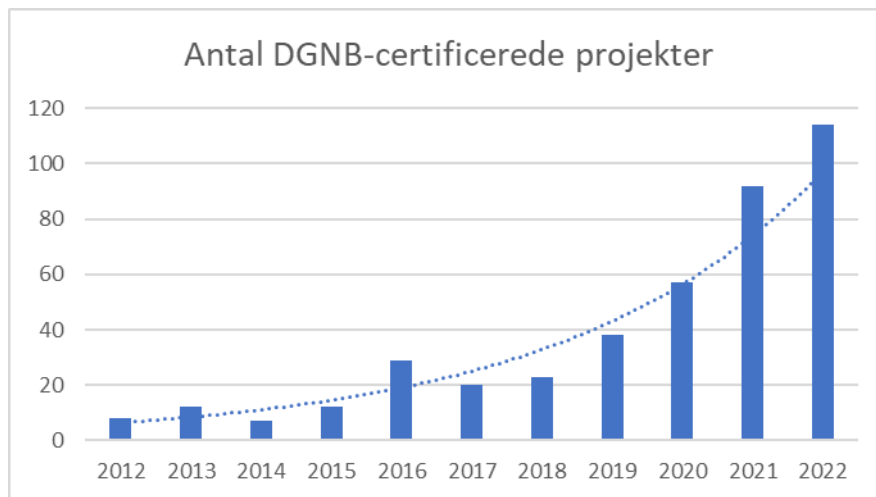
Ansvarlige investeringer involverer ud over et ønske om at maksimere afkastet overvejelser af problemstillinger og risici i relation til bæredygtighedsspørgsmål vedr. miljø, sociale forhold og governance (ESG-området), inden der træffes investeringsbeslutninger (PRI Association, u.å.). Ret forsimplet kan der siges at være tre måder, man kan agere på som investor, hvis man ønsker en mere bæredygtig portefølje:

1. Man kan frasælge ejendomme i porteføljen, der ikke lever op til ens mål inden for bæredygtighedsområdet. Det bør her fremhæves, at der ved et frasal blot sker en forbedring af den enkelte portefølje, men ikke sker en forbedring af ejendommens bæredygtighed og den samlede bygningsbestands bæredygtighed. Der sker her en form af burden shifting (byrdeflytning).
2. Man kan inkorporere ESG-vurderinger, -gennemgang og -overvejelser i sin eksisterende investeringspraksis gennem screening, ESG-integration eller tematisk investering (PRI Association, u.å.)
3. Man kan transformere investeringer i en bæredygtig retning ved at yde indflydelse via sin ejerandel for at maksimere den langsigtede værdi af sin investering herunder ESG-assets (PRI Association, u.å.).

En måde, hvorpå man kan integrere bæredygtighedshensyn i sit byggeri, er ved brug af certificeringsordninger. Holtermans & Kok (2019) peger på, at certificeringsordninger for bæredygtigt byggeri har opnået et niveau, hvor det har en betydning for kommercielle ejendomsinvestorer. Bæredygtigheds certificering kan bruges som en konkurrenceparameter over for både lejere og investorer, og det er et værktøj til at differentiere certificerede ejendomme fra ikke-certificerede ejendomme (EjendomDanmark, 2021a).

Certificeringsordninger er desuden som standarder medvirkende til at hjælpe markedet med at kunne prissætte fx energipræstation af en ejendom gennem en reduktion af asymmetrien af informationer om bæredygtighed (Holtermans & Kok, 2019). Med en certificeringsordning, der udbyder en ekstern og uafhængig granskning af projektet ift. de opstillede certificeringskrav, opnås garanti for en vis kvalitet (EjendomDanmark, 2021b).

Der findes flere forskellige certificeringsordninger, som et byggeri kan opnå, fx DGNB, LEED, BREEAM, og Green Star, der hver især opstiller måleparametre, som giver adgang til opnåelse af den enkelte certificering. Der findes forskellige certificeringsordninger både nationalt og globalt, og dermed mange definitioner af og interesser i at definere bæredygtighed på den ene eller den anden måde. I slutningen af 00'erne blev der i Danmark foretaget en undersøgelse af fire certificeringsordninger (Birgisdottir, et al., 2010) – DGNB, BREEAM, LEED og HQE for at imødekomme en efterspørgsel fra byggebranchen om et fælles oplæg til certificering (Haugbølle & Raffnsøe, 2017). Valget faldt på DGNB (Birgisdottir, et al., 2010), og i Danmark er antallet af DGNB-certificerede og præcertificerede projekter steget de seneste 10 år, hvilket kan ses på tendenslinjen i figur 3, hvor der tegner sig derved et billede af en eksponentiel vækst i de senere år og en i forlængelse deraf en forventet stigende efterspørgslen på certificeringer fremadrettet.



FIGUR 3. Statistik for DGNB-certificerede projekter.

Note: Kilde: (Rådet for bæredygtigt byggeri, u.å.). Figuren medtager alle certificeringsformater. Eksponentiel tendenslinje med korrelationskoefficient (R^2) på 0,95.

Udover de frivillige grønne værktøjer ses den lovpligtige Energimærkeordning fra 2010, der er til for at fremme energibesparelser og energieffektivitet i bygninger i Danmark (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2020). Her er det certificerede virksomheder, der udfører vurderingen af bygninger, og fastlægger hvilket energimærke ml. A og G en bygning er berettiget til jf. den gældende standard (Energistyrelsen, u.å. a). Desuden udføres der med den frivillige bæredygtighedsklasse eksperimenter i forhold til, hvordan Bygningsreglementet kan stramme minimumskravene for bygningers bæredygtighed (Bolig- og Planstyrelsen, 2022a). Det har i 2023 resulteret i et krav om at dokumentere klimapåvirkningen ved at gennemføre livscyklusvurderinger af byggeriet og opstille krav til den maksimale udledning af klimagasser (Bolig- og Planstyrelsen, 2022b). Compliance overfor obligatoriske regelsæt kan derfor også anses som en driver i forbindelse med omstillingen til mere bæredygtigt byggeri.

Dette ses også ift. taksonomiforordningen som er udviklet til at understøtte den europæiske union i at skrue op for bæredygtige investeringer, således at der kan opnås CO₂-neutralitet i 2050 jf. European Green Deal (Directorate-General for Financial Stability, Financial Services and Capital Markets Union, 2022). Selve EU-taksonomien er et klassifikationssystem, der definerer, hvilke økonomiske aktiviteter, der kan betragtes som bæredygtige. Taksonomiforordningen stiller krav om, at finansielle institutioner og større børsnoterede virksomheder med over 500 medarbejdere skal rapportere, hvor stor en del af deres økonomiske aktiviteter, der jf. standarden kan defineres som bæredygtige (Erhvervsstyrelsen, u.å.). Det er på sin vis i tråd med Forbrugerombudsmandens indsats mod 'greenwashing', som er et begreb, der dækker over bevidst vildledning af forbrugerne (Finansministeriet, 2021). Indsatsen betød en ændring af markedsføringsloven i 2021, hvor det blev gjort ulovligt at anvende generelle udsagn som 'grønt' og 'bæredygtigt' medmindre, at der foreligger en livscyklusanalyse til at dokumentere et givent produkts miljøpåvirkning i hele dets levetid (Forbrugerombudsmanden, 2021). Som udgangspunkt gælder taksonomien ikke alle private, offentlige og almene bygherrer, hvilket betyder at fx store entreprenører underlægges krav, de ikke alene er herre over, om de kan opfylde, hvis de ønsker at kunne udmærke sig ift. EU-taksonomien (Dansk Standard, 2022). Det kan i kraft af taksonomien blive sværere at bevare legitimiteten i at beskrive sine aktiviteter som bæredygtige, hvis man ikke kan dokumentere, at ens aktiviteter lever op til den europæiske standard – både hvis man er underlagt rapporteringskravene eller står udenfor.

I tidligere studier er der blevet sat fokus på de barrierer, der måtte være for at tilvælge bæredygtige byggeteknologier. Chan et al. (2017) identificerer 26 kritiske barrierer for tilslutning til grønne byggeteknologier, hvor de tre mest kritiske barrierer i de tre industrialiserede lande USA, Storbritannien og Australien er modstand overfor at erstatte traditionelle teknologier, høje omkostninger og mangel på data og viden. I et opfølgende studie afgrænset til udviklingslandet Ghana rangerer Chan et al. (2018) de samme 26 kritiske barrierer på baggrund af et omfattende litteraturstudie, hvoraf de tre mest kritiske barrierer er høje omkostninger, manglende statslig tilskyndelse og begrænsede finansieringsmuligheder. Baseret på et casestudie af den thailandske byggesektor identificerer Shen et al. (2018) på lignende vis tre primære barrierer: Økonomisk pres, teknologiske begrænsninger og utilstrækkelig oplysning. Fælles for studierne er, at der lægges vægt på høje omkostninger ifm. grønne byggeteknologier, hvilket udforskes i de kommende afsnit.

3.2 Meromkostninger

Ifølge World Green Building Council (2021) bunder den væsentligste globale barriere for bæredygtigt byggeri i økonomi, idet bæredygtigt byggeri typisk forbindes med højere anskaffelsesomkostninger end konventionelt byggeri – forventningen ligger typisk på en forøgelse på 10-20 %, men går helt op til 29 % (WorldGBC, 2013). I en rapport af den kommercielle ejendomsservicevirksomhed Jones Lang Lasalle (JLL) vedrørende betydningen af bæredygtighed på ejendomsværdien for BREEAM-certificerede kontorejendomme til udlejning i London påvises en stigning i anlægsudgifterne på under 1 % for de næstmest ambitiøse ratings i certificeringen (Very good & Excellent), mens den mest ambitiøse klasse Outstanding afstedkom en gennemsnitlig stigning på 9,8 % (2020, s. 16).

I et britisk datasæt fra 2003-2014 vedrørende det kommercielle ejendomsmarked sammenligner Chegut, Eichholtz & Kok (2019) BREEAM-certificerede og ikke-certificerede bygge- og renoveringsprojekters anlægsomkostninger. I gennemsnit stiger omkostningerne med 6,5 %, når der certificeres til en af de tre højeste ratings i BREEAM: Very good, Excellent og Outstanding, mens de lavere ratings Pass og Good ikke viser tegn på at være dyrere. Deres studie viser også en sammenhæng mellem certificerings-rating og anlægsomkostninger – jo højere rating jo højere omkostning. Chegut et al. (2019) opdeler anlægsomkostninger i otte kategorier, og påviser fx at projekteringsomkostninger til rådgiver og entreprenør (design fees) i gennemsnit stiger 32 %, og de konkluderer ud fra deres resultater, at der er en tendens til, at jo højere rating en bygning har des højere er stigningen i projekteringsomkostninger (Chegut, Eichholtz, & Kok, 2019). Det peger i retning af, at det kræver flere ressourcer at projektere bæredygtigt byggeri. I projekteringsfaserne er der risiko for, at projektet ikke ender med at blive udført – derved har investorerne en økonomisk risiko, der af Chegut et al. (2019, s. 16) påvises at være højere ved certificerede projekter end ikke-certificerede projekter. Samme konklusion findes hos Rehm & Ade (2013), der har foretaget et litteraturstudie af hvorvidt bæredygtige byggerier koster mere end konventionelle byggerier. Størstedelen af studierne peger på, at jo højere certificeringsniveau des højere omkostninger, men forøgelsen var dog oftest under 10 % ift. Konventionelt byggeri (Rehm & Ade, 2013).

Vendes blikket mod Danmark har BUUS Consult (2020) på vegne af DK-GBC sammenlignet livscyklusvurderinger (LCA) med anlægsomkostninger og totaløkonomiske vurderinger (LCC) af 37 DGNB-certificerede byggesager fra SBI-rapporten 'Klimapåvirkning fra 60 bygninger' (2020:04). De når frem til, at den samlede DGNB-score og anlægsomkostninger pr. kvadratmeter ikke er sammenhængende, og derved indikeres, at der ikke en tendens for at højere certificeringsscore skulle være udslagsgivende for

størrelsen på anlægsomkostningerne (Buus Consult, 2020). Buus Consult (2020) bemærker desuden, at det er en udbredt, men ukorrekt opfattelse, at jo lavere klimapåvirkning et byggeri har, des dyrere er det at opføre. Det er dog her værd at påpege, at studiet har været afgrænset således, at det ikke har kunnet tage højde for bredden af kvalitetsparametre, der findes i byggeriet, der potentielt har kunnet medføre en intern forskydning i, hvad byggeomkostninger er blevet anvendt til i de sammenlignede projekter.

Ugur & Leblebici (2018) estimerer de ekstra anlægsomkostninger ved LEED-certificering til guld og platin for to bygninger i Tyrkiet, der påviste meromkostninger på hhv. 7,43 % og 9,43 %. Det indikerer, at omkostningerne forbundet med certificering stiger med graden af certificering, da LEED platin er et højere certificeringstrin end LEED guld.

De fire udenlandske studiers resultater er opsummeret i tabel 3. Meromkostninger ved bæredygtigt byggeri indikerer derved, at det koster mere at bygge bæredygtigt end konventionelt, når der anvendes en certificeringsordning, hvilket er i direkte modstrid med resultaterne fra Buus Consult (2020). På den anden side ses det, at selv de mest ambitiøse projekter, der blev undersøgt, ikke blev mere end 10 % dyrere.

TABEL 3. Meromkostninger ved bæredygtigt byggeri.

Kilde	Meromkostning
JLL (2020)	1,0 % - 9,8 %
Chegut et al. (2019)	6,5 %
Rehm & Ade (2013)	10,0 %
Ugur & Leblebici (2018)	7,4 % - 9,4 %

3.3 Leje- og salgspremie for investorer og ejere

Som beskrevet i kapitel 3.1 synes der at være stigende efterspørgsel på bæredygtige — ejendomme, og disse ejendomme angives at være lettere at udleje og til en højere husleje end konventionelle ejendomme (Miller, Spivey, & Florance, 2008). Minimering af tiden, hvor et lejemål ikke er udlejet (tomgangslejemål), huslejeniveauet og salgspriser er parametre, der har betydning for det realiserede afkast. Flere studier har undersøgt såkaldte 'green premiums' (præmie), både når det gælder salgspriser og huslejeniveauer ved energimærker eller frivillige certificeringer.

I forhold til energimærkningen af byggerier i Europa har Khazal & Sønnebø (2020) gennemført et norsk studie af den økonomiske effekt på huslejepriser på boligudlejningsmarkedet ved energimærkning af boliger jf. EU-direktivet 'Energy Performance og Buildings Directive' fra 2010. På baggrund af 440.000 observationer i Norge for perioden 2011-2018 påvises, at bygninger med en høj energimærkning (A, B eller C) gennemsnitligt opnår en stigning i husleje på 3,3 % ift. energimærke D, E, F og G (Khazal & Sønnebø, 2020). De noterer sig også, at uanset det faktiske energiforbrug associeres et energimærke i sig selv med en præmie, dette set i lyset af, at en stor del af deres sample bestod i ikke-energimærkede boliger (Khazal & Sønnebø, 2020). Et kommercielt studie af JLL (2020) påviser en lejepræmie på 17 % ift. de gennemsnitlige huslejeindtægter, desuden påvises en rabat på 1 % og 6 % for hhv. energimærkerne D/E og F/G.

Rettes blikket mod salg og potentiel salgspremie konkluderer Jensen et al. (2016) på baggrund af statistisk regressionsanalyse af ejendomsdata fra Bygnings- og Boligregistret (BBR) og Energistyrelsens database for energimærkninger, at en høj energimærkning i gennemsnit medfører en forøget salgspris på 6,6 %. I studiet antydes det, at det ikke alene er et spørgsmål om, at en bedre energimærkning fører til en salgspremie, men at det også handler om, at ejendomme med ringere energimærkning anses som værende mindre værd

(Jensen, Hansen, & Kragh, 2016). I et svensk studie, som baserer sig på observationer af 100.000 enfamiliehuse i perioden 2013-2018, fremhæver Wilhelmsson (2019) betydningen af bias ift. økonomiske vurderinger af energimærkede ejendomme. Wilhelmsson (2019) konkluderer, at den reelle værdi af et højt energimærke er en forøget salgspris på godt 3 %, mens forøgelsen uden hensyntagen til bias ville være 6 %. Bias i undersøgelsen forklares ved, at fx nye, store huse i forvejen har en høj værdi ift. andre variabler, som ikke alene kan tilskrives en høj energimærkning – som huset alligevel ville have, alene fordi det er opført efter gældende lovgivning (Wilhelmsson, 2019).

Samlet set peger studierne konklusioner, der er opsummeret i tabel 4 på en økonomisk gevinst forbundet med et højere energimærke - for husleje på mellem 5,8 % til 17,0 % og for salg mellem 3,0 % til 10,1 %. Khazal & Sønstebo (2020) beskriver, at ejendomsprisen påvirkes, hvis bare en ejendom har en mærkning, og ser man på den indbyrdes differentiering mellem de dårligste og bedste energimærker, er et dårligere energimærke lig med en lavere værdi af ejendommen (Jensen, Hansen, & Kragh, 2016).

TABEL 4. Leje- og salgspræmie ved energimærkninger.

Årstal for data	Land	Certificering	Ejendomstype	Lejepræmie	Salgspræmie	Kilde (*kommerciel kilde)
2011-2018	Norge	Energimærke (A, B, C)	Enfamiliehuse	5,8 %	-	(Khazal & Sønstebo, 2020)
2011-2019	London, Storbritanien	Energimærke (A, B)	Kontorejendom	17 %	-	(JLL, 2020)*
2011-2019	London, Storbritannien	Energimærke (C)	Kontorejendom	11 %	-	(JLL, 2020)*
2010-2012	Danmark	Energimærke (A, B, C)	Enfamiliehuse	-	10,1 %	(Jensen, Hansen, & Kragh, 2016)
2013-2018	Sverige	Energimærke (A, B, C)	Enfamiliehuse	-	3%	Wilhelmsson (2019)

Flere studier har undersøgt potentielle økonomiske gevinster for gruppen af ejere, når det gælder frivillige certificeringer. Halvdelen af kilderne peger på en salgspræmie over 10 %. Chegut et al. (2014) konkluderer i deres studie af BREEAM-certificerede kontorejendomme i Storbritannien, at der i perioden 2000 til 2009 gennemsnitligt var en salgspræmie på 14,7 % for ejendommene. Porumb et al. (2020) påviser en salgspris, der er 19 % højere for certificeret kontorbyggeri i Finland, Frankrig og Tyskland. En enkeltstående ejendom i Holland opnåede en salgspræmie på 23 % (JLL, 2020).

De resterende kilder finder, at salgspræmien er mere beskeden. Eichholtz et al. (2010) finder, at salgspræmien er 6 % for Energy Star certificerede kontorejendomme. Kok og Kahn (2012, s. 6) konkluderer, at salgspræmien for enfamiliehuse i Californien er 5 % i gennemsnit, hvis parcelhuset er certificeret med LEED, Green Point Rated eller Energy Star. Mesthrige et al., (2020) har undersøgt et område af Hong Kong, hvor prisen på boligbyggeri stiger med 6,6 %, når ejendommene har en certificering.

Alt i alt ligger salgspræmien i de afsøgte studier på mellem 5 % og 23 %, hvilket fremgår af tabel 5. Salgspræmie ved frivillige bæredygtigheds-certificeringer. Eichholtz et al. kommer desuden frem til, at hvis en ejendom har både en Energy Star og en LEED certificering, bidrager LEED certificeringen ikke til en øget salgspræmie. Energy Star vurderer, om bygningen er i top-25 % ift. energieffektivitet (Eichholtz, Kok, & Quigley, 2010). Det rejser spørgsmålet, om det er bæredygtighedsaspektet eller energieffektivitet, der foranlediger en salgspræmie, og om det kommer til at ændre sig over tid.

TABEL 5. Salgspræmie ved frivillige bæredygtigheds certificeringer.

Årstal	Land	Certificering	Ejendomstype	Salgs-præmie	Kilde (*kommerciel kilde)
2000–2009	Storbritannien	BREEAM	Kontorejendomme	14,7 %	(Chegut, Eichholtz, & Kok, 2014)
2004–2007	USA	Energy Star	Kontorejendomme	6 %	(Eichholtz, Kok, & Quigley, 2010)
2007-2012	USA (Californien)	Enten LEED, Green Point eller Energy Star	Enfamilieshuse	5 %	(Kok & Kahn, 2012)
2009-2015	Hong Kong	BEAM Plus	Boligbyggeri	6,6 %	Mesthrige et al., (2020)
2010-2015	Finland, Frankrig og Tyskland	BREEAM, DGNB, LEED eller HQE.	Kontorejendomme	19 %	(Porumb, Maier, & Anghel, 2020)
2020	Holland, Amsterdam	Cradle to Cradle Certified®	Kontorejendom	23 %	(JLL, 2020)*

En potentiel forøget lejepræmie kan også fungere som driver for at investere i bæredygtigheds certificering. En lejepræmie over 20 % påvises i en del af litteraturen. Fx beskriver EjendomDanmark (2021a), der har udarbejdet en markedsanalyse af ca. 17.000 kontorejendomme, at der med en bæredygtigheds certificering kan forventes en lejepræmie på 35 % til 40 %. Dog påpeger de, at tallet sandsynligvis er for højt, men henviser samtidigt til lignende resultater fra tilsvarende udenlandske undersøgelser. Den globalt etablerede erhvervsejendomsrådgiver Coldwell Banker Richard Ellis (CBRE) konkluderer i en paneuropæisk markedsanalyse af i alt 22.000 lejekontrakter for kontorejendomme, at bæredygtigheds certificeret (BREEAM, LEED, DGNB, HQE eller WELL) kontorejendomme i København har en lejepræmie på 29 % ift. ikke-certificeret kontorbyggeri (CBRE, 2021). Resultater fra samme analyse konkluderer, at det for Barcelona er 27 %, Amsterdam 26 %, Madrid 18 %, Lyon 18 %, Paris 15 % og Prag 13 %, og i gennemsnit lander CBRE's undersøgelse på en lejepræmie på 21 %. Endeligt fremhæver en analyse af Jones Lang LaSalle (JLL), den britiske pendant til CBRE, husleje forøgelse på 29 % for en kontorejendom i Amsterdam, der er udført som Cradle to Cradle Certified® (JLL, 2020).

Li, Fang, & Yang (2021) påviser, at kontorejendomme med LEED-certificering har en gennemsnitlig lejepræmie på 19,5 % i Kina, og fremhæver derudover, at der er lokale forskelle, hvor lejepræmien for et LEED-certificeret byggeri er 25,5 % i Shanghai og 20,8 % i Beijing. Det tolkes i undersøgelsen som et udtryk for, at andre variabler end certificeringen er væsentlige for huslejen. De peger fx på, at ejendommens alder (fra opførelse eller renoveringstidspunkt), antallet af etager, antal kvadratmeter og BNP for byen har betydning for huslejeniveauet (Li, Fang, & Yang, 2021).

I et datasæt fra 2000-2009 påviser Chegut et al. (2014) en lejepræmie på 19,7 % i London sammenlignet med ikke-certificerede ejendomme i samme nabolag. De fremhæver, at den positive effekt på salgs- og lejepræmie reduceres, når populationen af certificerede bygninger stiger i et nabolag. Det betyder, at de, der ikke indledningsvist er med på certificeringsbølgen, ikke kan forvente samme salgs- og lejepræmier på samme niveau som de, der går forrest (Chegut, Eichholtz, & Kok, 2014). Dette underbygges, hvis man sammenligner Chegut et al.'s (2014) resultater med JLL (2020), der ligeledes har set på kontorejendomme i London i en senere periode fra 2017-2019. JLL påviser, at der med den højeste BREEAM certificering opnås en lejepræmie på 14 %, hvilket er 5,7 % lavere end Chegut et al. (2014).

Eichholtz et al. (2010), Reichardt et al. (2012), Robinson et al. (2017) og (JLL, 2020) peger på en mere beskeden lejepræmie på mellem 2,5-9,2 % og derved under 10 %. Resultaterne af litteraturstudiet fremgår herunder i tabel 6.

TABEL 6. Lejepræmie ved frivillige bæredygtighedscertificeringer.

Årstal	Land	Certificering	Ejendomsstype	Lejepræmie	Kilde
2000–2009	Storbritannien (London)	BREEAM	Kontorejendomme	19,7 %	(Chegut, Eichholtz, & Kok, 2014)
2004–2007	USA	Energy Star	Kontorejendomme	3 %	(Eichholtz, Kok, & Quigley, 2010)
2004-2009	USA	Energy Star	Kontorejendomme	2,5 %	Reichardt et al. (2012)
2014	USA	LEED & ENERGY STAR	Kontorejendomme	9,2 %	Robinson et al. (2017)
2017-2019	Storbritannien (London)	BREEAM (outstanding/excellent)	Kontorejendomme	14 %	(JLL, 2020)*
2017-2019	Storbritannien (London)	BREEAM (very good)	Kontorejendomme	5 %	(JLL, 2020)*
-	Kina	LEED	Kontorejendomme	19,5 %	Li et al. (2021)
2016-2021	Europa (Danmark, København; Spanien Barcelona; Holland, Amsterdam; Italien, Madrid; Frankrig, Lyon & Paris; Tjekkiet, Prag)	BREAAM, LEED, DGNB, HQE eller WELL	Kontorejendomme	21 %	(CBRE, 2021)*
2020	Holland, Amsterdam	Cradle to Cradle Certified®	Kontorejendom	29 %	(JLL, 2020)*
2021	Danmark	3 uspecificerede	Kontorejendomme	35-40 %	Ejendom Danmark (2021a)*

Tabelnote: * markerer at der er tale om en kommerciel kilde.

Samlet set peger litteraturstudiet på, at der er en lejepræmie for certificerede kontorejendomme. Der ses dog en anselig spredning i resultaterne, der viser en lejepræmie på ml. 2,5-40 %. Desuden observeres metodiske udfordringer – bl.a. bias i prissætning af andre årsager end certificeringer fx størrelse og beliggenhed. An et al. (2016) afbilder, hvordan ældre kommercielle ejendomme vurderes til at have et lavere vækstpotentiale blandt investorer ift. husleje, hvilket indikerer, at der findes en kvalitets- eller aldersbias blandt kommercielle ejendomsaktører. Crosby et al. (2016) beskriver ligeledes en relation mellem bygningers alder og den potentielle husleje. Observationerne i forrige afsnit af størrelsen af en lejepræmie skal derfor tages med varsomhed.

3.4 Risiko for strandede aktiver og brown discount

I Europa forventes det, at 85-95 % af den eksisterende bygningsmasse, der består af mere end 220 millioner ejendomme, fortsat vil eksistere i 2050 (European Commission, 2020). Kok & Kahn (2012) beskriver, at certificerede boligejendomme i deres studie fra Californien i gennemsnit er markant yngre end deres kontrolgruppe af ikke-certificerede ejendomme, hhv. 1,68 år og 32,23 år. Tiltag for at mitigere eksisterende ejendommers klimabelastning, bliver derved et strategisk indsatsområde, hvis ikke de skal ende som strandede aktiver for ejerne. Strandede aktiver er investeringer, der fx ikke længere har den estimerede værdi grundet devaluering, der rammes af tidlig nedskrivning, eller investeringer som må afskrives tidligere end forventet (Weber, Dordi, & Oyengunle, 2020). Dette kan fx ske som følge af klimakonsekvenser som ekstremt vejr, der resulterer i oversvømmelser af områder eller som følge af konsekvenser af fx regulering, teknologiske fremskridt og udvikling af nye sociale normer (Weber, Dordi, & Oyengunle, 2020). Ejendomme kan fx siges at strande, hvis deres performance ikke opgraderes ift. at overholde målsætningen om reducere af

drivhusgasser i 2030 og klimaneutralitet i 2050 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2020).

I kapitel 3.1 blev det fremhævet, hvordan Chegut et al. (2014) beskrev, at de der ikke er frontløbere på certificering, ikke kan forvente samme økonomiske gevinst som frontløberne. Dette knyttes i samme artikel op på den forudsigtelse, at når mængden af grønne bygninger bliver markant i et geografisk område, øges udbuddet og konkurrencen blandt denne type byggerier, og de hidtidige leje- og salgspræmier vil blive mindre, mens nedslaget i leje- og salgspriser for ikke-grønne ejendomme (brown buildings) bliver større. Disse rabatter på de ikke-grønne ejendomme kaldes brown discounts, og er et greb ejerne kan anvende for at undgå tomgangslejemål ved at sikre sig en ringere indtjening. Ejendomme, der er ramt af at måtte udbydes med brown discounts for at imødegå markedet, genererer lavere økonomisk gevinst for ejerne og risikerer at blive ramt af nedskrivning. For eksempel, påviser Kok og Jennen (2012), at kontorejendomme uden en bæredygtighedscertificering medfører en husleje, der er 6,5 % lavere end for bygninger, der har en bæredygtighedscertificering. Denne brown discount, der også er beskrevet af fx CBRE (2021), kan derved beskrives som en konsekvens af den bæredygtige udvikling, og der findes derfor en reel risiko for tab af estimeret indtægt for ejendomssejere, der ikke gør deres ejendomsportefølje grønnere.

Eichholtz, Kok, & Quigley (2010) beskriver, at investorer minimerer deres risici ved at investere i bæredygtige ejendomme. De peger på, at ejendommene potentielt har længere økonomisk levetid, lavere risiko for ikke at kunne omsættes på ejendomsmarkedet og lavere risiko for ikke at leve op til fremtidige tekniske og lovmæssige krav til bygninger. Det understøttes af Reichardt et al. (2012), der tilføjer, at energieffektive bygninger minimerer risikoen ved forøgelser i energipriser og strammere offentlig regulering. Forslaget til en stramning af det europæiske bygningsdirektiv byder fx på en intensivering af renoveringen af energi-ineffektive bygninger, navnlig for ejendomme med energimærker under D (European Parliament, 2023). Hvis forslaget godkendes, skal beboelsesejendomme have hævet deres energimærke til minimum E i 2030 og D i 2033, mens ikke-beboelses og offentlige ejendomme skal have hævet deres energimærke til minimum E i 2027 og D i 2030. Forslaget betragtes som et led i at fremme målene for reducere af energiforbrug og opnåelse af målene for en klimaneutral (net-zero) bygge- og ejendomssektor i 2050 (European Parliament, 2023). Dette vil foranledige en kommende renoveringsbølge, hvor eksisterende ejendomme energirenoveres. Det kan påføre en merudgift for ejerne, hvis de vil beholde ejendommen eller et tab ved salg, hvis en køber forventer rabat grundet den forestående energirenovering.

3.5 Delkonklusion

Internationale tiltag taler ind i behovet for reducere af klimapåvirkningen, men fra ejerperspektivet er initiativerne snarere knyttet op på beskyttelse af ejendommens økonomiske værdi og udvikling af den fremtidige økonomiske værdi af ens aktiver, hvilket betyder, at effekterne af certificeringer mm. først og fremmest er en konkurrenceparameter (EjendomDanmark, 2021a). Overordnet tegner litteraturstudiet et billede af, at de økonomiske effekter af en bæredygtig certificering i både positiv og negativ retning typisk *forstærkes* af ejendomsmarkedets øvrige markedskræfter, herunder grundpræmissen i udbud og efterspørgsel.

Litteraturstudiet indikerer en økonomisk gevinst forbundet med både salg og udlejning af ejendomme med en bæredygtighedscertificering og højere energimærke i form af både en lejepræmie og en salgspræmie. Gevinsten varierer studierne imellem, hvilket ses i tabel 7, hvor lejepræmien varierer ml. 6,0-17,0 % for energimærkede ejendomme og ml. 2,5-40,0 % for ejendomme med en anden certificering. Tilsvarende varierer salgspræmien ml. 3,0-

10,0 % for energimærkede ejendomme og 5,0-23,0 % for bygninger med en anden certificering. Sammenholdes resultaterne med de identificerede meromkostninger i kapitel 3.2 på ml. 1-10 %, er der potentiale for at opnå en salgspræmie, der står mål med meromkostningen.

TABEL 7. Opsamling på resultater om lejepræmie og salgspræmie.

Certificering	Lejepræmie	Salgspræmie
Energimærke	5,8-17,0 %	3,0-10,1 %
Anden certificering	2,5-40,0 %	5,0-23,0 %

En øget udbredelse af certificeringsordninger mv. rummer dog også en forøget risiko for brown discounts, dvs. rabat grundet en ejendommens manglende eller ringere 'grønhed' set i forhold til andre ejendomme på markedet, og strandede aktiver, dvs. aktiver der ikke opretholder en vis værdi, da der etableres et skarpere skel ml. 'gode' og 'dårlige' ejendomme i takt med, at flere ejendomme bliver bedre. Selvom dette skel potentielt kan formindskes ved lovgivningsmæssige tiltag som fx øgede krav til energimærkninger af de dårligst performende ejendomme, så vil ejerne af disse ejendomme enten risikere øgede udgifter ud over almindeligt vedligehold for at kunne overholde lovkravene, eller at potentielle købere af disse ejendomme forlanger en brown discount for at overtage en ejendom med en dårlig performance. Modsat er der risiko for, at udebleven forbedring af de eksisterende ejendomme kan blive en parameter, der modarbejder opnåelsen målene for CO₂-neutralitet i 2050.

BRUGERE OG FUNKTIONALITET

4 BRUGERE OG FUNKTIONALITET

I analysens andet afsnit vendes blikket mod anvendelsen af det opførte byggeri, hvor daglige brugere som beboere, medarbejdere og professionelle drift- og vedligeholdelsesaktører opererer. I Danmark opholder mennesker sig størstedelen af tiden indendørs, og ejendomme kommer derfor i mange afskygninger, så de kan understøtte forskellige behov for fx beboelse eller arbejdspladser.

I den teoretiske ramme er det brugergruppen blikket nu rettes mod. Ifølge den teoretiske rammesætning i figur 1 agerer brugerne typisk på ejendomsmarkedet, hvor de er aftagere af ejendomme. Det er brugerne, der i sidste ende anvender ejendommene, og ejendommene skal optimalt set besidde de kvaliteter, der opfylder brugernes behov. Her ligger derved en mulig katalysator for transformation af eksisterende ejendomme, hvis de skal kunne opfylde tidens behov, hvilket kan skabe dilemmaer mellem bevarelse og funktionalitet.

I de følgende tre afsnit udfoldes forskellige effekter af bæredygtig udvikling med udgangspunkt i et brugerperspektiv. De tre afsnit handler om:

- Energiforbrug for bygninger i drift.
- Trivsel, sundhed og produktivitet.
- Tendenser for arealforbrug.

4.1 Energiforbrug for bygninger i drift

Den globale byggesektors emissionsregnskab udgør 38 % af det samlede globale CO₂-bidrag, hvor 0,36 % stammer fra byggeriets udførelsesfase, 9,64 % stammer fra fremstillingen af byggematerialer, og 28 % stammer fra driftsfasen (UNEP, 2020). 2022 bød på rekordhøje energiregninger og stigende inflation, der var udløst af en global energikrise (IEA, 2022), hvilket har sat yderligere fokus på energieffektiviteten af ejendomme. Den gennemsnitlige forbedring i energiprformance pr. enhed gulvareal i boligbyggeri er historisk 1,5-2,0 % pr. år, mens udviklingen fra 2015-2020 har været 0,5 % (IEA, 2022).

Energiforbruget i bygninger steg globalt set med 4,0 % i 2021 (IEA, 2022). Heraf er energiforbruget til køling steget med op mod 6,5 % i 2021, imens opvarmning af vand og areal står for ca. halvdelen af bygningers energiforbrug (IEA, 2022). I Danmark udgør bygningers energiforbrug ca. 40 % af det samlede nationale energiforbrug, hvor det meste stammer fra energi til opvarmning, ventilation og belysning (Energistyrelsen, u.å. b). Kravene til bygningers energimæssige ydeevne er beskrevet i Bygningsreglementet, og de er løbende blevet strammet over årene.

Ifølge Ding et al. (2018) opnås de reelle besparelser og gevinster ved grønne byggeteknologier først i driftsfasen. Tatari & Kucukvar (2011) understøtter dette perspektiv, når de peger på, at LEED-certificerede ejendomme sammenlignet med konventionelle ejendomme forbruger 26 % mindre energi og har 13 % lavere omkostninger til drift og vedligehold. Zhang & Li (2022) påviser i deres casestudie, at bygninger i Seattle med Energy Star-certificering har et energiforbrug, der er 13,2 % lavere end gennemsnittet. Ugur & Leblebici (2018) sammenlignede LEED guld og platin i en cost-benefit-analyse, hvor de kom frem til at reduktionen i energiforbruget ville være hhv. 31 % og 40 % sammenlignet med en konventionelt opført ejendom.

Det underbygger Kok & Kahns (2012) beskrivelse af, at der eksisterer en generel forståelse i offentligheden af, at hvad der betegnes som en 'grøn' bygning anses som

værende energieffektiv. En energieffektiv 'grøn' ejendom er med til at sikre mod at blive ramt hårdt af fluktuerende energipriser og potentielle stramninger i lovningen (Reichardt, Fuerst, Rottke, & Zietz, 2012). Et lavere energiforbrug skaber derved mindre usikkerhed for omkostninger for drift og benyttelse af en ejendom, når bindingerne til variable omkostninger minimeres. Derfor er det ikke overraskende, når de 'grønne' forbedringer af ejendommens energiforbrug som gas, elektricitet, varmemeforbrug og vandforbrug vægter højest på ønskelisten blandt ejerne (EjendomDanmark & Rambøll, 2022). På samme måde blev det væsentligste bæredygtige tiltag vurderet til at være 'flere energieffektive boliger' blandt 3/4 af de responderende lejere i en spørgeskemaundersøgelse (EjendomDanmark & Rambøll, 2022). Knudsen & Kragh (2014) fandt lignende resultater, da de interviewede husejere, der boede i lavenergihuse. Her vægtede husejerne energiforbrug højest, indeklima i mindre grad og miljømæssige hensyn mindst, når de skulle begrunde deres valg af lavenergihus.

Et studie af Love et al. (2012) beskriver hvordan anvendelsen af grønne byggeteknologier medførte en række gevinster: Vha. vindturbiner på taget blev der produceret 10 % af bygningens energibehov; forbruget af ikke-fornybare ressourcer blev reduceret; og de synlige vindturbiner blev vurderet til at inspirere andre til at leve mere bæredygtigt. Vha. automatiseret solafskærmning blev belastningen på bygningens klimaanlæg reduceret og indeklimaet blev forbedret. Vha. spildevandsbehandlingsanlæg blev vandforbruget reduceret, og vha. vandkøling i lofter (active chilled beams), blev der opnået en reduktion af den årlige CO₂-udledning på ca. 447 tons. Dalene (2012) påviser i samme retning, at det med moderne teknologier er muligt at reducere energiforbruget i nye og eksisterende bygninger med 30-80 %, hvilket kan medføre en opvejning af anskaffelsesomkostningerne i løbet af 15 år. Den største effekt opnås ved at reducere elforbruget, både ift. økonomi og CO₂-udledning. I samme studie påvises, at en afledt effekt af at opnå point til en LEED-certificering er, at den samlede CO₂-udledning for husbyggeriet blev væsentligt reduceret sammenlignet med nybyggeri (Dalene, 2012). Dermed er der tale om *langsigtede* gevinster for 'grønne' bygninger, som først kommer til udtryk efter et byggeri er blevet taget i brug, hvorved det hovedsageligt er ejeren og slutbrugerne, der får økonomisk udbytte af gevinsterne ved de valg, der er truffet omkring krav til ejendommens performance.

Det er dog ikke sikkert at en bygning, der er designet til at være energieffektiv, vil være effektiv i en brugssituation. Fx beskriver Filippini & Obrist (2022), at de anslåede energibesparelser på omtrent 25 % typisk vil være mindre end de faktiske besparelser, da der i beregningerne ikke tages højde for faktorer, der påvirker brugernes adfærd. Almeida, Tam, Le & Yujuan (2020) beskriver brugerne som en af de mest betydningsfulde faktorer ift. en bygnings energiforbrug. I deres videnskabelige artikel konkluderer de, at brugeradfærd kan påvirke en bygnings energiforbrug indenfor et spænd på 72 % (Almeida, Tam, Le, & Yujuan, 2020). Beboere, der er bevidste om at reducere deres forbrug, forbruger i gennemsnit 43 % under middel, mens beboere med et stort forbrug i gennemsnit forbruger 29 % over middel (Almeida, Tam, Le, & Yujuan, 2020). Studiet påviser ingen entydig sammenhæng mellem en grøn certificering og beboeropførsel ift. energiforbrug (Almeida, Tam, Le, & Yujuan, 2020). Gram-Hanssen & Hansen (2016) har sammenlignet energimærker fra 2006-2014 med parcelhuses faktiske energiforbrug. Her påvises en tydelig tendens til "*at beboere i huse med lav energieffektivitet har et væsentligt lavere forbrug end beregningerne forudsætter, og at beboere i huse med høj energieffektivitet har et væsentligt højere energiforbrug end beregningerne forudsætter*" (Gram-Hanssen & Hansen, 2016, s. 21). Et dårligere energimærke betyder derfor ikke nødvendigvis, at det faktiske forbrug stemmer overens med mærkets estimat af energiforbruget. Gram-Hanssen & Hansen (2016, s. 21) henleder desuden opmærksomheden på, at Bygningsreglementets fokus på energieffektive bygninger kan ses som "*[...] en indirekte eller delvis understøtning af en udvikling mod højere inde-temperaturer*". Dette italesætter en rebound effekt, hvor de

besparelser, der opnås af en effektivisering, bruges på noget andet - i dette tilfælde bruges energibesparelserne på at øge temperaturen og komforten i hjemmet (Gram-Hanssen & Hansen, 2016). Dette behøver ikke kun at gøre sig gældende for forbrug inden for samme område, men også på tværs af områder – besparelser på energiregningen kunne føre til øget forbrug på fødevarer eller ferier. På samme vis er der tale om en pre-bound effekt, hvis de beregninger, der ligger til grund for forventede energibesparelser ved fx bedre energimærkning, ikke i praksis kan realiseres og gøre effektiviseringen rentabel (Gram-Hanssen & Hansen, 2016). Den menneskelige faktor og adfærd spiller derfor en rolle, når den bæredygtige udvikling skal diskuteres, hvis mindre energiforbrug skal realiseres i praksis. De intendede effekter af teknologisk udvikling i byggeriet kan således risikere at blive gjort betydningsløse af at et øget forbrug andetsteds.

4.2 Trivsel, sundhed og produktivitet

De første krav om bygningers energiforbrug i Bygningsreglementet kom i 1961, og kravene i Bygningsreglementet blev senere hævet i 1972 og betydeligt skærpet i 1977 (Boligministeriet, 1977). Disse stramninger udsprang ifølge Marsh (2011) af de to oliekriser i 1970'erne, hvilket stod i kontrast til den hastige vækst i velfærdssamfundet op til krisen, der havde betydning for arkitekturen, der i perioden byggede på idealer om luft og lys, der resulterede i store vinduespartier. Vinduer blev herefter betragtet som kilder til varmetab, der potentielt førte til en udvikling hen imod reducere af transmissionstab og udviklingen af lavenergiruder (Marsh, 2011). Strammere lovgivning for byggeriet kan derved påvirke materialeproducenter til at udvikle deres produktporteføljer, så det er muligt at overholde lovgivningen.

Det blev i 1990'erne muligt at beregne den passive solvarme, som kunne være med til at begrænse opvarmningsbehovet og deraf energiforbruget, hvilket førte til at mulighederne og potentialerne i lavenergiarkitektur kunne udforskes. Lavenergiarkitektur bød bl.a. på store vinduespartier, der oftest vendte mod syd for at få mest muligt sol og derved passiv solvarme i vinterhalvåret ind i bygningen (Marsh, 2011). Det kan argumenteres, at tendensen for store glaspartier og udviklingen af vinduer er blevet påvirket af klimamæssige krav og hensyn i bygningsreglementet, hvilket har medført afledte effekter, da der sidenhen er opstået problemer med overophedning. Knudsen & Kragh (2014) beskriver, hvordan beboere i lavenergihuse oplevede udfordringer med overophedning, som konsekvens af solens opvarmning om sommeren. I den forbindelse nævnte husejerne flere eksempler på tiltag, som de enten havde gjort, eller ville ønske de havde gjort for at modvirke overophedningen. Det var fx 1,5 meter tagudhæng over terrassen og skodder for vinduerne, om end dette omvendt påpeges at være et kompromis ift. udsyn og dagslysindfald (Knudsen & Kragh, 2014). Den passive opvarmning i de varmeste måneder kan blive en udfordring i fremtiden med de stigende globale temperaturer, der kan føre til en stigende efterspørgsel på køling (Miranda, et al., 2023). I Danmark vil kølebehovet stige med 24 % ifølge en undersøgelse af Miranda, et al. (2023), hvilket kan medføre ønsker om eller behov for mere komfortkøling, der vil øge energiforbruget.

Social bæredygtighed knyttes bl.a. til bygningens påvirkning på brugernes trivsel og sundhed (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021). IEA (2022) beskriver, at det oftest er de sårbare grupper, der bor i ældre ejendomme med ringere energipreformance. Samme tendens påpeges af Marmolejo-Duarte & Chen (2019), der beskriver, hvordan en velment energimærkning skaber et skel mellem dyre og billige lejligheder, hvilket forstærker social ulighed. Stender & Walter (2019) redegør for, hvordan klimamæssig bæredygtighed er betinget af social bæredygtighed, idet beboere ikke vil være i stand til at imødekomme klimamæssige hensyn over egne sociale og socioøkonomiske hensyn, hvilket betyder, at

mere bæredygtighed i én dimension vil medføre mindre bæredygtighed i en anden dimension.

Den menneskelige produktivitet i forhold til ejendomme har været genstand for flere studier. Palacios et al. (2020) beskriver, at en af gevinsterne ved en bæredygtig ejendom er forbedret indeklima. En bygnings egenskaber som muligheder for ventilation, opretholdelse af god luftkvalitet, termisk komfort, reducere af lyd og tilstrækkeligt lys er alle en del af grundlaget for en sund bygning (MacNaughton, et al., 2017). MacNaughton et al. (2017) beskriver, at den kognitive funktion blandt medarbejdere i grønne certificerede bygninger er 26,4 % højere end medarbejdere i ikke-certificerede, men stadig højt performende, bygninger. Herudover havde medarbejderne i certificerede bygninger 30 % færre symptomer stammende fra ophold i certificerede bygninger end i ikke-certificerede bygninger (MacNaughton, et al., 2017). Miller et al. (2009) udleder på baggrund af en survey med over 500 lejere i ejendomme med LEED eller ENERGY STAR certificering, at sunde bygninger reducerer sygefravær og øger produktiviteten, hvilket desuden gør det lettere at rekruttere og fastholde medarbejdere. De påpeger dog, at nye lejemål nødvendigvis ikke er sundere, hvis der forekommer afgasninger fra fx lim, tæpper og maling (Miller, Pogue, Gough, & Davis, 2009), hvilket betyder, at materialevalget påvirker den måde bygningen påvirker brugerne. Lee (2016) beskriver, at størstedelen af lejerne (58 %) i en spørgeskemaundersøgelse anerkender, at en bygnings indeklima har indflydelse på brugernes produktivitet. Af parametre, der ville betyde mest for en afstedkommende huslejeforøgelse, var adgang til naturligt lys, bedre luftkvalitet fx ved gode HVAC-systemer, individuel temperaturregulering og ikke-toksisk rengøring (Lee, 2016). Dette stemmer overens med et studie af Robinson, Simons og Lee (2017), der tilføjer vandbesparelsesforanstaltninger og ladestationer til biler. Deraf havde adgangen til naturligt lys, offentlig transport (beliggenhedsfaktor) og effektive HVAC-systemer størst betydning for huslejen (Robinson, Simons, & Lee, 2017).

4.3 Tendenser for arealforbrug

De seneste 30 år er arealforbruget for nybyggede boligenheder for de angivne boligtyper i tabel 8 steget. Den største procentvise stigning ses for parcelhusene, hvor boligerne er 48 % større i 2022 i forhold til 1993. Nyopførte boliger skal bygges, så de overholder de gældende krav i lovgivningen, og som beskrevet i kapitel 4.1 bliver kravene til ejendommens energiforbrug løbende skærpet, så de teoretisk forbruger mindre og deraf udleder mindre CO₂ under driften opgjort per kvadratmeter.

TABEL 8. Arealforøgelse for nybyggede boligenheder i perioden 1993-2022.

Boligtype	Gns. areal 1993 (m ²)	Gns. areal 2022 (m ²)	Arealforøgelse i perioden (m ²)	Gns. stigning pr. år (m ²)	%-vis stigning for perioden
Parcel	144	213	69	2,3	48 %
Række-, kæde- og dobbelthuse	82	104	22	0,7	27 %
Etageboliger	77	87	10	0,3	13 %
Stuehuse	231	264	33	1,1	14 %
Parcel/Stuehuse (gns.)	188	239	51	1,7	27 %

Kilde: Danmarks Statistik BYGV06 (Danmarks Statistik, 2023c)

Hvis boliger har en lavere klimapåvirkning, men samtidigt bliver større, vil den samlede klimapåvirkning ikke nødvendigvis blive mindre. Dette skyldes fx de ekstra kvadratmeter, der

skal opvarmes i en brugssituation og den indlejrede CO₂, der indbygges i de ekstra kvadratmeter. Viegand Maagøe (2023) påviser, at det netop er antallet af kvadratmeter, der har størst betydning for de samlede CO₂-udledninger og ressourceaftryk fra byområder med beboelse. Gennem tre cases af byudviklingsprojekter – et nybygget parcelhusområde, nybyggede punkt- og rækkehuse samt transformation af industri til beboelse ses en CO₂-udledning på hhv. 27.874 ton CO₂eq, 12.418 ton CO₂eq og 10.294 ton CO₂eq over en 50-årig periode (Viegand Maagøe, 2023).

Ses der på de gennemsnitlige arealer af forskellige boligtyper i tabel 9 har parcel/stuehuset det højeste antal gennemsnitlige kvadratmeter efterfulgt af række-, kæde- og dobbelthuse og etageboliger. Samme tendens gør sig gældende ift. det gennemsnitlige areal pr. person for de forskellige boligtyper.

TABEL 9. Data vedr. boligtyper, arealer og antal personer i 2022.

Boligtype	Gns. areal (m ²)	Gns. personer pr. bolig (Antal)	Gns. areal per person (m ²)
Parcel/Stuehuse	153,5	2,6	59,8
Række-, kæde- og dobbelthuse	94,2	1,9	50,4
Etageboliger	79,1	1,7	45,6

Kilde: Danmarks Statistik BOL106 (Danmarks Statistik, 2023d)

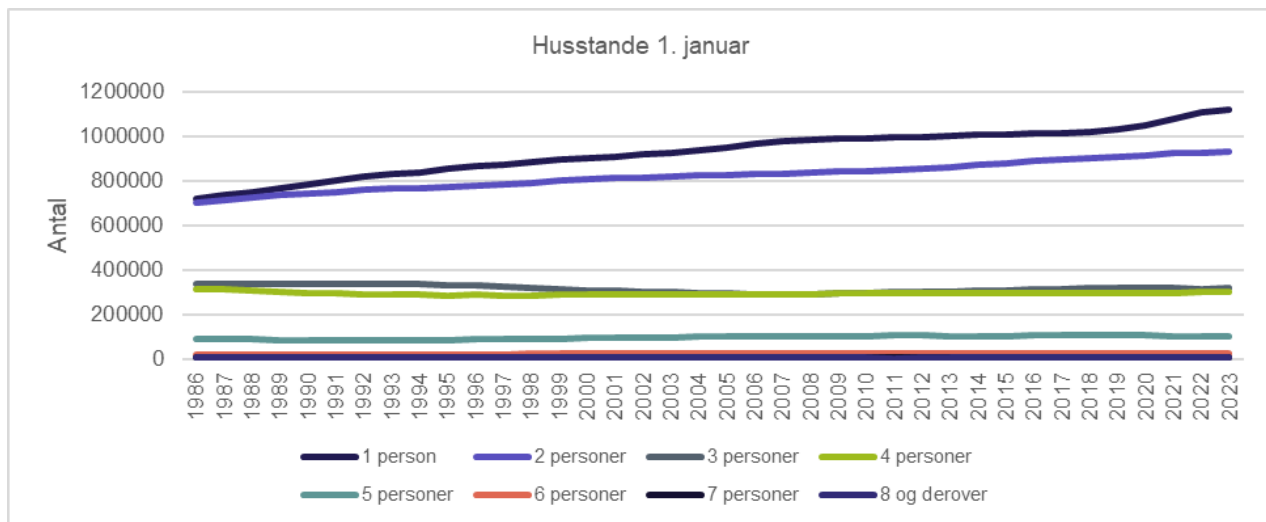
Hvis de danske boliginvestorer fortsat vil vælge parcelhuset som den primære boligform, betyder det flere byggede kvadratmeter pr. person. Dette ses dog ikke som værende tilfældet, hvis der kigges på udviklingen af antallet af boliger fordelt på type og tilvækst fra 2012 til 2022 i tabel 10. Antallet af boliger i form af parcelhuse er steget med 2,4 %, mens stigningen for etageboliger er 11,7 % og for række-/kæde- & dobbelthuse er stigningen på 12,2 %.

TABEL 10. Antal boliger fordelt på type og tilvækst 2012-2022.

Boligtype	Antal boliger med og uden CPR-tilmeldte personer (Antal)	Tilvækst 2012-2022 (Antal)	Procentvis tilvækst 2012-2022
Parcel/stuehuse	1.237.565	29.109	2,4%
Række-, kæde- og dobbelthuse	443.558	48.294	12,2%
Etageboliger	1.186.378	124.341	11,7%

Kilde: Danmarks Statistik BOL103 (Danmarks Statistik, 2023e)

Udviklingen af antallet af husstande fra 1986-2023 ses i figur 4. Der er sket en stigning af det samlede antal husstande i hele perioden, men hvor husstande over 2 personer synes at være nogenlunde stabile, har de største stigninger fundet sted i antallet af husstande på 1 og 2 personer. Den demografiske udvikling tenderer derved imod flere og potentielt mindre boligenheder, der kan rumme husstande på 1-2 personer, hvilket kan forklare tilvæksten af de gennemsnitligt mindre boligtyper.

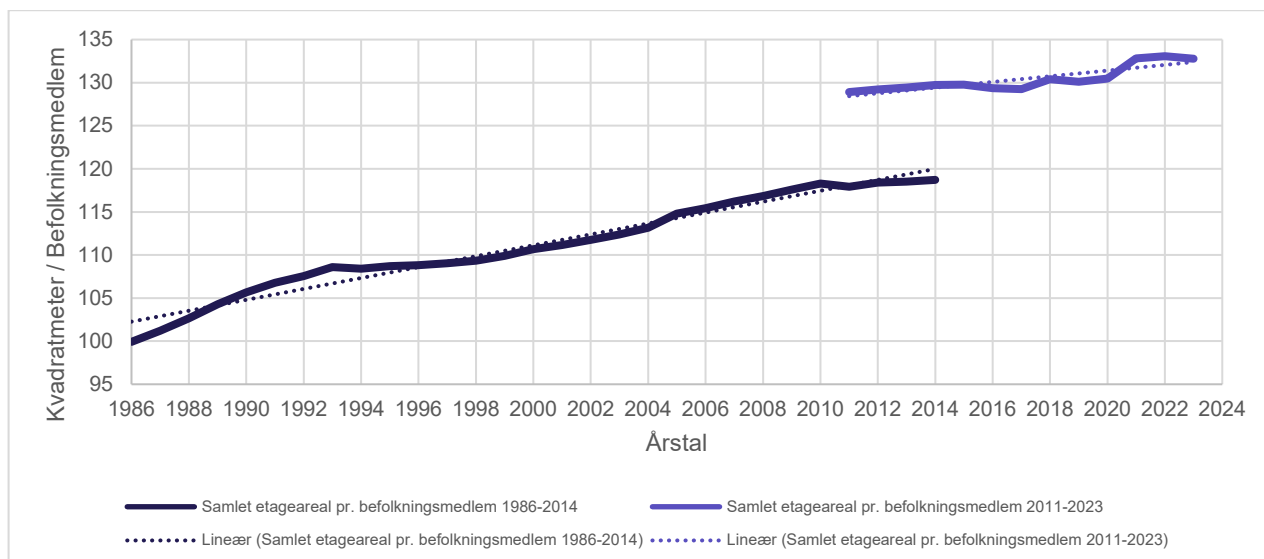


FIGUR 4. Udvikling i antallet af husstande fra 1986-2023.

Kilde: Danmarks Statistik FAM55N (Danmarks Statistik, 2023a)

Fortsætter denne udvikling står den i kontrast til den allerede betydelige eksisterende masse af parcel/stuehuse i Danmark. Et estimat lyder på, at 85 % eller mere af den eksisterende bygningsmasse fortsat forventes at være i brug i 2050 (European Environment Agency, 2022). Ifølge EjendomDanmark (2021a) kræver ældre bygninger omfattende investeringer, før de kan certificeres som bæredygtige på et vist niveau. Ifølge Zhang & Li (2022) er de ældre, høje og større ejendomme særligt velegnede til at reducere energiforbrug og udledning af drivhusgasser. I en SBI-rapport fra 2010 angives, at omkostningerne til at forbedre bygningsmassen ift. energiforbedringer frem mod 2050 ligger på ml. 507-776 mia. kr. i her-og-nu omkostninger og ml. 279-428 mia. kr., hvis energiforbedringerne gennemføres som en del af det almindelige vedligehold (Kragh & Wittchen, 2010). I tråd hermed er der i en SBI-rapport for 2017 set på syv scenarier for vurdering af varmebesparelspotentialet i den eksisterende bygningsmasse og de dertilhørende nødvendige investeringer for realisering af potentialet og de privatøkonomiske konsekvenser (Wittchen, Kragh, & Aggerholm, 2017). Rapporten viser, at det er nødvendigt med en basisinvestering på 727 mia. kr., der udløser 17,8 % varmebesparelse via en basal renovering af bygningsdelene. De syv scenarier rummer stadig stigende varmebesparelser, og det mest vidtgående scenarie nr. 7 giver en varmebesparelse på 35,8 % for yderligere 76,2 mia. kr. oveni basisinvesteringen (Wittchen, Kragh, & Aggerholm, 2017).

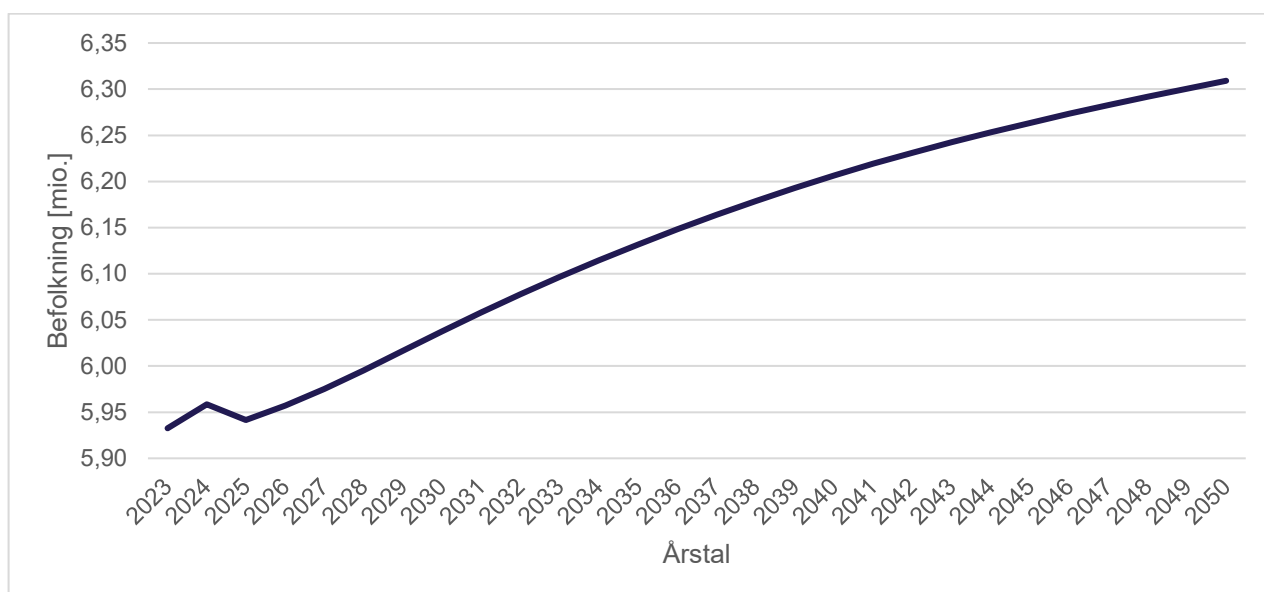
Vendes blikket nu mod det samlede etageareal for alle registrerede bygninger i Danmark (figur 5) ses det, at arealet pr. befolkningsmedlem i Danmark har været stigende siden 1986. Med ganske få undtagelser viser tendensen, at der fortsat kan forventes en stigning, såfremt der ikke sker noget, der kan få kurven til at gå den modsatte vej, som fx et ønske om at bygge mindre.



FIGUR 5. Samlet etageareal pr. befolkningsmedlem 1986-2023

Kilde: Danmarks Statistik BEFOLK1 (Danmarks Statistik, 2023g), BYGB33 (Danmarks Statistik, 2023b) , BYGB34 (Danmarks Statistik, 2023h), BYGB3 (Danmarks Statistik, 2023i). For grafen 2011-2023 omfatter bygningsopgørelsen også småbygninger såsom garager, carporte og udhuse, hvilket er forklaringen på springet mellem de to grafer.

Sammenholdes tendensen i figur 5 med befolkningsfremskrivningen i figur 6, tegner der sig et billede af et stigende antal kvadratmeter pr. indbygger og en befolkningstilvækst frem til 2050. Der kommer flere og flere mennesker, der bruger stadig mere areal, og som derfor har potentiale til at øge CO₂-udledningerne på trods af tiltag for minimering opgjort per kvadratmeter.



FIGUR 6. Befolkningsfremskrivning 2023-2050

Kilde: Danmarks Statistik FRKM123 (Danmarks Statistik, 2023j)

Bygningsreglementets krav ift. livscyklusvurdering i 2023 har referenceenheden 'antal kg CO₂-ækvivalenter pr. kvadratmeter pr. år over en 50-årig periode' (Bolig- og Planstyrelsen, 2020). Kravet tager derved ikke højde for antallet af personer, der forventes at benytte de beregnede antal kvadratmeter. Viegand Maagøe (2023) konkluderer, at bygningsreglementets LCA-krav ikke vil påvirke det byggede areal grundet, at de

implementerede grænseværdier netop er kg CO₂eq/m²/år. Holtermann og Kok (2017) fremhæver i deres analyse om bæredygtigheds certificering for kommercielle ejendomme, at certificerede ejendomme er nyere, større og af højere kvalitet end ikke-certificerede ejendomme (Holtermann & Kok, 2019). Chegut et al. (2019) beskriver på samme vis, at certificerede ejendomme i deres analysesample er både større ift. antal kvadratmeter og antal etager end de ikke-certificerede ejendomme. Det indikeres derved, at det kræver flere kvadratmeter at gøre i hvert fald nogle typer certificering af ejendomme rentable. En potentiel afledt effekt af kravet om klimapåvirkning pr. kvadratmeter kan blive, at det anvendes som påskud for at bygge større mod en forventning om fx en større salgsværdi, som det indikeredes for kommercielle ejendomme. Der kan således argumenteres at være en indbygget konflikt i at ville reducere klimapåvirkning gennem LCA-krav, som de er i dag, i en certificeringsmodel el.lign., samtidig med at selve kravet og certificeringer kan give anledning til at bygge flere kvadratmeter.

4.4 Delkonklusion

Kravene til ejendommens energiforbrug er løbende strammet og dermed er incitamentet til at forbruge mindre til opnåelse af tilfredsstillende komfort mindsket over tid. Det er dog i sidste ende brugernes adfærd, der afgør, hvor meget energi en ejendom bruger. Det betyder, at de intenderede effekter af bæredygtig udvikling i byggeriet kan risikere at blive gjort betydningsløse af brugernes øgede forbrug andetsteds via fx rebound effekten eller øget efterspørgsel. Det ses også, at beboere ikke vil være i stand til at imødekomme klimahensyn, hvis de ikke oplever deres sociale og socioøkonomiske hensyn opfyldt, hvilket derved vil hæmme en bæredygtig udvikling.

Energimærkeordningen og lignende initiativer er med til at skabe prisdifferentieringer på ejendomsmarkedet, hvilket kan forstærke den sociale ulighed, da adgang til de bedst performende ejendomme kræver større økonomisk råderum hos ejere og lejere. Disse opnår så tilsvarende større sikkerhed i deres investeringer, da de påvirkes mindre af variable udgifter som fx kan skyldes fluktuerende energipriser. Stramninger af krav til energiforbruget gennem tiden har desuden i nogle tilfælde skabt udfordringer for brugere af fx passivhuse med overophedning, hvilket fører til diskomfort, når brugeren opholder sig i bygningen, der kan lede til et afledt merforbrug af køling. Et øget fokus på bæredygtighed vil næsten uundgåeligt medføre øgede kravene til reduktion af driftsenergiforbruget, hvilket kan komme til yderligere at forstærke nogle af de beskrevne tendenser.

Der er evidens for, at certificerede ejendomme medfører øget produktivitet blandt medarbejdere, reducerer sygefravær og har den afledte effekt, at de gør det nemmere at fastholde og rekruttere nye medarbejdere, omend størrelsen af disse effekter dog er vanskelige at kvantificere.

Det gennemsnitlige areal for nybyggede parcelhuse er steget, og parcelhuse har det største gennemsnitlige areal pr. person i en bygning set ift. række- kæde- og dobbelthuse samt etageboliger. Det at bygge større står i kontrast til den demografiske udvikling, der tenderer mod flere husstande på 1-2 personer, særligt med tanke på at det er en boligs areal, der har størst betydning for både CO₂-udledning og ressourceaftryk (Viegand Maagøe, 2023). Der tegner sig et billede af, at det bebyggede areal pr. indbygger i Danmark er stigende, som forstærkes af en forventet befolkningstilvækst frem med 2050. Bygningsreglementets krav ift. livscyklusvurdering i 2023 har referenceenheden 'antal kg CO₂-ækvivalenter pr. kvadratmeter pr. år over en 50-årig periode', hvilket ikke umiddelbart synes at fordre opførelsen af mindre boligenheder. Samme tendens kan potentielt spores ift. bæredygtigheds certificeringer.

Gældende for den eksisterende boligmasse er, at den i høj grad kræver energiforbedringer, hvis den skal bidrage til at kunne opfylde 2050-målene for klimaneutralitet. Denne opgradering vil kræve massive investeringer, hvilket kan gøre ejendommene dyrere, og dermed forstærke den sociale ulighed.

PROJEKTVIRKSOMHEDER OG VÆRKTØJER

5 PROJEKTVIRKSOMHEDER OG VÆRKTØJER

I analysens tredje del italesættes den bæredygtige udvikling med udgangspunkt i projektvirksomhederne, som er de projekterende og udførende virksomheder fx arkitekter, ingeniører, entreprenører og håndværkere. De rådgivende virksomheder producerer vidensbaserede ydelser i enkeltstyksproduktion (Anlægsteknikforeningen i Danmark, 2008, s. 36), mens udførende byggevirksomheder er specialiseret i håndværksbaseret produktion, typisk ordreproduktion, der ligeledes for store dele af branchen kendetegnes som enkeltstyksproduktion (Anlægsteknikforeningen i Danmark, 2008, s. 38).

I kapitel 3.1 blev det beskrevet, hvordan efterspørgslen på bæredygtigt byggeri har været stigende blandt bygningssejere og bygherrer. Kravene, som stilles af bygherre og lovgivning, skal realiseres til et fysisk byggeri ved et samarbejde mellem byggeriets heterogene aktørgrupper. Set i forhold til den teoretiske ramme (figur 1) skal projektvirksomhederne derved på den ene side forholde sig til bygherres krav, hvilket indebærer at sørge for, at det fysiske byggeri overholder de eventuelle skærpede krav til bæredygtighed som fx certificeringskrav eller lignende, der ligger ud over gældende lovkrav. På den anden side interagerer projektvirksomhederne med leverandørnetværket for at kunne indkøbe de materialer, der udgør byggeklodserne til det bestilte byggeri, og dette indebærer i dag hensyntagen til materialernes frembringelse, transport og bestanddele.

De følgende kapitler handler om:

- Nye kompetencekrav.
- Datadrevet design og datagrundlaget.
- Ændringer i udførelsespraksis.

5.1 Nye kompetencekrav

Tidligere var byggeriet bundet sammen af en fælles byggeskik, der var fundamentet for beslutninger og samspil mellem parterne, mens byggeriet i dag er kendetegnet ved at beskæftige mange forskellige specialiserede aktører (Sørensen, Øien, Skjöld, Frandsen, & Beim, 2018). Aktørernes specialiseringer skaber større skel mellem fagene i byggeriet, hvilket kan give anledning til konflikterende interesser, der kan skabe dilemmaer mellem aktører og fagligheder, når arbejdet skal koordineres – dette gælder også interesser inden for bæredygtighed (Sørensen, Øien, Skjöld, Frandsen, & Beim, 2018). Rogers (2003) har beskrevet, hvordan innovationer optages af individer og i systemer i sin teori om diffusion af innovationer. Adoptanter af en innovation sorteres i fem kategorier, baseret på hvor hurtigt en innovation inkorporeres. Inkorporeringen af innovationer i sociale systemer, som fx byggeriet, kan have uønskede konsekvenser for de adoptanter, der er langsommere til tage innovationen til sig. De langsommere adoptanter kan ende med at stå dårligere i markedet end hurtigere adoptanter, hvilket kan skabe en socioøkonomisk kløft mellem adoptantgrupperne (Rogers, 2003). Dette kan skyldes, at de tidlige adoptanter er med til at præge udviklingen og forståelsen af fx bæredygtighed i branchen, mens senere adoptanter kan risikere at stå med få eller ingen mulighed for at præge udviklingen.

Med den stigende efterspørgsel på bæredygtighed i byggebranchen opstår et marked for køb og salg af bæredygtighedskompetencer og -ydelser blandt byggeriets aktører. Dette ses bl.a. med kravet om LCA-beregninger i byggeprojekter fra 2023, der kræver kompetencer til

at udføre en sådan analyse iht. gældende regler og bestemmelser. Når markedsbetingelserne ændrer sig fx ved øget fokus på bæredygtighed, tvinger det organisationer til at omstille sig, så byggeriets parter kan levere på nye krav for at forblive relevante samarbejdspartnere i byggebranchen. Kan de rette bæredygtighedskapabiliteter ikke leveres, grundet manglende eller sen innovation af virksomhedens ydelser, bliver aktørerne gradvist irrelevante for markedet i takt med en stigende efterspørgsel på bæredygtighed. I relation hertil ses begrebet 'dynamic capabilities' (dynamiske kapabiliteter), der dækker over en virksomheds evner til at omstille sig, så den vedbliver med at være konkurrencedygtig ved at kunne skabe værdi under omskiftelige markedsbetingelser (Teece, Pisano, & Shuen, 1997). Derved er virksomhedens omstillingsevne og dens hurtighed til at tage nye relevante innovationer til sig, der kan være med til at afgøre, om den fortsætter med at have plads i markedet, hvor den bæredygtige udvikling pågår.

Med opblomstringen af disse bæredygtighedskompetencer påvirkes også byggeprocessen fx gennem brugen af nye materialer og byggemetoder og derved sikring af en anden form for kvalitet i bygningernes design. At kunne navigere i bæredygtighedens bredde og omsætte det til relevante handlinger i de forskellige aktørers praksis er allerede en efterspurgt kompetence. Det ses fx i rollebeskrivelsen af en bæredygtighedsleder, der som generalist skal have fokus på at integrere bæredygtigheden i byggeprocessen, og arbejder på projektet udover bæredygtighedsspecialister (Værdibyg, 2023a). I denne betragtning er bæredygtighed en parameter, der ligesom fx IKT, statik, bygningsfysik og arbejdsmiljø kræver selvstændig opmærksomhed i byggeprocessen af fagprofessionelle. Med en stigende efterspørgsel i byggeriet er der en iboende risiko for, at der opstår mangel på kvalificeret arbejdskraft.

En relativt nyere innovation i byggeriet er digitaliseringen, der blev betragtet som et middel til at øge produktiviteten i byggebranchen. Formålet med at inddrage denne betragtning her, hvor det handler om bæredygtig udvikling, er at påpege afledte effekter af digitaliseringen, der tilsvarende kunne komme til udtryk i den bæredygtige udvikling. På bagkant af en række nationale stats- og privatstøttede indsatser som fx det digitale byggeri (Realdania, u.å.b) kom i 2003 den første IKT-bekendtgørelse, der senest er revideret i 2013 (BEK nr 118, 2013).

Projektvirksomhederne opererer ud fra forskelligt grundlag for at adoptere nye innovationer, og store og små virksomheder opererer oftest i forskellige forretningskredse (Ayinla & Adamu, 2018). Dainty et. Al (2017) anlægger et kritisk perspektiv på politiske reformer, der fremmer brugen af BIM (Building Information Modelling) med den begrundelse, at det kan være skadeligt for mindre virksomheder, der ikke kan eller vil adoptere teknologien. Hvor BIM bliver implementeret med målsætninger om at skulle fremme kommunikation, sammenhængskraft og performance iblandt arkitekter, ingeniører og entreprenører, udstilles samtidig den asymmetriske magtstruktur, der opstår, når teknologiens anvendelse pålægges aktørerne, hvilket kan blive begrænsende for de aktører, der ikke har mulighed for at adoptere den (Dainty, Leiringer, Fernie, & Harty, 2017). 'The digital divide' beskrives som en teknologisk kløft, der afskærer organisationer fra at anvende informations- og kommunikationsteknologier (IKT) (Ayinla & Adamu, 2018, s. 1399), hvilket kan sammenholdes med Rogers (2003) beskrivelse af, at der kan opstå socioøkonomiske skel mellem tidlige og senere adoptanter af innovation. Ved at drage en parallel til den digitale omstilling kan der således spekuleres i risikoen for et 'sustainable divide'. Saka & Chan (2021) påviser en digital kløft ift. BIM-implementering mellem små og mellemstore virksomheder set ift. store virksomheder, og de beskriver, at lovgivning af området bør inddrage både store og mindre virksomheders perspektiver for ikke at skabe større ulighed i byggeriet. Dermed kan politiske reformer blive hæmmende for innovationen i et bredere perspektiv, hvor det i eksemplet er de ikke-store virksomheder, der som beskrevet af Rogers (2003), ender med at stå dårligere.

Muench et al. (2022) undersøger for EU, hvordan den digitale og grønne omstilling kan spille sammen og forstærke hinanden i en 'twin transition' (tvillingeomstilling) herunder hvordan digitale teknologier kan ses som katalysatorer for den grønne omstilling. I tvillingeomstillingen bygger den grønne omstilling på udnyttelse af de digitale teknologier. Ses dette i forhold til den digitale kløft mellem projektvirksomheder, kan et scenarie blive en yderligere opdeling af projektvirksomhederne i A- og B-hold.

Chegut, Eichholtz, & Kok (2014) reflekterer over, om 'grønne tendenser' måske blot afspejler et økonomisk rationale blandt de kommercielle aktører. Det kan være problematisk for den bæredygtige udvikling, hvis bæredygtighed alene gøres til en kommerciel tillægsydelse, som kun tildeles den nødvendige opmærksomhed, hvis der er afsat et honorar. Rådgivere arbejder traditionelt med bygningsdesign ud fra ydelsesbeskrivelser og tillægssydelse, hvor entreprenørens arbejde omfatter efterlevelse af de tegninger og beskrivelser, der er udarbejdet af rådgiverne.

Det synes at være en præmis, at der ikke nødvendigvis er kommercielle gevinster at finde for alle parter i alle faser af bæredygtigt byggeri. Dette med tanke på, at motivationen bag at bygge bæredygtigt – navnlig i et klimamæssigt perspektiv – ikke udspringer af en ren kommerciel interesse, men også af en global nødvendighed, der er opstået som følge af menneskeskabte klimaforandringer (IPCC, 2021). Det må derfor forventes, at byggesektorens til tider modsatrettede forretningsmodeller og indtjeningsgrundlag også her vil betyde, at nogle parter vil opleve både kort- og langsigtede gevinster ved bæredygtigt byggeri, mens andre parter ikke vil opnå gevinster, men måske ligefrem vil tabe på det.

5.2 Datadrevet design og datagrundlaget

Den hidtidige bæredygtige udvikling har affødt flere værktøjer til at vurdere byggeriet ud fra forskellige bæredygtighedskriterier. He et al. (2018) inddeler systemer til at vurdere 'grønheden' af en bygning i to kategorier: Designguidebaserede værktøjer som fx LEED eller DGNB, der opstiller en række krav, der skal opfyldes for at opnå en certificering, og præstationsbaserede værktøjer som fx livscyklusanalyseværktøjer, der beregner en bygnings forventede præstation inden for udvalgte parametre. Ved valg af system underlægges brugeren de medfølgende definitioner af, hvordan systemet definerer 'bæredygtigheden' af en bygning og derved de scoringskriterier samt eventuel vægtning af scoringer, der er en del af systemet. Det betyder, at systemerne på forhånd har defineret fx krav til input, metode for behandling af input, og hvad output bør og ikke bør bruges til, hvilket er med til at gøre systemerne anvendelige i praksis. He et al. (2018) beskriver i den sammenhæng, hvordan præstationsbaserede værktøjer giver mere frihed i designprocessen sammenlignet med designguides, som kan virke restriktive og have stor indvirkning på designprocessen af et givent byggeri.

Awadh (2017) har i sit komparative studie sammenlignet forskellige certificeringsordninger og fokuseret på, at forskellige ordninger ikke vægter forskellige bæredygtighedsdimensioner ens. Fx beskriver Stender & Walter (2019), hvordan fokus på miljømæssig og økonomisk bæredygtighed ofte vægter tungere end fokus på social bæredygtighed, navnlig fordi et certificeringsværktøj som fx DGNB også fungerer som et politisk værktøj i sig selv. He et al. (2018) og Stender & Walter (2019) italesætter derved risikoen for, at et værktøj ikke anvendes til at skabe potentielt 'grønnere' resultater end det yderst nødvendige for at leve op til minimumskravene i en designguide. Derved kan designguidebaserede værktøjer afføde en tjeklistementalitet, der ikke fordrer yderligere bæredygtige tiltag i byggeprojekter om end det potentielt kunne opnås. Den forskellige vægtning af bæredygtighedsdimensioner kan skyldes, at ordningerne er blevet udviklet i forskellige lande under forskellige forudsætninger og til divergerende behov (Awadh, 2017).

Der vil fx være forskel på, hvordan forskellige lande vægter forskellige elementer af bæredygtighed, eller hvordan udviklingslande kan have mere begrænsede muligheder for at efterleve de samme kriterier som industrialiserede lande (Sev, 2011). I udviklingsprocessen af et værktøj, og ikke blot certificeringsordninger, medtages derved en kulturel bias baseret på byggebranchen og de sociale og økonomiske forhold i det land, som værktøjet udvikles i. Det betyder, at der eksisterer et multivers af fortolkninger af, hvad det, der kaldes bæredygtigt byggeri, er.

Livscyklusvurderinger (LCA) afdækker en bygnings miljøpåvirkning og ressourceforbrug i byggeriet fra byggematerialer til drift (Zimmermann, Andersen, Kanafani, & Birgisdóttir, 2020). Som grundlag for en LCA-beregning kan der anvendes data omkring materialer fra internationale databaser som fx Ökobaudat eller data fra produktspecifikke eller produktgruppespecifikke miljøvaredeklarationer (EPD) (Zimmermann, Andersen, Kanafani, & Birgisdóttir, 2020). Opgørelsen af miljøpåvirkninger kan i designfaserne anvendes til at vurdere, hvor der kan skrues på bygningsdesignet for at overholde grænseværdierne og ved aflevering som dokumentation for den faktisk indbyggede miljøpåvirkning (Zimmermann, Andersen, Kanafani, & Birgisdóttir, 2020).

Rasmussen et al. (2020) udforsker drivere, barrierer og udviklingsbehov for LCA i de nordiske lande baseret på en spørgeskemaundersøgelse blandt byggeriets designpraktikere. De identificerer to primære barrierer for inkludering af LCA i bygningsdesign-processen: Manglende incitamenter og mangel på tilstrækkelige data og information (Rasmussen, Malmqvist, & Birgisdóttir, 2020). I Danmark er anvendelse af LCA til at dokumentere overholdelse af klimakravet i Bygningsreglementet nu obligatorisk for en række bygninger, hvilket i sig selv er et incitament for metodens anvendelse. En afledt effekt af en obligatoriske anvendelse af LCA kan være at tilskynde til et standardiseret datagrundlag for beregning af livscyklusvurderinger, hvilket igen kan kvalificere selve vurderingerne og føre til mere retvisende beslutningsgrundlag. Denne standardiseringsproces er dog alene ikke ensbetydende med, at datagrundlaget vil være en præcis repræsentation af de faktiske fysiske forhold, men det kan fremme selve standardiseringsindsatsen betydeligt. Sørensen et al. (2018) peger netop på, at for at gøre bæredygtighedsparametre operationelle i de tidlige designfaser af byggeprocessen, kræver det, at der kan indhentes data fra det eksisterende byggeri, der kan fungere som input inden de mere specifikke parametre kendes. Et standardiseret og åbent tilgængeligt datagrundlag vil således gøre det lettere at harmonisere og udveksle miljødata på tværs af softwareprodukter, faggrupper, organisationer, offentlige institutioner mv.

Flere studier peger netop også på, at manglende eller ufuldkomment data kan give udfordringer, når det gælder anvendelsen af LCA i praksis. He et al. (2018, s. 20) nævner udover manglende dataopgørelser eller datasæt en kompliceret produktionsproces og bygningens potentielt lange levetid, der giver usikkerhed i forbindelse med bygningen i fremtiden. For eksempel sammenligner Al-Ghamdi & Bilec (2017) forskellige LCA-softwareværktøjer og hvilke beregningsmæssige konsekvenser brugen af de forskellige værktøjer til samme formål kan medføre. Deres resultater viser, at baseret på den samme bygning kan resultatet for et samlet potentielt klimaaftryk variere med 10 %, mens vurderingen af bygningens ressourceforbrug ved drift kan variere med op til 17 %. Dette skyldes dels, at de forskellige LCA-metoder ikke er harmoniseret med hinanden, og dels at der ikke findes tilstrækkelig benchmark-data (Al-Ghamdi & Bilec, 2017). Af resultater fra en sammenligning af 60 byggerier af forskellige typer ses det at variationen i klimapåvirkningen er op til en faktor 2,25-2,5 større ved en 50- og 80-årig betragtningsperiode (Zimmermann, Andersen, Kanafani, & Birgisdóttir, 2020). Det samme billede tegner sig i opdateringen af LCA-beregningerne i Tozan, Jørgensen, & Birgisdóttir (2021). Summeret tegner der sig et billede af en generel udfordring ved LCA-beregninger – man får et resultat baseret på det input, man vælger at måle på.

Rasmussen et al. (2020) afdækker, at designere oplever et dilemma ift. på den ene side at skulle kende detaljerne i livscyklusvurderinger (LCA) for at kunne skrue på de nødvendige parametre for at overholde kravene, og på den anden side kunne informere beslutningstagere, der ikke besidder samme fagspecifikke viden. Dette kan tænkes ikke kun at gøre sig gældende for livscyklusvurderinger, der hører under den miljømæssige bæredygtighedsdimension, men også for output fra arbejdet med bæredygtighedens sociale og økonomiske dimensioner. Fragmenteringen af de tre dimensioner i bæredygtighedsbegrebet kan potentielt medføre, at det bliver vanskeligere for beslutningstagerne at afgøre, hvilke beslutninger der er at betragte som de mest bæredygtige.

5.3 Ændringer i udførelsespraksis

Siden bygningsreglementet (BR) blev indført i 1961, er det efterfølgende blevet revideret flere gange. Hver revision medfører forandringer, som i mindre eller større udstrækning har haft indvirkning på den aktuelle byggepraksis, der har måttet forandres for at efterleve nye krav til byggeriet. Et eksempel er energikrav for ydervægge, hvor der i 1961 var et mindstekrav om et transmissionstal (u-værdi) på 0,85 for bygninger med to etager og derunder foruden kælder (Boligministeriet, 1961). Samme mindstekrav i dag i BR18 lyder på 0,30 – og for tilbygninger til rum i boliger, der opvarmes til over 15 °C, er mindstekravet 0,15 (Bolig- og Planstyrelsen, 2023). En udvikling som denne har givetvis haft en effekt på vægtykkelse og konstruktionsmaterialer, hvilket kan argumenteres at være en konsekvens af den bæredygtige udvikling, men det har også givetvis haft en effekt på byggeprocessen og de færdige bygninger. Med udsigt til flere klimamæssige stramninger i bygningsreglementet samt øget fokus på bæredygtighed i bygge- og ejendomsbranchen i øvrigt vil det betyde introduktionen af nye eller anderledes byggematerialer og byggemetoder de kommende årtier, der vil påvirke både byggeproces og byggeprodukt især med tanke på EU's mål om klimaneutralitet i 2050 (EU, 2022).

De strammere klimakrav kunne fx medføre, at mursten som ydervægsmateriale kommer til at blive anvendt langt mindre end i dag, hvor det i 2022 optræder på over 90 % af alle danske parcelhuse (Danmarks Statistik, 2022). Til grund for dette eksempel ligger, at mursten står for 18 % af udledningen af drivhusgasser fra byggematerialer globalt, hvilket kun overgås af beton, der står for 60 % af udledningen (Zhong, et al., 2021). Det kan påvirke de hidtil vante arbejdsgange, når ydervægge skal opføres, men også betyde en ændret levetid for ydervægge, og potentielt påvirke kommercielle aspekter som erhvervslivets forretningsgrundlag og ejendomshandel, og mere bredt bymiljøet.

I dag ses en internationalisering og et friere marked med stadig deregulering for byggevarer, der giver byggeriets parter mulighed for at anvende nye materialer til at indgå i byggeaktiviteter (Gottlieb & Vogelius, 2020). Byggeriets aktører skal dog stadig forholde sig til det 'almene tekniske fælleseje', der er integreret i byggeriets regulering af byggeriets kvalitet (Gottlieb & Vogelius, 2020). Det almene tekniske fælleseje kan ses som: *'den viden og praksis, der til et hvert tidspunkt eksisterer i branchen som korrekt praksis inden for et fagfællesskab eller er udtryk for den ypperste viden på et givent område.'* (Gottlieb & Vogelius, 2020, s. 30). Det kan fx være BYG-ERFA-blade, SBI-anvisninger, DS-normer eller Byggeskadefondens erfaringer. I et byggeteknisk perspektiv kan det almene tekniske fælleseje ses som en nødvendig forudsætning for at opnå en vis kvalitet af byggeriet, mens det på den anden side kan det betragtes som konkurrencebegrænsende og have den effekt, at det sætter en begrænsning for udvikling af ny praksis (Gottlieb & Vogelius, 2020). Den bæredygtige udvikling vil da få betydning for, hvordan fremtidens almene tekniske fælleseje

vil se ud, når nye byggemetoder og byggematerialer introduceres for at reducere bygningers klimabelastning.

Kvalitetssikringscirkulæret fra 1986, der havde til formål at forebygge svigt i statsligt og statsstøttet byggeri, beskriver, at bygherren skal sikre, at byggeriet opnår den tilsigtede kvalitet, og der skal være klarhed over, hvilken kvalitet det færdige byggeri skal have (Cirkulære om kvalitetssikring af byggearbejder, 1986). Her beskrives både, at der skal defineres og aftales en kvalitetsstandard, der så skal sikres gennem anvendelse af kvalitetssikring. Cirkulæret kobler kvalitet til hensyn om brugsværdi, arkitektonisk fremtræden, byggeudgift, driftsøkonomi, fleksibilitet, lavt energiforbrug, forsvarlig byggeteknisk udformning og bæredygtighed (BEK nr. 1179, 2013). Her stilles bl.a. krav om totaløkonomiske vurderinger (LCC), der dækker over *'samspillet mellem byggeudgift og driftsøkonomi med henblik på at opnå det optimale forhold og en samlet reduktion i byggeudgiften og driftsøkonomien, uden at der slækkes på kravet om god kvalitet i byggeriet'* (BEK nr. 1179, 2013, s. §3 stk. 2), dvs. et spor indenfor den økonomiske dimension af bæredygtighed. Udbedring af svigt, fejl og mangler kan ses som unødvendig ressourceforbrug til omarbejde, der har negative konsekvenser for byggeriets produktivitet og fører til øget CO₂-udledning (Hansen, Søder, & Fredslund, 2021). Betragtes byggeriets spildindeks for 2020 ses der ikke en nævneværdig reduktion af spild i byggeriet fra 2004-2019, hvormed der ligger et potentiale for at nedbringe spild og deraf CO₂-belastningen fra byggeriet (Hansen, Søder, & Fredslund, 2021).

5.4 Delkonklusion

De ændrede markedsbetingelser, der følger af en øget efterspørgsel på mere bæredygtigt byggeri, rammer virksomheder, der må omstille sig for at forblive relevante i markedet. Den stigende efterspørgsel kan skabe mangel på kvalificeret arbejdskraft, der kan forsinke den bæredygtige udvikling. Der kan dannes en socioøkonomisk kløft mellem de aktører, der hurtigere formår at ændre deres praksis, og de der ikke gør. Dette gjorde sig fx gældende i forbindelse med digitaliseringen, hvor der er påvist en digital kløft ('digital divide') mellem de store på den ene side og små og mellemstore virksomheder på den anden side.

Når den igangværende grønne omstilling i EU-regi kædes sammen med den digitale omstilling som en 'twin transition', kan det være med til at skabe en endnu bredere kløft mellem branchens aktører, hvorved der opstår en form for A- og B-hold. Det betyder, at alle aktører ikke kan forventes at opnå gevinster ved bæredygtigt byggeri, og at nogle ligefrem kan tænkes at tabe på det.

Det kan blive hæmmende for den bæredygtige udvikling, hvis bæredygtighed reduceres til en kommerciel tillægsydelse, der kun tildeles den nødvendige opmærksomhed, hvis der er afsat et honorar.

Valg af de værktøjer, der anvendes til at arbejde med bæredygtighed i byggeprojekter, præger designprocessen og designet. Designguidebaserede systemer eller værktøjer som fx DGNB medfører risiko for en tjeklistementalitet, hvor beslutninger træffes som resultatet af minimumskrav for at overholde designguidens krav – dette peger i retning af en mulig instrumentalisering og potentiel ligegyldighed blandt brugerne, der kan reducere effekten af et reguleringstiltag.

Systemer og værktøjer som LCA giver mere frihed i designprocessen, men har en generel udfordring i forhold til både øget ressourceforbrug, og at datagrundlaget og dermed input til beregningerne kan skabe betydelige variationer i de resultater, der kan opnås.

Ændringer i bygningsreglementet gennem årene har påvirket byggeriets praksis, herunder valg af byggematerialer og udformningen af de færdige byggerier. Stramningen af klimakrav kan betyde et skift af de materialer og byggemetoder, der anvendes i byggeriet,

hvilket bl.a. vil påvirke de udførendes arbejdsgange, bygningens levetid og potentielt ejendomshandel og bymiljøet. Den bæredygtige udvikling vil også påvirke, hvordan det almene tekniske fælleseje udvikles.

Kvalitetssvigt i udførelsen af byggeriet, der forsøges mitigeret via kvalitetssikring, kræver udbedring, der udover tid og økonomi, resulterer i øget CO₂-belastning. Der kan være en mulighed for at reducere CO₂-belastningen af byggeriet ved at minimere spildet.

LEVERANDØR- OG RÅVARENETVÆRK

6 LEVERANDØR- OG RÅVARENETVÆRK

I analysens fjerde og sidste del rettes blikket mod leverandør- og råvarenetværkene, der leverer de materialer, som anvendes i byggeriet. Byggeriets udfordringer i bæredygtighedsøjemed i dag omtales ofte i relation til problemer ift. affaldsproduktion, ressourceforbrug og -knaphed samt de globale klimaforandringer (Eberhardt, Birkved, & Birgisdottir, 2022), (Gottlieb, et al., 2023). I kapitel 5 ses det, at man via projektering og materialevalg kunne forsøge at mindske mængden af CO₂-emissioner i byggeriet. Det er dog også nødvendigt at rette blikket imod leverandør- og råvarenetværket, som leverer materialer og produkter til byggeriets projektbaserede virksomheder for at sætte fokus på, hvordan materialer kan udvindes og produceres, så de ikke influerer bæredygtighedsdimensionerne negativt. Desuden vendes begreber som cirkularitet og genanvendelse i praksis. Afsnittene i dette kapitel omhandler følgende forhold:

- Risici ved nye byggemetoder.
- Cirkulær økonomi.

6.1 Risici ved nye byggemetoder

Byggematerialer eller byggevarer har traditionelt set medført en betydelig mængde CO₂-emissioner i fremstillingsprocessen (Taffese & Abegaz, 2019), så der er i forbindelse med arbejdet med en bæredygtig udvikling opstået et behov for at kigge på måden, som byggematerialer bliver til både når det gælder de råvarer, som materialerne produceres af, og måden byggematerialer produceres på. Dette bliver tydeligt, når byggevarernes miljømæssige egenskaber indgår som input til LCA-beregninger for samlede bygninger og anlæg ved brug af eksempelvis miljøvaredeklarationer (Environmental Product Declaration - EPD) (EPD Danmark, u.å.). EPD'er er produktspecifikke eller branchespecifikke LCA-beregninger af en byggevar, der dækker produktion, anvendelse og bortskaffelse af varen (EPD Danmark, u.å.). Med BR18's klimakrav i 2023 opfordres til gentænkning af hvilke materialer og byggetekniske løsninger, der skal anvendes for at sikre en lavere klimapåvirkning. Som afledt effekt af den bæredygtige dagsorden ses også udviklingen af materiale- og bygningspas som supplement til EPD'erne, der skal sikre den fremadrettede sporbarhed af byggematerialer (VCØB, u.å. b).

Udover miljøvaredeklarationer findes også miljømærker, der kan opnås af produkter som fx Svanemærket, Forest Stewardship Council (FSC), EU Blomsten, Indeklimamærket, Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) og Cradle2Cradle (VCØB, u.å. a). De producenter, der miljømærker deres produkter, kan opleve konkurrencefordele (Teknologisk Institut, 2018b), hvilket med den bæredygtige udvikling kan tænkes at ville forstærkes fremadrettet. Der er dog set eksempler på, at byggevarer til trods for en miljømærkning ikke lever op til den lovede standard, fx i en sag med FSC-certificeret træ fra træeksportører i Brasilien, der var blevet dømt for dokumentfalsk (Linde & Campos, 2018), eller en sag om PEFC-certificeret canadisk cedertræ, der viste sig ikke at stamme fra bæredygtigt skovbrug (Røjle & Skov-Jensen, 2022). De mange muligheder og de potentielle faldgruber kan gøre det komplekst at vurdere hvilken mærkning, der er relevant at kræve for byggevarerne, når man vil forsøge at bygge mere bæredygtigt byggeri (Teknologisk Institut, 2018a).

Befolkningen i Danmark (Danmarks Statistik, 2023f) og verden (United Nations, 2022) forventes at stige, hvilket betyder, at bygningsmassen tilsvarende kan forventes at vokse. Konventionelle byggevarer som beton, tegl og mineraluld er i høj grad baseret på ikke-fornybare ressourcer som sand og grus (Rasmussen, et al., 2022). Det vil betyde, at der skal anvendes flere byggematerialer, hvilket giver anledning til at se på bæredygtig udvikling af produktionen af materialer for at mindske byggeriets CO₂-emmissioner.

I rapporten *Biogene materials anvendelse i byggeriet* beskrives, at fornybare biogene materialer, der stammer fra planter eller dyr, i stor udstrækning kan erstatte konventionelle materialer i byggeriet, hvilket kan medvirke til CO₂-reduktioner i byggeriet (Rasmussen, et al., 2022). En udskiftning vil betyde, at CO₂ kan lagres i bygninger ved brug af biogene materialer, da disse ved deres fremdyrkning indfanger CO₂ (Rasmussen, et al., 2022). Bygningsreglementets krav til fx fugt, brand og lyd fremhæves italesat som ”[...] særligt udfordrende og som barrierer i forbindelse med anvendelsen af træ og andre biogene materialer i byggeriet.” (Rasmussen, et al., 2022, s. 50). Der er ikke direkte begrænsninger i bygningsreglementet for anvendelse af ikke-konventionelle byggematerialer, hvorimod det opleves begrænsende i den måde, som bygningsreglementet udmøntes på, fx ved præaccepterede brandtekniske løsninger hæmmer innovationen (Rasmussen, et al., 2022). Desuden påpeges en udfordring med at dokumentere biogene materials egenskaber, når disse skal kunne sælges på det danske marked – fx via EPD, Byggevareforordningens krav om CE-mærkning og ETA (European Technical Assessment – en frivillig, europæisk teknisk vurdering af produkter der ikke er omfattet af harmoniserede standarder (ETA-Danmark, u.å.)), og måske særligt hvis de skal være relevante at anvende for små og mellemstore virksomheder (Rasmussen, et al., 2022, s. 89). Ikke-konventionelle materialer og tekniske løsninger indeholder en iboende risiko for at skulle omgøre en løsning, hvis det senere opdages, at denne løsning ikke er byggeteknisk forsvarlig, som kan føre til øgede CO₂-emmissioner. Dette kan også føre til økonomiske belastninger for den part, der skal bære udbedringen. Et eksempel herpå er MgO-pladerne, der blev introduceret i byggeriet i 2010, men i 2015 måtte brugen af pladerne stoppes, da de viste sig at suge fugt, hvilket skabte risiko for skader på andre bygningsdele (Sikkerhedsstyrelsen, u.å.).

CO₂-emmissionerne kan også reduceres gennem udvikling af andre nye produkter eller mere CO₂-effektive versioner af eksisterende produkter. Dette ses fx for Aalborg Portlands cement FUTURECEM, der udleder op til 30 % mindre CO₂ i fremstillingsfasen (Aalborg Portland, 2023), eller Viridi Cement, hvis cementprodukter lover en reduktion på 60-70 % af en cement, der udleder 800-1100 kg CO₂ pr. tons cement (Viridicem, 2023). Men for at opnå effekten af de mere bæredygtige materialer kræves det, at de anvendes i byggeriet og bliver substitutioner for de mere belastende materialer. Hvis ikke markedet byder ind og aftager de mere bæredygtige byggematerialer formindskes incitamentet blandt producenterne for at investere i udvikling af materialerne.

Byggeriet beskrives som fragmenteret med fokus på suboptimering af elementer i værdikæden grundet den udprægede projektorganisering - og som en branche, hvor der hersker lav innovationsvillighed grundet de tilhørende innovationsrisici (Gottlieb, et al., 2023). Udviklingsrisikoen kan hæmme aktørers lyst til at anvende nye materialer og blandt danske praktikere er der identificeret seks barrierer for udbredelsen af bæredygtige byggematerialer: Manglende viden om egenskaber og adgang til materialerne, manglende kendskab til konsekvenserne for tid og økonomi, manglende vilje og motiverende rammebetingelser for byggeriets praktikere (Værdibyg, 2023b). Det er da ikke alene de mere CO₂-venlige materials tilstedeværelse på markedet, der er afgørende for om de kommer til at blive anvendt i en skala, som kan være med til at reducere byggeriets klimapåvirkning på et tilfredsstillende niveau. På det danske marked omtaler Gottlieb et al. (2023) en fremherskende lock-in situation, hvor historisk stærke leverandører af fx beton og isolering har haft politisk støtte. Dette har ligeledes været med til at begrænse udbredelsen

af andre materialer blandt byggeriets aktører, og det kan i fremtiden tænkes ligesådan at mindske hastigheden af en bæredygtig udvikling.

6.2 Cirkulær økonomi

I Miljøministeriets *Handlingsplan for cirkulær økonomi* - en national plan for forebyggelse og håndtering af affald fra 2020-2032 - omtales byggeriet som et område med stort potentiale for at mindske miljø- og klimabelastningen (Miljøministeriet, 2021). Dette indebærer at betragte byggeriet ud fra en cirkulær værdikæde, der dækker naturressourcernes omdannelse " [...] fra design og forbrug til affaldshåndtering, hvorfra naturressourcerne føres tilbage i nye produkter og materialer." (Miljøministeriet, 2021). De eksisterende bygninger bliver derved i sig selv en resourcebank for potentielle fremtidige byggerier, hvilket udfordrer den måde affald i dag håndteres og betragtes på. Når ikke-jomfruelige materialer skal benyttes i byggeriet, kan det overordnet foregå på to måder: Ved direkte genbrug, hvor byggevaren eller materialet bruges til samme formål i det nye som i det tidligere byggeri eller ved genanvendelse, hvor materialer eller byggevarer omdannes og får en ny funktion i det nye byggeri (Værdibyg, 2020).

Den danske affaldsstatistik for årene 2016-2020 slår fast, at bygge- og anlægsbranchen står for ca. 40 % af det indsamlede affald i Danmark (Miljøstyrelsen, 2022). For 2020 fremgår det af tallene, at 32 % af affaldet er indsamlet til genanvendelse, mens 54 % påtænkes at indgå i anden endelig materialenyttiggørelse (genanvendelse), 8 % skal forbrændes og 6 % skal deponeres. Bemærk at den reelle genanvendelsesprocent er lavere end angivet grundet svingende kvalitet i de indleverede materialer, og at det direkte genbrug ikke indgår i affaldsstatistikken. Der er potentiale for, at mere materiale genbruges frem for genanvendes. Rambøll (2020) har undersøgt de potentielle klimabesparelser ved at genbruge frem for genanvende. Genbrug af tagsten frem for nedknusning har fx en potentiel klimabesparelse på 52.950 tons CO₂-ækvivalenter, mens bevaring og genbrug af bærende betonkonstruktioner frem for nedknusning kan spare mellem 22.950 – 34.850 tons CO₂-ækvivalenter. Derved er der i et klimamæssigt perspektiv et incitament for at genbruge flere materialer. Et andet incitament kan findes i de kommende regler for LCA-beregninger, hvor genbrugte byggematerialer hidtil blev beregnet med samme udledning som nye materialer, mens de fra 2024 tæller med 0 % af udledningen ift. nye materialer (DI Byggeri, 2023).

Der eksisterer en række udfordringer ved genanvendelse, tilsvarende de beskrevne udfordringer ved introduktionen af nye typer byggevarer i afsnit 6.1. En udfordring med at genbruge materialer i nyt byggeri er en oftest mangelfuld dokumentation af materialets egenskaber (Realdania, u.å.a). Det i afsnit 6.1 omtalte materialepas har intentionen om at kunne gøre dokumentationen lettere (VCØB, u.å. b). Det kræver dog, at eksisterende byggeri inden nedrivning undersøges for genbrugspotentialer og eventuelle miljøfarlige stoffer, der kan gøre genbruget uansvarligt, hvilket betyder, at cirkulær nedrivning erfaringsmæssigt tager længere tid, og derfor bliver mere omkostningstungt end konventionel nedrivning (Værdibyg, 2020). Der ses desuden en højere sikkerhedsrisiko forbundet med sortering af byggeaffald, idet håndværkere typisk udfører denne opgave manuelt (Karakhan & Gambatese, 2017).

Byggherren er ofte interesseret i en så kort byggeproces som muligt, således at bygningen kan ibrugtages og eventuelt skabe lejeindtægter så hurtigt som muligt. Øget genbrug og genanvendelse forlænger byggeprocessen (Rambøll, 2020), hvilket står i kontrast til et fokus på tid. En anden udfordring, der også kan udfordre udførelsestiden, er at kunne anskaffe sig genbrugsmaterialerne til den tid, de skal anvendes i byggeprocessen, og ligeledes at kunne anskaffe sig den mængde af materialerne, som byggeprojektet har brug for, hvilket udfordrer forsyningssikkerheden. Tiden mellem nedrivning og genbrug vil ofte

kræve, at materialer opmagasineres til de skal anvendes, og det skal sikres, at de har og bevarer stand og kvalitet (Værdibyg, 2020). Desuden skal materialeindkøberne kende til, hvor materialerne kan anskaffes, hvis de skal kunne indgå i en ny byggeproces, og der peges på etableringen af en markedsplatform som løsningsmulighed (Rambøll, 2020).

Øges mængden af genbrug i byggeriet, kan det presse eksisterende materialeproducenter og råstofnetværk, da deres forretningsgrundlag kan blive truet (Rambøll, 2020). Omvendt skabes der tilsvarende muligheder for udvikling af nye forretninger, der har til formål at operationalisere materialegenanvendelsen, således at det bliver mere attraktivt – både i lille og stor skala.

6.3 Delkonklusion

De indlejrede CO₂-emissioner i byggevarer indgår i LCA-beregninger for bygge og anlæg. Det betyder, at en måde at nedbringe et byggeris klimabelastning er at anvende andre byggevarer med mindre klimabelastning, der kan kræve anderledes byggetekniske løsninger.

Nationalt og globalt set forudsiges en befolkningstilvækst, der kan få betydning for, hvilke råvarer der i fremtiden er tilgængelige og omkostningseffektive, og derfor kan det være relevant at udvikle byggevarer af fornybare ressourcer for at lave biogene byggematerialer eller at forbedre på eksisterende produkter, der kan medvirke til CO₂-reduktioner.

Denne udvikling kan dog hæmmes af lovgivningens udmøntning, hvor krav til fx brand, kan gøre det mere besværligt at anvende nye materialer. Et andet aspekt, der kan gøre ikke-konventionelle materialer og nye tekniske løsninger mindre attraktive, er den iboende risiko for at skulle omgøre en løsning, hvis det senere opdages, at den ikke er byggeteknisk forsvarlig og kan medføre svigt i byggeriet. Et tredje aspekt er, at der i markedet er historisk stærke leverandører, som kan begrænse diffusionen af de nye materialer blandt aktører i markedet.

I tillæg til nye typer af byggematerialer ses der i forbindelse med den bæredygtige udvikling et øget fokus på direkte genbrug og genanvendelse af materialer, hvor den cirkulære økonomi kan gøre eksisterende byggeri til ressourcebanker for fremtidens byggeri. Genbrug kan ligeledes mindske byggeriets klimabelastning, men der er en række udfordringer ved genbrug i form af fx krav til dokumentation af materialernes egenskaber, potentielle miljøfarlige stoffer, tidskrævende nedrivningsproces, spørgsmål om opmagasinering og forsyningskendskab og -sikkerhed. Øget cirkularitet vil medføre nye forretningsmuligheder, men også skabe usikkerhed for allerede etablerede producenter, der ikke formår at mindske klimabelastningen fra deres produktion.

REFERENCER

7 REFERENCER

- Al-Ghamdi, S. G., & Bilec, M. M. (2017). Green Building Rating Systems and Whole-Building Life Cycle Assessment: Comparative Study of the Existing Assessment Tools. *Journal of Architectural Engineering*, 23(1).
- Almeida, L., Tam, V. W., Le, K. N., & Yujuan, S. (2020). Effects of occupant behaviour on energy performance in buildings: a green and non-green building comparison. *Engineering, Construction, and Architectural Management*, 27(8), 1939-1962.
- An, X., Deng, Y., Fischer, J. D., & Hu, M. R. (2016). Commercial Real Estate Rental Index: A Dynamic Panel Data Model Estimation: Commercial Real Estate Rental Index. *Real Estate Economics*, 44(2), 378-410.
- Anlægsteknikforeningen i Danmark. (2008). *Anlægsteknik 3 - Økonomi i bygge- og anlægsvirksomheder*. Kgs. Lyngby: Polyteknisk Forlag.
- Awadh, O. (2017). Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. *Journal of Building Engineering*, 11, 25-29.
- Ayinla, K. O., & Adamu, Z. (2018). Bridging the digital divide gap in BIM technology adoption. *Engineering, Construction, and Architectural Management*, 25(10), 1398-1416.
- BEK nr 118. (06. juni 2013). Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri. Hentet fra Retsinformation: <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2013/118>
- BEK nr. 1179. (4. oktober 2013). Bekendtgørelse om kvalitet, OPP og totaløkonomi i offentligt byggeri. Hentet fra Retsinformation: <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2013/1179>
- Birgisdottir, H., Hansen, K., Haugbølle, K., Hesdorf, P., Olsen, I. S., & Mortensen, S. (2010). *Bæredygtigt byggeri - Afprøvning af certificeringsordninger til måling af bæredygtighed i byggeri*. København: Byggeriets Evaluerings Center.
- Bolig- og Planstyrelsen. (2020). *Livscyklusvurdering - bygningens samlede klimapåvirkning*. Hentet 2. februar 2022 fra Den frivillige bæredygtighedsklasse: <https://baeredygtighedsklasse.dk/5-Krav-og-vejledning/Livscyklusvurdering---bygningens-samlede-klimapaavirkning#>
- Bolig- og Planstyrelsen. (2022a). *Formålet med klassen*. Hentet 10. januar 2022 fra Den frivillige bæredygtighedsklasse: <https://xn--bredygtighedsklasse-lxb.dk/1-formaalet-med-klassen/forord-ved-boligministeren>
- Bolig- og Planstyrelsen. (2022b). *Klimakrav (LCA) i bygningsreglementet*. Hentet 21. december 2022 fra bpst.dk: <https://bpst.dk/da/Byggeri/Baeredygtigt-byggeri/NY-Klimakrav-i-bygningsreglementet#introduktion>
- Bolig- og Planstyrelsen. (2023). *Bygningsreglementet 2018*. Hentet 19. januar 2022 fra Bolig- og Planstyrelsen: <https://bygningsreglementet.dk/>
- Boligministeriet. (1961). *Bygningsreglementet for købstederne og landet*. Hentet fra Bygningsreglementet.dk: http://w2l.dk/file/502082/br_enogtres.pdf
- Boligministeriet. (1977). *Bygningsreglementet 1977*. Hentet fra Bygningsreglementet.dk: http://w2l.dk/file/502102/br_syvoghalvfjerds.pdf
- Buus Consult. (2020). *Er det dyrt at bygge bæredygtigt?* Hentet 18. januar 2022 fra STEENBERGs tegnestue aps: <https://steenbergs.dk/ny-analyse-ikke-dyrere-at-bygge-mere-baeredygtigt/>

- CBRE. (2021). *Is sustainability certification in Real Estate worth it?* Coldwell Banker Richard Ellis.
- Chan, A. P., Darko, A., Ameyaw, E. E., & Owusu-Manu, D.-G. (2017). Barriers Affecting the Adoption of Green Building Technologies. *Journal of Management in Engineering*, 33(3), 04016057.
- Chan, A. P., Darko, A., Olanipekun, A. O., & Ameyaw, E. E. (2018). Critical barriers to green building technologies adoption in developing countries: The case of Ghana. *Journal of Cleaner Production*, 172, s. 1067–1079.
- Chegut, A., Eichholtz, P., & Kok, N. (2014). Supply, Demand and the Value of Green Buildings. *Urban Studies*, 51(1), 22–43.
- Chegut, A., Eichholtz, P., & Kok, N. (2019). The price of innovation: An analysis of the marginal cost of green buildings. *Journal of Environmental Economics and Management*, 98, 102248.
- Cirkulære om kvalitetssikring af byggearbejder. (12. november 1986). *CIR nr 166 af 12/11/1986*. Hentet fra Retsinformation: <https://www.retsinformation.dk/eli/mt/1986/166>
- Crosby, N., Devaney, S., & Nanda, A. (2016). Which Factors Drive Rental Depreciation Rates for Office and Industrial Properties? *The Journal of Real Estate Research*, 38(5), 359–392.
- Dainty, A., Leiringer, R., Fernie, S., & Harty, C. (2017). BIM and the small construction firm: a critical perspective. *Building Research and Information: the International Journal of Research, Development and Demonstration*, 45(5), 696–709.
- Dalene, F. (2012). Technology and information management for low-carbon building. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 4(4).
- Danmarks Statistik. (2022). *BYGB60: Bygninger og deres etageareal efter anvendelse, enhed, område, ydrevægsmateriale og tid*. Hentet 19. januar 2022 fra Statistikbanken: <https://www.statistikbanken.dk/BYGB60>
- Danmarks Statistik. (2023a). *FAM55N: Husstande 1. januar efter kommune, husstandstype, husstandsstørrelse og antal børn i husstanden*. Hentet 3. juli 2023 fra Statistikbanken: <https://www.statistikbanken.dk/FAM55N>
- Danmarks Statistik. (2023b). *BYGB33: Bygningsbestandens areal efter område, anvendelse, areal og opførelsesår (5 års intervaller) (AFSLUTTET)*. Hentet 6. juli 2023 fra Danmarks Statistik: <https://www.statistikbanken.dk/BYGB33>
- Danmarks Statistik. (2023c). *BYGV06: Gennemsnittigt areal i nyopførte boliger (historisk oversigt) efter anvendelse og tid*. Hentet 24. maj 2023 fra Statistikbanken: <https://www.statistikbanken.dk/BYGV06>
- Danmarks Statistik. (2023d). *BOL106: Boliger med CPR-tilmeldte personer (gennemsnit) efter område, enhed og anvendelse*. Hentet 3. juli 2023 fra Statistikbanken: <https://www.statistikbanken.dk/BOL106>
- Danmarks Statistik. (2023e). *BOL103: Boliger efter område, beboertype, anvendelse, antal værelser, boligstørrelse i kvm. og husstandsstørrelse*. Hentet 3. juli 2023 fra Statistikbanken: <https://www.statistikbanken.dk/BOL103>
- Danmarks Statistik. (2023f). *Befolkningsfremskrivning*. Hentet 06. juli 2023 fra Danmarks Statistik: <https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/borgere/befolkning/befolkningsfremskrivning>
- Danmarks Statistik. (2023g). *BEFOLK1: Befolkningen 1. januar efter køn, alder og civilstand*. Hentet 6. juli 2023 fra Danmarks statistik: <https://www.statistikbanken.dk/BEFOLK1>
- Danmarks Statistik. (2023h). *BYGB34: Bygningsbestandens areal efter område, anvendelse, arealtype og opførelsesår*. Hentet 6. juli 2023 fra Danmarks Statistik: <https://www.statistikbanken.dk/BYGB34>

- Danmarks Statistik. (2023i). *BYGB3: Bygningsbestandens areal efter område, anvendelse, areal og opførelsesår (5 års intervaller) (AFSLUTTET)*. Hentet 6. juli 2023 fra Danmarks Statistik: <https://www.statistikbanken.dk/BYGB3>
- Danmarks Statistik. (2023j). *FRDK123: Befolkningsfremskrivning 2023 for hele landet efter herkomst, køn og alder*. Hentet 6. juli 2023 fra Danmarks Statistik: <https://www.statistikbanken.dk/FRDK123>
- Dansk Standard. (1. april 2022). Introduktion til EUs taksonomi for miljømæssig bæredygtighed - byggeri. *DSF/DS/INF 177:2022*. Dansk Standard. Hentet fra Dansk Standard.
- de Gier, A., & Madsen, T. L. (3. februar 2023). *Debat | Grønne EU-krav kan splitte byggebranchen med ulige vilkår for bæredygtighed*. Hentet fra Børsen: <https://borsen.dk/nyheder/opinion/gronne-eu-krav-kan-splitte-brancher-og-skabe-ulige-vilkaar>
- DI Byggeri. (2. maj 2023). *Genbrugte materialer fremmes i nybyggeri*. Hentet fra DI Byggeri: <https://www.danskindustri.dk/brancher/di-byggeri/nyheder/arkiv/nyheder/2023/5/genbrugte-materialer-fremmes-i-nybyggeri/>
- Ding, Z., Fan, Z., Tam, V. W., Bian, Y., Li, S., Illankoon, I. C., & Moon, S. (2018). Green building evaluation system implementation. *Building and Environment*, 133, 32–40.
- Directorate-General for Financial Stability, Financial Services and Capital Markets Union. (2022). *EU taxonomy for sustainable activities*. Hentet 13. december 2022 fra https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
- Eberhardt, L. C., Birkved, M., & Birgisdottir, H. (2022). Building design and construction strategies for a circular economy. *Architectural Engineering and Design Management*, 18(2), 93-113.
- Eichholtz, P., Kok, N., & Quigley, J. M. (2010). Doing Well by Doing Good? Green Office Buildings. *The American Economic Review*, 100(5), 2492–2509.
- EjendomDanmark & Rambøll. (2022). *Digitale behov hos lejer og ejer: Vejen mod en mere bæredygtig ejendomsbranche*. København: EjendomDanmark & Rambøll.
- EjendomDanmark. (2021a). *Bæredygtige bygninger betaler sig*. København: EjendomDanmark.
- EjendomDanmark. (2021b). *Digitalt fokus for lejer og ejer i et bæredygtigt perspektiv*. København: EjendomDanmark.
- Energistyrelsen. (u.å. a). *Energimærkning af bygninger*. Hentet 20. januar 2023 fra Energistyrelsen: <https://ens.dk/ansvarsomraader/energimaerkning-af-bygninger/det-viser-energimaerket>
- Energistyrelsen. (u.å. b). *Byggeri og renovering*. Hentet 24. marts 2023 fra Energistyrelsen: <https://ens.dk/ansvarsomraader/energibesparelser/byggeri-og-renovering>
- EPD Danmark. (u.å.). *Verificeret dokumentation for byggevarers miljømæssige egenskaber*. Hentet 29. juni 2023 fra EPD Danmark: <https://www.epddanmark.dk/om-epd-er/hvad-er-en-epd/>
- Erhvervsstyrelsen. (u.å.). *Rapportering efter taksonomiforordningens artikel 8 (Guide)*. Hentet 9. marts 2023 fra Erhvervsstyrelsen: <https://erhvervsstyrelsen.dk/rapportering-efter-taksonomiforordningens-artikel-8-guide>
- ETA-Danmark. (u.å.). *Hvad er en eta?* Hentet 30. 11 2023 fra [etadanmark.dk](https://www.etadanmark.dk/da/eta/hvad-er-en-eta): <https://www.etadanmark.dk/da/eta/hvad-er-en-eta>
- EU. (2022). *2050-strategien på lang sigt*. Hentet 19. januar 2022 fra Europa-Kommissionen: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_da

- European Commission. (14. oktober 2020). *A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives*. Hentet 21. 03 2023 fra Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0662&from=FR>
- European Environment Agency. (7. juli 2022). *Building renovation: where circular economy and climate meet*. Hentet fra European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/publications/building-renovation-where-circular-economy>
- European Parliament. (14. marts 2023). *MEPs back plans for a climate neutral building sector by 2050*. Hentet 22. 03 2023 fra <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230310IPR77228/meps-back-plans-for-a-climate-neutral-building-sector-by-2050>
- Filippini, M., & Obrist, A. (2022). Are households living in green certified buildings consuming less energy? Evidence from Switzerland. *Energy Policy*, 161.
- Finansministeriet. (6. december 2021). *Finansloven for 2022*. Hentet 3. februar 2022 fra Finansministeriet: https://fm.dk/media/25396/aftale-om-finansloven-for-2022_a.pdf
- Forbrugerombudsmanden. (2021). *Kvikguide til virksomheder om miljømarkedsføring*. København: Forbrugerombudsmanden.
- Gann, D. M., & Salter, A. J. (2000). Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex products and systems. *Research Policy*, 29(7), 955–972.
- Gottlieb, S., & Vogelius, P. (2020). *Alment teknisk fælleseje - En institutionel analyse af fællesejets rolle i byggebranchen*. København: Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet .
- Gottlieb, S. C., Frederiksen, N., Mølby, L. F., Fredslund, L., Primdahl, M. B., & Rasmussen, T. V. (2023). Roadmap for the transition to biogenic building materials : A socio-technical analysis of barriers and drivers in the Danish construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 414.
- Gram-Hanssen, K., & Hansen, A. R. (2016). *Forskellen mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse*. København: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Hansen, E. J., Søder, P. H., & Fredslund, L. (2021). *Kortlægning af spild i byggeriet*. København: Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet .
- Haugbølle, K., & Raffnsøe, L. (2017). Lifecycle costing in office buildings : Key performance indicators from DGNB Denmark. *CIB Proceedings*, 1-13.
- Haugbølle, K., Forman, M., & Gottlieb, S. C. (2012). Driving sustainable innovation through procurement of complex products and systems. (N. Thurairajah, Red.) *CIB Proceedings*, 2012, 444-455.
- Hauschild, M. Z., Kara, S., & Röpke, I. (2020). Absolute sustainability: Challenges to life cycle engineering. *CIRP annals - Manufacturing Technology*, 69(2), 533-553.
- He, Y., Kvan, T., Liu, M., & Li, B. (2018). How green building rating systems affect designing green. *Building and Environment*, 133, 19-31.
- Hjalsted, A. W., Laurent, A., Andersen, M. M., Olsen, K. H., Ryberg, M., & Hauschild, M. (2020). Sharing the safe operating space: Exploring ethical allocation principles to operationalize the planetary boundaries and assess absolute sustainability at individual and industrial sector levels. *Journal of Industrial Ecology*, 25(1), 6–19.
- Holtermans, R., & Kok, N. (2019). On the Value of Environmental Certification in the Commercial Real Estate Market. *Real Estate Economics*, 47(3), 685-722.
- IEA. (2022). *Energy Efficiency 2022*. Paris: International Energy Agency (IEA).
- Indenrigs- og Boligministeriet. (2021). *National strategi for bæredygtigt byggeri*. København: Indenrigs- og Boligministeriet.

- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Jensen, M. O., Hansen, A. R., & Kragh, J. (2016). Market response to the public display of energy performance rating at property sales. *Energy Policy*(93), 229-235.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.029>
- JLL. (2020). *The impact of sustainability on value: Developing the business case for net zero carbon buildings in central London*. Jones Lang LaSalle (JLL).
- Karakhan, A. A., & Gambatese, J. A. (143(7) 2017). Identification, Quantification, and Classification of Potential Safety Risk for Sustainable Construction in the United States. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(7), s. 04017018.
- Khazal, A., & Sønstebo, O. J. (147 2020). Valuation of energy performance certificates in the rental market – Professionals vs. nonprofessionals. *Energy Policy*, 147, s. 111830.
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. (2020). *LOV nr 965 af 26/06/2020 (Lov om Klima)*. Hentet 13. december 2022 fra Retsinformation:
<https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2020/965>
- Knudsen, H. N., & Kragh, J. (2014). *Evaluering af energiklasserne 2015 og 2020 i BR10: I Oplevelser blandt ejere af nye lavenergi-enfamiliehuse og erfaringer blandt aktører i byggebranchen (SBI 2014:07)*. København: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Kok, N., & Jennen, M. (2012). The impact of energy labels and accessibility on office rents. *Energy Policy*, 46, 489–497.
- Kok, N., & Kahn, M. E. (47 2012). The capitalization of green labels in the California housing market. *Regional Science and Urban Economics*, s. 25-34.
- Kragh, J., & Wittchen, K. B. (2010). *Danske bygningers energibehov i 2050*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Interview - Det kvalitative forskningsinterview som håndværk* (3. udg.). København: Hans Reitzels Forlag.
- Lee, E. (2016). Sustainable Building Attributes that Contribute to Employees' Productivity. *The Journal of Sustainable Real Estate*, 8(1), 168–189.
- Li, W., Fang, G., & Yang, L. (2021). The effect of LEED certification on office rental values in China. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45.
- Linde, A., & Campos, A. (18. maj 2018). *Bæredygtighedsmærke er ingen garanti for bæredygtigt træ*. Hentet fra Danwatch:
<https://danwatch.dk/undersogelse/baeredygtighedsmaerke-er-ingen-garanti-for-baeredygtigt-trae/>
- Love, P. E., Niedzweicki, M., Bullen, P. A., & Edwards, D. J. (2012). Achieving the Green Building Council of Australia's World Leadership Rating in an Office Building in Perth. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(5), 652-660.
- MacNaughton, P., Satish, U., Laurent, J. G., Flanigan, S., Vallarino, J., Coull, B., . . . Allen, J. G. (2017). The impact of working in a green certified building on cognitive function and health. *Building and Environment*, 114, 178-186.
- Marmolejo-Duarte, C., & Chen, A. (2019). The uneven price impact of energy efficiency ratings on housing segments and implications for public policy and private markets. *Sustainability*, 11(2).
- Marsh, R. (2011). *Arkitektur og energi: Mod en 2020-lavenergi strategi*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Mesthrige, J. W., Oladinrin, O., & Javed, A. (2020). Different grades and different green premiums: a cross sectional analysis of a green certification scheme. *Pacific Rim Property Research Journal*, 26(3), 207-221.

- Miljøministeriet. (2021). *Handlingsplan for cirkulær økonomi*. Miljøministeriet.
- Miljøstyrelsen. (2022). *Affaldsstatistik 2020*. Miljøstyrelsen.
- Miller, N., Pogue, D., Gough, Q., & Davis, S. (1(1) 2009). Green Buildings and Productivity. *Journal of Sustainable Real Estate*, s. 65-89.
- Miller, N., Spivey, J., & Florance, A. (2008). Does Green Pay Off? *The Journal of Real Estate Portfolio Management*, 14(4), 385–400.
- Miranda, N. D., Lizana, J., Sparrow, S. N., Zachau-Walker, M., Watson, P. A., Wallom, D. C., . . . McCulloch, M. (2023). Change in cooling degree days with global mean temperature increasing from 1.5 °C to 2.0 °C. *Nature sustainability*.
- Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Asikainen, T., Salvi, M., & Scapolo, F. (2022). *Towards a green and digital future*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2760/977331
- Palacios, J., Eichholtz, P., & Kok, N. (2020). Moving to productivity: The benefits of healthy buildings. *PLoS ONE*, 15(8), e0236029–e0236029. doi:https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236029
- Porumb, V.-A., Maier, G., & Anghel, I. (2020). The impact of building location on green certification price premiums: Evidence from three European countries. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122080.
- PRI Association. (u.å.). *Introductory guide to responsible investment*. Hentet 8. marts 2023 fra Principles for responsible investment: <https://www.unpri.org/introductory-guides-to-responsible-investment/what-is-responsible-investment/4780.article>
- Rambøll. (2020). *Cirkulær økonomi i byggeriet - analyse af potentialer ved øget genbrug og genanvendelse af byggeaffald*. Århus: Rambøll.
- Rasmussen, F. N., Malmqvist, T., & Birgisdóttir, H. (2020). Drivers, barriers and development needs for LCA in the Nordic building sector - A survey among professionals. *IOP Publishing*, 1-8.
- Rasmussen, T., Thybring, E., Munch-Andersen, J., Nord-Larsen, T., Jørgensen, U., Gottlieb, S., . . . Wittchen, A. (2022). *Biogene materialers anvendelse i byggeriet*. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet.
- Raworth, K. (2012). *A safe and just space for humanity: can we live within the doughnut*. Oxfam Discussion Papers.
- Realdania. (u.å.a). *Materialepas skal sikre kvalitet af genbrugte byggematerialer*. Hentet 28. juni 2023 fra Realdania: <https://realdania.dk/nyheder/2023/06/materialepas-skal-sikre-kvalitet-af-genbrugte-byggematerialer>
- Realdania. (u.å.b). *Det digitale byggeri*. Hentet 26. juli 2023 fra Realdania: <https://realdania.dk/projekter/det-digitale-byggeri>
- Rehm, M., & Ade, R. (2013). Construction costs comparison between “green” and conventional office buildings. *Building Research and Information*, 41(2), s. 198-208.
- Reichardt, A., Fuerst, F., Rottke, N. B., & Zietz, J. (2012). Sustainable Building Certification and the Rent Premium: A Panel Data Approach. *The Journal of Real Estate Research*, 34(1), 99-126.
- Richardson, K. (25. maj 2021). *Planetære grænser*. Hentet fra Den store danske: https://denstoredanske.lex.dk/planet%C3%A6re_gr%C3%A6nser
- Robinson, S., Simons, R., & Lee, E. (2017). Which Green Office Building Features Do Tenants Pay For? A Study of Observed Rental Effects. *The Journal of Real Estate Research*, 39(4), 467-492.
- Rockström et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 472-475.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5. udg.). New York, N.Y. : Free P.
- Røjle, H., & Skov-Jensen, M. (29. december 2022). *Prisbelønnet dansk byggeri skulle være bæredygtigt: Men træet stammer fra truet regnskov*. Hentet fra Danmarks Radio:

- <https://www.dr.dk/nyheder/regionale/nordjylland/prisbeloennet-dansk-byggeri-skulle-vaere-baeredygtigt-men-traeet>
- Rådet for bæredygtigt byggeri. (u.å.). *Statistik - DGNB certificerede projekter*. Hentet 13. februar 2022 fra Rådet for bæredygtigt byggeri: <https://rbb.dk/projekter-statistik>
- Saka, A., & Chan, D. W. (21(5) 2021). BIM divide: an international comparative analysis of perceived barriers to implementation of BIM in the construction industry. *Journal of Engineering, Design and Technology*, s. 1604-1632.
- Shen, W., Tang, W., Siripanan, A., Lei, Z., Duffield, C. F., & Hui, F. K. (2018). Understanding the green technical capabilities and barriers to green buildings in developing countries: A case study of Thailand. *Sustainability*, 10(10), 3585–.
- Sikkerhedsstyrelsen. (u.å.). *Guider til vurdering af skader*. Hentet 30. juni 2023 fra <https://www.sik.dk/erhverv/huseftersynsordningen/vejledninger/bygningseftersyn/guider-vurdering-skader>: https://www.sik.dk/sites/default/files/2020-07/08._mgo-plader.pdf
- Stender, M., & Walter, A. (47(5) 2019). The role of social sustainability in building assessment. *Building Research and Information*, 47(5), s. 598–610.
- Sørensen, N. L., Øien, T. B., Skjöld, S., Frandsen, A. K., & Beim, A. (2018). *Bæredygtighedsparadokset*. København: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Taffese, W., & Abegaz, K. (2019). Embodied energy and CO2 emissions of widely used building materials: The Ethiopian context. *Buildings*, 9(6).
- Tanggaard, L., & Brinkmann, S. (2020). Interviewet: samtalen som forskningsmetode. I S. Brinkmann, & L. Tanggaard, *Kvalitative metoder: En grundbog* (3. udgave, 1. oplag udg., s. 33-63). Bosnia & Herzegovina: Hans Reitzels Forlag.
- Tatari, O., & Kucukvar, M. (2011). Cost premium prediction of certified green buildings: A neural network approach. *Building and Environment*, 46(5), 1081–1086.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Teknologisk Institut. (2018a). *Guidelines til branchen om anvendelse af miljøvurderinger*. Taastrup: Teknologisk institut.
- Teknologisk Institut. (2018b). *Miljøvurderinger i Byggebranchen*. Taastrup: Teknologisk Institut.
- Tozan, B., Jørgensen, E. B., & Birgisdóttir, H. (2021). *Klimapåvirkning fra 60 bygninger - Opdaterede værdier baseret på nyere data og danske branche EPD'er*. København: Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet.
- Ugur, L., & Leblebici, N. (2018). An examination of the LEED green building certification system in terms of construction costs. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 81, 1476–1483.
- UNEP. (2020). *2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- United Nations. (2015). *Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015: Transforming our world: the 2023 Agenda for Sustainable Development*. New York: Forenede Nationer.
- United Nations. (2022). *World Population Prospects 2022: Summary of results*. New York: United Nations.
- VCØB . (u.å. a). *Miljømærker og deklarationer*. Hentet 29. juli 2023 fra Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet: <https://vcob.dk/vcob/cirkulaert-byggeri/byggevarer/miljoemaerker-og-deklarationer/>
- VCØB. (u.å. b). *Få overblik over mærkningsordningerne*. Hentet 29. juli 2023 fra Videncenter for cirkulær økonomi i byggeriet: <https://vcob.dk/vcob/cirkulaert-byggeri/bygningsdesign/maerkninger-og-deklarationer/>

- Viegand Maagøe. (2023). *Analyse af CO2-udledningen for forskellige typer byudvikling*. København: CONCITO og Region Hovedstaden.
- Viridicem. (2023). *Produkter*. Hentet fra Viridi Cement: <https://viridicem.dk/produkter/>
- Værdibyg. (2020). *Cirkulær nedrivning*. København: Værdibyg.
- Værdibyg. (2023a). *Bæredygtighedsledelse*. København: Værdibyg.
- Værdibyg. (2023b). *Risiko som barriere for bæredygtige byggematerialer*. København: Værdibyg.
- Weber, O., Dordi, T., & Oyengunle, A. (2020). Stranded Assets and the Transition to Low-Carbon Economy. I M. Migliorelli, & P. Dessertine (Red.), *Sustainability and Financial Risks: The Impact of Climate Change, Environmental Degradation and Social Inequality on Financial Markets* (s. 63-76). Brussel, Belgien: Palgrave Macmillan.
- Wilhelmsson, M. (2019). Energy performance certificates and its capitalization in housing values in Sweden. *Sustainability*, 11(21), 6101–.
- Wittchen, K. B., Kragh, J., & Aggerholm, S. (2017). *Varmebesparelse i eksisterende bygninger - Potentiale og økonomi*. København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.
- WorldGBC. (2013). *The business case for green building: A review of the costs and benefits for developers, investors and occupants*. London: World Green Building Council.
- WorldGBC. (2021). *Beyond the business case: Why you can't afford not to invest in a sustainable built environment*. London: World Green Building Council.
- Zhang, L., & Li, R. (2022). Impacts of green certification programs on energy consumption and GHG emissions in buildings: A spatial regression approach. *Energy and Buildings*, 256, 111677–.
- Zhong, X., Hu, M., Deetman, S., Steubing, B., Lin, H. X., Hernandez, G. A., . . . Behrens, P. (2021). Global greenhouse gas emissions from residential and commercial building materials and mitigation strategies to 2060. *Nature Communications*, 12(1), 6126.
- Zimmermann, R. K., Andersen, C. E., Kanafani, K., & Birgisdóttir, H. (2020). *Klimapåvirkning fra 60 bygninger - Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger*. Kongens Lyngby: Polyteknisk Boghandel og Forlag ApS.
- Aalborg Portland. (2023). *Hvorfor er FUTURECEM mere bæredygtig end andre cementtyper?* Hentet fra Aalborg Portland: <https://www.aalborgportland.dk/baeredygtighed/futurecem/>

BÆREDYGTIG UDVIKLING I DET BYGGEDE MILJØ

Bæredygtig udvikling af det byggede miljø i Danmark drives bl.a. af frivillige bæredygtighedscertificeringer og øgede lovgivningskrav til bæredygtighed i bygge- og ejendomsbranchen både nationalt og internationalt. Forandringerne kan potentielt have en række positive såvel som negative afledte effekter, der kan have konsekvenser, skabe dilemmaer eller forskydninger mellem de forskellige led i byggeriets værdikæde.

Denne publikation udpeger via en tværgående analyse bl.a. følgende afledte effekter og dilemmaer af bæredygtigt byggeri for forskellige aktører i den samlede værdikæde:

- Ejendomsejere og -investorer: Driveere for valg af bæredygtige ejendomme, leje- og salgspræmie for investorer og ejere samt risiko for strandede aktiver.
- Brugere: Energiforbrug for bygninger i drift; trivsel, sundhed og produktivitet samt tendenser for arealforbrug.
- Projektvirksomheder: Nye kompetencekrav, datagrundlag og ændringer i udførelsespraksis.
- Leverandør- og råvarenetværk: Risici ved nye byggemetoder og cirkulær økonomi.

Projektet har modtaget økonomisk støtte fra Bolig- og Planstyrelsen (nu Social- og Boligstyrelsen) via den grønne klimapulje (2021-2022) til udarbejdelsen af denne rapport.