

Temadark #6

Økonomisk potentiale, strategier og forretningsmodeller

Cirkulær økonomi i byggeriet udfordrer den traditionelle lineære økonomi, hvor man producerer, anvender og til sidst nedriver. I stedet promoverer den cirkulære økonomi recirkulering som en rentabel løsning. Det er en langvarig proces, der kræver en omfattende og gradvis omstilling af produktions- og forbrugsmønstre, en kulturel ændring samt løbende justeringer. Cirkulær økonomi i byggeriet er også en kompleks størrelse, som involverer mange aktører i komplekse værdikæder, modstridende interesser, kaskadeeffekter og markedskonsekvenser, lange levetider og store risici. Processen kræver nye og alternative forretningsmodeller, innovative strategier samt samarbejde på tværs af byggebranchens værdikæder.

Hvad er det økonomiske potentiale for cirkulær økonomi i byggeriet?

Hvad skal der til for at opnå den cirkulære omstilling?

Grundlæggende begreber indenfor cirkulær økonomi

En vigtig forudsætning for forståelse af temaarkene er, at læserne har kendskab til en række grundlæggende begreber. Disse gennemgås i det følgende.

En cirkulær økonomi er en model for forbrug og produktion, hvor produkters livscyklus er udvidet, spild minimeret, og bevaring af ressourcer fremmet. Dette sker primært via et bedre miljøvenligt design, der gør det nemmere at reparere og genbruge gamle produkter, en forbedret holdbarhed, bedre affaldshåndtering og genanvendelsesmuligheder, og nye forretningsmodeller baseret på leasing, deling, reparation og genbrug. Cirkulær økonomi står i modsætning til den traditionelle økonomi med nyindkøb og en 'brug-og-smid-væk'-kultur.

Centrale begreber der understøtter cirkulær økonomi defineres bl.a. via det såkaldte "9R Framework", som introducerer et paradigme for cirkulære strategier. Det "9R Framework" blev introduceret for første gang i 2017 [1] og [2] og beskriver en prioriteret rækkefølge af ti principper indenfor produktionsværdikæder. 9R Framework'et er en udvidelse og nuancering af det europæiske affaldshierarki og en detaljering af ti forskellige strategier indenfor tre niveauer: hhv. design og affaldsforebyggelse, forlængelse af levetid samt genanvendelse/nyttiggørelse. Der ligger i 9R framework'et et hierarki for bedst udnyttelse af ressourcerne, hvor f.eks. R3 [genbrug] er at foretrække frem for R4 [reparation] osv.

Smartere forbrug og produktion	Forlængelse af levetid	Nyttiggørelse af materialer
R0 Refuse R1 Rethink R2 Reduce	R3 Reuse R4 Repair R5 Refurbish R6 Remanufacture R7 Repurpose	R8 Recycle R9 Recover

Tabel 1 9RFrameworket indeholder i alt 10 genbrugsstrategier, der er inddelt i tre niveauer. Frit oversat fra engelsk. Tabellen stammer fra [3].

R0. Refuse. Gøre produktet overflødigt ved at opgive dets funktion eller ved at tilbyde samme funktion ved et radikalt anderledes (f.eks. digitalt) produkt eller service.

R1. Rethink. Gøre brugen af produktet mere intensiv (f.eks. gennem product-as-a service, delingsmodeller)

R2. Reduce. Øge effektiviteten i produktfremstilling eller -brug ved at forbruge færre naturressourcer og materialer.

R3. Reuse. Genbrug af produkter eller komponenter, som stadig er i god stand og opfylder deres oprindelige funktion (og som ikke er affald) til samme formål, som de var udformet

R4. Repair. Reparation og vedligeholdelse af et defekt produkt, så det kan bruges med sin oprindelige funktion.

R5. Refurbish. Opgradering af et gammelt produkt for at bringe det op til dato.

R6. Remanufacture. Brug af dele af et kasseret produkt i et nyt produkt med samme funktion (og som performer som nyt)

R7. Repurpose. Brug af et kasseret produkt eller dele heraf i et nyt produkt med en anden funktion.

R8. Recycle. Genanvendelse (via en omforarbejdningsproces) af affaldsmaterialer til produkter, materialer eller stoffer, hvad enten de bruges til det oprindelige formål eller til andre formål. Heri indgår omforarbejdning af

organisk materiale, men ikke energjudnyttelse og omforarbejdning til materialer, der skal anvendes til brændsel eller til opfyldningsoperationer. I branchen skelner man mellem højkvalitets- eller lavkvalitetsgenanvendelse ud fra tekniske, miljømæssige eller økonomiske aspekter. Et eksempel af højkvalitetsgenanvendelse for beton er teknologier, der muliggør både genanvendelsen af den knuste beton som tilslag i ny beton, men også genanvendelsen af de ultrafine beton partikler som erstatning for cement. I modsætning til det er et eksempel af lavkvalitetsgenanvendelse for beton genanvendelsen af den grove fraktion af den knuste beton som tilslag i ny beton, hvor den fine fraktion ikke har nogen nyttig anvendelse.

R9. Recover. Forbrænding af materiale med energjudnyttelse eller materialenyttiggørelse, f.eks. backfilling/opfyldningsoperationer.

De mest udbredte cirkulære strategier indenfor byggesektoren i dag er genanvendelse samt materialenyttiggørelse (svarende til hhv. R8 og R9), i nogle tilfælde forberedelse til genbrug (svarende til R4 and R5) eller andre form for oparbejdning (svarende til R6 or R7) samt, i mindre grad, direkte genbrug [R3]. Cirkulære forretningsmodeller og strategier (svarende til R1) ses også i stigende grad, ligesom indsatser inden for produkt- og produktionsoptimering (svarende til R2), bl.a. understøttet af f.eks. øget anvendelse af miljøvaredeklARATIONER (EPD).

Økonomisk potentiale

De store tal

Cirkulær økonomi sigter mod gradvist at afkoble vækst fra forbruget af naturens begrænsede og ubegrænsede ressourcer. Cirkulær økonomi er et middel til at minimere forbrug af primære råstoffer, samtidig med, at der eksisterer et økonomisk potentiale.

Ellen MacArthur Foundation lavede i 2015 en analyse af de økonomiske potentialer for cirkulær økonomi i Danmark [4]. Et af de største potentialer blev fundet inden for byggeindustrien og bygninger, hvor der blev peget på 3 muligheder, beskrevet i tabellen nedenfor.

Mulighed	Potentiale (nettoværdi) pr. år i 2035
Industrialiseret produktion, hvor affaldet reduceres, inkl. modulært byggeri og 3D print af bygningsmoduler	3,4-4,5 Mia. DKK
Genbrug og højkvalitets-genanvendelse af komponenter og materialer	0,8-1,1 Mia. DKK
Deling og multibrug af bygninger	2,3-3,4 Mia. DKK

Tabel 2 Økonomisk potentiale estimeret i analyse fra 2015 [4].

For genbrug og genanvendelse blev der peget på mulige politiske virkemidler som videreudvikling af byggeregulativer, gennemførelse af uddannelsesprogrammer i hele branchen, samt støtte til etablering af materialeopgørelser (software og databanker).

I 2020 blev der udført en analyse af de miljø- og samfundsmæssige konsekvenser ved øget genbrug og genanvendelse af fire byggematerialefraktioner [5]. Her blev de potentielt årlige samfundsøkonomiske tab og gevinst beregnet, som er vist i Tabel 2 på næste side.

Materiale	Tagsten
Sammenligning	80 % genbrug af tagsten og 20 % nedknusning fremfor 100% nedknusning.
Samlet årlig potentiel samfundsøkonomisk gevinst/tab	Tab på 325 mio. kr. [skyldes primært de høje omkostninger til nedrivning, transport, rensning og opbevaring]. Gevinst på 31,5 mio. kr. , hvis der genbruges direkte på stedet, under en forudsætning om, at stenene ikke kræver forarbejdning før genbrug [omkostninger til transport, forarbejdning og lagring spares].
Materiale	Stenuld
Sammenligning	90 % genanvendelse af stenuld i ny stenuld og 10 % deponering fremfor 34 % genanvendelse af stenuld.
Samlet årlig potentiel samfundsøkonomisk gevinst	Gevinst på 4,5 mio. kr. [skyldes primært undgåede omkostninger til deponi samt undgået transport af jomfruelige sten til produktionen af ny stenuld]
Materiale	Beton
Sammenligning	100 % genbrug af den bærende betonkonstruktion, mens ikke-bærende betonelementer nedkneses fremfor, at 100 % af al beton nedkneses.
Samlet årlig potentiel samfundsøkonomisk gevinst	345-525 mio. kr. [skyldes primært den undgåede produktion af ny beton]
Materiale	Interimstræ
Sammenligning	Genbrug af 34 % af interimstræet, som recirkuleres 2 gange om året, fremfor at interimstræet sendes til forbrænding.
Samlet årlig potentiel samfundsøkonomisk gevinst	36 mio. kr. [skyldes primært undgået produktion af nyt træ]. Samlet set kan interimstræet recirkuleres 4-6 gange over dets levetid, hvilket svarer til en samlet samfundsøkonomisk gevinst på ca. 72-143 mio. kr. over træets levetid].

Tabel 3 Potentielle årlige samfundsøkonomiske tab og gevinster for fire fraktioner. Læs nærmere om beregninger og forudsætninger i analysen. Tal kommer fra Rambøll, 2020 [5].

Samtidig har et EU-studie fra 2024 estimeret potentialet fra to scenarier for forbedret cirkularitet i byggesektoren. Ved at nedskalere de samlede tal for de 27 EU lande fra rapporten [6] er det muligt at komme med et estimat for Danmark:

- i det første scenarie, hvor deponering og forbrænding reduceres til et minimum, og de bedste tilgængelige genanvendelsesteknologier implementeres, mens genbrug holdes på samme niveau som i dag, estimeres et økonomisk tab for Danmark på knap 100 mio. €/år [svarende til ca. 750 mio. kr./år].
- i det andet scenarie, hvor de samme forhold som i scenarie 1 gælder, dog med en prioritering af forberedelse til genbrug over genanvendelse, estimeres en økonomisk gevinst for Danmark på knap 115 mio. €/år [svarende til ca. 860 mio. kr./år].

Værdiskabelsen i cirkulære forretningsmodeller ligger i besparelser på en række omkostninger og miljøpåvirkninger. Dette kan være besparelser i materialer, energi, kemikalier, vedligehold eller arbejdskraft.

Stigende ressourcepriser, råstof- og CO₂-afgifter og grænser for CO₂-udledning er en løftestang for de cirkulære forretningsmodeller, mens høje omkostninger til indsamling, sortering, nedrivning og klargøring af materialer er en hæmsko. Samtidig er der i dag begrænsede muligheder i Danmark til at håndtere sorteringen og klargøring af ressourcerne, hvilket også udgør en barriere.

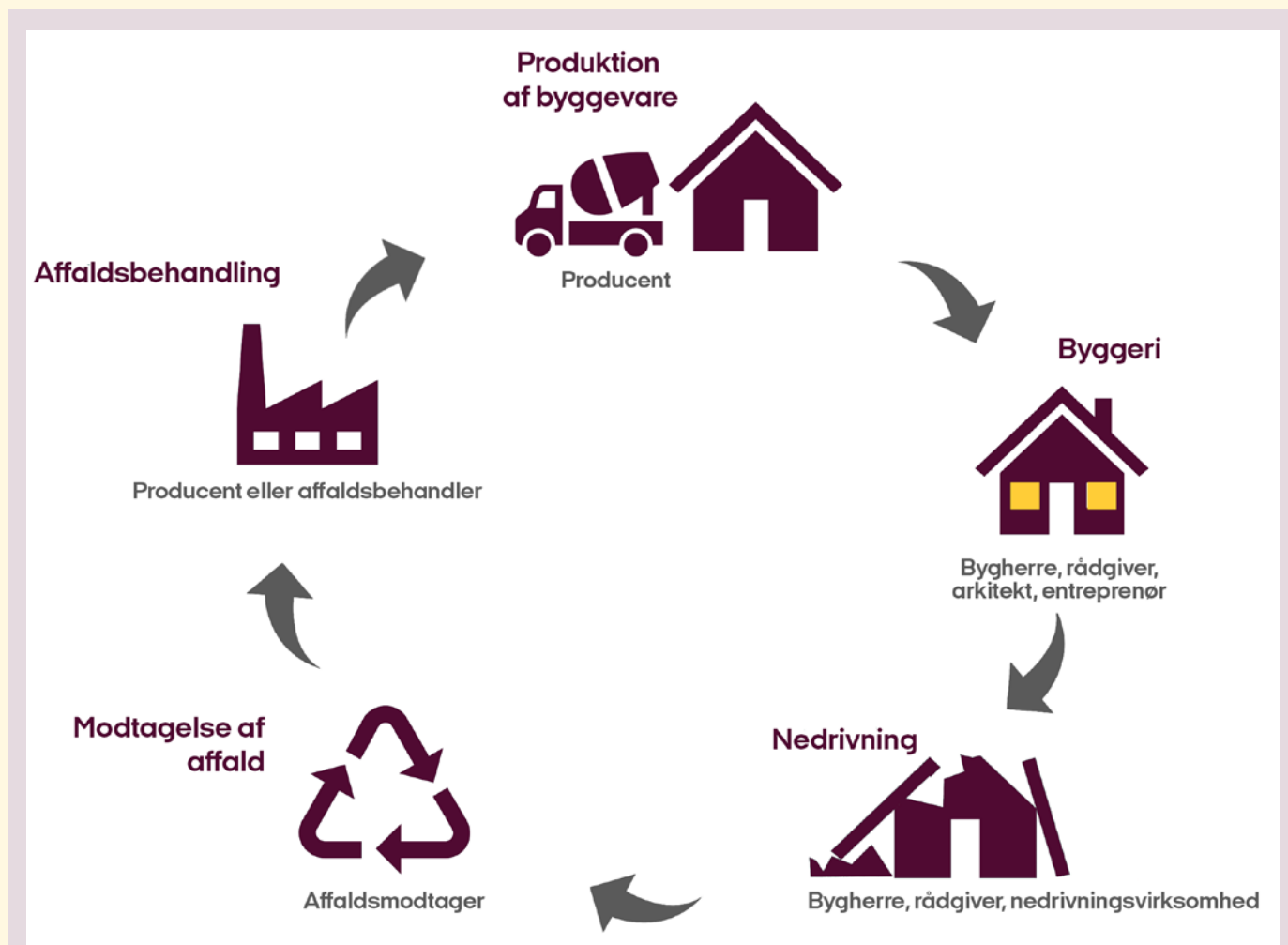
Selvom der arbejdes på at minimere tabet af ressourcer, er det svært at opnå en 100 % udnyttelse af ressourcerne. I praksis vil der være et tab gennem værdikæden. Ressourcernes rejse gennem værdikæden vil samtidig være afgørende for, hvor let eller udfordrende det er at skalere og kommercialisere den cirkulære forretning.

Processer og værdikæder

Cirkulære værdikæder inden for byggeri kan være komplekse og fragmenterede, da de består af mange forskellige aktører med hver deres interesser. Processer og værdikæde for genanvendelse, forberedelse til genbrug og direkte genbrug gennemgås nedenunder.

Genanvendelse

Ved genanvendelse anvendes affaldet i nedknust eller neddelt form i en ny produktion. Det nyproducerede produkt kan enten være samme produkt som oprindeligt eller et helt andet produkt. Værdikæden inkluderer både en affaldsbehandler og en producent. I produktionen blandes og neddeles forskellige materialer, og derved kan forskelle i materialekvalitet udjævnes i produktionsprocessen, hvilket nedsætter risikoen for tab af materialer og øger mulighederne for skalering. Ofte bliver der tilsat jomfruelige materialer i produktionsprocessen [se Figur 1].



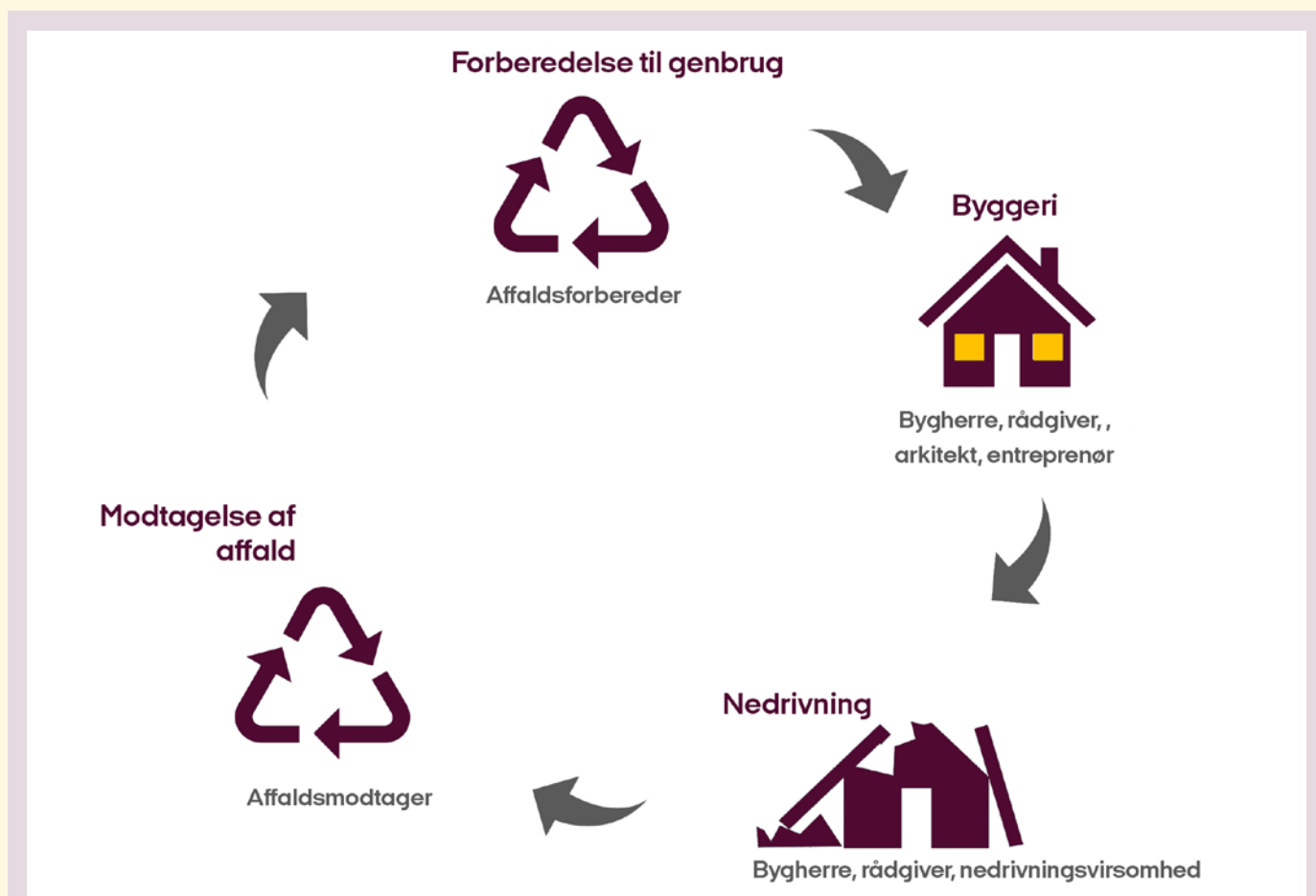
Figur 1 Processer og værdikæde for genanvendelse. Figur kommer fra Teknologisk Institut, 2021.

Forberedelse til genbrug

Ved forberedelse til genbrug anvendes byggekomponenter i samme form i et nyt projekt eller byggeri. Der foregår derved ikke nogen ny produktion af et byggemateriale, men det vil være nødvendigt, at der foretages en afrensning og istandsættelse af komponenterne. Der vil være et tab af materialer i denne

proces i form af materialer, der er ødelagte enten i form af slid eller i nedrivningsprocessen.

Affaldsmottagerne kan skalere genbrugsmaterialer ved at samle dem fra mange forskellige byggerier [se Figur 2].

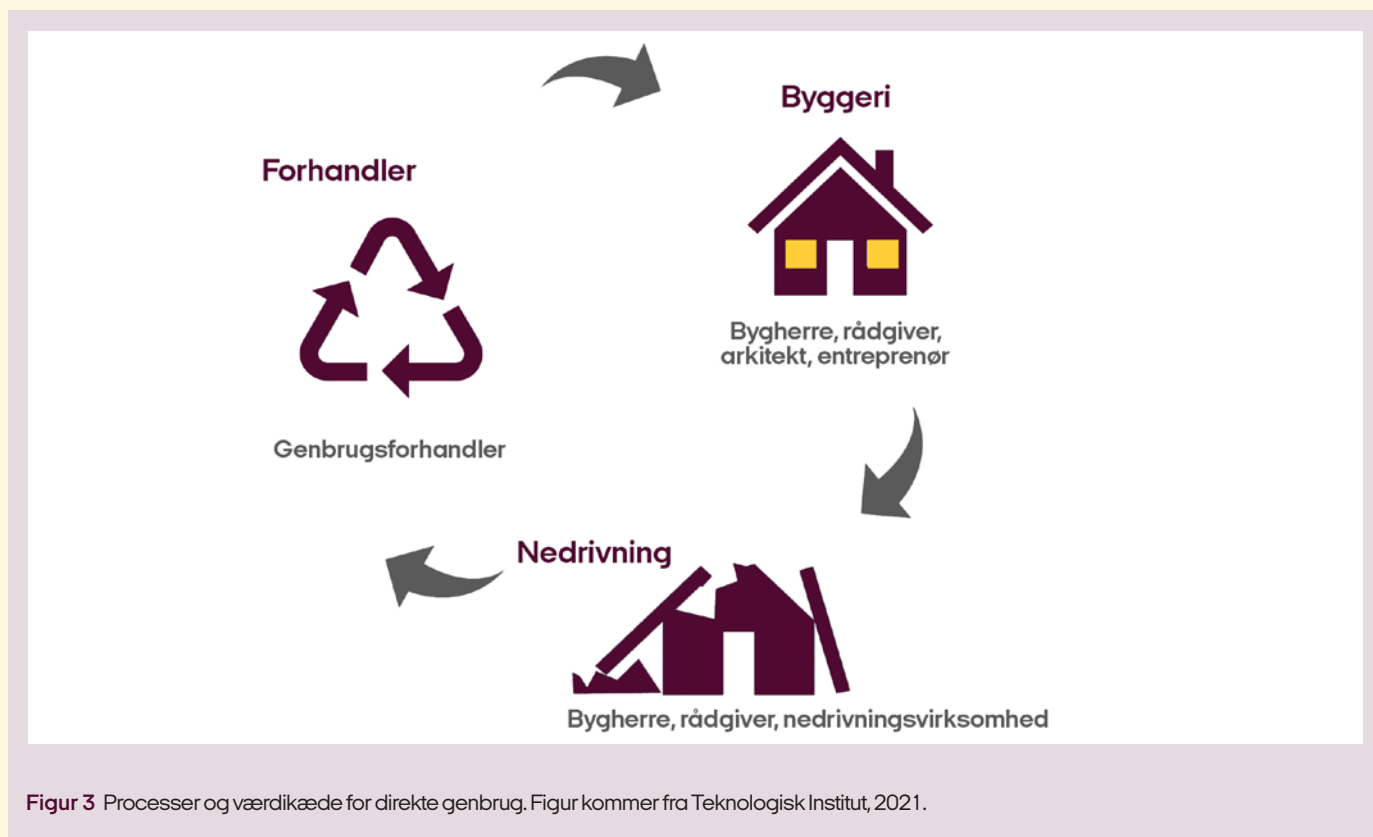


Figur 2 Processer og værdikæde for forberedelse til genbrug. Figur kommer fra Teknologisk Institut, 2021.

Direkte genbrug

Ved direkte genbrug er det muligt at afsætte komponenterne til direkte brug igen. Materialerne som genbruges direkte klassificeres ikke som affald. Ofte vil genbrugsmaterialerne blive solgt igennem en gen-

brugsforhandler (se Figur 3), men nogle gange vil det være muligt at afsætte direkte fra et nedrivningsprojekt til et nyt byggeprojekt. Skaleringspotentialet for genbrug ligger også i, at der bygges med de materialer, der er tilgængelige på et givent tidspunkt.



Figur 3 Processer og værdikæde for direkte genbrug. Figur kommer fra Teknologisk Institut, 2021.

Roller og forretningsmuligheder for aktører i den cirkulære proces

I den cirkulære værdikæde er samarbejde og partnerskaber mellem aktører et vigtigt nøgleord, og ingen aktør vil kunne løfte den cirkulære dagsorden alene. De enkelte aktører i værdikæden har forskellige roller og forretningsmuligheder, når cirkulære principper skal implementeres. Herunder listes nogle af mulighederne for værdikædens aktører.

Bygherren kan i høj grad påvirke sit byggeri i en cirkulær retning ved at lægge en strategi, der inkluderer cirkulære principper, som så ligger til grund for deres udbudsbetingelser. Dette indebærer bl.a. valg om bevaring frem for nedrivning, valg af materialer, herunder graden af genbrug og genanvendelse, design for adskillelse og fleksibilitet. Certificeringsordninger eller dokumentation af bygningens cirkularitet kan bidrage til en promovning eller profilering, f.eks. i forbindelse med salg eller udlejning.

FOKUS PÅ

En risikofond til at fremme brug af innovative byggematerialer

Byggebranchen har potentiale til at reducere sine miljøpåvirkninger ved at anvende bl.a. genbrugte men også innovative f.eks. bio-baserede byggematerialer. Tit er der dog en barriere ifm. ansvar og de risici, der er forbundet med at bruge nye materialer, som der hverken er gode eksempler eller lang erfaring med. En risikofond kan hjælpe med at overvinde barrierer og sikre forsikring når nye innovative byggematerialer skal bringes i spil f.eks. via dokumentation af potentielle risikofaktorer.

Der arbejdes i skrivende stund på etablering af en risikofond [7].

Materialeproducenten har en vigtig rolle i den cirkulære omstilling, hvor de kan tænke cirkulære principper ind i produktudviklingen. Dette indebærer bl.a. materialevalg i produktionen, udvikling af komponenter, der kan adskilles og ansvar for cirkulariteten ved at implementere tilbagetagningsordninger. Producenten kan udnytte anvendelsen af de cirkulære principper i markedsføringen af sine produkter.

Ingeniøren har muligheder for nye typer rådgivning med fokus på teknisk og digital udvikling af forskellige cirkulære løsninger. Derudover bliver miljø- og ressourcekortlægningen fremadrettet en vigtig ydelse for rådgiveren. Dokumentation af virksomheders cirkularitet samt test og dokumentation af genbrugsmaterialers ydeevne er vigtige forretningsområder i den cirkulære omstilling.

Arkitekten skal implementere nye typer af designstrategier i sin forretning. Det handler både om rådgivning af bevaring frem for nedrivning, transformation og renovering, det fleksible og modulære byggeri, men også implementering af genbrugsmaterialer og andre materialer med mindre ressourcebelastning.

Entreprenøren har en række muligheder på byggepladsen i den praktiske udførelse ved opbygning og nedrivning af byggeriet. Dette indebærer bl.a. fokus på materialespild og affaldssortering. Derudover er der en forretningsmulighed ved at være bindeled til andre aktører, der kan anvende overskudsmaterialer og byggeaf-

fald fra byggepladsen – f.eks. affaldsmodtageren eller genbrugsforhandleren.

Nedrивeren har muligheder for at anvende og udvikle metoder til skånsom og selektiv nedrivning og sortering af materialerne, så genbrugsmaterialernes værdi bevares og kan formidles til andre aktører i værdikæden.

Affaldsmodtageren og affaldsbehandleren har mulighed for at samle og oparbejde affaldet til nye sekundære materialer.

Genbrugscentret er en ny dedikeret aktør, der via strømlinede processer oparbejder materialer til genbrug eller genanvendelse. Aktøren har et lager for genbrugsmaterialer, men har samtidig også faciliteter til at behandle og forarbejde materialerne [3].

Genbrugsforhandlere og byggemarkeder har muligheder for at afsætte brugte materialer uden videre forarbejdning.

Transportøren er ofte bindeleddet mellem forskellige aktører i værdikæden og har en rolle i at sikre materialernes sporbarhed og i at opnå en miljøvenlig logistik.

Materialebørs og materialehubs er hhv. en handelsplatform for genbrugsmaterialer og lagerpladser eller genbrugsbutikker, der har handel og opbevaring af genbrugsbyggematerialer som primær funktion.

VÆR OPMÆRKSOM PÅ

En materialeplatform skal nedbryde barrierer i den cirkulære økonomi

Der er fortsat barrierer i den cirkulære økonomi, der betyder, at markedet er umodent. En væsentlig barriere er, at det er svært at skalere.

En materialebank i form af en digital markedsportal er en metode til at samle og skalere genbrugsmaterialer, men da markedet fortsat er umodent, er der en række opmærksomhedspunkter ved denne løsning. En undersøgelse i 2020 [8] viste at:

- En markedsportal skal ikke blot facilitere en handelssituation, men skal også bibringe den faglige dokumentation af kvaliteten af materialerne.

- Hvis en markedsportal indeholder oplysninger om miljøgevinster, f.eks. i form af CO₂-besparelser, er det væsentligt, at det er transparens omkring, hvordan disse gevinster er beregnet.
- En markedsportal skal bidrage til sporbarhed af materialerne.
- En markedsportal skal kunne bruges som planlægningsværktøj for sit cirkulære byggeri.
- En markedsportal skal fungere som bindeled mellem de forskellige aktører i værdikæden og skal engagere nye aktører i den cirkulære økonomi.

Eksempel

CIRCUE

Circue er en digital platform, der støtter beslutningstagning i det cirkulære byggeri med et "one-point entry" for cirkulære valg. Platformen understøtter beslutningsprocessen fra design til nedrivning og samler, validerer og beriger data på eksisterende bygninger og materialer, hvilket hjælper bygherrer med at træffe miljømæssigt optimale valg. Platformen

omfatter værktøj til screening af bygningers materialer gennem bygnings- og materialedatabank og en materialebørs til udveksling af genbrugsmaterialer på tværs af byggeriets værdikæde.

Circue udspringer af et Grand Solutions-projekt fra 2021-2024 finansieret af Realdania og Innovationsfonden. Læs mere om projektet her.



Figur 4 Circue er en digital platform til den cirkulære byggeproces. Fotograf: Thomas Sinding.

Cirkulære forretningsmodeller

Den første rapport om cirkulær økonomi fra Ellen MacArthur Foundation [9] introducerede tre nye forretningsmodeller med udgangspunkt i omstillingen til en cirkulær økonomi.

- Consumer as a user (forbrugeren som brugeren)
- Performance contracts (præstationskontrakter)
- Products become a service (produkter som service)

Der er efterfølgende kommet flere modeller til, som alle udspringer fra de tre nævnte. For eksempel er leasingsmodellen ofte nævnt som en cirkulær forretningsmodel, men den bygger på produktet som service. Det samme gælder take-backordninger, som bygger på en præstationskontrakt.

Eksempel

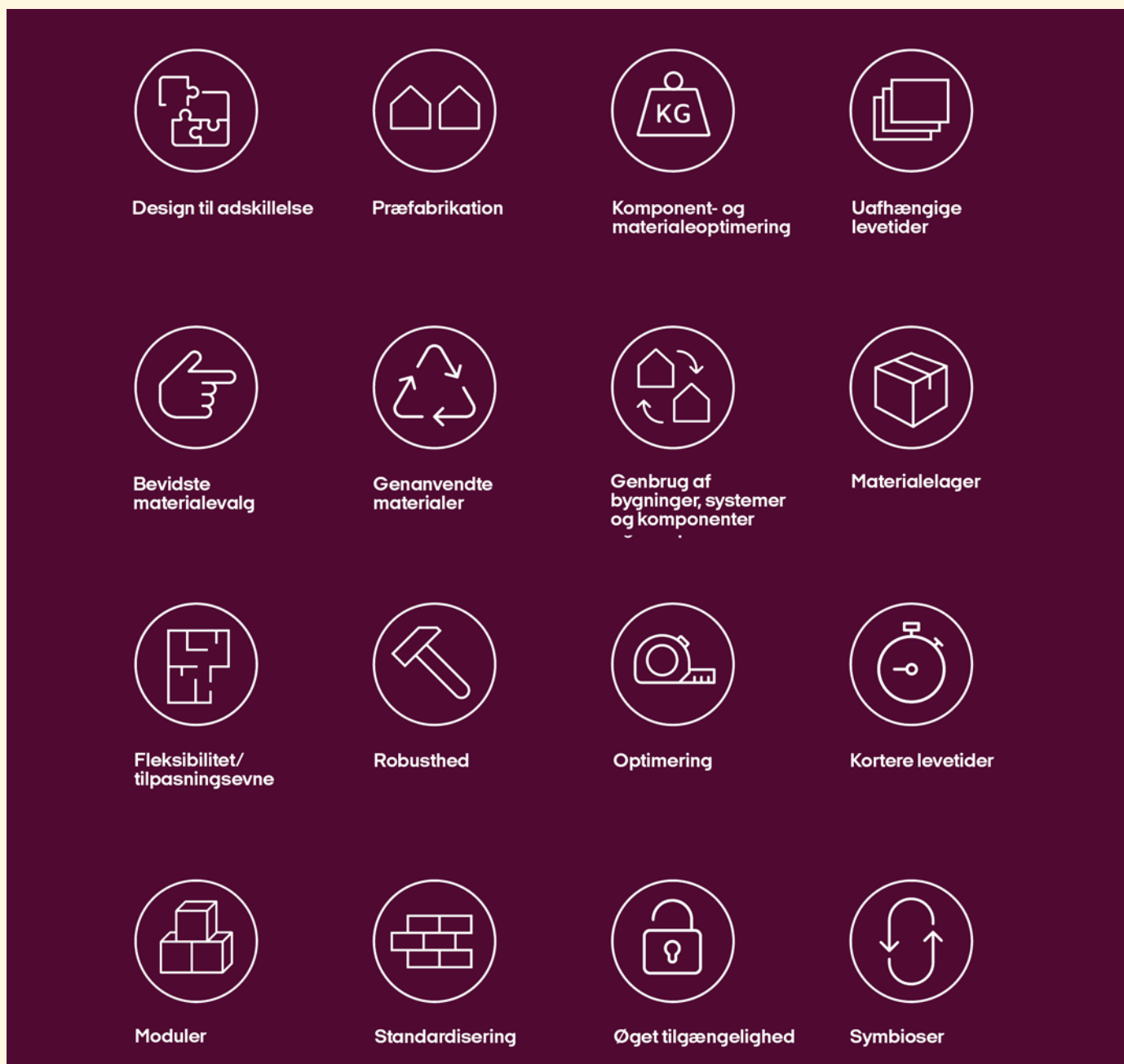
Fischer Lighting har udviklet en patenteret LED-retrofit metode, som gør det lettere og billigere at opdatere gammel belysning til ny og miljøvenlig LED-teknologi ved at indsætte en speciallavet indsats i de eksisterende

armaturer, således at det eksisterende armatur kan beholdes. Dette reducerer mængden af affald ved at forlænge levetiden på store dele af det eksisterende armatur [10].

Cirkulære strategier indenfor byggeri

Implementering af cirkulære principper i byggesektoren kan være ekstra udfordrende på grund af byggeriets særegenheder: lange levetider, stort ansvar og potentielt store konsekvenser ved fejl, samt en overordnet konservativ tilgang. Der er derfor behov for konkrete strategier,

der har til formål at bevare eller recirkulere ressourcer i praksis. Nedenfor ses en oversigt over 16 forskellige typer af strategier og værktøjer indenfor byggesektoren, som kan kombineres eller stå alene [11].



Figur 5 De 16 forskellige cirkulære strategier, hvor byggeriet eksplicit har til formål at bevare eller recirkulere ressourcer, kortlagt af forsker Leonora Eberhardt fra BUILD, Aalborg Universitet. Figuren stammer fra [12].

Design til adskillelse (også kaldet design for adskillelse og design for disassembly)

Byggekomponenter, systemer og hele byggerier, der er konstrueret, så enkeltdelene let kan tages fra hinanden og genbruges, genanvendes og vedligeholdes.

Bevidste materialevalg

Valg af de materialer, der er mindst belastende for klodens ressourcesituation. Enten fordi de kan dyrkes – som f.eks. træ – eller fordi de er genbrugt eller genanvendt.

Fleksibilitet/tilpasningsevne

Byggerier, der er konstrueret fleksibelt, så de kan anvendes til mange formål. F.eks. ved at ændre på rumstørrelse og etageadskillelse. På den måde kan boliger f.eks. blive kontorer og børneinstitutioner kan f.eks. omdannes til en servicevirksomhed.

Moduler

Byggerier af moduler, der let kan skilles ad, tilpasses og bruges i andre sammenhænge.

Præfabrikation

Leanproduktion for at minimere spild og øge produktivitet, så der forbruges færrest mulige ressourcer.

Genanvendte materialer

Affald fra byggeriet såvel som fra andre sektorer kan genanvendes i produktionen af nye byggevarer, hvor de erstatter nye råmaterialer.

Robusthed

Byggerier, der er designet til at bestå i lang tid. Kan indebære byggeteknisk og arkitektonisk kvalitet samt klimasikring for fremtidens klimaændringer.

Standardisering

Brug af så få samlinger, komponenter og materialer som muligt, så de enkelte bygningsdele er lette at vedligeholde og dermed forlænge levetiden af.

Komponent- og materialeoptimering

Reduktion af mængden og antallet af materialer for at lette vedligehold og øge kendskabet til materialerne i det samlede byggeri.

Genbrug af bygninger, systemer og komponenter

Byggerier, der enten i fuldt mål har fungeret andetsteds eller byggevarer (og større dele af byggerier), der 1:1 er genbrugt fra tidligere byggerier. Renovering er del af denne cirkulære byggestrategi.

Optimering

Design efter produktmål for at undgå spild – også på byggepladsen.

Øget tilgængelighed

Tilgængelige samlinger og komponenter er lettere at skifte og vedligeholde.

Uafhængige levetider

Materialer og lag er uafhængige af hinanden, så de kan skiftes, uden at det andet skal skiftes med. Minimalt brug af kompositmaterialer – som ofte ikke kan adskilles.

Materialelager

Design af bygninger, så de fungerer som midlertidige materialelagre.

Kortere levetider

Midlertidige byggerier, der kan flyttes eller omdannes til noget andet efter endt brug.

Symbioser

Når affald eller overskud fra en bygning/industri kan bruges i en anden. Symbioser er defineret ved deres geografiske nærhed.

Digitalisering som løftestang til cirkulært byggeri

Et tværgående tema inden for cirkulært byggeri er digitalisering. Brug af innovative, digitale teknologier, som kan understøtte cirkularitet, har fået stigende op-

mærksomhed over de sidste år. Nedenstående tabel giver et overblik over de vigtigste digitale værktøj og begreber.

DIGITALISERING	
Digitale platforme	Digitale platforme til udveksling af materialer på tværs af materialehubs til at skabe volumen, forsyningsikkerhed og et konkurrencedygtigt marked for genbrugsmaterialer.
Intelligente data [f.eks. big data og IoT].	Indsamling af data om hvordan et produkt/bygning bliver anvendt kan bruges til at optimere produktet eller bygningen med ressourcebesparelser til følge.
Materialepas	Digitale materialepas for nye materialer og for genbrugte materialer skal give et fælles og anerkendt sprog ved dokumentation af materialer.
Bygningspas	En digital samling af data om bygning [herunder materialepas for bygningens materialer] skaber de bedste forudsætninger for drift og vedligehold og dermed længere levetid. Derudover giver et bygningspas beslutningsstøtte og input til evt. fremtidig nedrivning af bygningen til videst mulig udnyttelse af materialerne.
Digitale og automatiserede redskaber	Udvikling af digitale, automatiserede procesværktøjer og robotter til optimeret udførelse og nedrivning til gavn for tid- og ressourceforbrug, f.eks. ved brug af digitale tvillinger, 3D-scanning teknologi, virtuel/mixed/augmented reality mm.
En digital byggeproces	Udvikling af standardiserede dataformater og digitale processer, så data kan deles og anvendes på tværs af værdikæden.

Tabel 4 Eksempler på digitale værktøj og begreber, som kan understøtte cirkularitet.

Materialepas for genbrugsmaterialer

En af udfordringerne ved at få genbrugte byggematerialer ind på det professionelle marked er dels den mangelfulde og uensartede dokumentation, dels manglende løsninger på udveksling af data på tværs af eksisterende processer og systemer. Udviklingen af et materialepas for genbrugte byggematerialer skal bidrage til en større udbredelse af genbrugsmaterialer i byggeriet. Målet er at udvikle et materialepas for genbrugte bygge-

materialer, der er bredt funderet og accepteret i byggebranchen.

Materialepasset skal bidrage til gældende dokumentationskrav til materialer og fungere sammen med eksisterende og kommende lovgivning. Det skal desuden kunne integreres med eksisterende digitale løsninger og byggeriets praksis. Læs mere om udviklingen af materialepasset her.

Opsummering

Hvad er det økonomiske potentiale for cirkulær økonomi i byggeriet?

Et nyligt EU-studie estimerer det økonomiske potentialet for cirkulær økonomi i byggesektoren. Øget genanvendelse via en minimering af deponering og forbrænding forventes at medføre et tab på ca. 750 mio. kr./år for Danmark, mens en prioritering af genbrug over genanvendelse forventes at give en besparelse på ca. 860 mio. kr./år.

Hvad skal der til for at opnå den cirkulære omstilling?

Det er fortsat en afgørende barriere for den cirkulære omstilling af byggebranchen, at storskala og kommercialisering af cirkulære løsninger generelt endnu udestår. Med den nuværende praksis i byggeriet er det dyrere og mere besværligt at arbejde efter cirkulære principper sammenlignet med den konventionelle tilgang. Der er behov for volumen og skalering af løsninger, når virksomheder skal lave den totale transformation. Der er heldigvis en række virksomheder, der allerede lykkedes med, f.eks. at indføre enkelte relevante cirkulære strategier i deres led af værdikæden – f.eks. design for adskillelse, implementering af genbrugsmaterialer eller nye materialer med stor grad af genanvendte inputmaterialer. Roadmap for cirkulær økonomi i byggeri giver indblik i nogle eksempler og cases [13].

Manglende viden

- En række publikationer præsenterer forskellige cases med forretningsmodeller. Men der mangler viden om hvor ofte disse tages i anvendelse, og hvordan de kan udbredes og skaleres.
- En opdateret og mere detaljeret undersøgelse om skalering af cirkulære forretningsmodeller samt af det økonomiske potentiale ved forskellige delelementer af den cirkulære økonomi.

REFERENCER

- [1] J. Potting, M. Hekkert, E. Worrell, A. Hanemaaijer, Circular Economy: Measuring innovation in the product chain - Policy report, 2017. <https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>.
- [2] J. Kirchherr, D. Reike, M. Hekkert, Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, *Resour. Conserv. Recycl.* 127 [2017] 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
- [3] M. Sørensen, L.L. Molander, S. Finsdóttir, Fremtidens genbrugscenter for byggematerialer Et paradigme med dilemmaer og perspektiver, 2024. <https://www.teknologisk.dk/fremtidens-genbrugscenter/teknologisk-institut-pegger-paa-et-hul-i-aktoerkaeden-byggebranchen-har-brug-for-et-genbrugscenter/45873>.
- [4] Ellen MacArthur Foundation, Potential for Denmark as a Circular Economy - A case study from: delivering the circular economy – a toolkit for policy makers, 2015. <https://erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/2020-01/Potential-for-Denmark-as-a-circular-economy.pdf>
- [5] Rambøll, Cirkulær økonomi i byggeriet Analyse af potentialer for øget genbrug og genanvendelse af byggeaffald, 2020.
- [6] J. Cristobal Garcia, D. Caro, G. Foster, G. Pristera, F. Gallo, D. Tonini, Techno-economic and environmental assessment of CDW management in the EU Status quo and prospective potential, 2024. <https://doi.org/10.2760/721895>.
- [7] Dagens Byggeri, Byggebranchens topledere med 12 anbefalinger – sådan gør vi byggeriet mere bæredygtigt, [2023]. <https://dagensbyggeri.dk/baeredygtighed/byggebranchens-topledere-med-12-anbefalinger-sadan-gor-vi-byggeriet-mere-baeredygtigt/>.
- [8] K.H. Smith, Markedsportaler for genbrug og genanvendelse af byggeaffald, 2020. <https://www.teknologisk.dk/tydelser/bygge-og-anlaegsaffald/ressourcekortlaegning/34248,5>.
- [9] Ellen MacArthur Foundation, Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition, 2022. <https://doi.org/10.1596/37331>.
- [10] Dansk Industri, Fischer Lighting ApS - Cirkulær belysning for alle pengene, [n.d.]. <https://www.danskindustri.dk/politik-og-analyser/di-mener/miljoenergi/cirkular-okonomi/cirkularitetcases/fischer-lighting-cirkular-belysning-for-alle-pengene/>.
- [11] L.C.M. Eberhardt, M. Birkved, H. Birgisdóttir, Building design and construction strategies for a circular economy, *Archit. Eng. Des. Manag.* 18 [2020] 93–113. <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1781588>.
- [12] VCØB, Green Paper #1 Status: Sådan står det til med cirkulært byggeri i Danmark, [2022]. https://vcob.dk/media/nidasg5x/vcob_greenpaperno1.pdf.
- [13] A. Oberender, K.H. Smith, M.K. Sørensen, S. Finsdóttir, S.B. Kjerulff, Roadmap for cirkulær økonomi i byggeriet, 2023. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/roadmap-for-cirkulaer-oekonomi-i-byggeriet>.