

Den gode dokumentations- proces – Bilag: Analyse

August 2023

Viden til gavn

Publikationen er udgivet af
Social- og Boligstyrelsen
Edisonsvej 1
5000 Odense C
Tlf: 72 42 37 00
E-mail: info@sbst.dk
www.sbst.dk

Forfatter: Helle Vibeke Andersen, Jørgen Munch-Andersen, Stefan C. Gottlieb & Endrit Hoxha (AAU BUILD)
for Social- og Boligstyrelsen.
Udgivet **august 2023**

Download eller se rapporten på
www.sbst.dk.

Der kan frit citeres fra rapporten med angivelse af kilde.

ISBN: kontakt_isbn@sbst.dk
digital isbn: kontakt_isbn@sbst.dk

Indhold

Bilag I Ressourcer og skalering, bæredygtighed og barrierer samt oplæg til udvælgelseskriterier	2
1 Indledning.....	3
2 Ressourcer og skaleringspotentiale	4
3 Bæredygtighedsvurdering	15
4 Barrierer for brug af genbrugsmaterialer	24
5 Udvælgelseskriterier.....	32
6 Case udvælgelse.....	35
7 Referencer.....	43
 Bilag II Litteraturstudie med afdækning af barrierer mod genbrug af byggematerialer	45
1 Introduktion.....	46
2 Grundlag for undersøgelsen.....	47
3 Metode og tilgang	48
4 Tværgående analyse.....	51
5 Referencer.....	56

Bilag I

Ressourcer og skalering,
bæredygtighed og barrierer
samt oplæg til udvælgelses
skriterier

1 Indledning

Indenfor rammerne af projektet "Formidlings- og analyseindsats af best practice cases med genbrugte byggematerialer" beskriver dette bilag, den viden, der er afdækket i Del 1 om potentialet for genbrug af byggematerialer og barrierer forbundet med dokumentation af materialerne. Vidensindsamlingen fokuserer på at kvalificere grundlaget for udvælgelse af en række cases, hvor genbrug af byggematerialer er håndteret på en miljømæssig og økonomisk såvel som sundheds- og sikkerhedsmæssig forsvarlig måde. Potentialet for genbrug af byggematerialer ses dels i perspektiv af et skaleringspotentiale, dels en bæredygtighedsvurdering. Dertil kommer en afdækning af barrierer foranlediget af dokumentationskrav. Der fokuseres således på tre hovedelementer i potentialet for at genbruge byggematerialer:

- ressourcer og skaleringspotentiale
- bæredygtighedsvurdering
- afdækning af barrierer

De tre hovedelementer kan ikke isoleres fra hinanden og afhænger også af andre faktorer i den samlede proces. Genbrug af byggematerialer udvider kæden af aktører og interaktioner i byggeprocessen. De genbrugte byggematerialer stammer fra nedrivning eller omfattende renoveringer og dermed kommer en række led ind i processen, der går forud for tilgængeligheden af genbrugsmaterialer. Relevansen af genbrugsmaterialerne for det konkrete projekt afhænger af en række faktorer, bl.a. tilgængelighed, mængde og dimensioner ift. behovet. Dertil kommer, at Bygningsreglementet stiller krav, der skal sikre, at et byggeri udføres og indrettes, så det er tilfredsstillende i både brand-, sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende. Det kan, afhængigt af materialets fremtidige funktion, give behov for dokumentation af genbrugsmaterialernes egenskaber i forhold til:

- styrke og stivhed
- brandpåvirkning
- indhold af farlige stoffer
- fugtmæssige egenskaber
- varmeisoleringsevne
- holdbarhed overfor bl.a. frost, varme og UV-stråling

Ved genbrug af byggevarer kan tilvejebringelse af dokumentationen være en udfordring, da materialerne sjældent kan vurderes alene på basis af gængse regler og standarder for nye materialer.

Nedenfor er de tre hovedelementer om ressourcer og skaleringspotentiale, bæredygtighed og barrierer gennemgået. På baggrund af den indhentede viden er der foreslået en række udvælgelseskriterier. Til sidst er en opsummering af baggrunden for udvælgelseskriterierne for cases og dernæst er indsamling og udvælgelse beskrevet.

2 Ressourcer og skaleringspotentiale

Vurdering af ressourcer og skaleringspotentiale tager udgangspunkt i den eksisterende bygningsmasse og hvor meget, der bliver revet ned. Materiale-mængder skønnes for forskellige byggeteknikker anvendt i forskellige tidsperioder.

Typer af etageejendomme opført før 1977 er beskrevet i SBI-anvisning 221, Efterisolering af etageboliger (Munch-Andersen, 2008). Denne anvisning omhandler etageboliger bygget i perioden 1850-1977. Det ældre murede byggeri med træbjælkelag er hovedsageligt fra perioden ca. 1850 til ca. 1920, mens det nyere murede byggeri med betondæk er fra 1930'erne og frem til omkring 1960. Herefter følger 1960'erne og 1970'erne med et stort omfang af etageboliger, opført som betonelementbyggeri med bærende tværvægge og betonsandwichelementer i ydervæggene.

De fleste enfamiliehuse indtil 1950'ere, og også mange efterfølgende, er bygget som 'murermeistervilla-er'. Der er anvendt mange forskellige byggeteknikker, selvom de fleste har skalmur. De er bl.a. beskrevet i TRÆ 76, Efterisolering med fokus på enfamiliehuse (Rem et al., 2019).

2.1 Byggeskik og materialer

Byggeskik og materialer er opdelt i tidsperioder efter opførelstidspunkt og estimerer for potentielt genbrug er estimeret nedenfor. Disse estimerer er anvendt til at regne videre på tilgængelige genbrugsressourcer.

Indtil 1950

Indtil omkring 1950 er alle typer bygninger altovervejende opført med bærende murværk, etagedæk og tagkonstruktion af træ. Tagdækningen er ofte teglsten, men cementtagsten, bølgeplader og tagpap bruges også. Etagedæk af beton eller stålprofiler med teglelementer er heller ikke usædvanlige.

Ved nedrivning er denne type bygninger forholdsvis lette at adskille i de enkelte materialer. I perioden er der anvendt ren kalkmørtel til murværket, som hæfter så svagt, at det er muligt at afrense murstenene. I denne type byggeri opnås den primære bæreevne gennem tyngden, så der var ikke behov for stor klæbestyrke. Potentielle materiale-mængder egnet til genbrug er illustreret i tabel 1.

Tabel 1. Potentielt genbrugelige materialer fra typisk muret etageejendom, 1940-1960. Mængder for typisk bygning opført med bærende murværk, træbjælkelag og tagkonstruktion af træ med teglsten. Fundament og kældervægge er ikke medtaget. Opgørelse tager udgangspunkt i SBI-Anvisning 221 (eksempel side 152), men med træbjælkelag fremfor betondæk.

	Stk. -	Vægt ton	Volumen m ³	Areal m ²	Længde m
<i>Pr. 100 m² etageareal (vægge og dæk)</i>					
Mursten ex mørtel	18.500	37	25		
Vinduer				18	
Træbjælker		1,0	2,0		150-200
Gulvbrædder		0,10	0,20	80	
Forskalling- og indskudsbrædder		1,5	3,0		
Sum	18.500	39,4	30,2	98	150-200
<i>Pr. 100 m² bebygget areal (tag)</i>					
Træbjælker, tag og loft		2,5	5,1		
Lægter		0,4	0,8		300
Forskallingsbrædder		0,8	1,5		
Tagsten	1.700	5,1		120	
Sum	1.700	8,8	7,3	120	300

Betragtes en fireetagers ejendom, hvor tagets vægt fordeles over det samlede etageareal, bliver den samlede masse 42 ton pr 100 m² ((39,4 + 8,8/4) ton pr. 100 m²) eller 420 kg/m² etageareal. Af dette udgør træets masse 33 kg/m². Dette svarer til, at træmassen er 9 % af teglmassen (tegl som summen af mursten og tagsten). Dette estimat har en vis usikkerhed, men afviger meget fra en rapport fra Miljøstyrelsen, hvor vægtandelen af træ er estimeret til omkring 18-25 % af tegl, afhængigt af bygningsstørrelse og opførelstidspunkt (Miljøstyrelsen, 2022). Rapporten er omtalt nedenfor.

Hvis træbjælkelaget erstattes af et betondæk, fordobles massen til ca. 800 kg/m² etageareal. Til kældervægge af beton forventes brugt ca. 1 m³ pr m omkreds af bygningen og er der ikke kælder, anvendes ca. det halve til fundamentet. For eksemplet i tabel 1 giver det et betonforbrug til kældervægge på 500 kg/m² bebygget areal.

Bygninger med store spændvidder, fx industribygninger, anvender i højere grad beton og stål, men andelen af bygningsmassen er lille. Der vil ofte være genbrugsegneede stålprofiler, men også træ i større dimensioner.

Efter 1950

I løbet af 1950'erne blev indført mange nye byggeteknikker. I større bygninger, herunder etageboliger, overtog beton murværkets rolle og omkring 1960 blev betonsandwichkonstruktioner dominerende. Ikke-bærende facader, især ved altaner og altangange kan være træelementer. Tage er typisk flade med tagpap, men kan også være en let konstruktion af træ eller stål med lille hældning og dækket med tagpap eller bølgeplader. Skader har medført, at mange flade tage senere er ændret til en sådan let konstruktion. Ud over beton, indskrænker potentielle genbrugsmaterialer sig til gulvbrædder og eventuelt træ i tagkonstruktionen. Lave bygninger som enfamiliehuse, skoler og institutioner blev i stort omfang bygget med skalmur af gule mursten med en bagvedlig-

gende konstruktion af porebeton, letklinkerbeton eller pladebeklædt træskelet. Til skalmure anvendes cementholdig mørtel, som gør stenene særdeles vanskelige at adskille og rense. Tagkonstruktioner er primært af træ, men udover gitterspær anvendes også bjælkespær til næsten flade tage. Tagdækningen varierer meget, med en mindre del af tegl. Ved bygninger i 1½ eller 2 plan og over kælder anvendes både etageadskillelser af træ og letbeton. Vinduer udføres ofte som sammenhængende lette partier, hvor en større eller mindre del er træbeklædt. Ud over beton, indskrænker potentielle genbrugsmaterialer sig til gulvbrædder, træ i tagkonstruktioner og eventuelle lette vægge samt eventuelle tagsten.

Massen af et 1½-plans enfamiliehus med træbjælkelag, igen uden bidrag fra fundament og terrændæk, er omkring 500 kg/m² bebygget areal eller ca. 300 kg/m² etageareal.

Opgørelser i relation til selektiv nedrivning

I 2022 udkom en rapport fra Miljøstyrelsen om selektiv nedrivning i byggebranchen (Miljøstyrelsen, 2022a). Der er bl.a. gennemført LCA-vurderinger af konsekvenser ved selektiv nedrivning og til disse analyser er bygningsmassen opdelt efter opførelsestidspunkt og bygningens størrelse. Der skelnes mellem bygninger:

- hhv. større eller mindre end 250 m²
- opført indenfor tre tidsperioder: før 1950, i perioden 1950 til 1977 og efter 1977.

Baggrunden for denne opdeling har udgangspunkt i byggeskikken, men med fokus på miljø- og sundhedsskadelige stoffer. Her adskiller perioden 1950-1977 sig fra de andre perioder. Byggeriet i denne periode har erfaringsmæssigt en høj forekomst af miljø- og sundhedsskadelige stoffer, især PCB (PolyChlorede Biphenyler) og asbest (Miljøstyrelsen, 2022a). I denne periode bygges elementbyggeri med sammensatte betonelementer, brugen af cement i mørtel stiger og der kommer nye lim- og fugemasser samt isoleringsmaterialer. Bl.a. introduceres PCB som blødgør i fugemasse, men brugen af PCB i de såkaldte "åbne anvendelser" ophører med et forbud i 1977. Før ca. 1950 indeholder bygningerne typisk færre miljø- og sundhedsskadelige stoffer, men der bør være opmærksomhed på renoveringer, der kan have tilført uønskede stoffer. Efter 1977 indeholder det nye byggeri færre kendte miljø- og sundhedsskadelige stoffer, dog er antallet af kemiske stoffer stigende (Miljøstyrelsen, 2022a). Bygningerne efter 1977 er præget af høj teknisk kompleksitet og antallet af forskellige materialer øges. I moderne byggeri er der overordnet set en overvægt af stål og glas (Miljøstyrelsen, 2022a). Tabel 2 viser materialesammensætningen (i vægt-%) fordelt på bygningstype og opførelsestidspunkt.

Tabel 2. Materialesammensætning (vægt-%) fordelt på bygningstype og -klasse (Miljøstyrelsen, 2022a).

Bygnings-type	Bygnings-klasse	Beton	Tegl	Træ	Glas	Metal	Gips	Mineral-uld	Plast	Andet
Mindre bygninger	Før 1950	35	42	14	0,5	4	1	0,3	0,2	3,0
	1950-1977	45	35	8	0,9	5	2	0,5	0,3	3,3
	Efter 1977	42	32	7	1,5	6	4	0,8	0,4	6,3
Større bygninger	Før 1950	50	33	6	0,8	6	1	0,3	0,2	2,7
	1950-1977	55	22	5	1,1	8	2	0,5	0,3	6,1
	Efter 1977	60	12	4	1,7	10	4	0,8	0,4	7,1

2.2 Bygningsmassen

Tabel 3 viser et udtræk fra Danmarks Statistik over bygningsmassen i 2021 fordelt på bygningstyper. Disse tal danner baggrund for estimater på ressourcer præsenteret i afsnit 2.5.

Tabel 3. Bestående bygningsmasse i 2021 fordelt på bygningstyper (kilde Danmarks Statistik, 2023).

Bygningstyper	Antal bygninger	Etageareal, 1000 m ²	Etageareal, m ² pr. bygning
Parcelhuse	1.128.851	149.114	132
Række-, kæde- og dobbelthuse	268.017	36.526	136
Etageboliger	99.916	85.709	858
Anden helårsbeboelse	7.787	731	94
Avls- og driftsbygning	315.926	67.915	215
Fabrikker, værksteder og lign.	50.103	31.278	624
Bygninger til kontor, handel, lager, offentlig administration mv.	101.361	64.660	638
Bygninger anvendt til undervisning, forskning og lign.	17.625	19.049	1081
Sommerhuse	230.597	17.318	75
Sum	2.220.183	472.300	213

2.3 Nedrivning

Der er ikke umiddelbart tilgængelige oplysninger om nedrivninger af bygninger i Danmark. I 2017 udgav KORA (Det Nationale Institut for Kommuners og Regioners Analyse og Forskning) en rapport med analyse af nedrivninger. Analysen medtager hovedparten af helårsbeboelse undtaget etageboligbebyggelse, døgninstitutioner og kollegier. Analysen viser, at der ca. var 1.500 nedrivninger om året, hvor der ikke genopføres et nyt hus på grunden. De fleste nedrevne huse var parcelhuse eller stuehuse til landejendomme. Det var overvejende ældre bygninger (fleste mere end 100 år gamle, næstflest i gruppen 51-100 år). Hovedparten af husene lå i landområder i større afstand til store byer og ofte havde husene stået tomme et år eller mere inden nedrivning. KORA (2017, s. 6) skriver endvidere: "Den kommunale fordeling af nedrivningsparate huse viser ikke overraskende, at andelen af nedrivningsparate huse er højest på Lolland-Falster, øerne (bl.a. Bornholm og Langeland) og i det nordvestlige Jylland. Forværringen fra 2015 til 2020 sker meget tydeligt ikke i de store byer, og mindre på Sjælland og Fyn end i Jylland, hvor store dele af Midtjylland vurderes at opleve en forværring frem til 2020; Nord- og Sønderjylland vurderes også at opleve en forværring men dog fra et lavere udgangspunkt." Der er således en regional fordeling i nedrivningen af beboelsesejendomme. Desuden er der en problematik om forfald af bygningerne inden nedrivning og dermed også en potentiel kvalitetsforringelse af materialerne til genbrug.

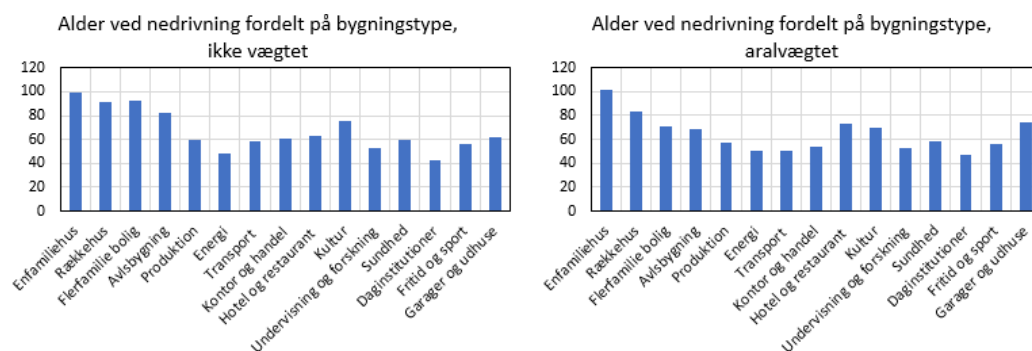
Østerby et al. (2019) har med projektet "Opbygning af Danmark gennem nedrivning af tomme huse" set på konkrete bud på forretningsmodeller for cirkulær økonomi med Lolland som udgangspunkt. Her påpeges bl.a., at der er brug for mere kendskab til nedrivningsmodne huse således, at der strategisk kan udpeges og puljes nedrivninger og skalere materialemængder.

I rapporten "Nedrivning af enfamiliehuse: Omfang og årsager" (Jensen et al., 2022) analyseres nedrivningstendenser, hvor der er revet ned og efterfølgende opført nyt byggeri. Enfamiliehuse udgør den største kategori og fra 2015 ses et nogenlunde stabilt niveau på ca. 1.200 bygninger årligt (ca. 1000 parcelhuse og 200 stuehuse til landbrugsbygninger). Der er en regional forskel på denne "riv-ned-byg-nyt" og andelen er størst i Region Hovedstaden. På landsplan er 72 % af de

nedrevne huse opført i perioden 1900-1972, ligeligt fordelt mellem perioden 1900-1950 og 1950-1972. 19 % af de nedrevne huse er opført før 1900.

Realdania (2021) har udgivet et temaark #2 om "Byggeriet som Ressourcebank". På baggrund af en rapport fra Teknologisk Institut (2020) med analyse af råstoffer til byggeri vurderes, at der nedrives 2-3 mio. m² om året. Dette skøn bygger på en estimeret nedrivningsrate på 0,3 % af bygningsarealet (Teknologisk Institut, 2020). Det påpeges i rapporten, at der ikke findes specifikke tal for mængden af byggeaffald fra renoveringer, hvor der typisk er mindre mængder fra mange små projekter (Teknologisk Institut, 2020).

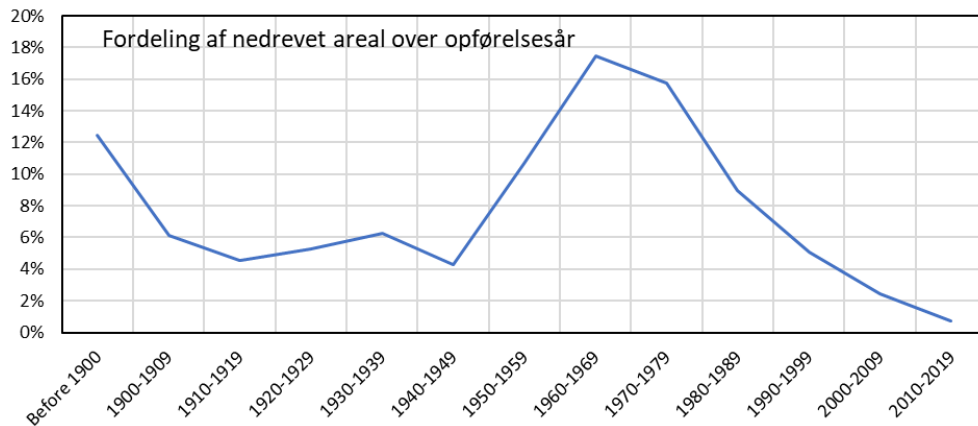
Bygningers alder ved nedrivning i perioden 2010–2019 er estimeret for forskellige bygningstyper (Andersen & Negendahl, 2023). På figur 1 vises middelværdien over de 10 år for hhv. simpel middelværdi af bygningernes alder og vægtet med deres areal således, at det er kvadratmeterens alder, der vises.



Figur 1. Bygningers alder ved nedrivning, gennemsnit for perioden 2010-2019. Efter Andersen og Negendahl (2023).

På basis af baggrundstal fra Andersen & Negendahl (2023) (stillet til rådighed af forfatteren Negendahl, 2023), findes det årlige nedrevne areal til 1,7 mio. m², hvilket svarer til 0,2 % af det samlede bygningsareal. Dette er af samme størrelsesorden som skønnet på 0,3 % svarende til 2-3 mio. m² pr år fra Teknologisk institut (2020).

Figur 2 viser det nedrevne etageareal pr år som gennemsnit over 10 års perioden 2010-2019, fordelt efter opførelsesår for bygningerne. Figuren er baseret på data stillet til rådighed af Negendahl (2023). Det ses, at der er stor forskel på fordelingen over opførelsesårene. Det store antal i årene 1950-1990, afspejler, at der blev bygget meget i den periode. Og nu nedrives mange typehuse fra 1960'erne og 1970'erne.



Figur 2. Nedrevet etageareal pr år i perioden 2010-2019 i 1000 m² fordelt efter opførelsesår for bygningen. Efter Negendahl (2023).

En sammenlignes figur 1 og 2 viser, at det er mange forskellige bygningstyper, der bidrager til nedrivningerne i perioden fra omkring 1950-1990. Samtidig må en del af enfamiliehusene være ældre eftersom den gennemsnitlige alder ved nedrivning er 100 år (svarende til opførelse i 1920). Dette er i overensstemmelse med analysen fra KORA (2017), der viste, at de fleste nedrevne huse var parcelhuse eller stuehuse til landejendomme og overvejende ældre bygninger.

Ud fra en betragtning af det årlige etageareal af nyopførte bygninger, udvidelser til eksisterende bygninger og årlige nedrevne bygninger, estimerer Andersen & Negendahl (2023), at bygningsmassen i perioden 2011 til 2019 voksede fra ca. 700 til 750 mio. m², svarende til en vækst på 7% i perioden. Ses på 10-årsperioden samlet, er der nedrevet 17 mio. m² (10 år x 1,7 mio. m² pr år). Det betyder en forskel på en faktor tre mellem mængden af nedrevne og nybyggede m² i denne periode.

Sammenlægges de to estimater for nedrivning af enfamiliehuse med hhv. ingen genopførelse (KORA, 2017) og genopførelse på grunden (Jensen et al., 2022) viser det, at knap 3000 enfamiliehus nedrives årligt. Antages et etageareal på 100 m² for de nedrevne huse, betyder det nedrivning af omkring 300.000 m². Dvs. dette estimat udgør 10-15 % af det skønnede tal fra Teknologisk Institut (2020), mens det er 17 % af skønnet fra Andersen & Negendahl (2023) for den samlede nedrivning.

Temaarket (Realdania, 2021) opsummerer, at byggeri opført før 1950 vurderes at have det største ressourcepotentiale. Dette byggeri har ofte materialer med stor holdbarhed, er bygget så det kan skilles ad og uden brug af skadelige stoffer. Dette er også påpeget i Miljøstyrelsens rapport (2022), jf. afsnit 2.1.

2.4 Forventet restlevetid

Andersen og Negendahl (2023) har lavet forudsigelser af forventet levetid på forskellige bygningstyper. Generelt øges forventet levetid med bygningens alder (se Figur 3). Det skyldes formentlig, at det bedste fra perioden står tilbage. I overensstemmelse med andre indikationer forventes ældre etageboliger stort set ikke nedrevet. Lavpunktet i levealder for etageboliger i perioden 1950-1990 er sammenfaldende med betonsandwichementernes storhedstid.

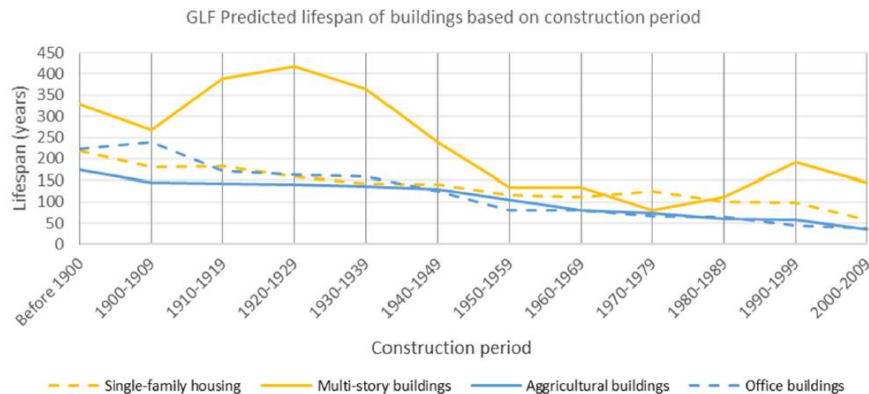


Fig. 11. Predicted lifespan of existing buildings based on their construction period.

Figur 3. Estimeret levetid af eksisterende bygninger på baggrund af opførelsesperiode og fordelt på bygningstype (enfamiliehuse, etageboliger, landbrugsbygninger og kontorbygninger). Figuren er kopi fra Andersen & Negendahl (2023).

2.5 Ressourcer

Med kendskabet til alderen og dermed materialerne i de nedrevne bygninger er det muligt at lave grove estimater over de samlede mængder af mursten, tagsten og træ til potentielt genbrug fra de nedrevne bygninger. Udgangspunktet for opgørelserne er, at der nedrives 1,7 mio. m² pr år, baseret på Negendahl (2023). Dette suppleres med et skøn over, hvor meget der reelt kan genbruges.

Estimerede mængder fra nedrivning

På baggrund af byggeskik og materialer (afsnit 2.1) er der skønnet mængder af mursten, tagsten, træ og beton i forskellige typer byggeri, dog kun beton anvendt til etagedæk og vægge over jord. Det skyldes, at mængden af beton anvendt til kældre eller terrændæk primært afhænger af det bebyggede areal og af, om der er kælder eller ej. Når mængden fordeles på etagearealet, bliver skønnet meget usikkert samtidig med, at den beton i praksis ikke kan genbruges. Der fokuseres derfor på de materialer, der reelt er mulighed for at adskille.

Med udgangspunkt i data fra figur 2 (nedrevet etageareal pr år set i relation til opførelsesår) fås en fordeling, hvor 39 % af etagearealet er fra bygninger opført før 1950, 53 % af arealet fra bygninger opført i perioden 1950 til 1980 og efter 1980 er det 8 %.

I beregningerne er der gjort følgende antagelser om bygningerne:

- Opført før 1950 udgør de ca. 40 % af nedrevet areal.
- Opført efter 1950 udgør de ca. 60 % af nedrevet areal. Dette skønnes fordelt med 25 % enfamiliehuse, 10 % større murede byggerier med betondæk og 25 % større betonbygninger.

Derudover er der gjort følgende betragtninger:

- I bygninger med kælder er anvendt ca. 500 kg beton pr m² bebygget areal, ved terrændæk godt det halve. Et meget groft skøn for den samlede betonmængde i kældre og terrændæk er 250 kg/m² for 1 mio. m² bebygget areal, altså 250.000 ton/år. Da denne beton som nævnt reelt ikke kan genbruges er mængden ikke medtaget i de følgende tabeller.

- Byggeriet opdeles efter opførelsesår, hvor skillelinjen er lagt i 1950. Før 1950 er murede bygninger med træbjælkelag og tagkonstruktioner i træ dominerende og her er alle bygningstyper slået sammen, idet byggeteknikken for flertallet af bygninger er den samme. Det er antaget, at bygningerne i gennemsnit er to etager høje således, at tagkonstruktionens bidrag fordeles over to etager.
- Bygninger opført efter 1950 er opdelt i enfamiliehuse, andre murede bygninger med betondæk og betonelement byggeri. Enfamiliehusene behandles som 'typehuse', selvom de først for alvor optræder fra 1960. Murede etagehuse opføres nu med betondæk i stedet for træbjælkelag og antages at have tre etager. Efter 1960 overtages etagebyggeriet og andre større byggerier i høj grad af betonsandwichelementer med flade tage og meget lidt træ. Senere afløses de af skalmurede betonbyggerier, men de nedrives næppe i væsentligt omfang, så typen behandles ikke separat.
- For nyere bygninger (efter 1960) anvendes mursten næsten kun som skalmur, der er opmuret med cementmørtel og derfor ikke genbrugseget. Mængden er også væsentligt reduceret ift. før 1950, da bagvægge og indervægge er af letbeton (eller træskelet) samtidig med, at ydervæggene består af vinduer med betydelige mellemliggende træpartier. Træmængden er skønsmæssigt justeret for træskeletvægge og vinduespartier i enfamiliehuse. Alle bygninger antages at have trægulv, der indregnes i træmængderne.
- For tagdækningen antages, at alle murede bygninger har tegltag. Det er naturligvis ikke korrekt og det diskuteres under skøn af reelle ressourcer nedenfor. Til gengæld antages enfamiliehuse og betonbyggeri alle at have andre typer tagdækning end tagsten. Hvilke typer er underordnet, da genbrug af disse kun er muligt i meget lille omfang, fx hvis en bygning nedrives kort tid efter at have fået et nyt tag af bølgeplader.

Tabel 4 viser estimater for materialer og mængder fra nedrivning af bygningstyper opført før og efter 1950.

Tabel 4. Estimer for materialer og mængder fra nedrivning pr. m² etageareal.

Før 1950 - muret med træbjælkelag					40% nedrevet svarende til 680.000 m ²			
Mursten	370	kg/m ²	185	stk/m ²	251.600.000	kg	125.800.000	stk
Tagsten	26	kg/m ²	50	kg/m ²	17.680.000	kg	353.600	m ²
Træ	54	kg/m ²	500	kg/m ³	36.720.000	kg	73.440	m ³
Beton	0	kg/m ²	-	kg/m ³	-	kg	-	m ³
Efter 1950 - enfamiliehuse					25% nedrevet svarende til 425.000 m ²			
Mursten	70	kg/m ²	35	stk/m ²	29.750.000	kg	14.875.000	stk
Tagsten	0	kg/m ²	-	kg/m ²	-	kg	-	m ²
Træ	70	kg/m ²	500	kg/m ³	29.750.000	kg	59.500	m ³
(Let-)beton	150	kg/m ²	1200	kg/m ³	63.750.000	kg	53.125	m ³
Efter 1950 - muret med betondæk					10% nedrevet svarende til 170.000 m ²			
Mursten	370	kg/m ²	185	stk/m ²	62.900.000	kg	31.450.000	stk
Tagsten	17	kg/m ²	50	kg/m ²	2.890.000	kg	57.800	stk
Træ	24	kg/m ²	500	kg/m ³	4.080.000	kg	8.160	m ³
Beton	450	kg/m ²	2200	kg/m ³	76.500.000	kg	34.773	m ³
Efter 1950 - betonelement					25% nedrevet svarende til 425.000 m ²			
Mursten	0	kg/m ²	-	stk/m ²	-	kg	-	stk
Tagsten	0	kg/m ²	-	kg/m ²	-	kg	-	m ²
Træ	12	kg/m ²	500	kg/m ³	5.100.000	kg	10.200	m ³
Beton	1000	kg/m ²	2200	kg/m ³	425.000.000	kg	193.182	m ³
Samlet sum for hhv.					Mursten	344.250.000	kg	172.125.000
					Tagsten	20.570.000	kg	411.400
					Træ	75.650.000	kg	151.300
					Beton	565.250.000	kg	281.080

Der er yderligere gjort følgende betragtninger i relation til genbrugspotentialet af materialer:

- Der antages tagdækning af tagsten for alle murede bygninger, hvilket giver en øvre værdi. For ældre bygninger anslås, at omkring halvdelen har tagsten, mens det for nyere bygninger skønnes højst at udgøre en fjerdedel.
- Murværk fra byggerier opført efter ca. 1955 er opført med cementmørtel og murstenene kan pt. ikke genbruges og nedkuses derfor. Af den beregnede mængde på 125 mio. stk. opført før 1950 forventes reelt, at der højst er 100 mio. stk., der kan genbruges.
- Mængden af tagsten er reelt betydelig mindre end 400.000 m², bl.a. fordi mange bygninger enten oprindeligt har haft eller senere er skiftet til andre tagdækningstyper. En del har desuden været tætnet med fugemasse, der er meget vanskelig at afrense. Reelt skønnes, at der være 50.000 m² der kan genbruges.
- Træ omfatter både bjælkelag, spær, brædder og lægter. Andelen af værdifuldt træ er lille efter 1950. Samlet kan måske genbruges 40.000 m³/år som konstruktionstræ. Til sammenligning produceres der alene i Danmark 600.000 m³ konstruktionstræ, som udgør ca. 1/6 af det samlede forbrug (Rasmussen et al., 2022). Trægulve kan udgøre op mod 1

mio. m², men en stor del vil ikke have kvalitet til genbrug. Resten af træet genanvendes til spånplader eller energiproduktion.

- Betonelementer kan i visse tilfælde genbruges, men formentlig kan hovedparten kun genanvendes i nedknust form.

Generelt gælder, at mulighederne for genbrug af bygningsmaterialer falder dramatisk for bygninger opført efter ca. 1950, da murværk udføres med cementholdig mørtel, træbjælkelag erstattes af betondæk og tagsten erstattes af andre tagdækningstyper uden stort potentiale for genbrug.

Estimater sammenholdt med Affaldsbekendtgørelsen

Tabel 5 viser gennemsnitsværdier for perioden 2016 til 2020 fra affaldsstatistikken (Miljøstyrelsen, 2022b) på udvalgte fraktioner, der ikke omfatter forurenede byggeaffald. En del af byggeaffaldet er blandingsaffald og derfor er det svært at vurdere de enkelte materialer. Dog skal bemærkes, at den her estimerede mængde af mursten fra nedrivning ligger i samme størrelsesorden som affaldsstatistikken viser for de rene fraktioner. Betonmængden i tabel 4 ligger på halvdelen, men det er kun beton over soklen, så der er formentlig rimelig overensstemmelse. De estimerede mængder af træ fra nedrivning (Tabel 4: 151.000 m³ eller 75.000 ton) ligger på lidt over halvdelen af mængden fra affaldsstatistikken for byggeaffald. I rapporten "Kortlægning af genanvendeligt træaffald i Danmark" skriver Miljøstyrelsen (2018), at der årligt indsamles 395.000 ton træaffald (ca. 800.000 m³). Dette er væsentlig mere end estimatet af træmængden fra nedrivning (tabel 4) og derfor synes meget lidt af det indsamlede træ at komme fra nedrivning.

Tabel 5. Gennemsnitsværdier (1000 ton pr år) af udvalgte fraktioner af byggeaffald (Miljøstyrelsen, 2022b).

Gennemsnit af perioden 2016 til 2020	1000 ton pr. år	% andel
Beton	1170	41
Blandinger eller separerede fraktioner af beton, mursten, tegl og keramik	539	19
Blandet bygnings- og nedrivningsaffald	428	15
Andet affald fra byggeri- og anlægsaktiviteter*	233	8
Mursten	213	7
Tegl og keramik	101	4
Træ	149	5
Glas	24	1
Isolationsmaterialer	20	1
Sum	2878	

2.6 Erfaringer med genanvendelse – projektet "De genanvendte huse efter 30 år"

I starten af 1990'erne er der gennemført tre demonstrationsprojekter med funktionelle beboelseshuse opført med overvejende genbrugte og genanvendte materialer (Miljøstyrelsen, 1996). Realdania (2022) har støttet en evaluering af de genanvendte huse 30 år efter opførelsen. Her konkluderes, at de genbrugte og genanvendte materiales holdbarhed og egenskaber efter 30 års indbygning besidder samme kvalitet som tilsvarende nye materialer.

Demonstrationsprojekterne var tre selvstændige projekter, gennemført i København, Odense og Horsens med støtte fra Genanvendelsesrådet. Formålet var at gennemføre traditionelt boligbyggeri i fuld skala med størst mulig genbrug og genanvendte materialer. De generelle forhold er beskrevet i rapporten fra Miljøstyrelsen. Her skal fremhæves, at der er anvendt sædvanlig kvalitets sikring i byggeprocessen med tilhørende udarbejdelse af en kvalitetssikringsplan for fremskaffelse, oparbejdning og indbygning af de genanvendte materialer. Byggeriet var i regi af den almennyttige boligsektor og det var aftalt med Byggeskedefonden, at bl.a. kvalitetssikring skulle dokumenteres med henblik på, at eventuelle skader kunne dækkes af Byggeskedefondens midler.

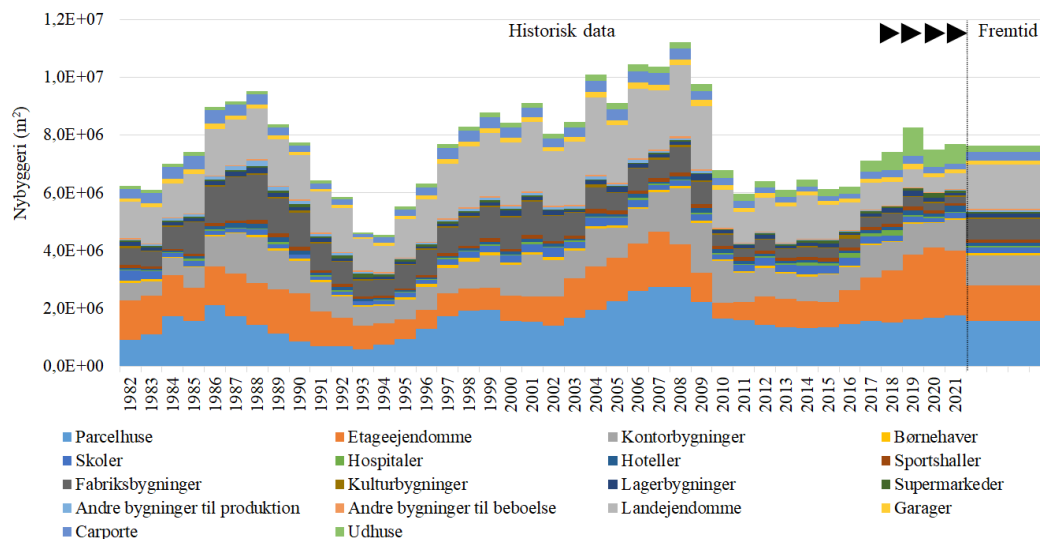
I byggeriet blev især anvendt mursten, tagsten og træ samt beton med tilslag fra nedknust beton og tegl. I projekterne blev det bl.a. erfaret, at nedbrydningsaktiviteterne i de tre byer var beskedne. Det betød, at det blev svært at skaffe materialer i den ønskede kvalitet på de tidspunkter, de skulle bruges i byggeriet. De tre projekter var tilknyttet en række selvstændige projekter, bl.a. projekter vedrørende undersøgelse af de genanvendte materials egenskaber. I rapporterne (Miljøstyrelsen, 1966; Realdania, 2022) er oversigter over de anvendte specifikationer og kontrolmetoder for genanvendte byggematerialer i de tre huse.

3 Bæredygtighedsvurdering

Bæredygtighedsvurderingen er baseret på to prognoser for nybyggeri og hvad det forventes at betyde for materialebehov og emissioner af drivhusgasser. Derefter følger udregninger på emissionsbesparelser på baggrund af nedrivningsmængder og genbrug estimeret i afsnit 2.5.

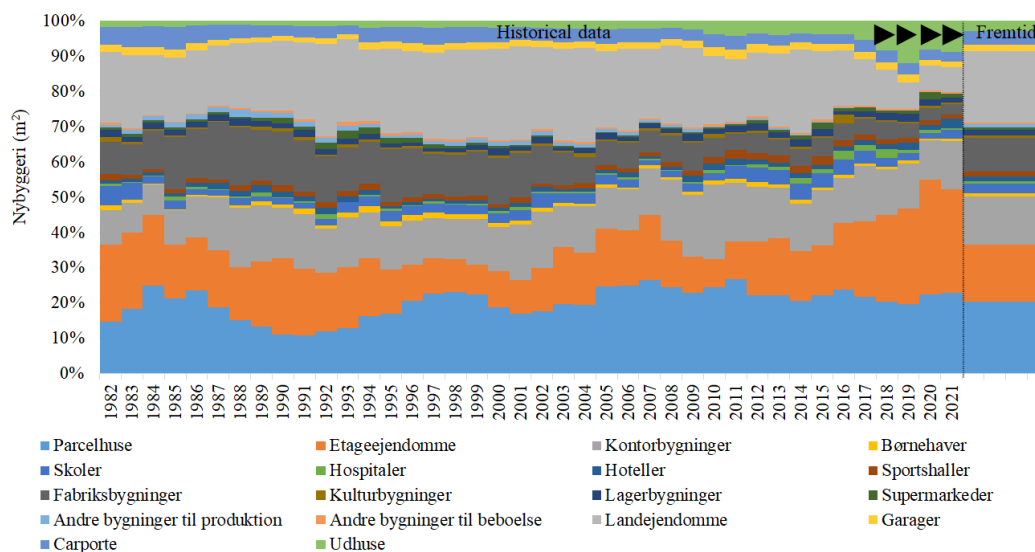
3.1 Prognose for nybyggeri

Der er hentet data for årligt nyopførte bygninger (som etageareal) over de sidste 30 år fra Danmarks Statistik (2023). I løbet af denne periode har byggeriets etageareal ændret sig markant fra et minimum på 4,5 mio. m² i 1994 til et maksimum på 11,2 mio. m² i 2008 (Figur 4). Variationen over tid er stor og der kan ikke spores nogen tendens, der kan bruges til fremskrivning af en prognose for nybyggeri. Vi har derfor valgt at bruge gennemsnitsværdien fra de seneste 30 år til en prognose for nyopførte bygninger. På denne baggrund forventes der nyopført byggeri til enfamiliehusene på 1,5 mio. m², mens etageboliger og kontorer er på hhv. 1,2 mio. m² og 1,04 mio. m² om året.



Figur 4. Nyopførte bygninger i Danmark og prognose for udvikling, beregnet som gennemsnit af de foregående 30 år. Opgørelsen er angivet som samlet etageareal (m²) og opdelt på en række forskellige bygningstyper.

Figur 5 viser den relative andel (%) af de forskellige bygningstyper. Enfamiliehusene repræsenterer omkring 20 % af det nyopførte byggeri efterfulgt af etageboliger og kontor med et bidrag på hhv. 16 % og 14 %, dvs. disse tre grupper tilsammen udgør omkring 50 %. De forventede fremtidige bygninger er dog forskellige fra tallene i 2021, hvor enfamiliehusene repræsenterede 23 %, mens etageboliger havde den største andel med 29 % og kontor med 14 %. Da forskellene mellem år 2021 og fremtidsprognosen er betydelige, er begge opgørelser brugt til analyse af mængden af nødvendigt materiale til nye konstruktioner og deres relaterede drivhusgasemissioner omset til det globale opvarmningspotentiale GWP-score (Global Warming Potential).

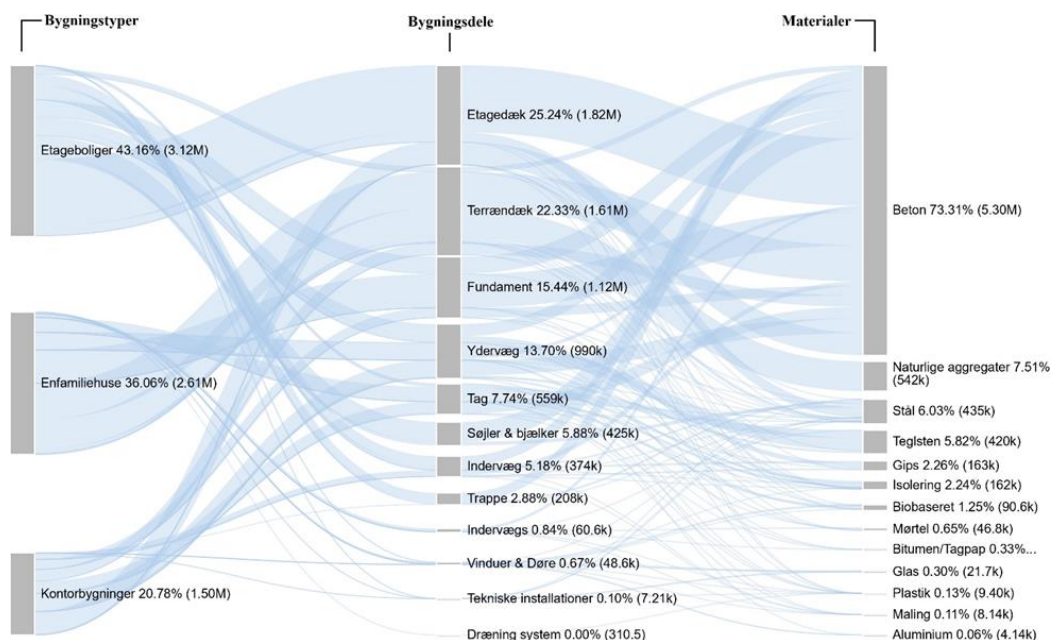


Figur 5. Relativ andel (%) af nyopførte bygninger i Danmark og prognose for udvikling, beregnet som gennemsnit af de foregående 30 år. Opgørelsen er angivet som relativ andel af de samlede etagearealer (m^2) og opdelt på en række forskellige bygningstyper.

I de følgende afsnit er behov for materialer (vægtbaseret) og relaterede emissioner af drivhusgasser beskrevet for nybyggeri fordelt efter hhv. opførelse som i år 2021 og for fremtidsprognosen baseret på gennemsnit af de sidste 30 år.

3.2 Behov for materialer i år 2021

Til analysen af type af materiale og komponenter og de relaterede mængder anvendt i 2021, er der valgt et tilfældigt projekt for hver bygningstype (parcelhus, etagebolig, kontor) fra en casebank med nyere data for danske bygninger (Tozan et al., 2021). Casestudierne er udvalgt tilfældigt blandt en population på 60 byggeprojekter opført i løbet af de sidste 10 år i Danmark. For ikke at prioritere nogen form for materiale- eller teknologibrug, er de valgt tilfældigt for hver typologi. Mængden af anvendte materialer i de valgte casestudier er sammenlignet med gennemsnitsværdien af andre projekter for at undgå cases, der kan være meget specifikke og ikke repræsentative for faktiske nyopførte bygningsteknologier. Resultaterne for en sammenkædning af data fra den nyopførte bygning og information om byggeprojektet er præsenteret på Figur 6.

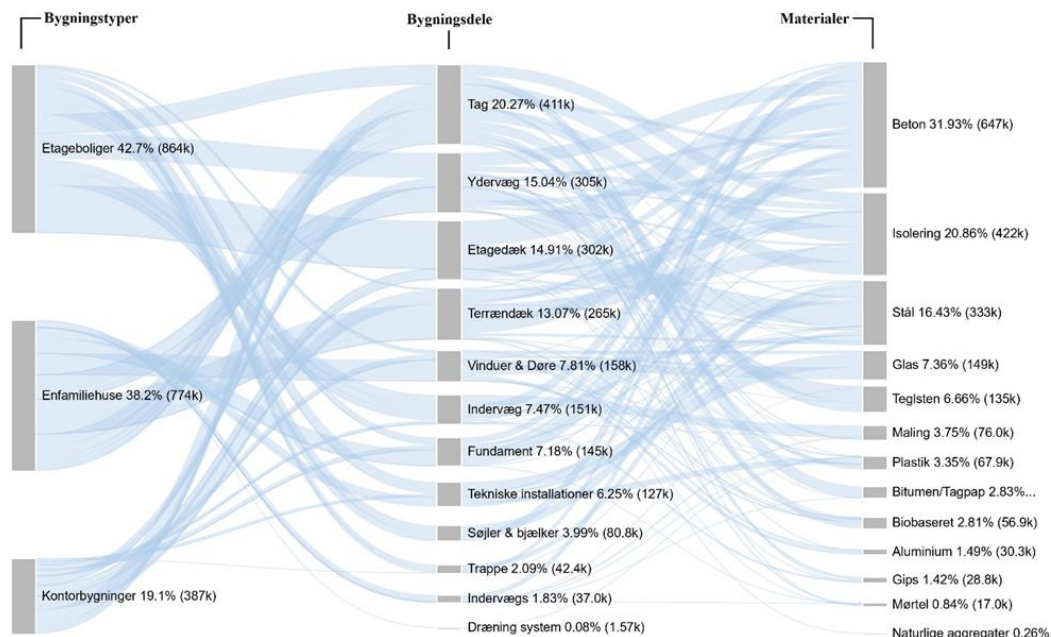


Figur 6. De tre bygningstyper sammenkædet med bygningsdel og de påkrævede mængder (ton materiale) af materialer i 2021.

I 2021 anvendes der i alt omkring 7,23 mio. tons materialer. Omkring 43 % er brugt til etageboliger, mens enfamiliehuse stod for 36 % og kontorer for 21 %. For bygningskomponenterne udgøres den største masse af etagedæk (25 %), terrændæk (22 %), fundering (15 %) og ydervægge (14 %), mens de øvrige komponenter udgjorde en mindre del. Som materialetype udgjorde beton ca. 73 % af den samlede vægtmasse, efterfulgt af grus med 8 % og stål og tegl (tagsten og mursten) med 6 % hver. Baseret på disse resultater ses, at beton er udbredt brugt i fundering, etagedæk, terrændæk og ydervægge. Denne fordeling og andelen af bidrag til drivhusgasemissionen er imidlertid forskellig, se nedenstående afsnit.

3.3 Emissioner af drivhusgasser

Figur 7 sammenkæder de tre bygningstyper med bygningsdele og materialeforbrug i 2021, og med materialernes globale opvarmningspotentiale angivet som GWP.

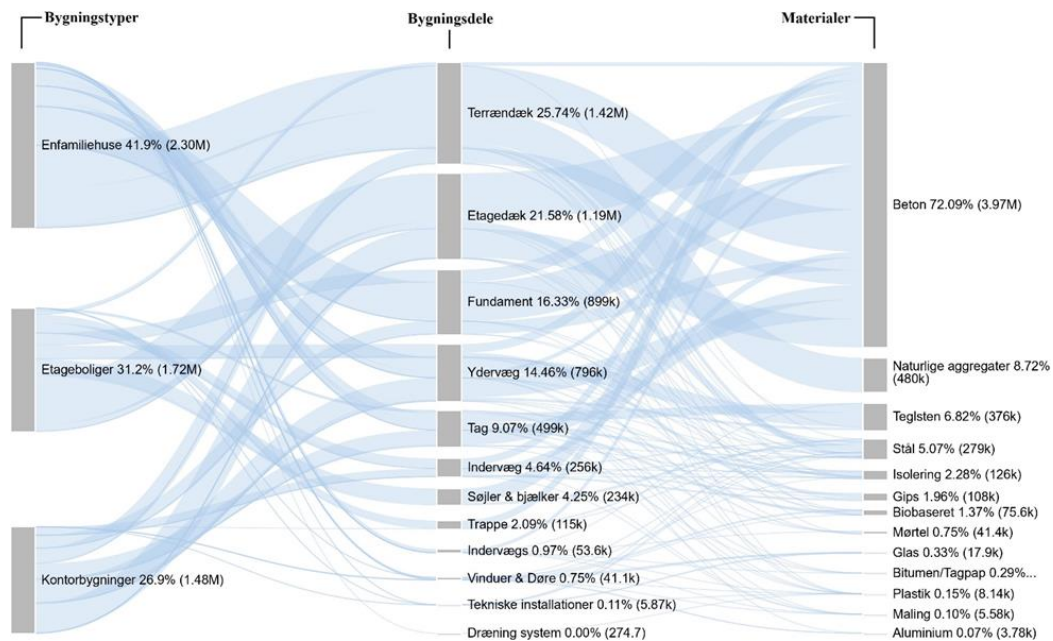


Figur 7. De tre bygningstyper sammenkædet med bygningsdel og materialeforbrug i 2021 med tilhørende emissioner omregnet til GWP (ton CO₂e pr. år).

Af figur 7 ses, at taget som bygningskomponent udgør den største andel af det globale opvarmningspotentiale med et bidrag omkring 20 % af de samlede emissioner. Ydervægge og etagedæk repræsenterer 15% af bidraget efterfulgt af terrændæk med 13% og fundament med 7%. Rangordenen baseret på bidrag til drivhusgasser er således forskellig fra den for vægtmassen (Figur 6). Det største materialebidrag til GWP er fra beton, der udgør 32 %, efterfulgt af isolering med 21 %, stål 16 % osv. Resultaterne for betonen var forventelige, men isoleringen, der havde en ubetydelig andel i vægtmassen, er rangeret som det næst vigtigste materiale med hensyn til drivhusgas. Det fortjener at blive fremhævet, at hierarkiet for genbrug af materialer i nyopførte bygninger ikke kun bør fokusere på den påkrævede mængde (som vægtmasse), men også emissionen af drivhusgas, da nogle materialer har en lav andel af vægtmasse, men meget betydeligt globalt opvarmningspotentiale.

3.4 Prognose for materiemængde

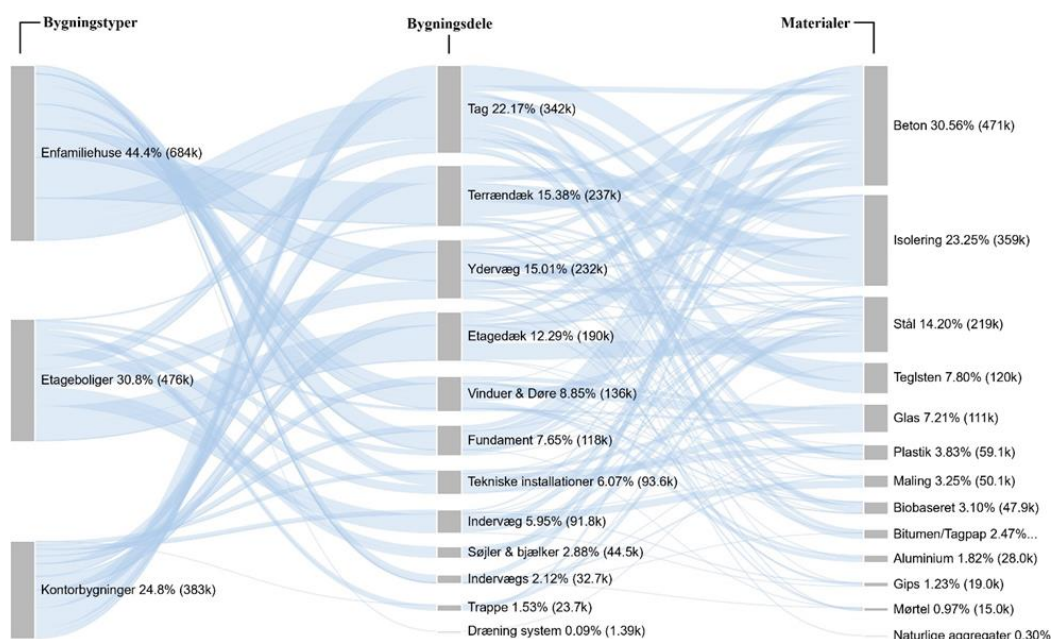
På baggrund af prognosen for fremtidig nyopførelse af de tre bygningstyper, viser figur 8 sammenkædning mellem bygningstype, bygningsdel og forventet mængde materiale. I fremtidsprognosen står enfamiliehuse for den største andel af materialer (42 %), efterfulgt af etageboliger med 31 % og kontor med 27 %. Resultaterne viser, at de store mængder (masse) anvendes til terrændæk (26 %), efterfulgt af etagedæk med 22 %, fundament 16 %, ydervægge 14% og tag 9%. Igen er beton det materiale, der har det største bidrag (72 %), efterfulgt af grus 9 % og tegl med 7%.



Figur 8. De tre bygningstyper sammenkædet med bygningsdel og de påkrævede mængder af materialer (ton materiale) i fremtidsprognosen.

3.5 Prognose for emission af drivhusgasser

I resultaterne for fremtidsprognosen på nyopførelse af byggeri er taget den bygningskomponent, der har det største bidrag (22 %) til de samlede påvirkninger (Figur 9). Der er også væsentlige bidrag til GWP fra terrændæk (15 %), ydervæg (15 %), etagedæk (12 %) og fundament (8 %). Som materiale forventes beton at udgøre 31 % af de samlede påvirkninger. Isolering udgør også et væsentligt bidrag med 23 % af de samlede påvirkninger, efterfulgt af stål med 14 % og tegl med 8 %. Som for 2021 resultaterne og i relation til GWP, bør materialerne af beton, isolering, stål og tegl prioriteres i muligheder for genbrug for at undgå væsentlige påvirkninger, der kan komme fra byggesektoren.



Figur 9. De tre bygningstyper sammenkædet med bygningsdel og materialer med tilhørende emissioner omregnet til GWP (ton CO₂e pr. år) for fremtidsprognosen.

3.6 Sammenfatning

Tabel 6 angiver rækkefølgen mht. de væsentligste bidrag til hhv. masse og globalt opvarmnings-potentiale for prognosen for fremtidige behov for byggematerialer og -komponenter.

Tabel 6. Den relative fordeling (listet efter andel af bidrag) til de fremtidige behov for bygnings-komponenter og materialer, opgjort som masse og GWP.

Fremtidige behov			
Masse (vægt)		GWP	
Komponenter	Materialer	Komponenter	Materialer
Terrændæk (26%)	Beton (72%)	Tag (22%)	Beton (31 %)
Etagedæk (22%)	Grus (9%)	Ydervægge (15%)	Isolering (23%)
Fundering (16%)	Tegl (7%)	Terrændæk (15%)	Stål (14%)
Ydervægge (14%)	Stål (5%)	Etagedæk (11%)	Tegl (8%)
Tag (9%)	Isolering (2%)	Fundering (8%)	Glas (7%)

Baseret på opnåede resultater er det terrændæk, der kræver meget materiale (vægtmasse), mens taget er den bygningskomponent, der repræsenterer det største bidrag til GWP-indikatoren. De samme resultater ses for de andre bygningskomponenter som etagedæk, der kræver 22 % af massen af materialer, der anvendes i bygningen, mens det er ydervæggen, der bør prioriteres i forhold til GWP. For materialer er beton det mest anvendte materiale i bygninger, og det har også den højeste GWP med et bidrag på 31 %. Dette materiale kræver særlig opmærksomhed i mulighederne for genbrug, da betydelige påvirkninger kan undgås. Isolering udgør det næststørste bidrag til GWP og muligheden for genbrug bør overvejes, selvom den målt i vægtmasse kun udgør 2 %. Stål er et andet materiale, der bør genbruges i en på hinanden følgende livscyklus. Tegl fortjener også særlig opmærksomhed i muligheden for genbrug, da bidrag i vægtmasse, men også i GWP-indikator, er signifikant. Grus er et materiale, der anvendes i store mængder i nyopførte

bygninger, men påvirkningerne er ubetydelige. En genbrugsløsning til glas fortjener også en prioritering, da dette materiale bidrager med 7 % til GWP, men har et ubetydeligt bidrag til den samlede vægtmasse.

GWP (illustreret som kg CO₂e pr. areal, volumen eller vægt) af nye produkter kan give en omtrentlig indikation af, hvad der "spares" i emissioner ved at erstatte de nye produkter med genbrugte materialer. Det kvantitative forbrug af materialerne skal tages i betragtning, når tallene sammenlignes. Udgifter til håndtering, transport mv af de genbrugte materialer er ikke taget i betragtning. Nedenfor er angivet en række værdier for nye byggematerialer.

Tabel 7. Eksempler på globalt opvarmningspotentiale af nye produkter.

Materiale	belastning	reference
Vinduer	50 kg CO ₂ /m ²	https://www.epddanmark.dk/media/qnunp0ss/md-22088-da.pdf
Beton	326 kg CO ₂ /m ³	https://www.epddanmark.dk/media/tiqb2x4i/md-22067-da.pdf
Limtræ	138 kg CO ₂ /m ³	https://www.epddanmark.dk/media/demnkofe/md-22038-en.pdf
Konstruktions-træ	57 kg CO ₂ /m ³	https://www.traeinfo.dk/uploads/2020/11/Savet-toerret-og-hoevlet-konstruktionstrae.pdf
Tegl (brune)	168 kg CO ₂ /ton	https://www.epddanmark.dk/media/33el5duv/md-22029-en_rev1.pdf
Mursten	215 kg CO ₂ /m ³	https://www.epddanmark.dk/media/ahgln20f/md-21043-en.pdf

3.7 Estimerer på CO₂e-besparelser for genbrug fra nedrivning

I afsnit 2.5 skønnes en nedrivning på 1,7 mio. m² pr år, hvilket udgør under 25 % af det nyopførte samtidig med, at materialer egnet til genbrug kun udgør en delmængde af disse 25 %. Nedenfor er uddybende bemærkninger om materialerne til genbrug og sparet CO₂e-udledning.

Mursten

Den langt overvejende del af de genbrugsvenlige materialer fra det nedrevne byggeri er mursten fra bygninger før ca. 1950, dvs. før indførelsen af cementholdig mørtel. Mursten er simple at genbruge, men de skal have styrke og holdbarhed (frostfasthed) til brug i skalmure, der er den væsentligste del af efterspørgslen på mursten i nybyggeriet. Der foreligger en EAD ("European Assessment Document"), efter hvilken styrken og frostfastheden af stenene kan dokumenteres. Vedrørende holdbarhed skal man være opmærksom på, at kun omkring en tredjedel af murstenene i et traditionelt byggeri har været eksponeret for vejrlig. Resten kan være 'bagmurssten', der er brændt mindre hårdt og derfor måske ikke er egnede til skalmure. Genbrug af bagmursten kræver en anden type bygning end dagens praksis.

Reduktionen i det globalt opvarmningspotentiale, "den sparede CO₂-udledning", er stor, når de genbrugte mursten kan erstatte nyproducerede mursten 1:1. Det vurderes, at behovet er tilstrækkeligt til, at alle mursten egnede til skalmur kunne genbruges, idet der årligt produceres ca. 200 mio. stk. nye mursten. For disse sten er der en udledning på ca. 400 kg CO₂e pr. m³ eller knap 0,5 kg CO₂e/stk. (når der anvendes dansk standard energimix ved bestemmelsen af CO₂-udledningen, men konkrete EPD'er kan angive betydelig lavere udledning når de baseres på køb af

certifikater for fx grøn strøm.). Genbrug af alle de 100 mio. mursten der skønnes at være tilgængelige sparer således en årlig udledning på ca. 50.000 ton CO₂e, men en del vil næppe være egnede til skalmure.

Træ

Der er stor interesse for at kunne genbruge konstrukstræ til nye bærende konstruktioner. Det er vanskeligt at fastlægge en styrke, men der forskes i dette i både ind- og udland. Mængden af genbrugstræ med dimensioner, der gør det egnet som konstrukstræ, er meget lille i forhold til behovet i nybyggeriet. Den sparede CO₂-udledning er ret beskeden og vil kun være synlig, hvis alle materialevalg er sket med henblik på at minimere byggeriets samlede CO₂-udledning.

Gulvbrædder er simple at genbruge, blot bygherren accepterer sømhuller og skader på kanter. Der er potentielt store mængder tilgængeligt, da trægulve er det almindelige i de bygninger, der nedrives, men mange vil have for ringe kvalitet til at blive genbrugt.

Træ er ikke en væsentlig del af behovet for materialer til nyopførelser, når man betragter den vægtmæssige andel. Samlet skønnes mængden af konstrukstræ til genbrug at ligge omkring 40.000 m³/år. Til sammenligning anvendes der årligt ca. 1,3 mio. m³ træ i byggeriet og der er en stigende tendens (Rambøll Management, 2021). Det betyder, at genbrug af konstrukstræ potentielt kun udgør nogle få procent af det fremtidige behov.

For konstrukstræ er den sparede udledning 57 kgCO₂e/m³, så genbrug af 40.000 m³ træ sparer årligt ca. 2000 ton CO₂e. Genbrug af gulve vil spare mindre end dette.

Tagsten

Tagsten af tegl kan genanvendes, hvis de er ubeskadigede. Den største mængde potentielle genbrugstagsten kommer fra tagudskiftninger, ikke fra nedrivninger. Selvom tegltage udskiftes på grund af endt levetid, vil mange af stenene være ubeskadigede. Levetiden af tage afgøres ofte af andre forhold end selve tagstenens tilstand. Mængden er lille ift. behovet for tagsten, ikke mindst ved tagudskiftning på ældre bygninger, så alle egnede tagsten kunne uden videre genbruges og erstatte nye sten.

Produktion af tagsten udleder omkring 15 kgCO₂e/m², så genbrug af 50.000 m² vil spare en årlig udledning på ca. 750 ton CO₂e.

Beton

Mængde af beton til potentiel genanvendelse er estimeret som mængden over sokkelhøjde ud fra en betragtning om, at genbrug kun vil omfatte præfabrikerede betonelementer. Her skønnes en årlig mængde af størrelsesordenen 0,5 mio. tons svarende til ca. 2,5 mio. m³. Der er på nuværende tidspunkt ikke en praksis for, hvordan betonelementer genbruges, men genbrug vil reducere behovet for ny beton, dog næppe 1:1 da man så ikke kan optimere elementet til anvendelsen. I udregningen af materialeforbrug år 2021 (afsnit 3.2) udgør beton ca. 5,3 mio. ton og dermed kan en fuld udnyttelse af den skønnede mængde for potentielt genbrug erstatte i størrelsesordenen 10 %.

For den beton, der måtte blive genbrugt, er besparelsen omkring 400 kgCO₂e/m³.

Andre materialer

Industri- og avlsbygninger indeholder ofte stålkonstruktioner eller større trækonstruktioner, men den samlede mængde er beskeden. For stål er der en stor potentiel besparelse i CO₂-udledning pr. kg, forudsat stålkonstruktionerne kan anvendes med den oprindelige geometri. Dokumentation af svejsninger vil blive et problem, så valsede stålprofiler er mest oplagt.

Vinduer er svære at genbruge i nybyggeri, fordi isoleringsegenskaberne ikke er tilstrækkelige til at opfylde dagens krav. En del anvendes til sekundært byggeri. Miljøbelastningen kommer især fra glasset, så gevinsten ved at udskifte ruderne med nye er beskeden, især da vinduets restlevetid forventes at være mindre end for et nyt vindue, så glassets bidrag pr. år kan øges.

Ikke-fornybare råstoffer

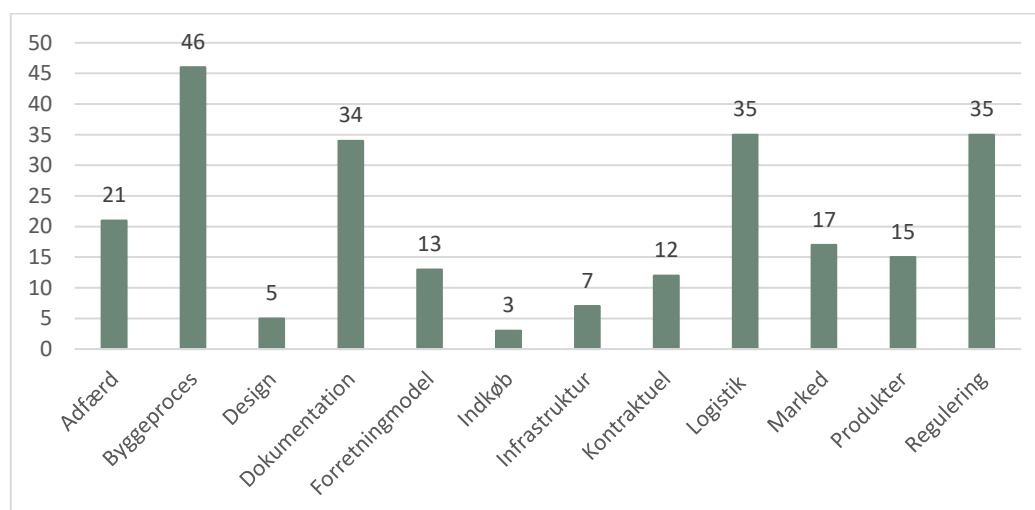
De to typer ikke-fornybare råstoffer, der indvindes mest af i Danmark, er sand, grus og sten hhv. kridt og kalk. Disse anvendes i stort omfang til fremstillingen af byggematerialet beton som henholdsvis tilslag og ved fremstilling af cement, men kun cementfremstillingen bidrager til CO₂-udledningen. Da beton er altdominerende i materialebehovet for det fremtidige byggeri, søges cases, hvor genbrug af betonelementer indgår.

4 Barrierer for brug af genbrugsmaterialer

Barrierer for genbrug af byggematerialer er belyst gennem et litteraturstudie baseret på internationale videnskabelige artikler om emnet. Formålet med litteraturstudiet har været at synliggøre forhold, der kan virke fremmende og begrænsende for genbrug af byggematerialer med særlig fokus på forhold vedr. dokumentationskrav. Bilag 2 indeholder den samlede rapport baseret på litteraturstudiet. I bilag 2 beskrives grundlaget for undersøgelsen og de valg, der er truffet som en del af litteraturstudiet. Derudover redegøres kort for det metodiske og empiriske grundlag for studiet. Resultatanalysen er refereret efterfølgende sammen med en sammenfatning af faktorer, der vurderes at have indflydelse på genbrug. Disse faktorer danner udgangspunkt for en række udvælgelseskriterier, der sikrer en bred relevans for best practice case-beskrivelserne, som gennemføres i en anden aktivitet i projektet. I dette kapitel opsummeres de væsentligste resultater fra litteraturstudiet.

4.1 Kategorisering af barrierer

Analysen resulterede i identifikation af i alt 243 barrierer, som kunne grupperes i 12 overordnede kategorier som vist i Figur 10 nedenfor.

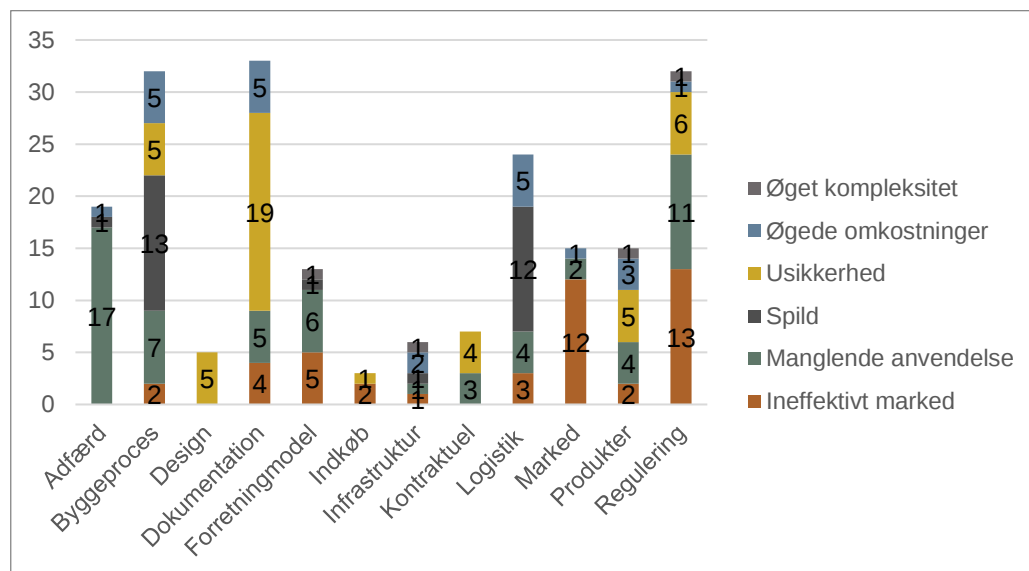


Figur 10. Antal identificerede barrierer for genbrug af byggematerialer.

Det ses, at fem kategorier af barrierer i overvejende grad går igen i litteraturen. Udover adfærdsmæssige barrierer som mangel på interesse for genbrug eller konservative tænkemåder, omfatter disse regulering, logistik, dokumentation og byggeprocessen. For regulering nævnes typisk forhold vedr. manglende, kompliceret eller forskellig lovgivning på området, herunder at der kan være forskellige dokumentationskrav fra område til område inden for rammerne af den samme nation. Videre nævnes også forhold vedr. manglende standarder og ansvarsordninger som en barriere. I forbindelse med dokumentation er den hyppigst nævnte årsag manglende best practice og dokumenteret viden om egenskaberne af genbrugsmaterialer. En del af barriererne vedrørende logistik og byggeprocesser omfatter pladsforhold, opbevaring og håndtering af materialer (herunder også systemer til kontrol og monitorering) samt fravær af affaldsstrategier og screeningmetoder, tidspres og hensyn økonomi. Bilag 2 indeholder en liste over samtlige barrierer i hver kategori.

4.2 Effekten af barrierer

De forskellige barrierer blev også grupperet i forhold til deres effekt, hvilken fremgår af Figur 11 nedenfor.

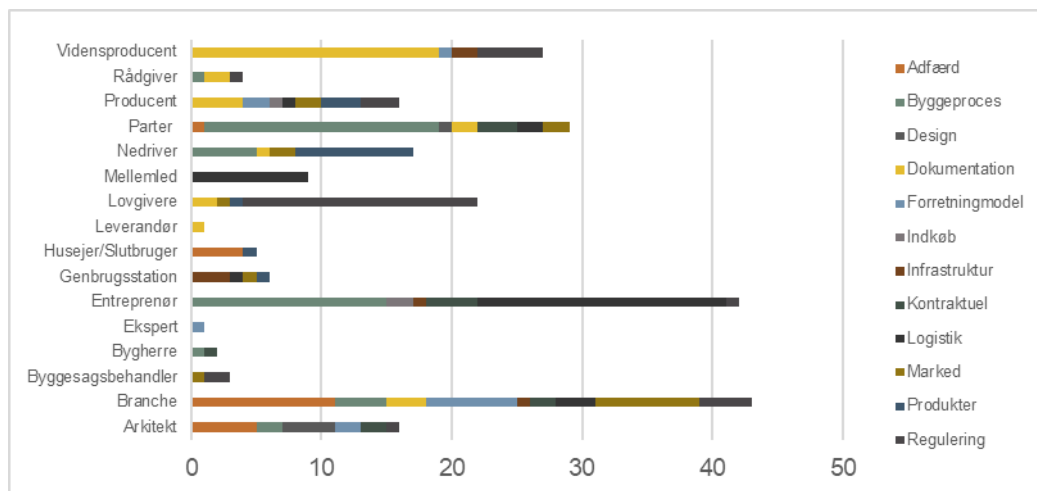


Figur 11. Antal identificerede barrierer, hvor de enkelte barrierer er yderligere opdelt med effekten de forårsager (se også tekst).

Figur 11 skal læses således, at der fx blev identificeret samlet 32 barrierer, der relaterer sig til karakteristika ved byggeprocessen, heraf fem som leder til øgede omkostninger og to der påvirker markedsfunktioner. I forhold til reguleringen peges der især på, at denne er utilstrækkelig i forhold til at sikre velfungerende markeder, da reguleringen ikke stiller skarpe krav til genanvendelse eller hjælper med at etablere koblinger mellem udbud og efterspørgsel grundet manglende krav om fx standardisering. I forhold til byggeprocessen giver barriererne sig primært udtryk i spild.

4.3 Aktører og barrierer

Analysen har også omfattet en opgørelse af, hvilke aktører der står overfor de forskellige barrierer i deres daglige praksis, eller som har en rolle at spille i forhold til at modvirke disse. Disse fremgår summarisk i Figur 12 nedenfor.

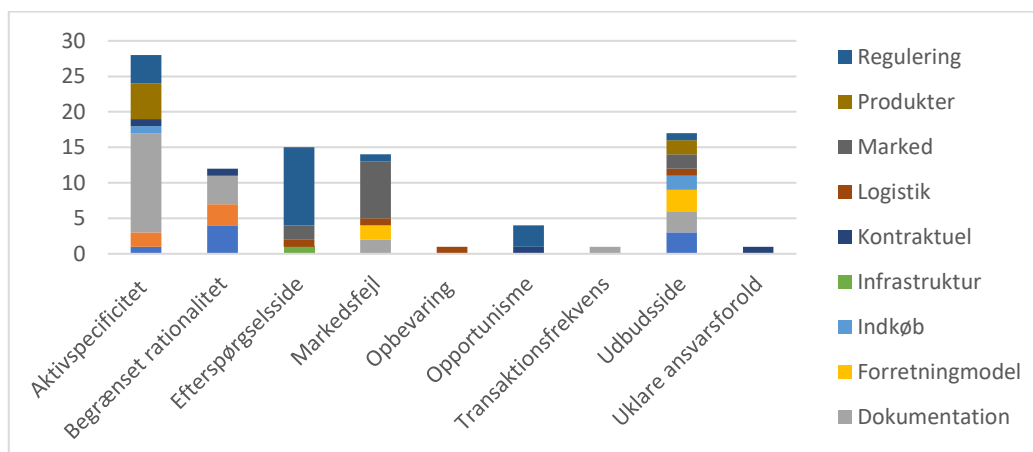


Figur 12. Aktørers relation til barrierer.

Typisk fremhæves "branchen" som aktørkategori. Det kan fx være en generel, men uspecificeret mangel på træning og kompetence i forhold til at arbejde med genbrugsmaterialer eller, at generelle finansielle mekanismer ikke tilgodeser genbrug. En anden hyppig nævnt aktør er "vidensproducenter", dvs. de aktører, som bidrager til produktion af alment teknisk fælleseje og guidelines om genbrugsmaterialer. Her peges oftest på, at der er behov for, at sådanne organisationer bidrager til yderligere udvikling af viden. Markedet generelt nævnes også som en barriere, særligt i relation til manglende strukturer til at understøtte sammenhæng mellem udbud og efterspørgsel. Kategorien "parter" dækker over specifikke projektsamarbejder. Her er det særligt forhold vedr. samarbejdsform og projektets rammevilkår, der fremhæves, dvs. at de traditionelle projektmekanismer (ansvarsdeling, fasemodel m.m.) modarbejder øget genbrug af byggematerialer. Entreprenøren spiller en central rolle i forhold til at sikre øget genbrug af byggematerialer ved at udvikle konkrete praksisser, systemer og rutiner for håndtering af affald og materialer. Dette være sig i form af at foretage ressourcekortlægninger, udarbejde affaldsstrategier og -metoder samt tilvejebringe de fysiske rammer for, at genbruget kan finde sted. Arkitekten og rådgiveren derimod, spiller en stor rolle i forhold til at designe projekter mhp. genbrug. Nedrivningsfirmaer er en "ny" aktør i forhold til den traditionelle værdikæde, og spiller en central rolle i forhold til at sikre selektiv nedrivning og fraktionering af materialer. Slutteligt er en stor gruppe af aktører lovgivere, som udpeges som centrale i forhold til at sikre ensartet og tydelig regulering på området.

4.4 Årsag til barrierer

Mere interessant er det måske at betragte, hvilke årsager der fremhæves til de forskellige barrierer. Her viser Figur 13 på et principielt niveau, hvilke forhold, der ligger til grund for de forskellige barrierer.

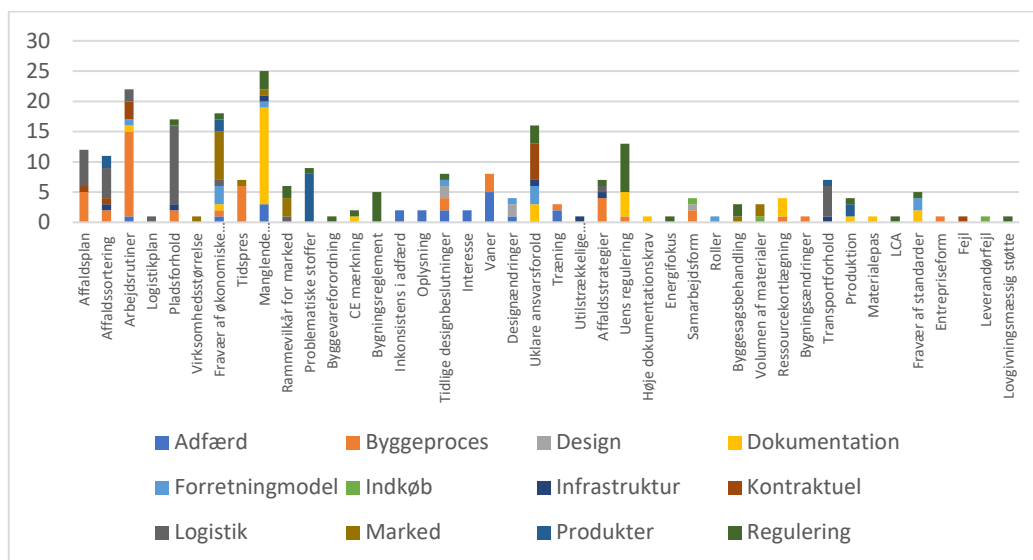


Figur 13. Årsag til barrierer.

Det ses, at det i alt overvejende grad er forhold vedr. såkaldt aktivspecifitet, der er afgørende. Her dækker aktivspecifitet over i hvor høj grad parter er nødt til at foretage specifikke investeringer for at kunne foretage en given transaktion. Ideen er, at visse produkter eller services er så specifikke, at der skal afsættes betydelige ressourcer for at anvende dem i en given sammenhæng eller, at anvende dem i andre sammenhænge end de oprindeligt er anvendt til. I tilfældet med genbrugsmaterialer skal dette forstås således, at der er væsentlige omkostninger forbundet med at tilvejebringe den nødvendige information, der tillader materialerne at blive anvendt, og at disse omkostninger er direkte forbundet med materialets egenskaber og tiltænkte brugssituation. I tilgift er forhold vedr. begrænset rationalitet en årsag til barrierer. Hvor aktivspecifitet er knyttet til det givne materiales karakteristika og anvendelse, er begrænset rationalitet knyttet til kognitive begrænsninger hos givne aktører og dermed sværere at påvirke. Slutteligt er der identificeret barrierer foranlediget af markedsfejl, herunder forhold på hhv. udbuds- og efterspørgselsside. Dette omfatter manglende balance mellem udbudte og efterspurgte produkter og materialer, samt generelle manglende markedsmekanismer i form af mærkninger, priser, certificeringer, producentansvar, m.m. som tillader udvekslinger at finde sted.

4.5 Tiltag der påvirker genbrug

Analysen har også identificeret konkrete tiltag, der påvirker anvendelsen af genbrugsmaterialer. Figur 14 nedenfor sammenfatter resultaterne i grafisk oversigt.



Figur 14. Tiltag der påvirker barrierer mod genbrug.

Det fremgår af figur 14, at etablering af affaldsplaner og affaldsstrategier påvirker genbruget af materialer, ligesom der er behov for ændring af arbejdsrutiner, sikring af pladsforhold, etablering af økonomiske incitament og klarere ansvarsforhold for at sikre øget genbrug. I tilgift nævnes forhold, der ikke står til at påvirke af branchens aktører, såsom uensartet regulering og manglende lovgivningsmæssig støtte. Der henvises til bilag 2 for en samlet oversigt over disse.

4.6 Kriterier for case udvælgelse på basis af litteraturstudiet

Baseret på litteraturstudiet og de præsenterede analyser viser tabel 7 en tentativ liste over kriterier for case udvælgelse, som kan anvendes i det videre arbejde. Kriterierne er grupperet i forhold til barrierekategori og er udvalgt på baggrund af en forståelse for de forhold, der påvirker anvendelsen af genbrugsmaterialer, og som forventeligt kan appliceres på de cases, der kan arbejdes videre på i projektet.

Tabel 7. Kriterier for case udvælgelse baseret på barrierer.

Barrierekategori	Udvælgelseskriterier
Adfærd	– ...
Byggeproces	– Byggesagens størrelse – Entrepriseform – Samarbejdsform
Design	– Tidlig inddragelse – Design for disassembly
Dokumentation	– Gennemført ressourcekortlægning (incl. problematiske stoffer)
Forretningsmodel	–
Indkøb	– Leverandørsamarbejde / aftale med firma
Infrastruktur	– ...
Kontraktuel	– ...
Logistik	– Pladsforhold på byggepladsen – Mellemlager / opbevaring
Marked	– Aftale med nedrivningsfirma
Produkter	– ...
Regulering	– Problematiske stoffer i materialer og affald – Firma underlagt EU taksonomien – Geografisk placering af projekt (varierende kriterier for bl.a. dokumentation)

4.7 Barrierer knyttet til dokumentation

Bæreevne og brandegenskaber

De primære tekniske barrierer er mangel på dokumentation for:

- Bæreevne
- Brandegenskaber

Vurderingen af bæreevne og brandegenskaber ligger nu hos de certificerede statikere og brandrådgivere. Reglerne for deres virke er primært baseret på, at materialeegenskaber er dokumenteret ved CE-mærkning. 'Ingeniørmæssige skøn' er ikke en del af systemet. Ved fastsættelse af egenskaberne af genbrugsmaterialer er rådgiverne meget forsigtige, da reglerne er uklare eller manglende. Dermed opstår der en barriere for genbrug, da gængs fremgangsmåde ikke kan følges.

Energiramme

Måske ser byggesagsbehandlere, foruden planforhold mv., også på dokumentation for overholdelse af energirammen, så der er behov for dokumentation af U-værdier for vinduer og isoleringsegenskaber for andre genbrugsmaterialer. Ved genbrug af vinduer kan U-værdien med tilstrækkelig nøjagtighed fastsættes ved tabelværdier, fx fra Håndbog for energikonsulenter. Øvrige genbrugsmaterialer vil ikke være det primære isoleringsmateriale, så deres λ -værdier kan også med tilstrækkelig nøjagtighed fastsættes ved tabelværdier, fx fra DS 418. Egentlige isoleringsmaterialer genbruges, så vidt vides, ikke selvom nyt isoleringsmateriale kan være fremstillet af genanvendte materialer.

Problematiske stoffer

Der er andre tekniske barrierer, bl.a. problematiske stoffer. Problematiske stoffer kan ses i relation til arbejdsmiljø og håndtering (også ved en senere affaldshåndtering og evt. miljøpåvirkning)

samt potentiel påvirkning af indeklima under brug af bygningen. En indførelse af selektiv nedrivning forventes at føre til mere genbrug og genanvendelse og at farlige stoffer fjernes fra affaldet (Miljøstyrelsen, 2022a). Affaldsbekendtgørelsen har krav til screening og kortlægning af problematiske stoffer ved generering af mere end 1 ton byggeaffald eller hvis der skal skiftes termoruder fra perioden 1950-1977, dvs. perioden, hvor PCB har været brugt. Der er ingen bagatallgrænse for udsortering af PCB fra byggeaffaldet (jf. Affaldsbekendtgørelsen §64, stk. 4). Derfor er der en opgave i at sikre, at de genbrugte materialer har en renhed, der er acceptabel i den nye anvendelse.

Behov for dokumentation

I relation til udvælgelseskriterier og dokumentation som barriere for genbrug af byggematerialer, er der brug for at skelne mellem, hvor omfattende det er at fremskaffe den krævede dokumentation. Til dette har vi hentet inspiration i en norsk rapport, som det norske Statsbygg har fået udarbejdet om genbrug af byggevarer og begrænsede eller brugsspecifikke ydelseserklæringer (Multiconsult, 2022). Den beskriver AVCP (Assessment and Verification of Constancy of Performance), det system der anvendes for dokumentation og kontrol af egenskaberne for nye byggevarer, givet i enten en harmoniseret standard eller, når en sådan ikke foreligger, en (frivillig) EAD (European Assessment Document). Systemet er illustreret i tabel 8.

Tabel 8. System til vurdering og kontrol af ydeevnekonstans.

Verifikationsprincip	AVCP-system
Produktcertificering af byggevaren	1+ 1
Certificering af produktets produktionskontrol ved notificeret organ	2+
Førstegangsprøvning af byggevarens ydelser af et notificeret laboratorium, herefter egenkontrol	3
Producenten angiver ydelserne og udfører kontrol uden certificeret organ	4

Den norske rapport foreslår at løse problemet med manglende ydeevneerklæringer for genbrugs-materialer ved, at der for hver relevant byggevare nedsættes en ekspertgruppe som gennemgår og vurderer behovet for dokumentation og kontrol med udgangspunkt i kravene til tilsvarende nye materialer. Dette er afprøvet for genbrug af betonthuldæk ([Personlig kommunikation, E.R. Wærner/Multiconsult, 2023]).

For byggevarer med kritiske funktioner som bæreevne eller brandmodstand kræves mere kontrol med dokumentationen (mindst system 2+), men der er samme krav til selve dokumentationen i form af prøvning. For byggevarer med mindre kritiske funktioner kan kontrollen være på et lavere niveau. Tabel 9 viser en liste over byggevarer og niveauet for kontrol.

Tabel 9. Eksempler på AVCP-system for en række byggevarer.

Byggevarer	AVCP-system	Byggevarer	AVCP-system
Teglsten	4	Gipsplader	4
Konstruktionstræ, bærende	2+	Vinduer og yderdøre	3
Træ, ikke bærende	4	Isolationsprodukter af mineraluld	3
Spånplader, ikke bæ- rende	4	Boligmoduler af træ	1

5 Udvalgelseskriterier

Vi har valgt at lade udvalgelseskriterierne tage udgangspunkt i materialerne og et konkret byggeprojekt. Materialerne vurderes ud fra ressourcer og skaleringspotentialer, bæredygtighed og derefter følger barrierer for deres ønskede anvendelse. Man kunne fravige princippet om, at cases udgøres af konkrete byggeprojekter og i stedet udvide definitionen til også at omfatte en given virksomhed eller praksis. Dermed kan et udvalgelseskriterie for cases omfatte, hvorvidt eller hvordan en virksomhed opbygger interne systemer eller praksisser for at håndtere varierende dokumentationskrav fra forskellige byggesagsbehandlere og certificerede rådgivere. Erfaringer fra andre projekter (se fx Gottlieb et al., 2020) viser således, at virksomheder over tid kan forberede sig på dette ved løbende at tilpasse og udvikle deres løsninger til tage højde for disse variationer. Det letter sagsbehandlingen og dermed risikoen for omprojektering. Dette kan også være tilfældet i forhold til anvendelse af genbrugsmaterialer, hvorfor det kan være relevant at undersøge cases, hvor aktører har arbejdet med at udvikle mere standardiserede løsninger for at lette dokumentationsbyrden.

5.1 Ressourcer og skaleringspotentialer

Som beskrevet i afsnit 2 kan ressourcer og skaleringspotentialer kædes sammen med nedrivning og hvad der hermed bliver gjort tilgængeligt. Der er fundet oplysninger om nedrivning af enfamiliehuse og her deler gruppen sig i to afhængigt af den geografiske placering. Der er nedrivninger i landdistrikt områder, hvor der typisk ikke genbygges på grunden og her skønnes en nedrivningsrate på omkring 1.500 enfamiliehuse om året (skøn fra 2017). Der er nedrivninger i mere befolkede områder, hvor der nedrives og genopbygges på grunden. Her skønnes en nedrivningsrate på omkring 1.200 enfamiliehuse om året. Huse i landdistrikterne er typisk bygget før 1950, mens husene i de mere befolkede områder også er af lidt nyere dato. Som et groft estimat er de to skøn for nedrivninger lagt sammen og det betyder materialer nedrevet fra omkring 300.000 m². Sammenlignes dette med de indhentede data fra Danmarks Statistik (afsnit 3.1), forventes der årligt nyopført 1,5 mio. m² som enfamiliehuse, dvs. de nedrevne huse (som etageareal) udgør 20% af de nyopførte. Samlet forventes årligt opført omkring 7 mio. m² etageareal, dvs. etagearealet af de nedrevne enfamiliehuse udgør omkring 4% af de samlede behov for nye opførelser.

Der er store usikkerheder på estimater for den årlige nedrivning af etagemeter. Betragtes etagearealet af de knap 3000 enfamiliehuse, der forventes nedrevet, udgør de formentlig 10-20 % af de anslåede antal m², der nedrives årligt. Det betyder, at der er en betydelig mængde nedrivning, som vi ikke kender oprindelsen på. Vi har ikke fundet information om nedrivning af ældre etageejendomme som ressource for nybyggeri, men der vil være enkeltstående større byggerier, der gennem nedrivning eller omfattende renoveringer kan levere materialer til genbrug. Det kunne være institutioner, hospitaler, industribygninger m.v. Det er ikke noget vi kan vurdere skaleringspotentialer efter indenfor rammerne af dette projekt.

Set i sammenhæng med udvalgelseskriterier vil cases med genbrug af træ, tegl og mursten forventes at have det største ressource- og skaleringspotentialer, dels set i relation til nedrivning af enfamiliehuse, dels da det er disse materialer, der står i den ældre bygningsmasse og må formodes at udgøre en stor del af de enkeltstående sager.

5.2 Ikke-fornybar råstoffer

I projektet er to case-beskrivelser rettet mod genbrug af ikke-fornybare råstoffer. De to typer ikke-fornybare råstoffer, der indvindes mest af i Danmark, er sand, grus og sten hhv. kridt og kalk. Teknologisk Institut (2020) skriver, at ca. 30 % af udvindingen af sand, grus og sten går til bygge-

riet. På baggrund af oplysninger fra Danmarks Statistik og Miljøstyrelsen anslår Teknologisk Institut (2020), at der på land indvindes 5,5 mio. m³ kvalitetssand til beton og ca. 4 mio. m³ fra hav, der potentielt kan bruges til beton. Det anslås desuden, at der på land indvindes 593.000 m³ ler til tegl og 2 mio. m³ kalk og kridt til cement. Disse anvendes primært i fremstillingen af byggematerialet beton som henholdsvis tilslag og ved fremstilling af cement, men kun cementfremstillingen bidrager til CO₂-udledningen. Beton udgør 5,3 mio. ton i analysen af materialeforbrug år 2021 og i fremtidsprognosen er tallet tæt på 4 mio. ton. Set ud fra bæredygtighedsanalyse er der et betydeligt globalt opvarmningspotentiale fra beton og da beton både udgør et stort forbrug af ikke-fornybar råstoffer og bidrager væsentligt til GWP, er det valgt, at disse cases fokuserer på genbrug af betonelementer, dvs. betonbyggeri opført indenfor de sidste godt 50 år. Det kan være genbrug af betonelementer på et nyt sted, men også totalrenovering, hvor kun betonskellettet bevares.

5.3 Bæredygtighedsvurdering

Set fra et isoleret perspektiv om globalt opvarmningspotentiale og behov for byggevarer i fremtidens byggeri, så udgør beton og lastoptagende isolering (i terrændæk og flade tage) de største bidrag til udledning af drivhusgasser. Isolering kan ikke genbruges i videre omfang. Genbrug af beton stiller store krav til udformningen for, at materialet kan udnyttes på en rimelig måde. Genbrug af mursten og tagsten giver også store besparelser, og det langt nemmere at tilpasse et nybyggeri, så disse materialer kan udnyttes optimalt. Træ kan potentielt også genanvendes i stort omfang, men den forholdsommæssige miljøgevinst er mindre end ved at genbruge beton og tegl.

5.4 Barrierer

Til sidst i afsnit 4 listes en række barrierer for genbrug af byggevarer. En best practice case, hvor dokumentationsbarrierer er overkommet, vil samtidig have en masse andre forudsætninger for at være lykkedes. Dermed inddrages både byggeproces, design, indkøb, logistik, marked for genbrugsvarer og regulering.

5.5 Samlet vurdering og cases

Det er prioriteret at udvælge cases med genbrug af:

- Træ, mursten, tegl, evt. vinduer
- beton

To cases er reserveret til genbrug af ikke-fornybar råstoffer. Det betyder, at udvælgelsen af yderligere seks cases skal prioriteres. Overordnet har vi valgt at opdele i to typer af byggeprojekter:

- a) Genbrugsmaterialer fra én bygning udnyttes direkte i en ny bygning således, at aftageren har konkret kendskab til materialernes oprindelse og hidtidige brug
- b) Genbrugsmaterialer indsamles og klargøres af tredjepart og indkøbes til byggeprojektet

Opdelingen af byggeprojekter i disse to typer er valgt strategisk, idet det vil give mulighed for at belyse flere beslægtede barrierer i en samlet kontekst. Udover dokumentation er der i afdækningen af barrierer identificeret en række forhold vedrørende logistik, regulering og aftaleformer, der vurderes at have indflydelse på genbrug af byggematerialer. Analysen pegede i særdeleshed på, at pladsforhold, opbevaring og transport har en indflydelse på graden af genbrug. Endvidere viste analysen, at uensartede krav fra myndigheder (dvs. kommuner i en dansk kontekst) udgør en væsentlig barriere. Også fraværet af markedsaktører, der håndterer og videreformidler genbrugte varer, spiller en stor rolle for problemstillingen vedr. genbrug.

Ved at udvælge cases, der omhandler direkte udnyttelse af genbrugsmaterialer fra én bygning i en anden bygning hhv. indkøb genbrugsmaterialer indsamlet og klargjort af tredjepart, får vi mulighed for at håndtere, hvilken rolle logistik og aftaleformer spiller i en samlet kontekst. I tilgift giver disse forskellige set-up også mulighed for at undersøge problemstillinger vedrørende anvendelse af genbrugsmaterialer før disse enten skifter status til affald eller byggevarer, alt afhængig af ansvarsforhold og spørgsmål om ejerskab til affaldet. Dette muliggør også en caseanalyse af, hvordan kommunale regler vedrørende affald håndteres i et givent projekt.

Slutteligt giver disse to typer af projekter mulighed for at undersøge øvrige casespecifikke forhold, der måtte omhandle konkrete praksisser (fx ressourcekortlægning) og forretningsmodellers indflydelse på genbrug af materialer. Forhold vedrørende geografisk placering, projektstørrelse, samarbejdsform m.m. kan undersøges ved valg af to eller flere cases af samme projekttype, men dette afhænger af adgang til casestudier.

Indenfor de to grupper kan der yderligere prioriteres i udvælgelsen. Her kan følgende punkter have relevans:

- En regional fordeling. Der forventes en geografisk fordeling af nedrivningsmaterialerne fra enfamiliehuse og der forventes også forskelle i den reguleringsmæssige tilgang til dokumentationskrav og fx krav til renhed af materialer. Er der cases med ensartet anvendelse af de samme materialetyper kan en sammenstilling være nyttig.
- Dokumentationskrav som barriere for fx træ, vil afhænge af anvendelsen. Her kan man skele til kompleksiteten i at opnå den påkrævede dokumentation, dvs. hvor i de fem klasser for AVCP-systemet er materialet placeret med den pågældende anvendelse.
- specifikt for gruppe a vil også logistik som plads til opbevaring og tildannelse være relevant
- Specifikt for gruppe b vil mulige mængder og leveringstidspunkter for ensartede produkter have stor relevans.

6 Case udvælgelse

Indledende er en opsummering af ressource og skaleringspotentialer, bæredygtighedsvurdering og identifikation af barrierer. Derefter følger de kriterier, der er sat for udvælgelsen af cases og til sidst selve case indsamlingen.

6.1 Opsummering

Potentialet for genbrug af byggematerialer og barrierer forbundet med dokumentation har fokuseret på at kvalificere grundlaget for udvælgelse af en række cases, hvor genbrug af byggematerialer er håndteret på en miljømæssig såvel som sundheds- og sikkerhedsmæssig forsvarlig måde. Potentialet for genbrug af byggematerialer ses dels i perspektiv af et skaleringspotentiale, dels en bæredygtighedsvurdering. Dertil kommer en afdækning af barrierer foranlediget af dokumentationskrav. Nedenfor er kriterierne opdelt i to:

- Materiale typer set på baggrund af potentiale
- Barrierer med relation til dokumentation

Valg af materialer

Der skønnes en nedrivning på 1,7 mio. m² pr. år, mens der nyopføres 7 mio. m² pr. år. Det betyder, at det nedrevne areal udgør under 25 % af det nyopførte. Samtidig vil materialer egnet til genbrug kun udgøre en delmængde af disse 25 %. De 7 mio. m² er estimeret som et gennemsnit over de sidste 30 års nyopførelser. En analyse af materialeforbruget viser, at beton mængdemæssigt (vægtmasse) udgør langt den største andel af materialerne. Mængdemæssigt udgør tegl (både mursten og tagsten) lidt under 10% af det samlede behov.

Casene identificeres ud fra kriterier om genbrug og:

- ressource og skaleringspotentiale vurderet på baggrund af nedrivning
- bæredygtigheds potentiale, dvs. CO₂ besparelse ved genbrug ift. ny produktion
- ikke-fornybar råstoffer

BUILDs analyse af typiske nedrevne bygninger viser, at mursten, tagsten, træ og beton opfylder disse kriterier. I relation til genbrugspotentiale skønnes den årlige ressource at være omkring:

- 100 mio. stk. mursten á 2 kg/stk.
- 50.000 m² tagsten á 50 kg/m² eller 2500 ton
- 40.000 m³ konstruktionstræ
- op til 1 mio. m² trægulve, ca. 25.000 m³
- 0,5 mio. ton beton over sokkelhøjde (ca. 0,25 mio. m³)

På baggrund af disse opgørelser er der estimeret en årlig reduktion i CO₂e-udledning i størrelsesordenen 50.000 ton for mursten, 2.000 ton for træ og 750 ton for tagsten. For beton er besparelsen 400 kg/m³ og det skal bemærkes, at beton i denne sammenhæng er medtaget i egenskab af at være et byggemateriale med et højt forbrug af ikke-fornybar råstoffer.

Barrierer for genbrug

Barrierer for genbrug er undersøgt på baggrund af et litteraturstudie, der har identificeret en række barrierer, som forskellige aktører typisk møder i forbindelse med genbrugsmaterialer. De primære barrierer falder inden for kategorierne:

- dokumentation
- byggeproces
- logistik
- regulering

Adfærd er også identificeret som en væsentlig barriere. Dette er dog typisk relateret til forhold vedrørende vaner og manglende interesse for genbrug. Det sidste er svært at ændre, hvorfor denne barriere ikke gøres til genstand for yderligere granskning i denne undersøgelse. Derimod vurderes de fire listede barrierer at kunne afhjælpes gennem øget oplysning og udvikling af "best practice". Nedenfor er opstillet kriterier for valg af cases som repræsenterer hver af disse barrierer.

6.2 Kriterier for valg af cases

Hver cases skal belyse så mange kombinationer af nedenstående kriterier som muligt, men samtidig være repræsentativ for praksis.

Kriterier for materialer

Der skal udvælges otte cases, heraf minimum to, der fokuserer på ikke-fornybar råstoffer repræsenteret som genbrug af beton. Herudover prioriteres cases med genbrug af mursten, tagsten og træ.

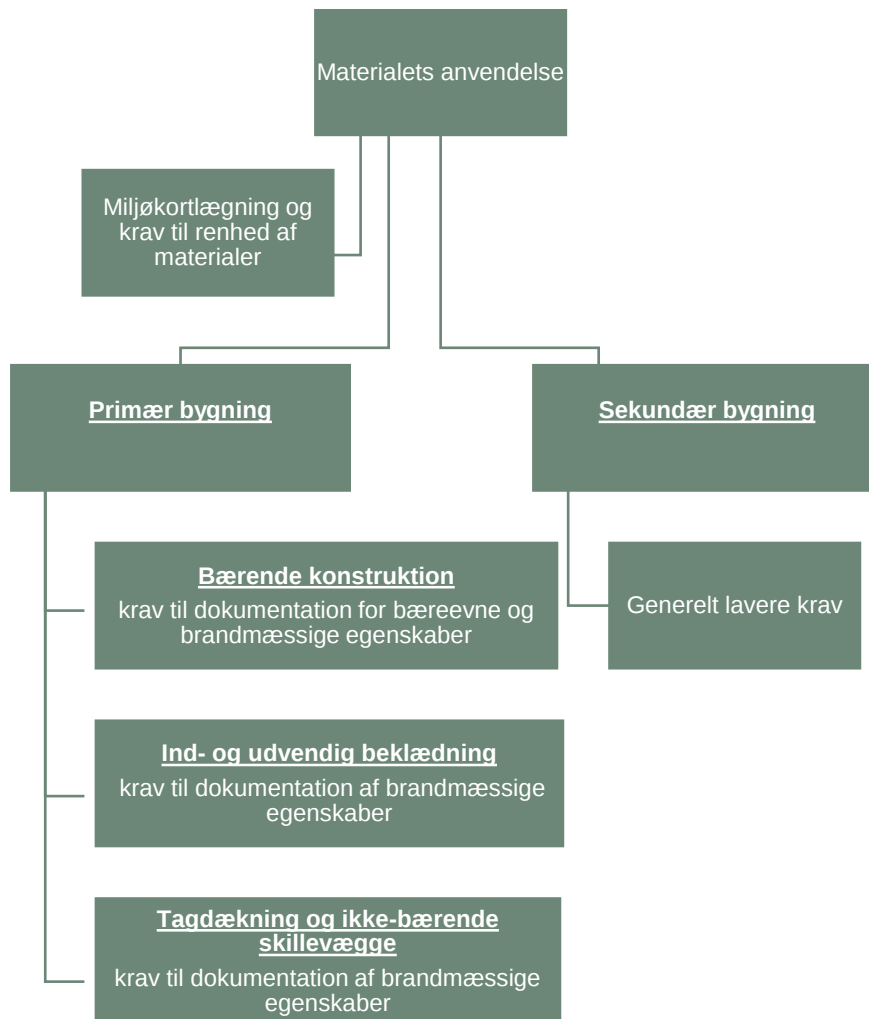
Prioritering: Minimum to cases med beton. Øvrige cases fordelt med fokus på mursten, tagsten og træ.

Kriterier om dokumentationskrav

Dokumentationskravene afhænger af materialet og især materialets nye anvendelse, da den er bestemmende for, hvilken dokumentation der skal frembringes.

For alle anvendelser forventes det, at materialernes eventuelle indhold af problematiske stoffer, og dermed egnetheden til den pågældende anvendelse, kan afdækkes i en miljøkortlægning eller anden form for dokumentation. Det kunne typisk være, at imprægneret træværk kan være egnet til sekundære bygninger, såsom åbne skure, mens uforurenedede materialer kan anvendes til primære bygninger.

Dokumentationskrav og -niveau er illustreret på figur 15 i relation til materialets anvendelse.



Figur 15. Graden af krav til dokumentation i relation til materialets anvendelse.

I forhold til dokumentationskrav skal casene forholde sig til materialernes anvendelse, herunder hvordan materialernes egenskaber er fastlagt og dokumenteret. Ofte anvendes genbrugsmaterialer til sekundære bygninger, hvor kravene er mere lempelige end ved anvendelse i primære bygninger.

Prioritering: Cases der repræsenterer forskellige anvendelser og dermed forskellige grader af krav til dokumentation. I tilgift til anvendelse til sekundære bygninger, bør nogle cases også omhandle primære bygninger, fx etageejendomme eller institutioner.

Kriterie om byggeproces

Byggeprocessens indflydelse på dokumentationskrav, omhandler forhold vedrørende nedrivningspraksis, sortering, interne guidelines og affaldsstrategi og hvordan informationer om materialerne håndteres fra nedrivning til tilgængelighed som genbrugsmateriale.

Prioritering: Repræsentation af cases med to typer af organisering af byggeprocessen. Den ene type kender bygherren sin ressource, og dermed har kendskab til og indflydelse på materialehåndteringen. Den anden type køber bygherren sine genbrugsmaterialer hos tredjepart, der dermed står for dokumentationen.

Kriterie om regulering

Forhold vedrørende regulering har indflydelse på dokumentationskrav, idet der kan være forskel på, hvordan certificerede rådgivere eller bygningsmyndigheder håndterer dokumentationskrav. Dette gælder også krav ift. miljøkortlægningen.

Prioritering: Flere cases med samme materialetype og -anvendelse, men forventeligt forskellige krav fra certificerende rådgivere og/eller myndigheder således, at best practice er så repræsentativt som muligt.

Kriterie om logistik

Logistik har en stor indflydelse på dokumentationskrav. Er materialerne nedbrudt på grund af manglende vedligehold eller fordi bygningen har været ude af brug i længere tid, kan det øge kontrolbehovet. Det samme gælder, hvis materialerne efter nedbrydningen ikke er opbevaret korrekt. Fremgangsmåden ved udtagning, rensning og sortering har også betydning for niveauet af modtagekontrol på pladsen. Der kan også være behov for at sammensætte forskellige leverancer med tilhørende dokumentationer, hvis der er forskelle i mængder og størrelser på de genbrugte materialer, fx grundet sourcing fra forskellige kilder.

Prioritering: Cases udvælges, hvor logistikken omkring materialerne er løst på forskellige måder, herunder hvordan det sikres, at kvaliteten ikke er forringet fra tidspunktet, hvor egenskaberne blev dokumenteret.

6.3 Indsamling af cases

På baggrund af en annoncering via Værdibygs nyhedsbrev samt diverse personlige kontakter er der indsamlet cases efter de opstillede udvælgelseskriterier. Cases er overordnet summeret i bilag 3. Der er sigtet efter en udvælgelse, der kan opfylde kriterier illustreret med figur 16.

		materialer			
Bygning	anvendelse	mursten	træ	tagsten	beton
primær	bærende konstruktion				
	ind/udvendig beklædning				
	tagdækning og ikke-bærende				
sekundær	bærende konstruktion				
	ind/udvendig beklædning				
	tagdækning og ikke-bærende				

Figur 16. Matrice med bygningstype, anvendelse af materiale og materialetype.

I alt er der gennemgået 24 cases, hvoraf de fem er frasorteret, da de ikke opfyldte udvælgelseskriterierne (primært fordi der var tale om genanvendelse og ikke genbrug). Overordnet fordeler cases sig som angivet nedenfor i tabel 10. Nogle cases dækker flere bygningstyper og flere typer materialer.

Tabel 10. Antal af cases, der berører de valgte bygningstyper og materialer.

Bygningstype			Materiale				
Primær	Sekundær	Ved ikke	Mursten	Træ	Konstruktionstræ	Tagsten	Beton
12	6	2	6	9	7	4	3

To cases er fastlagt til at repræsentere genbrug, der sparer ikke-fornybar råstoffer. Da beton er altdominerende i materialebehovet for det fremtidige byggeri og repræsenterer et stort forbrug af ikke-fornybar råstoffer, er der fokuseret på cases, hvor genbrug af betonelementer indgår. Her er én case udvalgt og to cases er potentielle "boblere". Målet er otte cases. Der er udvalgt syv og derudover fire potentielle cases ("bobler"). De 11 udvalgte cases er kort præsenteret i tabel 11 næste side. De 11 cases dækker fem kommuner, hvoraf to er jyske (tabel 11). Der er seks primære bygninger og tre sekundære. Der er én bolig, fire erhverv/erhvervslignende, én institution, ét orangeri og tre skure.

Af tabel 11 fremgår (illustreret med farver), at fordeling på materialer er én mursten, tre træ, tre konstruktionstræ, to tagsten og tre beton. Foreløbigt er udvalgt én case med beton, der repræsenterer ikke-fornybar råstoffer. Blandt boblerne skal der derfor som minimum vælges én case med beton. Derudover giver boblerne mulighed for at udskifte en af de udvalgte træ-cases.

Bilag 3 viser skematisk oversigt over alle egnede cases, hvor de enkelte cases er beskrevet i henhold til opdelingen i tabel 1 og ift. case nr., navn m.v.

Tabel 11. Udvalgte cases og fire boblere (markeret med lys grå farve). Bemærk case 21 indgår både som udvalgt (konstruktionstræ) og bobler (betonelement).

Nr	Bygningskategori Ejerforhold Geografisk placering	Bygning Primær 1 Sekundær 2	materiale	Resume Særlige forhold prioriteret ved udvælgelse
5	"erhverv" privat Køge kommune	1	konstruktionstræ	Opførsel af et 'Klimahus' i Tiny Varigheden i Køge. Det består af to tiny-houses, der skal bruges til kursus og demonstrationshus
9	Erhverv privat Kbh. kommune	1	træ (gulv)	Nordeas gamle domicil (der ejes af ATP), hvor der blev prioriteret genbrug af egetræsgulvbrædder (stave). Gulvet skulle omlægges, hvilket gav problemer med garanti for liggemetoden. Ansvar for metode
14	Erhverv (?) kommunal Horsens kommune	1	betonsøjler (ikke-fornybar råstoffer)	Genbrugscenter Stablen opført med genbrugsmaterialer fra kommunale nedrivninger, bl.a. betonsøjler og -bjælker, hvor man placerede dem tættere end hvor de tidligere havde stået. Ikke-fornybar råstoffer
20	Institution kommunal Kbh. kommune	1	mursten	Katrinédals skole. Samarbejde med Gamle Mursten ApS, hvor 140.000 mursten fra nedrivning på Bispebjerg Hospital er udsortet, rensat og klargjort. Køb hos tredjepart

Tabel 11. fortsat. Udvalgte cases og fire boblere (markeret med lys grå farve). Bemærk case 21 indgår både som udvalgt (konstruktionstræ) og bobler (betonelement).

Nr	Bygningskategori Ejerforhold Geografisk placering	Bygning Primær 1 Sekundær 2	materiale	Resume Særlige forhold prioriteret ved udvælgelse
13	Bolig almen Kbh. kommune	1	tagsten	Partnerskab med KAB, eksisterende tagsten tages af, udskiftning af tagkonstruktion og efterisolering, derefter lægges de gamle tagsten på igen Obs! De er ikke færdige
16	Skure kommunal Roskilde kommune	2	tagsten	Musicon bydelen, skure til bl.a. affaldsspande, hvor tagsten er anvendt som facade - er det genbrug?
21	Orangeri alment Aalborg kommune	2	konstruktionstræ	Udviklingsprojekt med trækonstruktion og fokus på brand, bl.a. med DBI. Tilsvarende orangeri er bygget i Frederikshavn. Udfordringer med brandgodkendelse
21			betonelementer (Ikke-fornybar råstoffer)	Også erfaringer med betonelementer fra svalegate genbrugt på højkant til fundamenter. BOBLER
22	Skure privat Generel	2	træ konstruktionstræ	Firma, der bygger skure af genbrugs-træ; skræddersyede løsninger, de søger byggetilladelse og bygger "Næsteskur" som præfabrikerede elementer. Købte ressourcer, præfabrikerede løsninger. BOBLER
23	Erhverv privat Roskilde kommune	1	betonelementer (Ikke-fornybar råstoffer)	Ombygning af Tscherning hovedkontor, hvor der genbruges betonelementer (selv bygherre). "gamle" støttemure mv. bliver til nye vægge, dæk o.a. BOBLER
2	Hus ? Kbh. kommune	?	træ	Staffans hus på Christiania, anvendt facadebrædder (og konstruktionstræ) fra nedrivning (Hangaren) på Stadsgraven. BOBLER

Efterfølgende har det vist sig, at der var behov for justeringer og tilføjelser. Visse cases viste sig ikke at være påbegyndt eller helt afsluttede. Tabel 12 præsenterer de valgte cases.

Tabel 12. Cases udvalgt til beskrivelse af best practice og dokumentation.

Bygning	Anvendelse	Materiale			
		Mursten	Træ	Tagsten	Beton
Primær bygning	Bærende konstruktion				Tscherning
	Ind/udvendig beklædning	Svanen Katrinedal	Nordeas gamle domicil	Made in Aarhus	
	Tagdækning og ikke-bærende				
Sekundær bygning	Bærende konstruktion		Orangeri – Aalborg Næste skur		Orangeri – Frederikshavn
	Ind/udvendig beklædning				
	Tagdækning og ikke-bærende				

Tabel 13. lindsamlede cases

case nummer	case	bygning primær	sekundær ved ikke	materieler mursten træ	konstruktionstragsten	beton	barrierer byggeproces*	regulering	logistik
1	opstart multihus	x							
3	opstart skole	x		x			x		x
4	klubhus	x		x					
5	tiny house	x			x				
9	genbrug gulv	x							
14	genbrugcenter	x		x		betonsøjler			
15	Børnehuset Svanen	x			x		x		x
18	centre for diabetes	x		x	(x)		x		
20	skole	x		x			x		x
12	duplex-bolig	x							
13	ikke færdig genbrug tagsten	x				x			
23	onbygning af kontor	x	x			betonelementer	x		
6	skur børnehaven		x	x					
7	maskinskur		x			x			
16	skure Musicon		x		x				
22	skure		x		x		x		
21	orangeri v. plejehjem		x		x	betonelementer		x	
2	Staffrans hus		x		x		x		
8	trailcenter		x		x				

7 Referencer

- Andersen, R. & Negendahl, K. (2023) Lifespan prediction of existing building typologies. Journal of Building Engineering. Vol 65, 105696. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.105696>
- Danmarks Statistik (2023) udtræk af nyopførte bygninger, link: <https://www.statbank.dk/statbank5a/SelectVarVal/Define.asp?MainTable=BYGV22&PLanguage=1&PXSID=0&wsid=cftree>
- Gottlieb, S. C., Thuesen, C., Frederiksen, N., & Berg, J. B. (2020). Strategiske partnerskaber i Københavns Kommune: Erfaringer og resultater 2017-2019. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport No. 2020:26 <https://sbi.dk/Pages/Strategiske-partnerskaber-i-Koebenhavns-Kommune.aspx>
- Kora (2017) Nedrivning af huse og fremtidige nedrivningsbehov i Danmark. Det Nationale Institut for Kommuner og Regioners Analyse og Forskning. Projekt: 11054. ISBN: 978-87-7488-986-1. Link: <https://www.ft.dk/samling/20161/almdel/ul%C3%B8/bilag/109/1752301.pdf>
- Jensen J.O., Mechlenborg M., Kragh J., Egsgaard-Pedersen A. (2022) Nedrivning af enfamiliehuse: Omfang og årsager. BUILD Rapport 2022:36. <https://build.dk/Assets/Nedrivning-af-enfamiliehuse-Omfang-og-aarsager/Nedrivning-af-enfamiliehuse-omfang-og-aarsager.pdf>
- Miljøstyrelsen (1996) Genanvendelsesindsatsen i bygge- og anlægssektoren 1986-1995. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 10, Miljø- og Energiministeriet. Link: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1996/87-7810-675-3/pdf/87-7810-675-3.pdf>
- Miljøstyrelsen (2016) Samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten. Miljøprojekt nr. 1904. ISBN: 978-87-93529-42-7. link: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/11/978-87-93529-42-7.pdf>
- Miljøstyrelsen (2018) Kortlægning af genanvendeligt træaffald i Danmark. Miljøprojekt nr. 1993. Link: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/03/978-87-93614-89-5.pdf>
- Miljøstyrelsen (2022a) Selektiv nedrivning i byggebranchen, Miljøprojekt nr. 2185, Livscyklusvurdering (LCA) af konsekvenser ved selektiv nedrivning. ISBN: 978-87-7038-353-0. Link: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/02/978-87-7038-353-0.pdf>
- Miljøstyrelsen (2022b) Affaldsstatistik 2020. Miljøprojekt nr. 2217. Link: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/12/978-87-7038-463-6.pdf>
- Multiconsult (2022) Ombruk av byggevarer: Begrensede / bruksspesifikke ytelseserklæringer. Eirik Rudi Wærner – personlig kommunikation
- Munch-Andersen, J. (2008) Efterisolering af etageboliger (SBI-anvisning 221). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut. Lokaliseret på: <https://build.dk/anvisninger/Pages/221-Efterisolering-af-etageboliger-1.aspx>
- Rambøll Management (2021) Performanceindikator for træets andel i byggeriet, Analyserapport, 25 s. Rambøll Management, Consulting A/S.
- Rasmussen T.V., Thybring E.E., Munch-Andersen J., Nord-Larsen T., Jørgensen U., Gottlieb S.C., Bruhn A., Rasmussen B., Beim A., Thomsen M.R., Munch-Petersen P., Primdahl M.B., Bentsen N.S., Frederiksen N., Koch M., Beck S.A., Bretner M.-L. & Wittchen A. (2022) Biogene

materialers anvendelse i byggeriet. BUILD rapport 2022:09. <https://build.dk/Pages/Biogene-materialers-anvendelse-i-byggeriet.aspx>

Realdania (2021) TEMAARK #2 Byggeriet som ressourcebank. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/temaark---cirkulaer-oekonomi-i-byggeriet>

Realdania (2022) De genanvendte huse 30 år efter. Sammenfatningsrapport. <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/de-genanvendte-huse-30-aar-efter-sammenfatningsrapport>. 11 sider. Forfattet af WSP med hjælp fra Maria Ekblad, TRE.

Rem C., Lillelund B. og Munch- Andersen, J. (2019) Efterisolering med fokus på enfamiliehuse (TRÆ 76). Træinformation, ISBN nr.: 978-87-90856-23-6

Teknologisk Institut (2020) Fremtidens byggematerialer – har vi mangel på råstoffer? Link: http://cms.teknologisk.dk/getmedia.asp?media_id=78249

Tozan, B., Brisson Jørgensen, E., & Birgisdottir, H. (2021). Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Opdaterede værdier baseret på nyere data og danske branche EPD'er. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Nr. 2021:13. <https://www.lcabyg.dk/en/download/92405>

Østerby A.B., Scanlon P., Nejland T.L., Færch M. & Lysgaard Vind D. (2019) Opbygning af Danmark - gennem nedrivning af tomme bygninger. Kuben Management og Lendager Group. <https://byfornyelsesdatabasen.dk/file/663101/dok.pdf>

Bilag II

Litteraturstudie med af-
dækning af barrierer mod
genbrug af byggemateri-
aler

1 Introduktion

Dette bilag præsenterer resultater fra et litteraturstudie af internationale videnskabelige artikler om genbrug af byggematerialer. Formålet med litteraturstudiet er at synliggøre forhold, der kan virke fremmende og begrænsende for genbrug af byggematerialer med særlig fokus på forhold vedr. dokumentationskrav.

Rapporten er struktureret i fire hovedkapitler. Kapitel 2 skitserer kort grundlaget for undersøgelsen og de valg, der er truffet som en del af litteraturstudiet. I kapitel 3 redegøres kort for det metodiske og empiriske grundlag for studiet. Kapitel 4 analyseres på tværs af de forskellige kilder og at udlede forhold, der ifølge den anvendte litteratur påvirker genbrug af byggematerialer. I kapitel 5 foretages på denne baggrund en sammenfatning af faktorer, der vurderes at have indflydelse på genbrug. Disse faktorer skal danne udgangspunkt for en række udvælgelseskriterier, der skal sikre en bred relevans for best-practice case-beskrivelserne, som gennemføres i en anden aktivitet i projektet.

Det skal bemærkes at litteraturstudiet er gennemført under væsentlige begrænsninger grundet de ressourcer, der er afsat i projektet. Litteraturstudiet, analyserne og notatet er udarbejdet på to dage i januar 2023. Dette betyder i sagens natur, at den omfattende kodning af materialet er baseret på tentative individuelle vurderinger, og er ikke blevet kvalitetssikret eksternt. Resultaterne skal derfor tages med et vist forbehold, selvom det vurderes, at de overordnede resultater og konklusioner der drages, er retvisende.

2 Grundlag for undersøgelsen

Notatet præsenterer en afdækning af barrierer mod genbrug af byggematerialer. Selvom undersøgelsen jf. opdrag og tilbudsskrivelse skal have fokus på barrierer foranlediget af dokumentationskrav, præsenteres i notatet også barrierer foranlediget af andre forhold end krav om dokumentation. Årsagen hertil er, at kortlægningen af barrierer, i tilgift til supplerende analyser af skaleringspotentialer og bæredygtighedsvurderinger, skal bruges til at kvalificere kommende cases om best-practice for genbrug af byggematerialer.

Disse cases udvælges dermed på baggrund af en såkaldt informationsorienteret udvælgelsesstrategi, hvor formålet er at udvælge cases, der giver mulighed for at maksimere nytteværdien af den information casene stiller til rådighed. Til dette formål kan både ekstreme og kritiske cases anvendes til at opnå information om forhold som er usædvanlige, eller som giver mulighed for logisk deduktion med henblik på at øge generaliserbarhed. En tredje variant er anvendelse af maksimum variation cases, der kan bruges til at indhente information om betydningen af variation i forudsætninger for et givent resultat.

Ved anvendelse af en informationsbaseret udvælgelse, er det fordelagtigt at tage udgangspunkt i hypoteser, som bliver styrende for fastlæggelse af 'uafhængige variable' som kan påvirke det udfaldet af det fænomen der er genstand for undersøgelsen. I tilfældet med udfordringer, der opleves i praksis vedrørende dokumentation af genbrugte byggematerialer, er der således en række forhold eller forudsætninger, der i tilgift til selve dokumentationskravet, kan have betydning for, hvorvidt genbrug finder sted eller som yderligere komplicerer det at skulle håndtere dokumentationskrav.

3 Metode og tilgang

Denne undersøgelse er blevet udført som et systematisk litteraturstudie. Målet har været at indsamle information om barrierer mod genbrug af byggematerialer, som de er rapporteret i videnskabelige studier og rapporter. Vores interesse har været i specifikke undersøgelser, der har produceret eller rapporteret primære data om disse forhold.

3.1 Litteraturstudiet - Søgning

For at identificere undersøgelser, der rapporterer om barrierer mod genbrug af byggematerialer, blev der foretaget en gennemgang af den akademiske litteratur i flere databaser, herunder Scopus og Google Scholar. Google Scholar blev brugt i den første runde af relativt ustruktureret søgning, der fokuserede på at identificere artikler, der rapporterede data på undersøgelsens område. Dette førte til identifikationen af nogle få udvalgte artikler hvis emne og nøgleord blev brugt i den efterfølgende strukturerede Scopus-søgning.

3.2 Datagrundlaget

Scopus-søgningen resulterede i identificeringen af samlet 23 artikler, der indgår i analysen. Det er værd at bemærke, at søgningen blev afgrænset til at omfatte alene videnskabelige artikler. De i alt 23 kilder, som er udvalgt, er en begrænset delmængde af de mere end 100 artikler, som litteratursøgningen producerede. Alle artikler blev således hurtigt læst med henblik at screene dem for resultater, der kunne bruges i denne undersøgelse. Adskillige artikler, der indeholdt de for undersøgelsen relevante nøgleord, viste sig således at behandle disse forhold overfladisk eller på anekdotisk niveau – eller blot gengive data fra andre studier. I tilgift er anvendt fire yderligere rapport, som forfatteren af dette notat havde førstehåndskendskab til, men som ikke dukkede op i litteratursøgningen. Datagrundlaget består derfor af samlet 27 artikler som alle beskæftiger sig med barrierer for genbrug for byggematerialer.

3.3 Dataanalyse og kodning

Efter at have identificeret de forskellige dokumenter blev disse gennemlæst med fokus på resultater og anvendte metoder. Alle artikler blev kodet. Oplysninger om de enkelte artikler blev struktureret i følgende kategorier (hvor relevant):

- Barrierer identificeret
- Barrierekategori
- Effekt af barriere
- Kategorisering af effekt
- Nation
- Genbrugsfokus
- Faktorer der påvirker genbrug
- Forhold vedr. dokumentation
- Produkt/materiale
- Aktør
- Fase

Figur B1. Kategorier i kodningen af indholdet artiklerne i litteraturstudiet

Data er struktureret således, at der er identificeret konkrete barrierer mod genbrug af byggematerialer, og faktorer, der påvirker genbrug positivt. Disse barrierer og faktorer er identificeret empirisk og spænder meget vidt. Der er derfor foretaget en gruppering og overordnet kategorisering af barrierer, effekter og påvirkningsfaktorer med et mere overskueligt datasæt. Hver artikel kan indeholde flere af disse elementer. En artikel kan fx omtale 20 forskellige barrierer. I alt identificeredes 243 forskellige barrierer mod genbrug af byggematerialer. Disse blev reduceret til 12 overordnede kategorier, som eksemplificeret nedenfor.

Tabel B1. Eksempel på kodning af identificerede barrierer.

Barrierekategori	Barriere
Adfærd	- A lack of awareness of the effects of reuse - Builders and developers could better educate homebuyers about the benefits of reuse of construction materials - Builders and developers could provide more cost-competitive low-EE products for consumers - Clients could be better informed by architects about the impacts and benefits of reuse of construction material. - Conservative way of thinking - Current habits and attitudes - Final client variations resulting in construction waste during the build stage. - Growing consumer demand for large new homes is often contradictory to a willingness to reduce energy use and use sustainable building materials in properties - Lack of best practices - Lack of coherence and consistency between homeowners' environmental concerns and pro-environmental behaviours and attitudes - Lack of competence regarding how to reuse - Lack of interest by the company in this matter - Lack of interest from clients

	- Lack of Knowledge - Lack of training - Limited knowledge and experience - Other priorities in the construction sector - Perception that reversible design leads to high financial costs - Preference for virgin materials. - Reversible buildings are still widespread
--	--

Tabellen skal læses på den måde, at vi identificerede 20 barrierer, som vi kodede som adfærdsmæssige barriere. Den fulde tabel (tabel B3) ses til sidst i dette bilag.

Alle artikler blev kodet i et Excel regneark med henblik på efterfølgende krydstabuleringer i forbindelse med analysen. Bilaget indeholder en oversigt over udvalgte parametre, som er anvendt og identificeret i kodningen. Her vises fx de barrierer, der er identificeret. Samme sted er også en liste over identificerede faktorer, som de forskellige artikler argumenterer, har indflydelse på genbrug. Der henvises til Excel regnearket som dokumentation.

3.4 Begrænsninger og refleksioner

Mange af de rapporterede undersøgelser er 'mangelfulde' i den forstand, at det metodiske grundlag for undersøgelserne er meget usikre og tvivlsomme. Dette skyldes en mangel på beskrivelse af antagelser, variabler, dataindsamlingsmetoder samt beregninger / analytiske tilgange.

Derudover rapporterer de forskellige undersøgelser data forskelligt, hvilket gør det meget vanskeligt at foretage sammenligninger på tværs af datasættene. Selv når undersøgelser tilsyneladende rapporterer de samme faktorer, er der forskelle på dataindsamling eller datakvalitet, hvilket gør sammenligninger usikre.

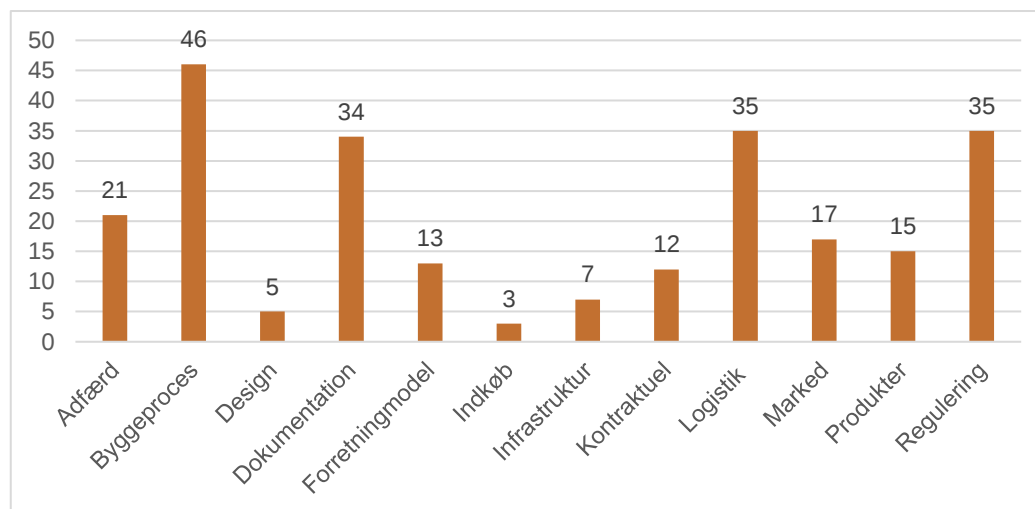
En anden faktor, der gør sammenligningen vanskelig, og som ikke er blevet behandlet eksplicit i dette notat er, at forskellige nationale sammenhænge sandsynligvis vil påvirke de faktorer, der har indflydelse på genbruget. Forskelle i markedsstruktur, reguleringer, bygningsteknologier osv. varierer og påvirker processer på forskellige måder. En stor del af den identificerede litteratur omhandler således udenlandske forhold, hvor der kan være stor forskel i forhold til danske forhold.

4 Tværgående analyse

I dette kapitel opsummeres de væsentligste resultater fra litteraturstudiet.

4.1 Kategorisering af barrierer

Analysen resulterede i identifikation af i alt 243 barrierer, som kunne grupperes i 12 overordnede kategorier som vist i figur B1 nedenfor.

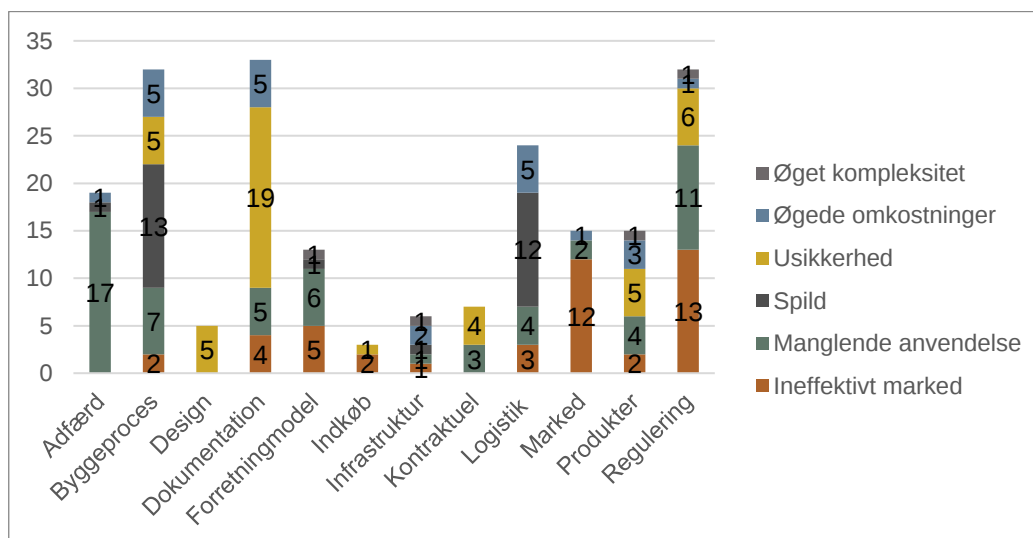


Figur B1. Antal af barrierer identificeret.

Det ses, at der er fem kategorier af barrierer, som i overvejende grad går igen i litteraturen. Udover adfærdsmæssige barrierer, som mangel på interesse for genbrug eller konservative tænkemåder, omfatter disse forhold vedr. regulering, logistik, dokumentation og byggeprocessen. I forhold til regulering nævnes typisk forhold vedr. manglende, kompliceret eller forskellig lovgivning på området, herunder at der kan være forskellige dokumentationskrav fra område til område inden for rammerne af den samme nation. Videre nævnes også forhold vedr. manglende standarder og ansvarsordninger som en barriere. I forbindelse med forhold vedr. dokumentation er den hyppigst nævnte årsag manglende best practice, dokumentation viden om egenskaberne af genbrugsmaterialer. Slutteligt omhandler en del af barriererne forhold vedr. logistik og byggeprocesser. Dette omfatter forhold vedr. pladsforhold, opbevaring og håndtering af materialer (herunder også systemer til kontrol og monitorering) samt fravær af affaldsstrategier og screeningmetoder, tidspres og hensyn økonomi. Tabel B3 sidst i dette bilag indeholder en liste over samtlige barrierer i hver kategori.

4.2 Effekten af barrierer

De forskellige barrierer blev også grupperet i forhold til deres effekt, hvilken fremgår af figur B2 nedenfor.

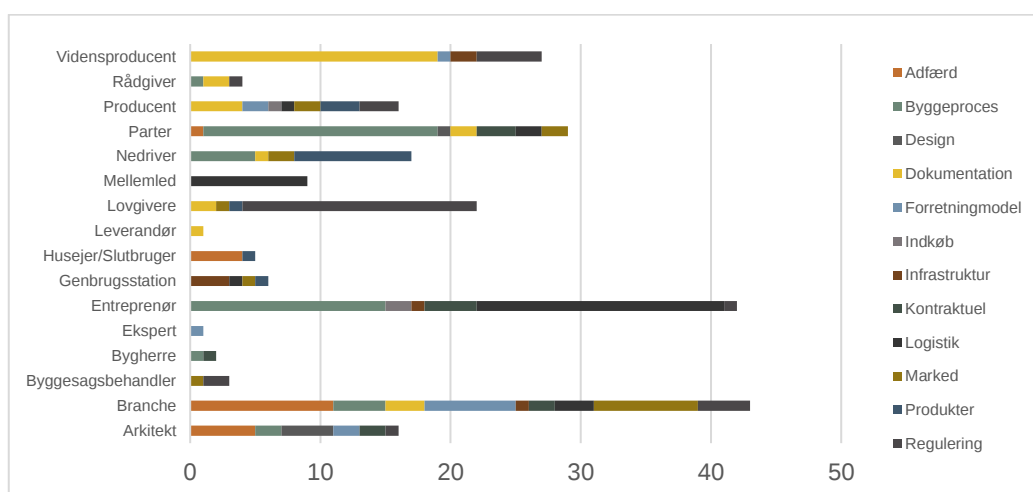


Figur B2. Effekten af de forskellige barrierer.

Figuren skal læses således, at der fx blev identificeret samlet 32 barrierer, der relaterer sig til karakteristika ved byggeprocessen, heraf fem som leder til øgede omkostninger, to der påvirker markedsfunktioner. Det er især reguleringen, byggeprocessens karakteristika og forhold vedr. logistik, som influerer på manglende genbrug af byggematerialer. I forhold til reguleringen peges der især på, at denne er utilstrækkelig i forhold til at sikre velfungerende markeder, da denne ikke stiller skarpe krav til genanvendelse eller hjælper med at etablere koblinger mellem udbud og efterspørgsel grundet manglende krav om fx standardisering m.m. I forhold til byggeprocessen giver barriererne sig primært udtryk i spild.

4.3 Aktører og barrierer

Analysen har også omfattet en opgørelse af, hvilke aktører der står overfor de forskellige barrierer i deres daglige praksis, eller som har en rolle at spille i forhold til at modvirke disse. Disse fremgår summarisk i figur B3 nedenfor.

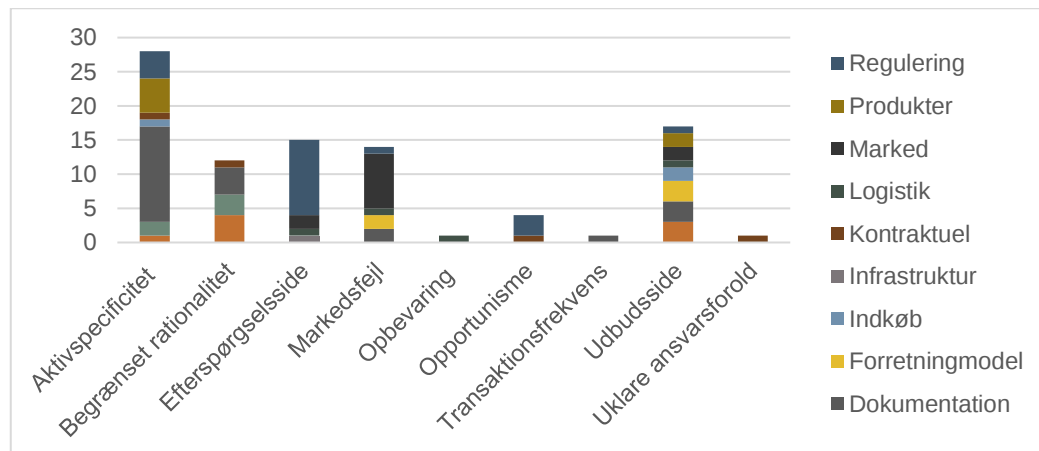


Figur B3. Aktørers relation til barrierer.

Typisk fremhæves "branchen" som aktørkategori. Denne kan fx være i form af, at der er en generel men uspecificeret mangel på træning og kompetence i forhold til at arbejde med genbrugsmaterialer, eller at generelle finansielle mekanismer ikke tilgodeser genbrug. En anden hyppig nævnt aktør er "vidensproducenter" dvs. de aktører, som bidrager til produktion af alment teknisk fælles-eje og guidelines om genbrugsmaterialer. Her peges oftest på, at der er behov for, at sådanne organisationer bidrager til yderligere udvikling af viden. Markedet generel nævnes også som en barriere, særligt i relation til manglende strukturer til at understøtte sammenhæng mellem udbud og efterspørgsel. Kategorien "parter" dækker over specifikke projektsamarbejder. Her er det særligt forhold vedr. samarbejdsform og projektets rammevilkår, der fremhæves, dvs. at de traditionelle projektmekanismer (ansvarsdeling, fasemodel m.m.) modarbejder øget genbrug af byggematerialer. Entreprenøren spiller en central rolle i forhold til at sikre øget genbrug af byggematerialer ved at udvikle konkrete praksisser, systemer og rutiner for håndtering af affald og materialer. Dette være sig i form af at foretage ressourcekortlægninger, udarbejde affaldsstrategier og -metoder samt tilvejebringe de fysiske rammer for at genbruget kan finde sted. Arkitekten og rådgiveren derimod, spiller en stor rolle i forhold til at designe projekter mhp. genbrug. Nedrivningsfirmer er en "ny" aktør i forhold til den traditionelle værdikæde, og spiller en central rolle i forhold til at sikre selektiv nedrivning og fraktionering af materialer. Slutteligt er en stor gruppe af aktører lovgivere, som udpeges som centrale i forhold til at sikre ensartet og tydelig regulering på området.

4.4 Årsag til barrierer

Mere interessant er det måske at betragte, hvilke årsager der fremhæves til at de forskellige barrierer. Her viser figur B4 på et principielt niveau hvilke forhold, der ligger til grund for de forskellige barrierer.



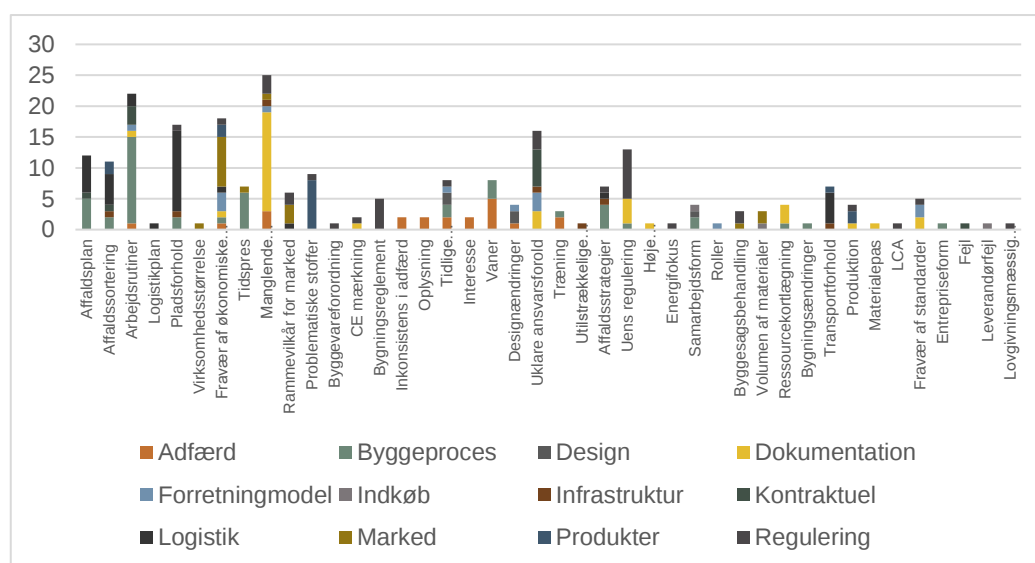
Figur B4. Årsag til barrierer.

Det ses, at det i alt overvejende grad er forhold vedr. såkaldt aktivspecifitet, der er afgørende. Aktivspecifitet dækker i dette henseende over i høj grad parter er nødt til at foretage specifikke investeringer for at kunne foretage en given transaktion. Ideen er, at visse produkter eller services er så specifikke, at der skal afsættes betydelige ressourcer for at anvende disse i en given sammenhæng – eller at anvende disse i andre sammenhænge, end det de oprindeligt er anvendt til. I tilfældet med genbrugsmaterialer skal dette forstås således, at der er væsentlige omkostninger forbundet med at tilvejebringe den nødvendige information, der tillader materialerne at blive anvendt, og at disse omkostninger er direkte forbundet med materialets egenskaber og tiltænkte brugssituation. I tilgift er forhold vedr. begrænset rationalitet en årsag til barrierer. Hvor aktivspecifitet er knyttet til det givne materiales karakteristika og anvendelse, er begrænset rationalitet knyttet til kognitive begrænsninger hos givne aktører – og dermed sværere at påvirke. Slutteligt er

der identificeret barrierer foranlediget af markedsfejl, herunder forhold på hhv. udbuds- og efterspørgselsside. Dette omfatter forhold som manglende balance mellem udbudte og efterspurgt produkter og materialer, samt generelle manglende markedsmekanismer i form af mærkninger, priser, certificeringer, producentansvar, m.m. som tillader udvekslinger at finde sted.

4.5 Tiltag der påvirker genbrug

Analysen har også identificeret konkrete tiltag, der påvirker anvendelsen af genbrugsmaterialer. Figur B5 nedenfor sammenfatter resultaterne i grafisk oversigt.



Figur B5. Tiltag der påvirker barrierer mod genbrug.

Det fremgår heraf, at etablering af affaldsplaner og affaldsstrategier påvirker genbruget af materialer, ligesom der er behov for ændring af arbejdsrutiner, sikring af pladsforhold, etablering af økonomiske incitament og klarere ansvarsforhold for at sikre øget genbrug. I tilgift nævnes forhold, der ikke står at påvirke af branchens aktører, såsom uensartet regulering og manglende lovgivningsmæssig støtte. Der henvises til 4 placeret sidst i dette bilag (samlet oversigt).

4.6 Kriterier for udvælgelse af cases

Baseret på litteraturstudiet og de præsenterede analyser, præsenterer tabel B2 nedenfor en tentativ liste over kriterier for caseudvælgelse, som kan anvendes i det videre arbejde. Kriterierne er grupperet i forhold til barrierekategori og er udvalgt på baggrund af en forståelse for de forhold, der påvirker anvendelsen af genbrugsmaterialer, og som forventeligt kan appliceres på de cases, der kan arbejdes videre på i projektet.

Tabel B2. Kriterier for caseudvælgelse baseret på barrierer

Barrierekategori	Udvælgelseskriterier
Adfærd	...
Byggeproces	Byggesagens størrelse Entrepriseform Samarbejdsform
Design	Tidlig inddragelse Design for disassembly
Dokumentation	Gennemført ressourcekortlægning

Forretningsmodel	
Indkøb	Leverandørsamarbejde / aftale med firma
Infrastruktur	...
Kontraktuel	...
Logistik	Pladsforhold på byggepladsen Mellemlager / opbevaring
Marked	Aftale med nedrivningsfirma
Produkter	...
Regulering	Problematiske stoffer i affaldet Firma underlagt EU taksonomien Geografisk placering af projekt

5 Referencer

Ajayi, S. O., Oyedele, L. O., Bilal, M., Akinade, O. O., Alaka, H. A., & Owolabi, H. A. (2017). Critical management practices influencing on-site waste minimization in construction projects. *Waste management*, 59, 330-339.

Aunet, J. Ø. (2022). Circular economy in the built environment: a state-of-the-art study on methods for the reuse of building components (Master's thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås).

Bovea, M. D., Ibáñez-Forés, V., & Agustí-Juan, I. (2014). Environmental product declaration (EPD) labelling of construction and building materials. In *Eco-efficient construction and building materials* (pp. 125-150). Woodhead Publishing.

Ferek, B., Harasymiuk, J., & Tyburski, J. (2016, August). Recycling and reuse of chosen kinds of waste materials in a building industry. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 145, No. 3, p. 032002). IOP Publishing.

Gerhardsson, H., Lindholm, C. L., Andersson, J., Kronberg, A., Wennesjö, M., & Shadram, F. (2020, November). Transitioning the Swedish building sector toward reuse and circularity. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 588, No. 4, p. 042036). IOP Publishing.

Giorgi, S., Lavagna, M., Wang, K., Osmani, M., Liu, G., & Campioli, A. (2022). Drivers and barriers towards circular economy in the building sector: Stakeholder interviews and analysis of five European countries policies and practices. *Journal of Cleaner Production*, 336, 130395.

Hale, S. E., Roque, A. J., Okkenhaug, G., Sørmo, E., Lenoir, T., Carlsson, C., ... & Žlender, B. (2021). The reuse of excavated soils from construction and demolition projects: Limitations and possibilities. *Sustainability*, 13(11), 6083.

Iacovidou, E., & Purnell, P. (2016). Mining the physical infrastructure: Opportunities, barriers and interventions in promoting structural components reuse. *Science of the Total Environment*, 557, 791-807.

Kabirifar, K., Mojtahedi, M., & Wang, C. C. (2021). A systematic review of construction and demolition waste management in Australia: Current practices and challenges. *Recycling*, 6(2), 34.

Kelly, M., & Dowd, D. (2017, May). A review of construction waste management practices on selected case studies in Ireland. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management* (Vol. 170, No. 2, pp. 78-84). Thomas Telford Ltd.

Knoth, K., Fufa, S. M., & Seilskjær, E. (2022). Barriers, success factors, and perspectives for the reuse of construction products in Norway. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130494.

Kozminska, U. (2019). Circular design: Reused materials and the future reuse of building elements in architecture. Process, challenges and case studies. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 225, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.

Kron, M., Plessner, T. S. W., Risholt, B. D., Stråby, K., & Thunshelle, K. (2022). Reuse of building materials. Guide to the documentation of performance.

- Kühlen, A., Volk, R., & Schultmann, F. (2016). State of the art of demolition and reuse and recycling of construction materials. In *Proceedings of the CIB World Building Congress* (Vol. 5, pp. 1-15).
- Marchuk, J. (2020). Circular economy in construction sector: barriers for scaling up construction materials reuse in Trondheim region, Norway (Master's thesis, NTNU).
- Munaro, M. R., & Tavares, S. F. (2021). Materials passport's review: challenges and opportunities toward a circular economy building sector. *Built Environment Project and Asset Management*, 11(4), 767-782.
- Nasonova, T. V., Zolotukhin, S. N., & Potekhin, I. A. (2019, June). Reuse of construction materials after demolition of buildings. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 272, No. 2, p. 022096). IOP Publishing.
- Nordby, A. S. (2019). Barriers and opportunities to reuse of building materials in the Norwegian construction sector. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 225, No. 1, p. 012061). IOP Publishing.
- Osmani, M., Glass, J., & Price, A. D. (2008). Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste management*, 28(7), 1147-1158.
- Park, J., & Tucker, R. (2017). Overcoming barriers to the reuse of construction waste material in Australia: a review of the literature. *International Journal of Construction Management*, 17(3), 228-237.
- Ramos, M., & Martinho, G. (2022). Relation between construction company size and the use of recycled materials. *Journal of Building Engineering*, 45, 103523.
- Schützenhofer, S., Kovacic, I., Rechberger, H., & Mack, S. (2022). Improvement of Environmental Sustainability and Circular Economy through Construction Waste Management for Material Re-use. *Sustainability*, 14(17), 11087.
- Sideridis, T. (2022). Reuse of materials in the Norwegian building sector (Master's thesis, NTNU).
- Storey, J. B., & Pedersen, M. (2014). Overcoming the barriers to deconstruction and materials reuse in New Zealand. *Barriers for deconstruction and reuse/recycling of construction materials*, 130-145.
- van den Berg, M., Voordijk, H., & Adriaanse, A. (2020). Recovering building elements for reuse (or not)-ethnographic insights into selective demolition practices. *Journal of cleaner production*, 256, 120332.

Tabel B3. Kategorier af barrierer identificeret i litteraturstudiet

ar	Barrierer identificeret
Adfærd	- Builders and developers could better educate homebuyers about the benefits of reuse of construction materials - Builders and developers could provide more cost-competitive low-EE products for consumers - Clients could be better informed by architects about the impacts and benefits of reuse of construction material. - Conservative way of thinking - Current habits and attitudes - Final client variations resulting in construction waste during the build stage. - Growing consumer demand for large new homes is often contradictory to a willingness to reduce energy use and use sustainable building materials in properties - Lack of best practices - Lack of coherence and consistency between homeowners' environmental concerns and pro-environmental behaviours and attitudes - Lack of competence regarding how to reuse - Lack of interest by the company in this matter - Lack of interest from clients - Lack of Knowledge - Lack of training - Limited knowledge and experience - Other priorities in the construction sector - Perception that reversible design leads to high financial costs - Preference for virgin materials. - Reversible buildings are still widespread - Attitude
Byggeproces	- A construction process with used materials becomes complicated and expensive due to additional time for demolition and engineering - A lack of time and resources - Accidents due to negligence - Contractor does not have equipment for cutting down the concrete in a way that reinforcement bars can be separated - Demolition practices - Equipment malfunction - Lack of collaboration - Lack of early planning - Lack of holistic and early planning for possible reuse (preparation of applications, synergies with other projects, etc.). - Lack of knowledge and understanding of relevant policy and its application during construction works. - Lack of knowledge by designers and builders on issues of component reuse - Lack of supervision - Lack of waste management plans - Off-cuts from cutting materials to length - Poor craftsmanship - Poor work ethics

	- Pre-demolition audit as strategies to improve materials circularity - Reuse depends on appropriate routines to disassemble it are distinguished - Reuse depends on the contractors ability to control the performance until integration in a new building - Substitution of materials noted in the specification is common, as are unrecorded changes which occur during the life of the building. - "The careful removal of components and parts is too expensive compared to the potential savings obtained by reusing the same materials" - Time pressure - Time pressure - Time taken to accommodate for reuse - Timeline - Unavoidable waste generation - Unused materials and products - Use of wrong materials resulting in their disposal - Waste from application processes (i.e., over-preparation of mortar) - Waste from cutting uneconomical shapes - The process of delivery of the project (plan, design, and construction) are factors affecting C&DWM in office retrofit projects. - Lack of supervision and guidelines - Lack of sorting on-site - Cost of extra efforts - Use of reclaimed materials - Reuse of off-cuts materials (such as wood) - Use of demolition and excavation materials for landscape - Soil remains to be used on the same site - Maximization of on-site reuse of materials - Waste management goal setting - Issuing guidelines for waste segregation - Prepare a list of each waste material to be salvaged, reused or recycled - Organizing waste management meetings - Designating waste disposal operators - Analyzing site waste to be generated
Design	- Design and construction detail errors - Design and detailing complexity - Design changes - Poor coordination and communication (late information, last minute client requirements, slow drawing revision and distribution) - Unclear/unsuitable specification
Dokumentation	- A best practice of reuse in Denmark, regarding the reuse of old bricks, which is becoming popular particularly for the public buildings. This practice is possible thanks to a specific certification process to allow the return into the market of certified second-life bricks. - A construction process with used materials becomes complicated and expensive due to uncertainties related to product documentation

	- A lack of existing examples showing that it is possible to successfully work with reused building materials and products - Expensive material sampling methods - Guidelines - High requirements for certification and documentation - Knowledge of product quality. - Lack of certification and quality assurance for recycled or by-products - Lack of certification that establishes the quality, performance and technical characteristics of the reused materials - Lack of confidence using recycled materials - Lack of consistent standards that include deconstruction - Lack of data standardization/qualitative information about the product - Lack of detailed information on the actual materials and construction systems employed in a building adds to the uncertainty of deconstruction - Lack of good examples demonstrating effectiveness of design for deconstruction etc - Lack of information about used construction products that will be possible to obtain, and with a time horizon that allows them to be included in the design of new buildings. - Lack of technical and accepted protocols to show compliance to technical specifications and legislation. - Need for a grading and certification scheme at least for timber - Need for condition survey which would verify or reveal variances between the archived documentation and the reality in terms of materials and construction. - Reliable data collection and availability - Rigid geotechnical requirements for soils that are to be reused (e.g., standards for construction materials). - The capability of suppliers to issue quality certificates and guarantees for second-hand materials could help the growth of a re-use market - The general requirement for CE labeling of construction products prevents reuse, as CE labeling is complicated and will be a severe cost-driver if implemented for all used construction components. - The properties of building products, new as well as used, should be documented before the product is used at a construction site. - The test procedure to certify a reused product is very expensive and takes a long time - the uncertain quality of and lack of warranties for reusable products - Uncertainties about the type of procedures to which waste must be subjected in order to become new materials - Uncertainties regarding the quality and reusability of built-in construction products. - Uncertainty about the quality of improved soil. Results in public resistance to reuse. - Uncertainty of environmental risk related to reuse of lightly contaminated soil. Results in public resistance to reuse. - Unknown material qualities in existing buildings
--	---

	- Using material passports capable of storing information about materials and products, can also implement a database of building materials flows that encourage large-scale flow management and monitoring. - Volume and data storage - Voluntary to provide information on service life etc.
Forretningsmodel	- Companies take back their products and materials from construction waste (residual and cut-off) to reuse them on another site or to re-introduce them into the production process - Constant update of data and information - Financial risks - Fragmented business models - Intellectual property of materials and product-related data - Lack of circular and flexible business models - Lack of incentives - Lack of knowledge in BIM - Lack of reuse experts - Lack of reuse R&D - Need for redesign - Not applicable to the company's activity - Strategies of waste minimization are often not utilized by architects during the design stage
Indkøb	- Ordering errors (i.e., ordering items not in compliance with specification) - Over allowances (i.e., difficulties to order small quantities) - Supplier errors
Infrastruktur	- Complex and fragmented supply chain - Insufficient facilities to manage construction waste - Lack of testing framework - Low transport costs in small countries and the materials recovery facilities are very widespread throughout the territory. - Space required to stock the disassembled materials before the reuse - "To achieve a more efficient end-of-life management towards upcycling and reuse, a common traceability system is needed to monitor all fractions of materials/waste (not only aggregates) and to cover the entire process starting from the decision to demolish a building, considering also the possibility to avoid waste through the life cycle" - Lack of sorting facilities
Kontraktuel	- Contract documents incomplete at commencement of construction - Contracts are not designed to promote reuse of excavated soil. - Errors in contract documents - Not specified in the contract specification - Reluctant to take/share risk - Rigid contracts and procurement process - Unclear individual responsibilities - Waste target set for sub-trades - Recycling target to be set for every project - Follow the project drawings/designs - Ensure fewer design changes during construction - Making sub-contractors responsible for waste disposal

Logistik	- Better compression and green return trips is believed to be key issues in order to increase recycling of gypsum. - Damage during transportation - Delays in passing information on types and sizes of materials and components to be used - Difficulties for delivery vehicles accessing construction sites - Extra cost for each logistical step (transport to off-site storage, etc.). - Improper planning for required quantities - Improper storing methods - Inadequate material handling - Inappropriate site storage space leading to damage or deterioration - Inefficient methods of unloading - Insufficient protection during unloading - Lack of intermediate storage capacity both on- and off-site. - Lack of on-site material control - Lack of on-site waste management plans - Lack of storage facilities - Limited permitted intermediate storage time for excavated soil. - Materials stored far away from point of application - Materials supplied in loose form - On-site transportation methods from storage to the point of application - Packaging - Reuse carries no economic incentive when compared to other solutions (e.g., landfilling). - Space constraints - The supply and demand for excavated soil is not always inline (both spatially and temporally). - Waste - When there is market demand, there are not logistics problems because the waste is stored for a short time
Marked	- A lack of awareness of the effects of reuse - A limited market - An undeveloped market for professional actors because it lacks economic driving forces - Existence of a profitable salvage market. - "High costs in deconstruction, altered dimensions (longer spans) in modern construction and higher demands for thermal properties for doors and windows; makes reuse a less viable alternative" - It is cheaper to incinerate with energy recovery, than recycle - It is often difficult to sell the recycled aggregate - Knowledge on regional demands is required to locally reuse materials, - Lack of market - Lack of supply in the market for recycled materials - Lack of well-functioning markets - Temporal and spatial divergence of demand and supply - The lack of specifications for reused components and the difficulty in acquiring council approval for building consents - Uncompetitive price of recycled materials

	- Time and cost of waste management - Lack of financial return - Low volume of materials being recovered
Produkter	- Barriers for recycling of wood waste starts in the process of sorting the waste - Complexity of materials/ systems/components - High cost of environmentally sustainable products pushes up the cost of properties, and that discourages capital investment in such products - Impregnated wood can contaminate products, so they cannot be used. - Incorporation of sensors in materials - It is not always environmental or economic viable to transport the gypsum to the recycling facility - Many of the windows containing chlorinated paraffin are not delivered as toxic waste, but clean fractions - Many plastics contains additives that are harmful or toxic - Products with hazardous substances should be removed from circulation and not reused. - Reuse depends on an economic demand for the element being identified - Screws, nails and other contamination can cause problems. - The use of composite materials chemical bonding and other non-reversible building techniques make the de-construction of the building more difficult. - To be recycled, the waste fraction has to be relatively pure, both hygienic and as a material fraction - Windows from renovation and demolition projects has little value. - Wood for recycling may have unequal moisture content
Regulering	- A regulatory framework that is not adapted to sale and utilization of used building materials in new buildings - Absence of taxes on them, so the use of raw materials is sometimes more advantageous than the use of secondary ones. - BCA provides no quantifying method to measure the effectiveness of sustainable building practices - Building Code of Australia (BCA) requires a low level of consideration for sustainable use of materials - Building inspectors who are often rather dubious about the employment of second-hand' materials and components, especially when employed in structural or drainage/plumbing situations - Building regulations around sustainability are mainly concerned with energy efficiency - Certainty in terms of achieving New Zealand Building Code compliance with reuse materials and components needs to be thoroughly researched - Complicated legislation/regulatory framework that can include both local, regional and national governments/authorities. - Conflicting environmental and energy policy measures - Different local/state/federal government regulations and processes

	- Extended producer responsibility (EPR) to building products which would mean that the original manufacturer would be responsible for recycling their' products - For construction products with harmonized product standards, the products must be CE labelled and have a performance declaration - It must always be considered whether a construction product will contribute to fulfil the Building Technical Regulations (TEK) in the actual building where it is intended to be used - Lack of data standardization/design information - Lack of guidelines for reuse in most countries. - Lack of supporting regulation - Lack of technical documentation - Legal framework conditions - Legislated standards of design, deconstruction and product certification should be established - Long application/permit processing time when reuse is a possible option. - Obligatory use of recycling materials in the construction sector is not implemented in many countries - Often the components or systems used where EPR might be most sensibly employed are manufactured overseas which would make enforcement difficult if not impossible - Ownership of reused soil and related risk-responsibility for potential future impacts. - Painted concrete are most often defined as polluted. - Producer responsibility in the construction industry is not well established - Regulations require minimum permissible standards that fall short of the much higher standards required for building practices that can be shown to be truly sustainable. - The waste minimization framework – including reusing materials – should be passed onto clients by consultants at an early design stage - There is also a lack of harmonized standards, European assessment documents (EAD), and other technical specifications that could provide guidance for the reuse of construction products - This legislation required contractors to foresee the quantity and management of CDW, to monitor waste/materials, and to declare the levels of reuse and recycling actually achieved - Use of sustainability certification as a lever to trace the materials in input and output and, sometimes, to demonstrate the impact assessment of intervention through LCA. - Used construction products that are traded in a market must comply with the EEA Construction Products Regulation - Without common national guidelines, technical backup and a legislative base from which to operate, each local authority establishes and implements waste minimization and management strategies within their local area - Lack of unified regulations - Lack of benchmarking - Lack of mandated sustainability
--	---

Tabel 4. Antal identificerede tiltag, der påvirker barrierer mod genbrug.

Genbrugsbarriere Tiltag der påvirker barrierer mod genbrug	Adfærd	Bygeproces	Design	Dokumentation	Forretningsmodel	Indkøb	Infrastruktur	Kontraktuel	Logistik	Marked	Produkter	Regulering	Hovedtotal
Affaldsplan		5						1	6				12
Affaldssortering		2					1	1	5		2		11
Arbejdsrutiner	1	14		1	1			3	2				22
Logistikplan									1				1
Pladsforhold		2					1		13			1	17
Virksomhedsstørrelse										1			1
Fravær af økonomiske incitamenter	1	1		1	3				1	8	2	1	18
Tidspres		6								1			7
Manglende dokumentation	3			16	1		1			1		3	25
Rammevilkår for marked									1	3		2	6
Problematiske stoffer											8	1	9
Byggevarereforordning												1	1
CE-mærkning				1								1	2
Bygningsreglement												5	5
Inkonsistens i adfærd	2												2
Oplysning	2												2
Tidlige designbeslutninger	2	2	2		1							1	8
Interesse	2												2
Vaner	5	3											8
Designændringer	1		2		1								4
Uklare ansvarsforhold				3	3		1	6				3	16
Træning	2	1											3
Utilstrækkelige affaldsanlæg							1						1
Affaldsstrategier		4					1		1			1	7
Uens regulering		1		4								8	13
Høje dokumentationskrav				1									1
Energifokus												1	1
Standardisering mangler lovgivningsmæssig støtte												1	1
Samarbejdsform		2	1			1							4
Roller					1								1
Byggesagsbehandling										1		2	3

Den gode dokumentationsproces
Bilag: Analyse

Volumen af materialer						1				2			3
Ressourcekortlægning		1		3									4
Bygningsændringer		1											1
Transportforhold							1		5		1		7
Produktion				1							2	1	4
Materialepas				1									1
LCA												1	1
Fravær af standarder				2	2							1	5
Entrepriseform		1											1
Fejl								1					1
Leverandørfejl						1							1
Hovedtotal	21	46	5	34	13	3	7	12	35	17	15	35	243



Social- og Boligstyrelsen Edi-
sonsvej 1
5000 Odense C
Tlf.: 72 42 37 00

www.sbst.dk