

# Udbredelse af genbrugsmursten i byggesektoren

Andreas Lynderup Rasmussen, Frederikke Rønne Westergaard,  
Jacob Aksel Lemming, Johan Delfs & Lucas Joachim Kolding

Basisprojekt 3 • HumTek, 2019  
Vejledt af Majken Toftager Larsen

# Abstract

In the global environment, climate change is widely discussed as a serious threat to the world as we know it today. In 2015 196 countries signed the Paris Agreement and thus agreed to decrease the global CO<sub>2</sub> emissions. It is estimated that 11% of the global CO<sub>2</sub> emissions come from the construction industry, and waste products from buildings accounts for one third of all waste produced in Denmark. Historically around 90% of the Danish construction waste is recovered or recycled using methods like landfilling. However, this is an unnecessary downcycling of many materials that could be reused directly in other constructions. This problem of unnecessary downcycling of building materials leads us to the premise for this project, which is why it is not a more widespread practice to reuse old building materials in new buildings. We have chosen bricks as our focus material because the technology for preparing bricks for reuse is already developed, and thus the primary barrier for widespread use is social rather than technical. We focus on relations regarding the use of reused bricks between the developer PensionDanmark and contractor Gamle Mursten. Throughout the project, we have interviewed key representatives from these companies. This has given us a nuanced view of the industry practices and allowed us to gain insight into some of the weak points of the current industry and their practices. The interviews were used to analyze the industry practices using Everett Rogers' theory on attributes of innovations and their rate of adoption and Frank Geels' theory on socio-technical systems and multi-level perspective, in order to identify a set of weaknesses in the current practice. From this analysis we conclude that the very concept of reusing building materials adds further complexity to the already complex system that is the built environment in Denmark. This creates a barrier for more sustainable building practices to be adopted into the current industry practices. We argue that although this insight comes from two individual companies' use of bricks, much of our insight can be transferred to other developers and other building materials. The report concludes with a discussion of potential solutions that could accelerate the rate of adoption of reused bricks in the construction sector. Firstly, we discuss regulating the bidding on building materials to prioritize direct reuse over landfill. Secondly, we discuss creating a storage institution for used materials to ensure the security of supply. Finally, we discuss how further development of existing sustainability certifications could help spread circular practises.

# Indhold

<b>1 Problemfelt</b>	<b>6</b>
<b>2 Problemformulering</b>	<b>8</b>
2.1 Læsevejledning	8
<b>3 Semesterbinding</b>	<b>9</b>
<b>4 Metode</b>	<b>10</b>
4.1 SCOT: Social Construction of Technology	10
4.2 Casestudie	11
4.3 Kvalitativt forskningsinterview	12
4.3.1 Faktuelt interview	14
4.3.2 Valg af interviewpersoner	14
<b>5 Teori</b>	<b>16</b>
5.1 Sociotekniske systemer	16
5.1.1 Landskab	17
5.1.2 Regime	17
5.1.3 Niche	17
5.1.4 Påvirkning af det sociotekniske system	18
5.2 Innovationers egenskaber og adoptionsrate	19
5.2.1 Relativ fordel	20
5.2.2 Kompatibilitet	20
5.2.3 Komplexitet	20
5.2.4 Afprøvbarhed	21
5.2.5 Observerbarhed	21
<b>6 Bæredygtighed</b>	<b>22</b>
6.1 Klimaforandringer	24
6.2 Cirkulær økonomi	24

6.2.1 Cirkulær økonomi i Danmark	27
6.3 Potentialet i genbrug af mursten	29
6.4 Bæredygtig bygningscertificering	30
6.4.1 DGNB-certificering	31
6.4.2 BREEAM-certificering	32
<b>7 De indre mekanismer i Gamle Murstens rensningssystem</b>	<b>34</b>
<b>8 Analyse af byggesektoren som socioteknisk system</b>	<b>36</b>
8.1 Byggesektorens landskab	36
8.2 Byggesektorens regime	37
8.3 Byggesektorens niche-innovationer	39
<b>9 Analyse af genbrugsmurstens egenskaber og adoptionsrate</b>	<b>41</b>
9.1 Relativ fordel	41
9.1.1 Miljø	41
9.1.2 Konkurrencefordele	42
9.1.3 Æstetik	43
9.1.4 Pris	44
9.2 Kompatibilitet	44
9.3 Komplexitet	46
9.4 Afprøvbarhed	47
9.5 Observerbarhed	48
9.6 Adoptionsrate og regimepåvirkning	49
<b>10 Diskussion af undersøgelsens resultater</b>	<b>50</b>
10.1 Overførbarheden af casen	50
10.1.1 Overførbarhed til andre bygherrer	50
10.1.2 Overførbarhed til andre materialer	51
10.2 Genbrugsmursten og bæredygtighed	52
<b>11 Diskussion af potentielle løsninger</b>	<b>54</b>

11.1 Lovpligtig hensyntagen til affaldshierarkiet i budrunder	54
11.2 Institution til opbevaring af genbrugsmaterialer	55
11.3 Udbredelse gennem certificeringsordninger	56
<b>12 Konklusion</b>	<b>57</b>
<b>Litteratur</b>	<b>58</b>

# 1 Problemfelt

I det aktuelle verdensbillede fylder global opvarmning og andre klimaforandringer mere og mere for hver dag der går. Naturkatastrofer og andre konsekvenser af mange års overforbrug af Jordens ressourcer er begyndt at vise sig, og især Indlandsisen omkring Jordens poler er begyndt at aftage i størrelse. Der er de seneste år blevet taget initiativer i forhold til mindskning af det globale CO<sub>2</sub>-udslip, men det har indtil videre været uden observerbar effekt (Global Carbon Project, 2019). I 2015 gik 196 lande under klimatopmødet i Paris sammen om at underskrive en forpligtende aftale, der bl.a. sigter efter at mindske drivhusgasudledningen på global plan. Et mål om at begrænse den globale temperatur i at stige mere end 1,5° blev lagt, så fremtidige klimaforandringer holdes på et minimum (Klima-, Energi- og Forskningsministeriet, s.d.).

For at holde os under de 1,5° skal der handles på flere forskellige parametre. Men ifølge forsker i klimapolitik Theresa Scavenius (2017) er der endnu en mangel på regulering og lovgivning på området. Et resultat heraf er, at befolkningen er begyndt at tage sagen i egne hænder. På baggrund af den svenske klimaaktivist Greta Thunbergs igangsættelse af den internationale klimastrejke, Fridays for Future, er grønne klimabevægelser og -strejker, blevet en almindelig del af det internationale medie- og bybillede (Thingsted, 2019). Dette har resulteret i at mange danskere har fået en øget individuel opmærksomhed på miljømæssig bæredygtighed. Blandt andet er prioritering af økologi og genbrug blevet en del af dagligdagen for mange danskere (Videbæk, Thrane & Elkjær, 2019).

Men forbrugerne kan ikke redde klimaet alene, og den bæredygtige omstilling skal foregå på alle niveauer af samfundet, hvis Parisaftalens mål skal nås. En undersøgelse af bygningers klimapåvirkning har vist, at byggesektoren på både dansk og globalt plan er blandt de største klimasyndere. Undersøgelsen viser, at en dansk gennemsnitsbolig bruger hvad der svarer til 25 kg CO<sub>2</sub> per kvadratmeter per år på opførelse, vedligeholdelse og reovering. En gennemsnitsbolig på 100 m<sup>2</sup> udleder altså 2,5 ton CO<sub>2</sub> om året (Minter, 2014). I takt med at nye byggerier løbende er blevet mere energieffektive, er fokuset begyndt at rette sig mod selve bygningsprocessen og den cirkulære tilgang til brugen af materialer (Minter, 2014). Tal fra en global statusrapport lavet af United Nations Environment Program viser ligeledes, at 6% af det globale energiforbrug og 11% af de globale CO<sub>2</sub> udledninger kommer fra byggesektoren. Dette forbrug kommer bl.a. fra udvinding af ressourcer til cement og stål (Environment and International Energy Agency, 2017). Vores enorme ressourceforbrug bidrager ifølge Brundtland-rapporten til en massiv udhuling af naturens råstoffer og

ressourcer, som resulterer i en stigende belastning på naturens økosystemer, og kan ende ud i en grundlæggende global økologisk krise (World Commission on Environment and Development, 1987).

Derudover står byggeaffald fra nedrevne eller renoverede bygninger for en tredjedel af alt dansk affald og er dermed den største affaldsfraktion i Danmark, der ikke bliver genbrugt tilstrækkeligt. Hidtil er ca. 90% af alt byggeaffald blevet "genanvendt" i form af nyttiggørelse. For materialer som mursten og beton, er denne nyttiggørelse bl.a. i form af vejfyld, som erstatning for stabilgrus og andre naturressourcer. Dermed er det ifølge Miljøstyrelsen kun en lille del af byggeaffaldet, som genbruges cirkulært (Miljøstyrelsen, 2013a).

De politiske svar på byggesektorens udfordringer med cirkularitet har hidtil været begrænsede. Den tidligere regerings primære forslag var en frivillig bæredygtighedsklasse, som byggerier kunne vælge at tilslutte sig (Miljø- og Fødevareministeriet & Erhvervsministeriet, 2018). Denne frivillige klasse indebærer ingen obligatoriske krav, og aktører har i erhvervslivet efterfølgende tilsluttet sig den (InnoBYG, 2018), men er endnu ikke blevet etableret. Derfor er der stadig stort behov for at skabe yderligere viden om hvordan genbrug af byggematerialer kan udbredes.

Genbrug af byggematerialer kan ske på tværs af materialer i byggesektoren. Flere typer materialer kræver dog ny viden og teknologi, før de kan udnyttes tilstrækkeligt. Genbrugsmursten er imidlertid et materiale som der allerede er udviklet en teknisk løsning på, men som endnu ikke er udbredt på stor skala. Grundet få tekniske forhindringer for brugen af teknologien, er genbrugsmursten en godt case til at undersøge de samfundsmæssige barrierer for udbredelsen af genbrugsmaterialer i byggesektoren.

## 2 Problemformulering

*Hvorfor er genbrug af mursten ikke mere udbredt i byggesektoren, og hvilke løsningsforslag kunne gavne udbredelsen?*

Dette vil vi besvare gennem følgende arbejdsspørgsmål:

- Hvordan bruges cirkulær økonomi i relation til byggesektoren i dag?
- Hvordan kan genbrug af mursten bidrage til den bæredygtige omstilling?
- Hvordan kan mursten renses med henblik på genbrug?
- Hvordan kan byggesektoren ses som et socioteknisk system?
- Hvilke barrierer oplever bygherrer og leverandører for genbrug af mursten?
- Hvilke løsninger kunne øge udbredelsen af genbrugsmursten i byggesektoren?

### 2.1 Læsevejledning

For at besvare disse arbejdsspørgsmål, vil vi først redegøre for hvordan cirkulær økonomi kan forstås i relation til byggesektoren, samt hvordan konceptet bruges i den danske byggesektor i dag. Derefter vil vi redegøre for det miljømæssige og økonomiske potentiale i genbrug af mursten. Til sidst vil vi redegøre for de indre mekanismer i producenten Gamle Murstens rensning af mursten med henblik på genbrug.

Dernæst vil vi analysere byggesektorens aktører på et generelt plan. Denne forståelse giver en baggrund for næste afsnit, som forsøger at besvare projektets hovedproblemstilling. I dette afsnit analyserer vi barrierer for udbredelse af genbrugsmursten på baggrund af interviews med repræsentanter fra vores to casevirksomheder, bygherren PensionDanmark og leverandøren Gamle Mursten. Efterfølgende vil vi diskutere i hvilken grad resultaterne af denne analyse kan overføres til andre virksomheder og andre byggematerialer. Afsluttende vil vi ud fra de udfordringer, analysen fremhæver, diskutere nogle mulige løsningsforslag.



### 3 Semesterbinding

Projektet er forankret i den humanistisk-teknologiske bachelors dimension *Subjektivitet, teknologi og samfund*. Denne dimension består af to relationer: Relationen mellem subjekt og teknologi samt relationen mellem teknologi og samfund. Dette projekt fokuserer på relationen mellem samfund og teknologi. Dette bliver gjort ud fra en analyse af de samfundsmæssige udfordringer der kan opstå, ved udviklingen og implementeringen af en ny teknologi. Projektets konkrete undersøgelse er de samfundsmæssige udfordringer for udbredelse af genbrugsmursten.

Samtidig inddrager vi dimensionen *Teknologiske systemer og artefakter*. Det gør vi for, at supplere vores samfundsmæssige undersøgelse med en teknisk forståelse for det teknologisystem vi undersøger. Denne forståelse bruger vi i afsnit 7, hvor vi redegør for de indre mekanismer i Gamle Murstens teknologi til rensning af mursten.

Som det kommer til udtryk af den tekniske beskrivelse, er det tekniske system til forberedelse af mursten til genbrug allerede implementeret, og derfor er genbrugsmursten især interessante at undersøge med en forankring i *Subjektivitet, teknologi og samfund*.

# 4 Metode

I dette afsnit vil vi først og fremmest præsentere vores videnskabsteoretiske grundlag, SCOT. Derefter vil vi præsentere casestudiemetoden, som vi vil gøre brug af, for at få en dybdegående forståelse for genbrug af mursten, og hvordan dette kan sættes i en konkret kontekst. Afslutningsvis beskriver vi hvordan vi gør brug af interviews som supplement til casestudiet, og derved få en forståelse for aktørernes perspektiv på genbrug af mursten i byggesektoren.

## 4.1 SCOT: Social Construction of Technology

Vi benytter Social Construction of Technology, eller SCOT, som projektets videnskabsteoretiske afsæt. SCOT er en gren af socialkonstruktivismen, som interesserer sig for hvordan sociale grupper påvirker udviklingen af teknologier (Pinch & Bijker, 2012). I modsætning til teknologisk determinisme er SCOTs ontologiske forståelse, at teknologiudvikling er en socialt betinget proces, der afhænger af nogle relevante sociale grupper. Disse sociale grupper har på den ene eller den anden vis indflydelse på udviklingen af teknologien, og det er ved at opfylde disse gruppers behov at teknologien kan udvikles i en særlig retning (Pinch & Bijker, 2012). Derfor vil vi i dette projekt undersøge hvordan de sociale grupper, som har indflydelse på genbrugsmursten i byggesektoren, afgør udviklingen.

SCOT blev defineret af videnskabssociologen Trevor Pinch og filosof og ingeniør Wiebe Bijker i 1980'erne (Bille, 2019). SCOT er udviklet på baggrund af empiriske undersøgelser af historisk teknologiudvikling (Pinch & Bijker, 2012). I dette projekt vil vi imidlertid ikke lave en dybdegående analyse af murstenens historiske teknologiudvikling, men i stedet bruge SCOTs forståelse af teknologiudvikling til at undersøge hvad der står i vejen for at genbrugsmursten kan stabilisere sig som en udbredt teknologi i nye murstensbyggerier.

SCOTs epistemologi læner sig op ad socialkonstruktivismen og anser viden som socialt konstrueret. Dette er tydeligt i Pinch og Bijkers begreb fortolkningsfleksibilitet, som beskriver hvordan teknologiudvikling kan fortolkes forskelligt og ikke har ét definitivt svar. Altså kan der potentielt analysere sig frem til et uendeligt antal forklaringer på udviklingen af en teknologi, og der er ikke én, der er mere rigtig end de andre.

Når de relevante sociale grupper anser deres problem som løst, vil teknologien ifølge SCOT typisk løbende stabilisere sig og teknologiens udvikling vil stagnere. Stabiliseringen kan dog foregå i forskellige retninger og tempi for forskellige sociale grupper, hvorfor en ellers stabiliseret teknologi senere kan fortsætte sin udvikling i relation til en anden social gruppe (Pinch & Bijker, 2012). Dette kan være relevant at undersøge i relation til mursten, fordi nyproducerede mursten potentielt kan anses som en stabiliseret teknologi, mens nogle sociale grupper oplever et behov for at udbrede genbrugsmursten i stedet (Pinch & Bijker, 2012).

## 4.2 Casestudie

Undersøgelsens case er PensionDanmarks brug af genbrugsmursten fra leverandøren Gamle Mursten. Vi går dermed i dybden med disse to virksomheder og mursten som bindeleddet, men vi gør det med en forhåbning om at kunne overføre noget af den viden vi skaber, til andre virksomheder og potentielt andre byggematerialer.

Casestudiet kan defineres som en undersøgelse af et nutidigt fænomen, hvor studiet bliver undersøgt i dets 'real-life' kontekst. Casestudiet bliver i dette projekt bl.a. beskrevet ud fra Robert K. Yins beskrivelse af den. Om casestudiet siger han bl.a: "you want to do a case study research because you want to understand a real-world case and assume that such an understanding is likely to involve important contextual conditions pertinent to your case" (Yin, 2014, s. 16). I vores projekt er vi interesseret i at undersøge udbredelsen af genbrugsmursten i byggesektoren, og det er derfor nærliggende for os at undersøge en bestemt case, som kan sætte netop dette i en konkret kontekst.

Det betvivles ofte, hvorvidt casestudiet kan siges at være generaliserbar. Samfundsforskeren Bent Flyvbjerg skriver i bogen *Fem misforståelser om casestudiet* et modsvar til denne kritik:

"Man kan ofte generalisere på grundlag af en enkelt case, og casestudiet kan bidrage til den videnskabelige udvikling gennem generalisering som supplement eller alternativ til andre metoder. Formel generalisering er imidlertid overvurderet som kilde til videnskabelig udvikling, mens „eksemplets magt“ er undervurderet." (Flyvbjerg, 2010, s. 473)

Hvis der f.eks. foretages en undersøgelse af genbrugte mursten i byggesektoren generelt, kan det være en udfordring at gå i dybden med konkrete projekter og processer. Men tages der derimod udgangspunkt i en case, som f.eks. PensionDanmarks brug af genbrugsmursten

fra Gamle Mursten, skabes der mulighed for at gå i dybden og undersøge processerne nøje. Så på trods af, at der i dette tilfælde kun fokuseres på én enkeltstående case, er der ifølge Flyvbjerg (2010) langt større mulighed for at gå i dybden, og indsamle viden, der kan overføres til et bredere område.

Kvale og Brinkmann (2015) understøtter Flyvbjergs pointe, og foreslår at der i kvalitative undersøgelser i stedet for *generaliserbarhed* bør tales om *overførbarhed*.

“Hvis vi er interesserede i at generalisere, kan vi spørge, ikke om interviewresultaterne kan generaliseres globalt, men om den viden, der produceres i en bestemt interviewsituation, kan overføres til andre relevante situationer.” (Kvale og Brinkmann, 2015, s. 333)

Her mener de, at selvom casestudiet ikke direkte kan generaliseres, så kan resultatet af det være *vejledende* for hvad der kan ske i andre lignende tilfælde (Kvale & Brinkmann, 2015). I projektets afsluttende diskussion vil vi med udgangspunkt i Kvale og Brinkmanns overførbarhedsbegreb diskutere hvorvidt vores resultater kan overføres til andre situationer.

Når der beskæftiges med casestudiet, er det ikke forudbestemt at metoden enten er kvalitativ eller kvantitativ. I arbejdet med casestudier suppleres der ofte med andre metoder og dataindsamlings teknikker, som kan være med til besvarelse af det fænomen der undersøges (Yin, 2015). Vi har valgt at benytte os af kvalitative forskningsinterview som vores dataindsamlingsmetode, som dertil kan understøtte vores casestudie. Interviewmetodens specificitet ligger tæt op ad casestudiet, som ligeledes bygger på en dyb forståelse indenfor et snævert genstandsfelt.

### 4.3 Kvalitativt forskningsinterview

For at forstå de relevante sociale gruppers forhold til genbrugsmursten indenfor vores case, har vi foretaget kvalitative forskningsinterviews med repræsentanter for to aktører i byggesektoren, som har relevans for brugen af genbrugsmursten. Det drejer sig om Jens Breinholt, projektdirektør med ansvar for bæredygtighedsprogrammet i bygherrevirksomheden PensionDanmark Ejendomme; og Claus Juul Nielsen, direktør for Gamle Mursten, som er leverandør af genbrugsmursten. For at opnå en dybere forståelse af byggesektoren har vi derudover udført et faktuel ekspertinterview med René Lemming, arkitekturrådgiver i Egersund Tegl.

Formålet med et interview er at forstå et område ud fra interviewpersonens perspektiv. Genstandsfeltet for interviewet er subjektets egne oplevelser og meninger, som interviewerens forsøger at få frembragt så deskriptivt som muligt. For at frembringe disse beskrivelser, forholder interviewerens sig bevidst naivt og nysgerrigt til interviewpersonens udtalelser, således at beskrivelserne bliver så omfattende som muligt (Kvale & Brinkmann, 2015).

For vores interview var formålet at undersøge, hvordan de to interviewpersoner ser udfordringerne for udbredelse af genbrugsmursten i relation til den virksomhed, de repræsenterer. Fokus for interviewet var derfor ligeledes på de udfordringer, der havde direkte relation til hhv. PensionDanmark og Gamle Murstens egne ambitioner på området, og ikke på problemer hos de andre aktører, som virksomhederne ingen direkte relation havde til. Desuden forsøgte vi i interviewspørgsmålene at være bevidst naive og acceptere interviewpersonens holdninger med henblik på at få udfoldet dennes beskrivelser.

I et interview opstår viden imidlertid ikke af sig selv, men først i samspillet mellem interviewer og interviewperson. Interviewer og interviewperson er altså gensidigt afhængige af hinanden for at skabe viden. Med henblik på at opnå konkret viden, bør der i et forskningsinterview indhentes beskrivelser af specifikke situationer. Disse beskrivelser har potentiale til at blive langt mere omfattende end hvis der blot indhentes generelle meninger. Med specificitet kan der skabes en dybere forståelse for et emne (Kvale & Brinkmann, 2015). Derfor har vi bygget vores forskningsinterviews op omkring byggerierne Pollux og Castor på Islands Brygge, som både PensionDanmark og Gamle Mursten var involverede i.

Interviewene med Breinholt og Nielsen havde karakter af semistrukturerede interviews, hvor størstedelen af spørgsmålene var formuleret på forhånd. Interviewspørgsmålene blev udformet efter Kvale og Brinkmanns (2015) normer om korte, enkle formuleringer, som kan åbne op for interviewpersonens egne beskrivelser. Disse spørgsmål kan især karakteriseres om *indledende* og *direkte spørgsmål*, jf. Kvale og Brinkmanns (2015) definitioner. Under interviewet supplerede vi med *opfølgende*, *sonderende*, *specificerende* og *fortolkende* spørgsmål, som udsprang af interviewpersonernes udtalelser.

#### 4.3.1 Faktuelt interview

Et faktuel interview interesserer sig i modsætning til andre interviewformer ikke alene for interviewpersonens eget perspektiv, men forsøger at afdække faktuel information. Her skal

der være opmærksomhed på, at det kun er muligt at afdække interviewpersonens opfattelse af fakta, hvilket ikke nødvendigvis er fyldestgørende for virkeligheden (Kvale & Brinkmann, 2015).

Vi har udført et faktuel interview med René Lemming, arkitekturrådgiver i Egersund Tegl. Interviewet blev lavet med henblik på at få en dybere forståelse af byggesektorens mange aktører, og havde karakter af en uformel og ustruktureret samtale. Interviewet blev modsat de to andre interview ikke optaget og transskriberet, men i stedet blev der skrevet noter som efterfølgende er blevet valideret af Lemming. Noterne havde form af en visuel kortlægning af aktørerne, som efterfølgende blev nedskrevet som brødtekst. Fordelen ved at optage et interview er, at sikre sig at interviewpersonens udtalelser videreformidles korrekt, men da der var tale om et faktuel interview, kunne vi i stedet sikre validiteten gennem en efterfølgende godkendelse af notaterne fra Lemming.

#### 4.3.2 Valg af interviewpersoner

Vi har valgt tre interviewpersoner, som informerer vores undersøgelse.

Jens Breinholt er valgt fordi han repræsenterer en stor dansk bygherre. Samtidig beskriver PensionDanmark Ejendomme sig som en virksomhed der prioriterer bæredygtighed (PensionDanmark, s.d.). PensionDanmark er et non-profit-selskab, hvor hele overskuddet går til medlemmerne. Derfor har virksomheden potentielt større mulighed for at prioritere investeringer i bæredygtighed end andre private bygherrer. Dette kommer til udtryk i PensionDanmarks ejendomsstrategi, som sigter efter at investere i bæredygtige ejendomme. Virksomheden har derfor bæredygtighedscertificeret alle deres bygninger med certificeringsordningen DGNB siden 2012 (PensionDanmark s.d.). Men samtidig er PensionDanmark et pensionselskab, som ønsker at give deres medlemmer det bedst mulige afkast på deres pensionsopsparing, og derfor må selskabet samtidig investere økonomisk forsvarligt. På denne måde er PensionDanmark meget lig andre private bygherrer, og derfor kan den viden vi skaber på baggrund af PensionDanmark som case alligevel til en vis grad overføres til andre virksomheder.

Claus Juul Nielsen er valgt fordi hans virksomhed, Gamle Mursten, er den primære leverandør af genbrugsmursten i Danmark (Miljøstyrelsen, 2016). Nielsen repræsenterer dermed en central aktør i netværket om genbrugsmursten, og hans virksomheds udfordringer kan være afgørende for den videre udbredelse af materialet.

Vi har interviewet René Lemming for at opnå en faktuel viden om branchen. René Lemming er arkitektrådgiver fra Egersund Tegl. Lemming har været involveret i byggeprojekter i samarbejde med PensionDanmark, og som leverandør er han konkurrent til Gamle Mursten. Han udtaler sig i interviewet som fagperson med stort kendskab til branchen, men der skal være opmærksomhed på om hans egen position kan farve hans udlægning af den.

# 5 Teori

Når vi undersøger udbredelsen af nye teknologier, er det vigtigt at forstå hvilke faktorer, der spiller ind. Derfor vil vi her beskrive to teorier, som yderligere kan hjælpe med at afdække udbredelsen af genbrugsmursten i samfundet.

Først og fremmest benytter vi teorien om *sociotekniske systemer* af Frank Geels. Derudover inddrager vi bogen *Bæredygtig omstilling af bolig og byggeri*, skrevet af Jesper Holm, Bent Søndergård, Inger Stauning og Jesper Ole Jensen, for at sætte sociotekniske systemer i relation til byggesektoren. Sociotekniske systemer har et aktørfokuseret perspektiv, når det kommer til ændringer i systemer på samfundsmæssigt plan. For at skabe en ændring i samfundet er der nemlig mange aktører, der skal i spil, og det er derfor vigtigt, at forstå hvordan disse aktører agerer i forhold til hinanden. Sociotekniske systemer beskriver dog ikke, hvordan egenskaber ved en teknologi kan påvirke graden af udbredelse, og derfor suppleres teorien af Everett Rogers' konceptualisering af innovationers egenskaber og disses indflydelse på innovationens adoptionsrate.

## 5.1 Sociotekniske systemer

Hvis der skal skabes en forandring i samfundet, som eksempelvis søger at mindske de klimaudfordringer vi står overfor, kræver det strukturelle og systematiske ændringer i samfundet.

Disse ændringer kan ifølge professor i systeminnovation og bæredygtighed Frank Geels (2011) ofte kaldes *sociotekniske overgange*. For at kunne opnå sociotekniske overgange til f.eks. bæredygtighed i et allerede etableret samfund, indebærer det ændringer af f.eks. energi-, transport- eller byggesektoren. For at kunne skabe ændringer herpå, kræver det bl.a. teknologisk, politisk, kulturel og videnskabelig viden (Geels, 2011). Der er altså mange aktører i spil, hvis man vil forsøge at skabe en socioteknisk overgang.

For at forstå hvordan de forskellige aktører påvirker hinanden i det overordnede dynamiske sociotekniske system, kan man til fordel kigge på Geels' model, "The multi-level perspective", eller multi-level-modellen (Geels, 2011, s. 3). Modellen anskuer overgange og samspil i udviklingen af tre forskellige analytiske niveauer: *Landskab*, som indebærer de materielle aspekter af samfundet; *Regimer*, som indebærer de etablerede regler og strukturer



i samfundet og *Nicher*, som indebærer de sporændrende innovationer i samfundet (Geels, 2011). I de følgende afsnit vil vi redegøre for disse tre niveauer.

### 5.1.1 Landskab

Ifølge Geels (2011) indebærer *landskabet* de tekniske og materielle baggrunde, der fastholder det etablerede samfund. Det indebærer eksempelvis fælles kulturelle overbevisninger, symboler og værdier. Disse faktorer er udenfor direkte indflydelse af aktørerne i regimet, hvilket gør dette niveau udfordrende at ændre på (Geels, 2004). Af denne grund ændrer landskabsniveauet sig normalt langsomt. Det er de sociotekniske landskaber, der påvirker regime- og nichedynamikken (Geels, 2011).

### 5.1.2 Regime

Regimerne indebærer de regler, normer og fælles antagelser, som forskellige aktører baserer deres adfærd ud fra. Hvis det sociotekniske regime undersøges i forhold til byggesektoren, har vi nogle regler, normer og standarder, som fastholder en bestemt tilgang til byggeri i samfundet (Holm et al., 2014). Regimer betragtes ifølge Geels (2004) som *dynamisk stabile*. Det vil sige, at de dominerende regimer har en sporafhængighed, og at de pågældende regler og normer kun ændres hvis de bliver påvirket af nogle udefrakommende elementer og faktorer. Regimerne er altså stabile indtil de bliver påvirket, og dertil ændres ganske langsomt. Hvis denne påvirkning sker, sættes der gang i omstillingsprocesser, hvorved et nyt regime, med nye regler og normer, kan gå hen og erstatte det gamle. Det er bl.a. niche-innovationer der kan sætte gang i disse omstillingsprocesser.

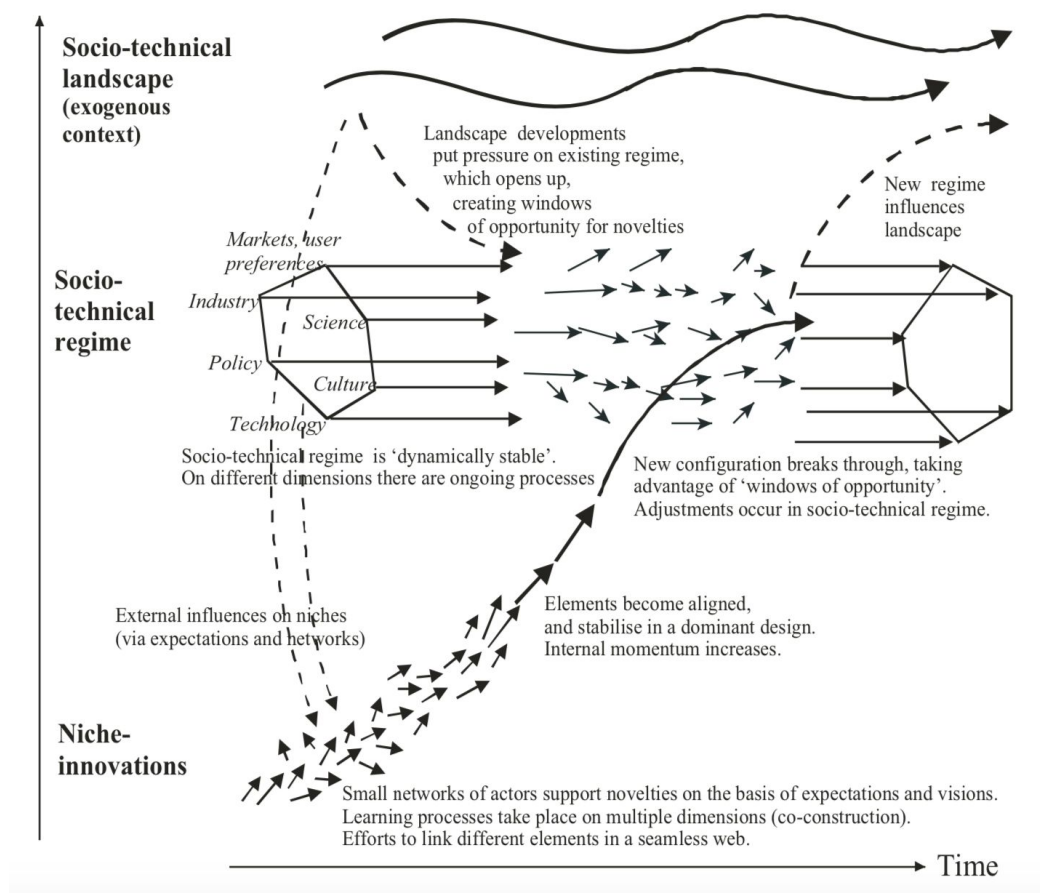
### 5.1.3 Niche

Det er ved dette niveau, at der kan skabes sporændrende innovationer og processer. Her er der mulighed for at eksperimentere og skabe forsøgsprojekter, af eksempelvis en ny teknologi, som eventuelt kunne konkurrere med de allerede etablerede teknologier i regimet (Holm et al., 2014).

Den innovation vores projekt belyser, genbrugsmursten, kan på nuværende tidspunkt siges at være på niche-niveau. Men før en niche-innovation påvirker regimet, undersøger man ifølge Geels (2004) hvordan innovationen passer ind i det eksisterende system. Her kan Rogers' begreb om kompatibilitet, som vi senere vil komme ind på, være behjælpeligt.

### 5.1.4 Påvirkning af det sociotekniske system

Men på hvilken måde påvirker disse tre niveauer hinanden? Og hvordan kan en niche-teknologi vinde indpas i det allerede etableret sociotekniske system? Dette har Geels forsøgt at forklare ved at indregne de tre niveauer i *multi-level perspective*-modellen. Denne model illustrerer med pile hvordan de tre niveauer påvirker hinanden.



Figur 5.1. Genoptrykt fra "The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms", af Geels, F., 2011, *Science and Technology Policy Research*, s. 28.

Hvis de sociotekniske regimer er stabile, vil der ikke ske nogen ændring, og hele det sociotekniske system vil være upåvirket. Hvis der derimod opstår ændringer i traditioner, normer, sociale grupper eller i teknologiudviklingen, kan der opstå et såkaldt "window of opportunity", som kan åbne op for ændringer af det nuværende regime (Geels, 2011). Der kan være en række forskellige årsager til, at dette "window of opportunity" kan blive åbnet op for:

"Changes on the landscape level may put pressure on the regime and cause internal restructuring. Climate change, for instance, is currently putting pressure on energy and transport sectors, triggering changes in technical search heuristics and public policies. Broad cultural changes in values and ideologies, or change in political coalitions may also create pressure." (Geels, 2004, s. 91)

Et pres fra landskabet kan forårsage ændringer i reglerne i regimet. Som citatet belyser, har klimaforandringerne sat et betydeligt pres på en række sektorer i samfundet. Dertil skabes der altså et pres fra landskabet, da vi mennesker i stigende grad ønsker flere miljøvenlige løsninger og teknologier, hvilket kræver at det etablerede regime på nogle parametre skal omstruktureres eller eventuelt erstattes.

Det er her, at eventuelle innovative løsninger kan bringes på banen, altså de såkaldte niches. Det window of opportunity der bliver skabt, tillader disse niche-innovationer at løse det problem, der er opstået i regimet. På denne måde kan en niche gå ind og påvirke eller blive en del af det aktuelle regime.

I analysen vil vi sætte denne teori i relation til vores case, og dermed skabe en større forståelse for, hvilke omstillingsprocesser der skal i gang, for at udbrede genbrug af mursten.

## 5.2 Innovationers egenskaber og adoptionsrate

Når vi undersøger udbredelsen af genbrugsmursten, er det relevant at se på, hvad der afgør udbredelsen af en teknologi. Denne sammenhæng mellem teknologi og udbredelse konceptualiserer sociolog og kommunikationsteoretiker Everett Rogers i bogen *Diffusion of Innovations* (2003). Rogers definerer diffusion som "den proces, hvori en innovation kommunikerer gennem bestemte kanaler over tid blandt medlemmer af et socialt system" (Rogers, 2003, s. 5). Her forstås, at diffusion er en kommunikationsproces, som efterfølges af enten adoption eller afvisning af innovationen. Vi er i dette projekt især interesserede i adoption, og vil derfor fokusere vores brug af Rogers' teori om sammenhængen mellem innovationers egenskaber og deres adoptionsrate. Vores videnskabsteoretiske afsæt, SCOT, har til formål at skabe viden om udvikling og stabilisering af teknologier. SCOT beskriver imidlertid ikke hvilke egenskaber ved teknologien, der kan sandsynliggøre en stabilisering, og her kan Rogers' teori hjælpe.

Rogers definerer innovation som en “idé, praksis eller objekt der anses som ny af et individ eller en anden adoptionsenhed” (Rogers, 2003, s. 475). I vores tilfælde er innovationen altså genbrugsmursten, som for mange mulige adoptanter – aktører i byggesektoren – endnu anses som en ny praksis. Begrebet *adoptionrate* defineres som “den relative hastighed hvorved en innovation adopteres af medlemmer af et socialt system” (Rogers, 2003, s. 221). Rogers foreslår fem generaliserede variabler, som i de fleste vil have væsentlig indflydelse på adoptionsraten. I de følgende afsnit vil vi redegøre for hver af de fem variabler.

### 5.2.1 Relativ fordel

Denne egenskab beskriver den oplevede fordel, som innovationen har overfor individet. Hvis innovationen opleves som en relativt stor fordel i forhold til alternativet, er der større chance for udbredelse. Her har økonomien ofte meget at sige, selvom innovationen ikke af natur har økonomiske gevinster – hvis innovationen har sociale fordele vil det alligevel afvejes økonomisk i forhold til den eksisterende praksis. Derudover skal det afklares, hvorvidt eventuelle økonomiske besparelser på lang sigt, forventes at overstige de kortsigtede udgifter til indkøb af innovationen. Præventive innovationer, som eksempelvis skal afværge klimaforandringer i fremtiden, kan være sværere at vurdere den relative fordel af, fordi den relative fordel først træder i kraft i en fjern fremtid (Rogers, 2003).

### 5.2.2 Kompatibilitet

Kompatibilitet beskriver i hvilken grad en innovation opleves at passe ind hos adoptanten. Det kan handle om sociokulturelle værdier og overbevisning, kompatibilitet med allerede introducerede idéer eller adoptantens behov. Hvis en innovation er inkompatibel med en eller flere af disse tre forhold hos adoptanten, kan det påvirke adoptionsraten negativt (Rogers, 2003).

### 5.2.3 Komplexitet

Ifølge Rogers er den oplevede kompleksitet af en innovation ligeledes med til at påvirke adoptionsraten. Hvis en innovation opleves som kompleks, kan det tilbageholde potentielle adoptanter fra at adoptere den (Rogers, 2003).

#### 5.2.4 Afprøvbarhed

Afprøvbarhed, eller *trialability* på engelsk, beskriver ifølge Rogers potentielle adoptanters mulighed for at afprøve innovationen inden de tager den endelige innovationsbeslutning. Designes innovationen således at den kan afprøves, er der generelt set større chance for hurtigere udbredelse (Rogers, 2003).

#### 5.2.5 Observerbarhed

Rogers' sidste princip handler om hvorvidt adoptionen af en innovation er synlig for andre. Hvis nogen adopterer innovationen og dette er synligt for andre, kan andre nemmere lægge mærke til, og spørge ind til den, hvorefter der er større chance for dens udbredelse (Rogers, 2003).

## 6 Bæredygtighed

Siden 1960'erne har Jorden ifølge World Commission on Environment and Development (1987) gennemgået markante ændringer i form af befolkningstilvækst, urbanisering og økonomisk vækst. Disse ændringer har resulteret i et ekstremt overforbrug af jordens ressourcer, der har resulteret i, at vi mennesker står på vippen af både en økologisk krise og klimakrise. FN oprettede derfor kommissionen World Commission on Environment and Development i 1983 for at udarbejde potentielle løsningsforslag og rapporter om emnet (World Commission on Environment and Development, 1987).

I 1987 udgav World Commission on Environment and Development rapporten *Our Common Future*, også kendt som Brundtland-rapporten. I dette projekt defineres bæredygtig udvikling således: "Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs." (World Commission on Environment and Development, 1987, s. 16). Hovedpointen i bæredygtighedsbegrebet er, at vores handlinger ikke må forringe mulighederne for kommende generationer.

Med definitionen på plads beskriver rapporten nogle af de områder, der ikke lever op til bæredygtighed. Det er bl.a. industrialiseringen og en 50 gange større industriel produktion, der har skabt store globale klimaproblemer (World Commission on Environment and Development, 1987). Men den globale verdensøkonomi forventes mangedoblet i løbet af de næste 50 år som følge af den stigende tendens til investering i alt fra landbrug, transport, huse og industrier. Størstedelen af disse investeringer, er afhængige af naturressourcer og råstoffer fra bl.a. jord, skov, have og vandløb (World Commission on Environment and Development, 1987).

Eksport af naturressourcer er grundlæggende for flere udviklingslandes økonomiske indkomst. Presset for at udrydde fattigdom får landene til at overudnytte naturressourcerne, med store økologiske konsekvenser til følge. Derudover kan en fortsat hastigt stigende befolkningstilvækst, modarbejde den bæredygtige udvikling ved, at lægge et yderligere pres på jordens ressourcer og dermed bidrage til en dårligere levestandard (World Commission on Environment and Development, 1987).

Brundtland-rapportens definition af bæredygtighed er bred, og fokuserer ikke specifikt på det miljømæssige område. For bedre at forstå begrebet, kan bæredygtighedens dimensioner

opstilles i en model. En af disse modeller er Venn-diagrammet, som illustrerer hvordan sociale, økonomiske og miljømæssige faktorer spiller sammen.



Figur 6.1. Genoptrykt fra "Environment – The Science Behind the Stories", af Withgott, J. & Laposata, M., 2015, s. 175, Harlow, England: Pearson Education Limited.

Disse faktorer illustreres som en tredobbelt bundlinje der, hvis bundlinjerne alle har positive værdier, tilsammen kan siges at udgøre bæredygtig udvikling. For at aktører som f.eks. regeringer, virksomheder eller bygherrer kan opnå en bæredygtig udvikling, skal de forsøge at imødekomme en tredobbelt bundlinje bestående af miljøbeskyttelse, social retfærdighed og økonomisk fremgang. Intentionen ved den tredobbelte bundlinje er at skabe udvikling der betaler sig på alle parametre, så hverken folk, virksomheder eller miljøet bliver forsømt (Withgott & Laposata, 2015).

Energistyrelsen og Statens Byggeforskningsinstitut (2015) har udarbejdet en rapport, hvor de i korte træk foreslår hvordan den tredobbelte bundlinje udfoldes i byggeriet. Den miljømæssige kvalitet indenfor byggeri, indebærer minimering af miljøpåvirkninger bl.a. i form af ressourceforbrug og miljøskadelige stoffer, både lokalt og globalt. Ydermere indebærer den miljømæssige kvalitet ifølge styrelsen også energieffektivitet gennem hele bygningens levetid og bevaring af områdets biodiversitet. Den sociale kvalitet indebærer ifølge energistyrelsen funktionalitet, sundhed, komfort, samt udendørsområder, der bidrager til et behageligt nærmiljø. Den økonomiske kvalitet indebærer balance mellem

investering og kvalitet i bygningen, værdistabilitet i en lang årrække og effektivisering af bygningens arealer (Energistyrelsen & Statens Byggeforskningsinstitut, 2015).

## 6.1 Klimaforandringer

De globale klimaforandringer er en af de miljøeffekter, der er kommet af ikke-bæredygtig udvikling. Grundet den voksende udledning af drivhusgasser, stiger gennemsnitstemperaturen globalt, samtidig med at ekstremt vejr opstår hyppigere. Denne globale opvarmning kan få store konsekvenser for udbyttet i bl.a. land- og skovbrug, hvilket gør det til en enorm udfordring at understøtte den voksende verdensbefolkning (Withgott & Laposata, 2015). Konsekvenserne af klimaforandringerne vil i høj grad kompromittere mulighederne for fremtidige generationer, og derfor bør der minimeres drivhusgasudledningen for at sikre en bæredygtig udvikling.

I 2015 indgik 196 medlemslande af FN's klimakonvention, Parisaftalen. Parisaftalen forpligter landene til at arbejde mod en reducere af den globale temperaturstigning til 1,5° over niveauet i 1990. Efterfølgende skal alle medlemslandene fremlægge planer for hvordan de vil reducere deres drivhusgasudledning til at overholde dette (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, s.d.). I december 2019 aftalte et flertal i Folketinget en klimalov, som forpligter den danske regering til at reducere sin drivhusgasudledning med 70% i 2030 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2019).

En af de største sektorer med størst drivhusgasudledning er byggesektoren. På baggrund af undersøgelser fra World Resource Institute anslår tænketanken Concito, at mindst 10-15% af den globale drivhusgasudledning stammer fra produktion af byggematerialer (Minter, 2014). Hvis vi skal opnå en bæredygtig udvikling, er det derfor vigtigt at reducere drivhusgasudledningen fra byggesektoren.

## 6.2 Cirkulær økonomi

Hvor bæredygtighed er en overordnet definition af den type udvikling, der er nødvendig i fremtiden, er cirkulær økonomi et koncept som forsøger at bidrage til denne type udvikling. Målsætningen i cirkulær økonomi er at omdefinere måden vi producerer, vækster økonomisk og forbruger på, ved at afkoble økonomisk vækst fra brugen af klodens begrænsede ressourcer. Dette systematiske skift skal foregå ved at genbruge alle ressourcer og dermed designe sig af med affald, og kan anses som en socioteknisk overgang jf. Geels i



vores teori-afsnit. Cirkulær økonomi er ifølge Ellen MacArthur Foundation (s.d.) baseret på tre principper: ”Design out waste and pollution”, ”Keep products and materials in use” og til sidst ”Regenerate natural systems”.

Ifølge forskere i bæredygtig produktion Korhonen, Nuur, Feldmann & Birkie (2017) er den videnskabelige litteratur om cirkulær økonomi i dens nuværende stadie dog stadig begrænset. Korhonen et al. (2017) argumenterer for, at cirkulær økonomi kan kaldes et “essentially contested concept”, hvor der er enighed om midlerne og målene ved konceptet, men uenighed om hvordan konceptet skal defineres, hvordan det skal analyseres, samt hvilke undersøgelsesmetoder der skal anvendes (Korhonen et al., 2017). Ifølge Korhonen et al. sker størstedelen af det nuværende arbejde med cirkulær økonomi på det praktiske og tekniske niveau, altså energiforbrug og cirkulær udnyttelse af materialer, primært i produktionsvirksomheder. Derfor mener de, at antagelser om værdier, sociale strukturer og kulturer endnu er udforskede og derfor mangler for at skabe den fulde cirkel i cirkulær økonomi (Korhonen et al., 2017).

Indenfor byggesektoren har David Cheshire, som har en kandidatgrad i *Energy and the Built Environment*, defineret hvordan de cirkulære principper kan udfoldes i praksis. Det gør han i bogen *Building Revolutions: Applying the Circular Economy to the Built Environment*. I løbet af bogen gennemgår han alle byggeprocessens stadier, samt hans vurdering af hvad der er vigtig at have med i designet af en bygning der er bygget efter cirkulære principper.

En af måderne principperne for cirkulær økonomi har udfoldet sig på i Danmark er gennem affaldshierarkiet, som er illustreret i figur 6.2.

Affaldshierarkiet er defineret af Miljøstyrelsen som en officiel model, der bruger cirkulære principper til at angive hvordan man bedst muligt udnytter affald. I det følgende afsnit vil vi redegøre for Miljøstyrelsens generelle forståelse af cirkulær affaldshåndtering, og kombinere det med Cheshires forståelse af den cirkulære økonomi i byggesektoren.



Figur 6.2. Genoptrykt fra ”Affaldshierarkiet”, af Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, (s.d.).

Når cirkulær økonomi vurderes i relation til en bygning, kan de cirkulære principper ikke sættes i direkte relation til bygningen som helhed. En bygning er en samling af mange forskellige komponenter, og derfor skal de cirkulære principper sættes ned over hver enkelt af disse komponenter. Eksempelvis så er en bygnings ydre skal designet til at have en længere levetid end andre komponenter, da en beton eller murstensvæg kan stå i flere hundrede år. Derfor er det ifølge Cheshire (2016) vigtigt at se cirkulært på hver enkelt komponent.

*Affaldsforebyggelse* er det første og mest miljørigtige punkt i affaldshierarkiet. Forebyggelsen handler om at reducere mængden af affald i omløb, så behovet for udvinding af nye råstoffer minimeres. På den måde vil energiforbruget og emissionen af drivhusgasser også blive minimeret (Miljøstyrelsen, 2013a). I byggesektoren handler det ifølge Cheshire (2016) først og fremmest om hvordan vi kan få byggematerialer til at holde så længe som muligt, før vi er nødt til at skaffe nye. Dette kan være ved at forsøge at beholde materialets originale funktion så længe som muligt, før det alternativt kan reproducere til et andet nyttigt produkt og derved få en ny levetid (Cheshire, 2016).

Den næstbedste måde at håndtere affald, er ifølge Miljøstyrelsen *forberedelse med henblik på genbrug*. At genbruge vil sige at bruge noget, f.eks. mursten, igen til samme formål. Mursten bliver altså ikke knust og lavet til en ny mursten, men bibeholdes i sin originale form. Med *forberedelse* menes der, at materialet bliver klargjort, så det kan genbruges i den eventuelle fremtid. F.eks. bliver mursten rensset for rester af mørtel, inden de skal bruges til nybyggeri eller renovering (Miljøstyrelsen, 2013a).

For at optimere mulighederne for genbrug af materialer, kan det ligeledes være vigtigt at designe med henblik på demontering og genbrug (Cheshire, 2016). Bygningerne skal altså designes, så de kan tages fra hinanden igen og materialerne genbruges når det oprindelige byggeri ikke længere er brugbart. En af de ting der er vigtige for at demontering kan fungere, er at der er en udførlig beskrivelse af hvordan, bygningen er konstrueret i første omgang (Cheshire, 2016). Når der designes en bygning på denne måde, gøres bygningen til en materialebank, hvor næsten hele bygningen kan skilles ad, og bruges i andre byggerier.

En anden måde at arbejde med genbrug er design med henblik på tilpasning til fremtidig brug. Det er vigtigt at have in mente når en bygning designes, at den en dag måske skal kunne have et andet formål end det den oprindeligt var bygget til (Cheshire, 2016). Et

eksempel på dette kunne være en gammel erhvervsejendom, der kan konverteres til nye boliger.

Hvis ikke de to første håndteringsmetoder er en mulighed, kan der gøres brug af *genanvendelse og anden nyttiggørelse*. I Danmark bliver der ifølge Miljøstyrelsen (2013a) genanvendt ca. 90% af det danske bygge- og anlægsaffald. Dette er en ret imponerende mængde, da bygge- og anlægsaffald udgør en tredjedel af hele Danmarks affaldsmængde, og dermed er Danmarks største affaldsfraktion. Problemet for det cirkulære perspektiv er, at affaldet bliver genanvendt til anden nyttiggørelse, hvor det udgør et alternativ til bl.a. grus og sten i veje og fundamenter (Miljøstyrelsen, 2013a). Størstedelen af alt Danmarks bygge- og anlægsaffald går dermed til nyttiggørelse i stedet for genbrug, hvilket kan betragtes som en barriere i forhold til at udvikle den cirkulære økonomi indenfor byggesektoren. Her er det vigtigt at overveje, at forskellige dele af en bygning har forskellige levetider. Derfor kan det være en god idé, at de komponenter, der har en lavere levetid, kan laves ud af biologisk nedbrydelige materialer. De komponenter der ikke kan returneres til naturen, skal derfor vælges og bruges så længe som muligt, så de ikke går til spilde efter bygningens levetid (Cheshire, 2016).

Det sidste punkt i affaldshierarkiet er *bortskaffelse*. Bortskaffelsesprocessen tages i brug til det byggeaffald, der hverken kan genbruges, genanvendes eller nyttiggøres. Dette er affald, der typisk indeholder nogle farlige kemikalier, og derfor kræver specialbehandling. Bortskaffelsen betyder at affaldet enten deponeres (graves ned) eller forbrændes uden energiudnyttelse. Bortskaffelsen er dermed sidste udvej indenfor affaldsbehandlingen, da det hverken gavner på nogle økonomiske eller bæredygtige måder (Miljøstyrelsen, 2013a).

### 6.2.1 Cirkulær økonomi i Danmark

Ellen MacArthur Foundation har i 2015 udarbejdet en rapport kaldet *Delivering the Circular Economy: A Toolkit for Policymakers*, som bl.a. indeholder et casestudie om Danmark. Ud fra denne rapport vil vi kort redegøre for Danmarks cirkulære potentiale i byggesektoren.

Ellen MacArthur Foundation har identificeret samme problem, som ligger til grund for vores projekt, nemlig at genbrug af byggematerialer, såsom vægge, gulve og mursten, er meget begrænset. De identificerer tre karakteristikkere for den danske byggesektor, der kan være med til at forklare hvorfor det er sådan.

Den første karakteristik er, at vi i Danmark har en strengt reguleret sektor, hvilket ifølge Ellen MacArthur Foundation (2015) leder til usikkerhed omkring ydeevnen og

sundheden i genbrugte og genanvendte byggematerialer.

Derudover har rapporten identificeret en meget kompleks og fragmenteret byggesektor, hvor der indgår enormt mange aktører i et byggeprojekt. Dette gør at værdikæden bliver usammenhængende, fordi de forskellige aktører har forskellige målsætninger for udvikling. De mange aktører gør det ifølge Ellen MacArthur Foundation (2015) svært at skabe en cirkulær tankegang, hvor alle har den samme dagsorden om bæredygtighed og genbrug.

Den sidste karakteristik er, at levetiden på vores bygninger er rigtig lang. Dette betyder, at de bygninger der bliver nedrevet i dag, generelt er meget gamle, og derfor ikke designet med henblik på genanvendelse (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Et af de forbedringspunkter, Ellen MacArthur Foundation (2015) påpeger er, at vi i Danmark fremtidigt skal designe vores bygninger med henblik på fremtidig genbrug. Altså skal bygningerne kunne adskilles og så mange af materialerne som muligt skal kunne genbruges i nye byggerier. Udover dette tiltag foreslår Ellen MacArthur Foundation (2015), at vi i Danmark skal indføre materialepas, som gør det lettere at redegøre for materialernes vej igennem værdikæden, og på den måde kunne vide hvor i processen der kan optimeres (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Regeringen udgav i 2018 *Strategi for cirkulær økonomi*, som skulle fungere som Danmarks langsigtede plan for omstillingen til en mere cirkulær økonomi. I denne strategi er et af hovedpunkterne "Cirkulær økonomi i bygninger og biomasse". Her redegøres der for, at der er særlig stor gevinst ved at minimere affaldet og øge genanvendelsen indenfor byggesektoren (Miljø- og Fødevarerministeriet & Erhvervsministeriet, 2018). I strategien udlægger regeringen to initiativer indenfor denne sektor.

Det første initiativ går ud på at udvikle en frivillig bæredygtighedsklasse. Denne bæredygtighedsklasse skal være med til at øge ressourceeffektiviteten i byggeriet, øge omfanget af genbrug og værdien af byggematerialer. Regeringen vil desuden undersøge om det giver mening at medregne summen af energien, der er blevet brugt på produktion af materialer, i husets energiberegning. De nævner også, at det kunne være effektivt, hvis der blev udviklet et internationalt materialepas, så der kunne være et fokus på materialernes flow igennem værdikæden og dermed vide præcis hvor meget et materiale udleder og hvor i processen der kan optimeres (Miljø- og Fødevarerministeriet & Erhvervsministeriet, 2018). Strategien beskriver dog ikke hvad denne frivillige bæredygtighedsklasse konkret skal indeholde. Derudover kan man være kritisk overfor klassens effekt, når ikke den er obligatorisk for branchen.

Det andet initiativ handler om at udbrede selektiv nedrivning. Nedrivningsplaner skal standardiseres, med henblik på at fremme genbrug, over genanvendelse af byggematerialer. Dette foregår gennem grundigere sortering, som skal minimere værditabet ifm. nedrivninger (Miljø- og Fødevarerministeriet & Erhvervsministeriet, 2018). Selektiv nedrivning vil øge mængden af materialer der kan genbruges i nye byggerier, og er desuden i overensstemmelse med affaldshierarkiet.

## 6.3 Potentiallet i genbrug af mursten

Udbredelsen af genbrugsmursten er afhængig af, om der er nok materiale der er egnet til genbrug. Derfor er det vigtigt at være opmærksom på mængden af materiale.

Miljøstyrelsen (2016) anslår, at der årligt bliver nedrevet 47,3 millioner mursten egnet til genanvendelse, hvilket svarer til 12% af produktionen af nye mursten. Styrelsen bemærker, at der kan være risiko for et lavere udbytte fordi der kan forekomme udfordringer med sortering af stenene, men at dette burde kunne overkommes hvis der opstår større efterspørgsel (Miljøstyrelsen, 2016).

I dag er genanvendelse den mest anvendte metode til håndtering af mursten i Danmark. Det betyder, at murstensaffald fra byggerier bliver transporteret direkte til et knuseværk, hvor det bliver sorteret, så eventuelle rester af f.eks. træ, metal og plastik kan blive sorteret fra. Herefter bliver det rene murstensaffald knust, så det kan genanvendes til vejfyld. I stedet for at blive transporteret direkte til et knuseværk, kan hele mursten blive sorteret fra resten af murstensaffaldet, så de kan blive rensset og genbrugt til nybyggeri eller renovering (Miljøstyrelsen, 2013b).

Ud fra erfaringer fra Gamle Mursten antages det, at 64,5% er egnet til genbrug, mens 35,5% er de overskydende, ikke-genbrugsegne mursten, der i stedet kan sendes til genanvendelse (Miljøstyrelsen, 2013b). Ud fra denne andel genbrugsegne mursten, har Miljøstyrelsen lavet en livscyklusvurdering på miljøeffekterne ved genbrug frem for genanvendelse. Analysen er baseret på tre scenarier: Scenarie A, hvor murstensaffald knuses og anvendes som vejfyld; scenarie B, hvor stenene genbruges som erstatning for nye facadesten; og scenarie C, hvor de genbruges som erstatning for nye bagsten (Miljøstyrelsen, 2013b).

Ifølge Jens Breinholt, bruges bagsten imidlertid ikke i byggesektoren i dag: "Nu bygger man jo ikke med for- og bagmur i mursten, nu bygger man en bagmur med betonelementer som så opfylder alle de statiske krav" (Bilag 1, s. 2). Det er derfor scenarie B,

der er mest relevant for vores undersøgelse. Som det kan ses i figur 6.3 under miljøpåvirkningskategorien drivhuseffekt, spares der ved genbrug (scenarie B) 103,4 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. ton murstensaffald. Genanvendelse (scenarie A) viste derimod derimod en lille miljøbelastning på 4,5 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. ton murstensaffald (Miljøstyrelsen, 2013b).

Miljøpåvirkningskategorier	Enhed/ton murstensaffald	Scenarier		
		A	B	C
Drivhuseffekt	kg CO <sub>2</sub> -ækv.	4,5	-103,4	-52,6
Stratosfærisk ozonnedbrydning	kg CFC11-ækv.	9,5*10 <sup>-7</sup>	-7,2*10 <sup>-6</sup>	-2,7*10 <sup>-6</sup>
Fotokemisk ozondannelse	kg NMVOC	1,7*10 <sup>-2</sup>	-3,1*10 <sup>-2</sup>	4,0*10 <sup>-2</sup>
Forsuring	kg SO <sub>2</sub> -ækv.	2,5*10 <sup>-3</sup>	-1,5*10 <sup>-1</sup>	-5,0*10 <sup>-2</sup>
Terrestrisk eutrofiering	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -ækv.	7,2*10 <sup>-3</sup>	-2,1*10 <sup>-2</sup>	4,1*10 <sup>-2</sup>
Ferskvandseutrofiering	kg P-ækv.	2,2*10 <sup>-6</sup>	-8,8*10 <sup>-7</sup>	7,0*10 <sup>-6</sup>

Figur 6.3. Genoptrykt fra "LCA af genbrug af mursten", af Miljøstyrelsen, 2013, s. 31.

I forhold til de andre miljøpåvirkningskategorier, kan det ligeledes observeres at scenarie B har besparelser i alle kategorier, mens genanvendelse har miljøbelastning på alle kategorier. Idealet for miljøbesparelse indenfor mursten er altså genbrug, der har den mindste miljøeffekt indenfor alle kategorier.

I en økonomisk analyse sigter Miljøstyrelsen efter at analysere den samfundsøkonomiske rentabilitet indenfor de samme tre scenarier. Miljøstyrelsen er kommet frem til at genbrug af mursten ikke økonomisk kan svare sig i forhold til genanvendelse til vejfyld. Det skyldes at det grus, de knuste mursten erstatter, har en højere værdi end omkostningen af knuste mursten. Genanvendelse bidrager med en gevinst på 26,3 kr pr ton murstensaffald, mens genbrug skaber en omkostning på 12,6 kr. pr. ton murstensaffald. Men medregnes der de miljømæssige skadeomkostninger i udlandet, eller udregner genbrugsmursten som erstatning for facademursten af højere kvalitet, kan genbrug alligevel betale sig samfundsøkonomisk (Miljøstyrelsen, 2016).

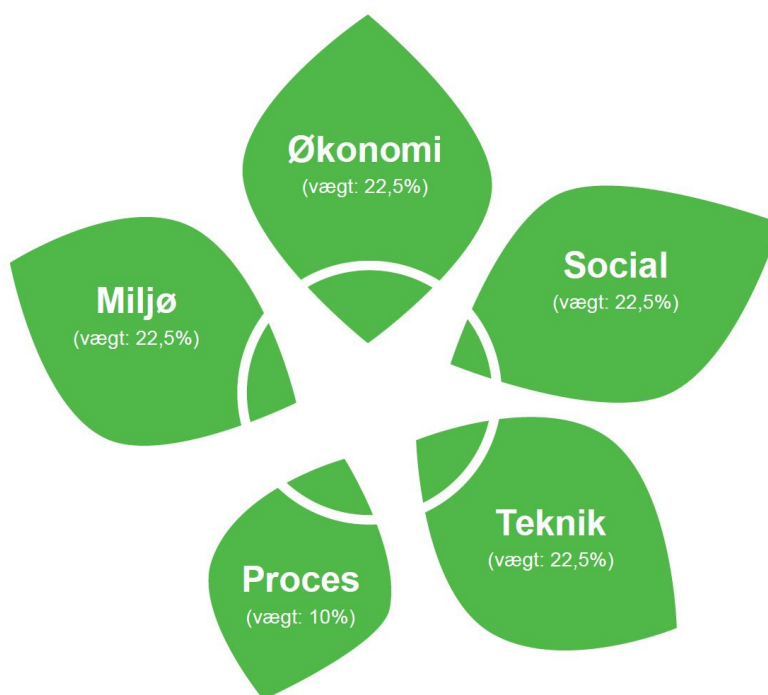
## 6.4 Bæredygtig bygningscertificering

Som nævnt er bæredygtighed et bredt begreb, som ikke har en entydig formel. Det gør det til en udfordring at arbejde med i praksis. Men efterspørgslen for bæredygtigt byggeri har gjort, at Danmark hurtigt har etableret nogle værktøjer, til at kunne certificere det bæredygtige fra

det konventionelle. Disse værktøjer findes i form af certificeringsordninger for byggeri, som kan vejlede og belønne byggeri der opfylder parametre indenfor bæredygtighed. Kriterierne kvantificerer bæredygtigheden og gør det let at overskue, men de forskellige certificeringsordninger har alle forskellige kriterier for hvornår byggeriet er bæredygtigt (Statens Byggeforskningsinstitut & GXN, 2018).

### 6.4.1 DGNB-certificering

DGNB-certificeringen er en tysk bæredygtighedscertificering for bygninger, som Danmark tog til sig i 2012. Den danske DGNB-certificering tager afsæt i kriterier udviklet af den tyske organisation DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), der også har lagt navn til ordningen. Den tilgodeser ikke kun miljøkriterier, men vægter økonomiske, sociale og miljømæssige forhold nogenlunde lige højt (KPC, s.d.). Dette kan ses ud fra figur 6.4, som er illustreret nedenfor.



Figur 6.4. Genoptrykt fra "DGNB", af KPC, s.d.

Som det fremgår af figur 6.4, vurderes en DGNB-certificeret bygning indenfor 5 kategorier. Under disse kategorier er der yderligere 38 kriterier, med endnu flere underkriterier som bliver bedømt og vurderet, og byggeriet får dertil point på baggrund af dette. De 5 kategorier – miljø, økonomi, social, teknik og proces – vægter forskelligt. De fire første vægter med

hver 22,5%, mens kriteriet *proces* vægtes med 10%. Hvert kriterium vægtes med en faktor 1 til 3 indenfor kvalitetens samlede score, med undtagelse for livscyklusvurderingen, LCA, der vægtes med 7 (Green Building Council Denmark, 2014). Derefter kan der ud fra et evalueringsmatrix indtaste det givne antal point for hver underkategori, og der bliver dernæst udregnet en samlet score. Resultatet angives som procentvis andel i forhold til det maksimalt opnåelige point. Ud over samlet score er der krav til minimumscore indenfor hver kvalitet. Ellers kan byggeriet ikke komme i overvejelse til en certificering af enten Sølv, Guld eller Platin (DGNB, s.d.).

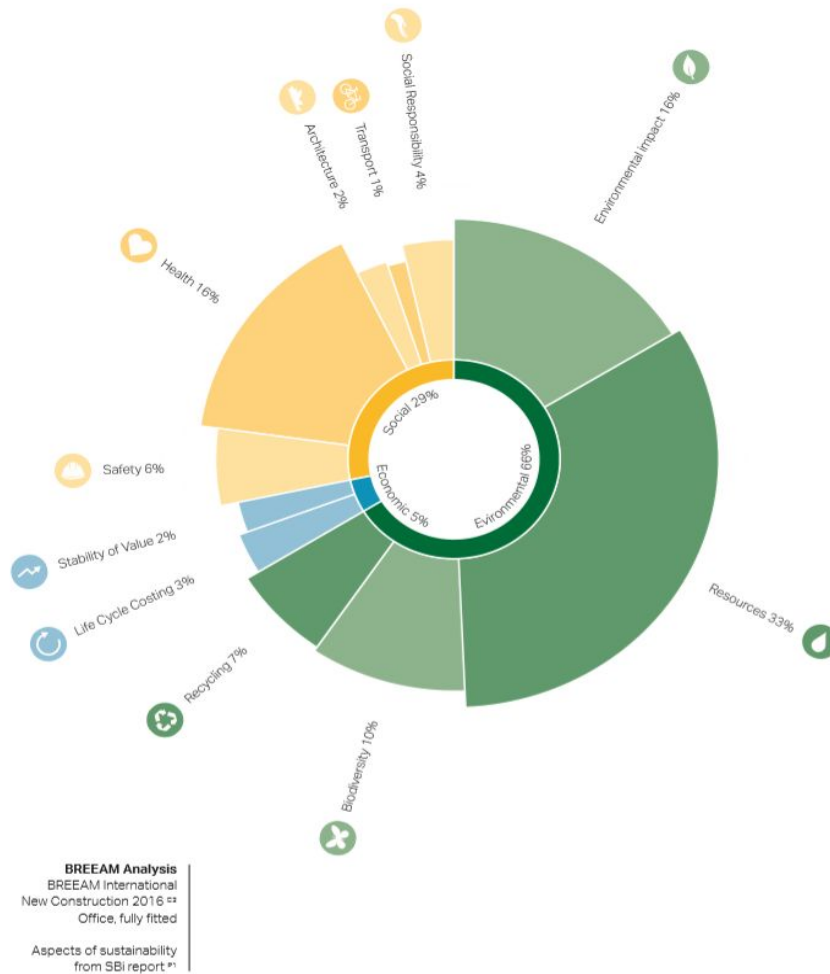
Brugen af genbrugte mursten i et byggeri vil have indflydelse på mindst ét af underkriteriernes miljøområder: livscyklusvurdering, eller LCA. LCA “er en holistisk metode til at vurdere produktets eller produkt systemers miljøbelastning gennem hele livscyklus - fra udvinding af råmaterialer og fremskaffelse af naturressourcer, over fremstilling af produktet, brugen af det, inklusive vedligeholdelse og reparation, til bortskaffelse af alle restprodukter” (Teknologisk Institut, 2019). Livscyklusvurderingen udgør ca. 13% af hele DGNB-certificeringen, og vægtes dermed højt. Som tidligere redegjort for, har genbrugsmursten en væsentlig drivhusgasbesparelse sammenlignet med nye mursten, og dermed vil besparelse vil altså tælle positivt med i LCA-kriteriet (Green Building Council Denmark, 2014).

#### 6.4.2 BREEAM-certificering

Med over 450.000 certificerede bygninger og to millioner registrerede vurderinger siden lanceringen i 1990 er BREEAM en af de mest udbredte bæredygtighedscertificeringer i Danmark (Foreningen Bæredygtige Byer og Bygninger, s.d.).

BREEAM-certificeringens primære kriterier ligger på den miljømæssige dimension af bæredygtighed, efterfulgt af de sociale dimensioner. Ifølge Statens Byggeforskningsinstitut og GXN (2018) udgør de miljømæssige faktorer 66% af en BREEAM-certificering.





Figur 6.5. Genoptrykt fra “Guide to Sustainable Building Certifications”, af Statens Byggeforskningsinstitut & GXN (2018), s. 44.

Den miljømæssige dimension indeholder kriterier for energi, vand, materialer og affald. Her er ressourceforbrug det højst vægtede kriterie på 33%, hvoraf den væsentligste faktor ligesom i DGNB-certificeringen er livscyklusvurdering, LCA (Statens Byggeforskningsinstitut & GXN, 2018). BREEAM indebærer desuden et specifikt kriterium for genbrug, som vægter i alt 7%. Her er det efter BREEAMs certificering vigtigt at gå efter at optimere materialeeffektiviteten gennem design- og konstruktionsfaserne ved at genbruge materialer, frem for at genanvende som vejfyld. Frem for at tildele en bygning en Sølv-, Guld- eller Platin-certificering bruger BREEAM titler der dækker over en procentvis andel af det maksimalt mulige antal point: “Outstanding” ved byggerier over 85%, “Excellent” ved 70-85%, “Very good” ved 55-70%, “Good” ved 45-55%, “Pass” ved 30-45% og til sidst “Acceptable” for byggerier med under 30% af det maksimalt mulige antal point (Statens Byggeforskningsinstitut & GXN, 2018).

## 7 De indre mekanismer i Gamle Murstens rensningssystem

Gamle Mursten er den primære leverandør af genbrugsmursten i Danmark, og derfor er udbredelsen af genbrugsmursten i dag afhængig af virksomheden Gamle Murstens patenterede teknologiske rensningssystem (Gamle Mursten, s.d.). Når Gamle Mursten modtager mursten fra nedrevne byggerier, kan de ankomme i forskellige størrelser og former. De fleste af murstenene hænger stadig sammen i klynger med mørtel imellem dem, hvilket gør, at de ikke er klar til at blive genanvendt endnu. Det kræver først, at de renses fra rester fra tidligere byggerier, som oftest er mørtel. Dette projekt har den samfundsmæssige side af genbrug som fokus, men for at forstå den teknologi vi vil undersøge udbredelsen af, vil vi i dette afsnit redegøre for de indre mekanismer i teknologien. Dette rensningssystem består af mange forskellige dele, der alle spiller en rolle i forberedelse til genbrug af mursten. For at forstå det teknologiske system bag Gamle Murstens rensningsprocesser, er det afgørende at kigge på rensningssystemets indre mekanismer og processer. Disse mekanismer og processer er afgørende for rensningssystemets funktionalitet, og gør det teknisk muligt at udøve Gamle Murstens intention om at forberede brugte mursten til genbrug.

Rensningsprocessen starter ved, at en gravemaskine løfter et læs af mursten rester op i apparatets input, der er udformet som en tragt. Både tragten og resten af apparatet vibrerer ved hvert skridt af rensningen. Denne vibration sørger både for bevægelsen mellem de forskellige dele af apparatet (Gamle Mursten, s.d.). Dermed fungerer vibrationerne i kombination med hældningen som en slags transportbånd, der transporterer stenene mellem start- og slutpunktet. Samtidig løsner vibrationerne løbende mørtel, byggeaffald og murstens stykker fra de brugte mursten inden de når til den afsluttende rensningsproces.

Efter tragten kommer den første af en serie af sorteringer, hvor alle murstenen bliver fordelt på 12 forskellige baner. Her transporteres de delvist rensede hele mursten videre i systemet, mens mørtel og byggeaffald sorteres fra. Sorteringssystemet består af en plade med en række åbninger, som lader små sten falde igennem og ned i en tragt (DK/EP patent nr. 2777828, 2016). Nogle af åbningerne er store nok til at de for små mursten kan falde igennem, mens andre åbninger er store nok til at lade en hel mursten falde igennem. Disse mursten sorteres fra, så alle de mursten der ankommer til rensning er placeret på den samme måde på sporene. Dette er dog ikke altid tilfældet, da konstruktionen af apparatet

gør at murstenene ankommer ukoordineret og positionen af hver mursten derfor er tilfældig. Derfor sorteres mange af murstenene alligevel forkert (DK/EP patent nr. 2777828, 2016).

Alle de brugte mursten føres videre til to baner, som retter murstenene ind på lige linje på deres aflange flade. Derfor er der i dette stadie af processen kun hele sten tilbage (DK/EP patent nr. 2777828, 2016). Ved afslutningen af transportenheden, ankommer de sorterede mursten til rensningsdelen. Rensningsenheden består af to dele. Først fæstnes murstenen af et tæt lag af metalplader og et metalgitter, som ved hjælp af gnidningskraft i kombination med vibrationer renser murstenen på dens ene flade side. Murstenen anbringes derefter på dens anden flade side og processen gentages (DK/EP patent nr. 2777828, 2016). Efter apparatet har rensset murstenen til bedste evne, kommer de videre til håndrensning. Her står 2-3 medarbejdere og renser hver mursten for de sidste mørtelrester, før at murstenene placeres på en palle og pakkes ind. Hermed er murstenene rensset og klar til brug (AVV, 2019).

## 8 Analyse af byggesektoren som socioteknisk system

For at give en bred forståelse af byggesektoren vil vi i dette afsnit analysere aktørerne i byggesektoren på et generelt plan. Denne analysedel er opbygget over teorien om sociotekniske systemer, og tager udgangspunkt i interviewet med René Lemming. Ved at indsætte interviewpersonens beskrivelse af aktørernes magtbalance på en byggeplads, med sociotekniske systemer, kan der skabes en forståelse for det sociotekniske system, hvor udbredelsen af genbrugsmursten finder sted. Vi skal dog, som tidligere nævnt, være opmærksomme på, at Lemmings udtalelser kan være farvede af hans egen position som leverandør. Det er imidlertid ikke vores vurdering, at han vil drage nogen fordel af bevidst at fordreje opfattelsen af sektoren, og derfor vælger vi at benytte Lemmings udtalelser til at understøtte den caseforståelse, vi får gennem Jens Breinholt og Claus Juul Nielsen.

### 8.1 Byggesektorens landskab

Det landskab, som byggesektoren befinder sig i, er dikteret af bygningsreglementer, love og kommunale regler. Ifølge Lemming fastholder disse reglementer byggesektoren i sin trygge position i samfundet, hvor ambitionsniveauet holdes indenfor hver bygherres magt. Landskabet bliver løbende opdateret af nye bygningsreglementer og love der til tider kommer med jævne, men nødvendige, mellemrum. Lemming mener, at disse reglementer ubestridt skal følge med tidens udvikling af bygninger og lignende konstruktioner, men disse skulle også følge med samfundets ønsker. Landskabet er desuden opdelt i forskellige reglementer afhængig af kommune, da hver offentligt instans og kommune har sin egen måde at prioritere på (Bilag 4). De retningslinjer, der findes i bygningsreglementet i dag, er ifølge en række aktører fra branchen “ikke tilstrækkelige til at definere et bæredygtigt byggeri som helhed” (InnoBYG, 2018, s. 4).

Landskabet dækker også befolkningen, som i dag efterspørger bæredygtighed fra regimet. Men selvom bæredygtighed er et hyppigt brugt ord, har det ikke nogen ensidig formel, og derfor kan mange forskellige faktorer vinkles som bæredygtige. De tre bundlinjer i bæredygtighed – miljø, social og økonomi – kan vægtes enten ligeligt eller forskelligt, og indenfor hver bundlinje er der intet definitivt svar på hvordan det måles (Bilag 4). Derfor er der endnu ikke et system, som kan sætte to bygninger op imod hinanden, for at se hvad der er mest bæredygtigt. Derfor kan landskabets efterspørgsel efter bæredygtighed ifølge

Lemming fører til *blæredygtighed*. Her mener han, at bæredygtighed bruges mere som en slags salgstale end et reelt arbejde med at gøre byggeriet mere bæredygtigt (Bilag 4).

## 8.2 Byggesektorens regime

Byggesektoren kan ses som et socioteknisk regime, hvor aktører som bygherre, arkitekt, entreprenør og leverandør opererer. Disse aktører indgår ifølge Lemming i samarbejder. Disse samarbejder består af rådgivning, hvor der til tider diskuteres beslutninger og holdninger. Samarbejderne indgås afhængigt af viden og behov. Dynamikken i et byggeri baseres på de basale fælles antagelser, om hvordan byggerier skal opføres (Bilag 4).

Striden der til tider kan være med beslutninger og holdninger til byggeriet opstår ved, at hver aktør har hver sin opgave og baggrund af viden. Ifølge René Lemming kan dynamikken i byggesektoren i sin helhed ikke defineres, da intet byggeri er ens. Dermed er der forskellige indgangsvinkler hvorpå bæredygtighed kan præges. Dog fremhæver han at der er fællestræk i fremgangsmåden for alle byggerier, uanset om det er offentligt eller privat. Disse fællestræk vil vi her forsøge at beskrive, med henblik på at danne et helhedsindtryk af hvordan byggesektorens regime fungerer (Bilag 4).

Ifølge Lemming er det en ubestridt norm, at alle byggerier skal håndhæve den aftale som de har indgået med kommunen. Uanset formen på byggeriet, skal alle bygherrer på et tidspunkt konsultere med kommunen – om det er ved salg af byggegrund eller en godkendelse af et byggeri på byggegrunden. Før byggeprocessen går i gang, skal helhedsplanen godkendes. Ved udførelsen af myndighedsprojektet, hvor byggeriet formuleres og derefter sendes til entreprise, er det vigtigt for bygherren og arkitekten at få godkendt deres plan, da der ellers nemt kan sættes en bremseklods i processen.

Ifølge René Lemming indgår de fleste bygherrer deres første samarbejde med en rådgiver. Dette foregår efter at kommunen har godkendt en helhedsplan af byggegrunden, som er blevet skabt i samarbejde mellem bygherre og en landskabsarkitekt. Dette er blevet en norm, da bygherrer ikke altid står med den bredeste viden indenfor f.eks. arkitektur (Bilag 4). Derfor har bygherren behov for supplerende viden, da det ikke kan forventes at vedkommende alt har viden indenfor byggeriet.

Et konkret eksempel på rådgiveren og bygherrens relation, kom til udtryk i vores interview med Jens Breinholt, som repræsenterer bygherren PensionDanmark Ejendomme:

“Yderligere stiller vi krav til, at det ikke er os som bygherre, der skal fortælle vores rådgivere hvad det er vi vil have, vi sætter krav til at vores rådgivere skal komme til os, og sige, hvad kan man. Så skal vi nok tage stilling til, om vi vil det eller ej. (...) Og vi forpligter dem til at være opdaterede på hvad man kan nu, om der er kommet nye metoder, kan man nu rense et eller andet produkt, som man ikke kunne rense for 5 år siden f.eks.” (Bilag 1)

Rådgiverens position anses altså som værende en tillidsperson til bygherre med en neutral indflydelse, da vedkommende ikke må modsige bygherre, men rådgive. Bygherren forventer altså at rådgiveren er opdateret og vejledende.

Efter at bygherren har startet et samarbejde med en rådgiver, indgår bygherren et yderligere samarbejde med en bygningsarkitekt. Bygningsarkitektens fokus er på det designmæssige, der handler om at præsentere bygningen på bedst vis. Ved dette samarbejde, startes der på skitseforslag og overvejelser omkring valg af materialer. Ifølge René Lemming kommer bygherrens magt i spil her. Kommunen har ikke altid præferencer til byggeriet, så afhængig af dette er det bygherre der står med en stor del af magten til de valg. Ved valg af byggematerialer mm. har bygningsarkitekten oftest stor indflydelse, men hans position i byggeriet er stadig det lavere end bygherrens. Det gør, at bygningsarkitekten skal lytte til bygherrens ønsker (Bilag 4).

Ifølge Lemming har et byggeri typisk en eller flere leverandører, som forsøger at opfylde behov og krav fra bl.a. bygherre, entreprenør og arkitekt ved at levere de materialer, der efterspørges. I denne proces har leverandøren imidlertid også mulighed for at påvirke bygherre eller endda bygningsarkitekt (Bilag 4). Leverandørens mulighed for at udnytte denne påvirkning til at indføre niche-innovationer i regimet beskrives i det følgende afsnit.

Når myndighedsprojektet er udformet af en bygherre, rådgiver og bygningsarkitekt, skal det ifølge Lemming udbydes til en entreprenør. Bygherren kan vælge mellem flere typer af entrepriser, afhængig af hvor meget af opgaven de vil uddelegere. Vælger bygherren at uddelegere meget, kan der med fordel vælge en totalentreprise, som selv har ansvar for at hyre underentreprenører. Totalentreprenøren er i en position hvor vedkommende kan udfordre bygherre og myndighedsprojektet på de materialer, de har valgt (Bilag 4). Lemming udtaler, at hvis entreprisen vælger at udskifte bygherrens udvalgte materiale med et andet, så skal denne til gengæld stå til ansvar for materialets kvalitet. Svinger entreprisen dette ansvar, kan det påvirke relationen til bygherren fremover (Bilag 4).

## 8.3 Byggesektorens niche-innovationer

Ifølge Lemming har bygherren som før nævnt, den ultimative magt i den private byggesektor, og derfor har bygherren også magten til at bringe niche-innovationer ind i byggeriet, og dermed påvirke regimet. Andre aktører kan derimod også påvirke bygherrens beslutninger (Bilag 4).

En anden aktør, som kan have indflydelse på niche-innovationer, er totalentreprenøren. Som nævnt kan totalentreprenøren udfordre bygherrens beslutninger, og dermed har denne også mulighed for at bruge en niche-innovation i byggeriet og påvirke regimet. Fordi totalentreprenøren står til ansvar for materialerne hvis de udfordrer bygherren, kan det mindske incitament til at bruge niche-innovationer i byggeriet. Totalentreprenørens mulighed for at udbrede niche-innovationer er derfor væsentlig, men ansvaret kan ses som en hindring (Bilag 4).

Ifølge Lemming kan leverandørerne i interaktionen med andre aktører, forsøge at påvirke dem til at udskifte materialer med andre. Leverandøren kan eksempelvis foreslå et materiale af en lavere pris, højere kvalitet eller med lavere miljøpåvirkning. Lykkes leverandøren med at påvirke de andre aktører, kan denne aktør bidrage til at bringe niche-innovationer i form af nye typer materialer ind i regimet (Bilag 4).

I vores interview med Jens Breinholt spurgte vi ham, om han nogensinde som bygherre oplever, at f.eks. entreprenører forsøger at udfordre og påvirke bygherrens valg. Dette svarer han ja til, men ser det ikke som et problem:

“Ja heldigvis, det gør de. For lidt, men de gør det. Og det forventer vi også, der er jo også meget snak om tidlig involvering af entreprenører i større projekter, det giver også mening, for mange af dem de ved tit hvad der er bedst og de ved også tit hvad lige der er lige nu.” (Bilag 1, s.9)

Ligesom Lemming nævner det, bekræfter Breinholt, at de forskellige aktører påvirker og udfordre hinanden. Dette kan skabe mistillid blandt aktører, men det kan også skabe et bedre samarbejde, og en bredere dynamik, hvis alle parter kan bidrage med deres ideér og viden.

Den sidste aktør som har væsentlig indflydelse på niche-innovationernes påvirkning af regimet er bygningsarkitekten. Bygningsarkitekten indgår ifølge Lemming typisk som en

tillidsperson og rådgiver for bygherren. Her mener han, at arkitekten afhængig af bygherrens egen viden, kan få varierende grader af indflydelse på materialevalget. Hvis bygherren har meget specifikke ønsker har arkitekten begrænset indflydelse, men hvis bygherren selv efterspørger løsninger kan arkitekten, ifølge Lemming, have væsentlig indflydelse (Bilag 4). Arkitekten er dermed endnu en aktør, som kan bidrage til niche-innovationers påvirkning af regimet, men ifølge Lemming er det den af de fire aktører, der har mindst indflydelse.



## 9 Analyse af genbrugsmurstens egenskaber og adoptionsrate

I denne analyse vil vi ud fra vores interviews med Jens Breinholt og Claus Juul Nielsen belyse, hvilke egenskaber der kan påvirke udbredelsen af genbrugsmursten i byggesektoren. Det gør vi med udgangspunkt i Everett Rogers' teori om sammenhæng mellem adoptionsrate og innovationens egenskaber, men undervejs vil vi ligeledes inddrage begreber fra Geels' teori om sociotekniske systemer. Analysen er struktureret efter Rogers' fem egenskaber ved innovationer. Afslutningsvis vil vi ud fra analysen konkludere på barrierer for udbredelse af genbrugsmursten.

De tre teorier har forskellige begreber for nogle af de samme koncepter. I vores brug af teorierne er Rogers' begreb *innovation* synonymt med SCOTs *teknologi*, da begge beskriver genbrugsmursten. Ligeledes bruger vi Rogers' *adoptant* om de *relevante sociale grupper*, der kan vælge at adoptere teknologien. Teknologien er i sociotekniske systemer en *niche* indtil den har opnået tilstrækkelige *adoption* og påvirker *regimet*. En *påvirkning af regimet* kan ligeledes ses som *stabilisering* af teknologien i SCOTs terminologi.

### 9.1 Relativ fordel

Den relative fordel er ifølge Rogers et af de væsentligste kriterier for adoptionen af en innovation. Denne egenskab beskriver ganske enkelt, hvordan adoptanten oplever innovationen i forhold til det eksisterende system. Fordelene kan være indenfor flere forskellige områder, og vi har derfor opdelt afsnittet i områder, hvor vores interviewpersoner har fremhævet enten en fordel eller en ulempe ved innovationen.

#### 9.1.1 Miljø

I dette projekt undersøger vi udbredelse af genbrugsmursten fra et miljømæssigt perspektiv. Som redegjort for i afsnit 6.4 kan der ifølge Miljøstyrelsen spares 103,6 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per ton murstensaffald ved at erstatte facadesten med genbrugsmursten.

Adspurgt om den primære årsag til PensionDanmarks prioritering af bæredygtighed, svarer Jens Breinholt, at det "grundlæggende er [...] fordi at det giver mening. Der er penge i det og der er fordele i det for alle de folk, der går på vores byggepladser, når vi certificerer. Som jo er når vi bæredygtighedscertificerer" (Bilag 1, s. 1). Dette citat peger i retning af, at arbejdet

med bæredygtighed for PensionDanmark ikke udelukkende er et spørgsmål om at minimere negative miljøeffekter fra byggeriet, men også om økonomiske og sundhedsmæssige fordele. Ligeledes Claus Juul Nielsen fremhæver æstetikken ved genbrugsmursten som den primære drivkraft for salg hos Gamle Mursten, før bæredygtighedsargumentet (Bilag 2).

Danskerne har over de seneste år haft et større fokus på bæredygtig udvikling. En undersøgelse lavet af analysebureauet Ipsos viser, at hver anden dansker (49%) oplever bæredygtighedsproblemer som global opvarmning, som en trussel for samfundet. Dette er steget over de seneste år, hvor det i 2009 var 27% af danskerne, der havde denne holdning. 60% af danskerne mener også, at Danmark skal være foregangsland indenfor reduktionen af CO<sub>2</sub> udledningen (Mikkelsen, 2019). Ud fra et socioteknisk perspektiv kan man argumentere for, at den innovation vi undersøger, er et produkt af en efterspørgsel efter en mere bæredygtig udvikling af byggesektoren. Man kan sige, at landskabet ønsker generelt flere bæredygtige løsninger, og dette skaber derved et pres på det eksisterende regime i samfundet. Det kan bl.a. være grundet dette pres, at niche-innovationer som genbrug af mursten har vundet indpas i nogle virksomheders byggeprojekter, såsom PensionDanmark Ejendomme.

### 9.1.2 Konkurrencefordele

Ifølge Breinholt er det en konkurrencefordel, når en bygning bæredygtigheds certificeres. Som nævnt i afsnit 6.4 giver brugen af genbrugsmursten i sig selv ikke en certificering, men da genbrugsmursten har både lavere ressourceforbrug og drivhusgasudledning end nye mursten, tæller brugen af genbrugsmursten positivt i miljø kriterierne for DGNB-certificeringen. Derfor kan genbrugsmursten bidrage til en højere klassificering i certificeringsordningerne.

Konkurrencefordelene ved certificering kommer til udtryk for PensionDanmark,

“når vi f.eks. siger at vi har to kontorejendomme, hvor den ene er certificeret og den anden ikke er, så er der masser af undersøgelser som viser, at købere og lejere vil købe den som er certificeret frem for den som ikke er” (Bilag 1, s. 1)

Altså er bæredygtigt byggeri ifølge Breinholt ikke alene en miljømæssig gevinst men, da liggetiden er kortere, også en økonomisk fordel for PensionDanmark.

Et eksempel på at PensionDanmark har brugt genbrugsmursten som led i DGNB-certificering er byggeriet HavneBryggen Pollux på Islands Brygge i København.

Pollux var PensionDanmarks første DGNB Guld-certificerede boligbyggeri, og ifølge Breinholt var brugen af genbrugsmursten “en af mulighederne for at gøre det så bæredygtigt som muligt, og udlede så lidt CO<sub>2</sub> som muligt” (Bilag 1, s. 4). I Pollux bidrog genbrugsmursten altså til en certificering, som også fungerer som en konkurrencefordel for PensionDanmark.

I et andet af PensionDanmarks byggerier, HavneBryggen Castor, lykkedes det ikke at bruge genbrugsmursten, men alligevel opnåede byggeriet DGNB Guld-certificeringen. Dette skyldes at certificeringen gives på et overordnet plan for byggeriet, og at det lykkedes for PensionDanmark i stedet at opfylde et andet kriterium i pointsystemet for certificeringen. I Castor var brugen af genbrugsmursten altså i sidste ende ikke udslagsgivende for certificeringen og dermed konkurrencefordelene ved byggeriet.

Ud fra PensionDanmarks arbejde med genbrugsmursten i byggerierne Pollux og Castor kan man sige, at brugen af genbrugsmursten til en vis grad bidrager til konkurrencedygtigheden af byggerierne, men at materialet godt kan erstattes og i sig selv derfor ikke er afgørende.

### 9.1.3 Æstetik

Ifølge Claus Juul Nielsen er udseendet ved genbrugsmursten den primære årsag til, at Gamle Murstens kunder vælger disse sten frem for nyproducerede sten. Jens Breinholt beskriver, at genbrugsmursten har en anden æstetik, hvor “det kan være man får øje på en rawplugs i en gammel genbrugssten” (Bilag 1, s. 13). Dette er ifølge Breinholt dog ikke nødvendigvis negativt, men “måske bare en del af fortællingen” (Bilag 1, s. 13), og køberne af PensionDanmarks byggerier med genbrugsmursten “synes det er fantastisk at sidde og kigge ud på de der og tænke over, hvad det er for en historie hvert enkelt lille mursten kunne fortælle, hvis den kunne tale” (Bilag 1, s. 13).

Breinholt påpeger dog, at der kan være nogle kunder, der ikke finder æstetikken ved genbrugsmursten attraktivt. Han mener, at “når man bruger genbrugssten, så skal man være gladere for historien og for det bæredygtige end for det fuldstændig knivskarpe murværk i mange år” (Bilag 1, s. 13).

Ud fra vores interviewpersoner udsagn er æstetikken ved genbrugsmursten i forhold til nye mursten primært en fordel ved innovationen, som kan siges at fremme mulighederne for adoption. Der kan dog være visse kundegrupper, som vil anse æstetikken som en ulempe.

#### 9.1.4 Pris

Inden vores interview havde vi en forudantagelse om, at den højere pris på mursten ville være en betydelig barriere for udbredelsen af genbrugsmursten. Ifølge Breinholt er det dog ikke tilfældet hos PensionDanmark. Breinholt anslår, at prisforskellen ligger mellem genbrugsmursten og nye mursten typisk på 1-1,5 kr per. sten. Det svarer ifølge Breinholt til 200.000 kr. ekstra i mursten for et byggeri til 300 mio. kr. (Bilag 1).

For PensionDanmark er det en forholdsvis lille pris at betale, når bygningen kan blive solgt til 500 mio. kr. (Bilag 1). Altså er prisen en relativ ulempe i forhold til nye mursten, men for PensionDanmark opvejes denne ulempe af de andre fordele, genbrugsmursten bringer.

## 9.2 Kompatibilitet

Selvom æstetikken kan være en fordel for adoption, er det også væsentligt hvorvidt innovationen er kompatibel i det eksisterende tekniske og sociale system, eller om eventuelle omstillingsprocesser skal i gang, for at kunne få adapteret den nye innovation. Her nævner Breinholt, at det er den tidlige fase af et byggeprojekt, der kan mærke forskel når man f.eks. bygger med genbrugssten, og at selve udførelsen ikke er ændret: "oftest er det inden selve udførelsen – det er tit leverandører der har skulle omstille sig. (...) Men udførelsen er den samme – om du murer med genbrugsmursten, det er det samme som hvis du murer en ny sten" (Bilag 1, s. 4). Genbrugsmursten har altså en høj grad af kompatibilitet med murerens praksisser, mens det ikke nødvendigvis er tilfældet for leverandøren.

Under PensionDanmarks byggeri Castor, som oplevede forsyningsproblemer med røde genbrugsmursten, udtalte deres totalentreprenør, NCC, at der var mulighed for at bygge med gule mursten, i stedet for røde (Kristensen, 2018). Det skyldes ifølge Nielsen, at "hver gang man producerer en rød sten, så producerer man typisk også to gule, fordi der sidder en rød i facaden, og så sidder der to gule i bagmuren. Så vores tilgang til røde sten er tre gange så svært, som det er til gule." (Bilag 2, s. 3)

Derved havde PensionDanmark potentielt mulighed for at opføre Caster i genbrugssten, hvis de skiftede til en anden farve sten. Til dette udtalte Breinholt: "Vi er underlagt lokalplanerne også, så hvis lokalplanerne skriver at det skal være røde sten, skal det være røde sten. (...) Så hvis lokalplanen havde forskrevet gule mursten eller noget andet, så havde vi gjort det" (Bilag 1, s. 6). Derved kan man sige, at PensionDanmark og andre virksomheder, der arbejder med opsætningen af byggeprojekter, skal være kompatible med lokalplanen,

hvis den foreskriver en specifik æstetisk fremtoning såsom røde mursten. Dette er et grundlæggende præmis for genbrug, da man ikke selv kontrollerer produktionen fuldstændigt. Komplexiteten af denne produktionskæde vil beskrives yderligere i næste afsnit.

Et andet eksempel på kompatibilitetsproblemer ved genbrugsmurstenene var leverancen af stenene på paller. Her pakkede Gamle Mursten ifølge Breinholt stenene på en anden størrelse paller end andre leverandører. Dette var ikke tilladt for Arbejdstilsynet, og derfor måtte Gamle Mursten ændre sin praksis (Bilag 1). Her var Gamle Murstens levering af genbrugsmursten altså ikke kompatibel med hverken virksomhedens praksisser eller Arbejdstilsynets regler, men efter anvisningen blev der alligevel opnået kompatibilitet.

En bygherre som PensionDanmark forventer en vis forsyningssikkerhed, og også her er det vigtigt, at innovationen er kompatibel. For Pollux-byggeriet var forsyningssikkerheden en udfordring, da det efterspurgte antal genbrugssten ikke kunne skaffes: "Så må vi tage en beslutning, og hvis vi ikke kan skaffe mursten nok, så må vi gøre noget andet. Så det blev nye sten." (Bilag 1, s. 5). Breinholt udtaler, at forsyningsproblemer har betydet, at PensionDanmark er mere opmærksomme på sikre sig leveringsaftaler i god tid, og dermed har optimeret kompatibiliteten fra deres side (Bilag 3).

Overordnet kan man sige, at selvom der har været nogle opstartsproblemer med kompatibiliteten mellem Gamle Mursten og adoptanten, er der i dag ikke længere nogle store udfordringer på dette område. Kompatibiliteten kan siges at være en smule værre end nye mursten, men det vurderes ikke at sænke adoptionsraten væsentligt.

## 9.3 Komplexitet

Som nævnt ovenfor er selve genbrugsmurstenen relativt simpel og ikke nævneværdigt anderledes end nye mursten for de murere, der skal håndtere dem. Men produktionskæden bag genbrugsmursten er langt mere kompleks end for nye mursten, og dette kan skabe udfordringer for adoptionen. Idet at Gamle Mursten er en virksomhed der handler med genbrugte mursten, er virksomheden afhængig af andre aktører. De sten, som udgør virksomhedens produkt, afhænger af nedrivningsfirmaer og udtjente bygninger, hvorfra materialet kommer (Bilag 2).

PensionDanmark og Gamle Mursten var begge involverede i byggeprojektet Pollux, som oplevede leveranceproblemer med genbrugsmursten. Men Claus Juul Nielsen og Jens

Breinholt præsenterer forskellige opfattelser af hvor årsagen til leveranceproblemerne ligger. Dette er et udtryk for kompleksiteten i systemet.

I interviewet med Jens Breinholt forklarede han, at Gamle Mursten ikke kunne levere det antal mursten, der kunne imødekomme PensionDanmarks behov (Bilag 1). Ifølge Nielsen mødte Gamle Mursten ganske rigtigt leveringsproblemer på Pollux-projektet, men uddyber, at problemerne skyldtes udfordringer i form af overbud og problemer med nedrivningen. Den ene udfordring var ifølge Nielsen, at Gamle Mursten blev overbudt af et byggeprojekt i Køge Havn, der skulle bruge stenene som landfyld. Dermed mistede Gamle mursten en af deres afgørende råvareleverandør til at skaffe det antal mursten, der skulle bruges til Pollux. Den anden udfordring omhandler materialer fra nedrivningen af en bygning på Bispebjerg Hospital (Bilag 2). Ved nedrivningen og transporten blev størstedelen af murstene delvist ødelagte og Gamle Mursten manglede dermed råvarer til byggeriet (Miljøstyrelsen, 2018). Disse eksempler illustrerer den høje grad af kompleksitet i produktionskæden for genbrugsmursten.

Ifølge Claus Juul Nielsen skyldtes forsyningsproblemerne ifm. byggeriet Pollux derudover endnu en kompleksitet: entreprenøren NCC. Her er der altså tale om en kompleksitet hos adoptanten snarere end i selve innovationen. Nielsen påstår, at Gamle Mursten havde en bestilling fra NCC til Pollux, som virksomheden gik i gang med at opfylde (Bilag 2). Men NCC betaler ikke regningen, og efter "gentagne opfordringer" (Bilag 2, s. 2) sælger Gamle Mursten stenene videre til en anden kunde. NCC vender ifølge Nielsen tilbage til Gamle Mursten to måneder senere, hvorefter Gamle Mursten pga. den tidligere aftaler tager imod en ny ordre. Imidlertid bliver Gamle Mursten her udkonkurreret på en leverance nedrevne sten, og er i sidste ende ikke i stand til at levere på ordren. Ifølge Nielsen havde dette dog ikke været et problem, hvis ikke NCC havde undladt at betale deres regninger (Bilag 2).

Rogers' begreb om kompleksitet omhandler også *oplevelsen* af kompleksitet hos adoptanten, som altså kan påvirke adoptionsraten. Ifølge Breinholt har hændelsen givet PensionDanmark den erfaring, at "hvis vi skal [bruge genbrugsmursten] igen, så skal vi bare have fat i Claus, eller en anden leverandør hvis man kan finde en anden, i tide, så vi er sikre på at vi har stenene" (Bilag 3, s. 1). Denne erkendelse kan ses som en oplevelse af kompleksiteten ved innovationen, som altså ifølge Rogers kan påvirke adoptionsraten negativt.

Forsyningsproblemerne mellem Gamle Mursten og PensionDanmark skyldtes dermed til dels kompleksiteten i det system, genbrugsmursten indebærer. Men samtidig ligger en del af

årsagen i kompleksiteten af adoptanten selv, byggesektoren. Såfremt leverancekæden havde været mindre kompleks kunne der være færre potentielle punkter for fejl. Derfor er kompleksiteten ved genbrugsmursten overordnet højere end ved nye mursten, og dette kan være en væsentlig hindring for adoptionen af innovationen.

## 9.4 Afprøvbarhed

Roger's begreb om afprøvbarhed, eller *trialability*, handler om adoptantens mulighed for at afprøve en innovation inden de forpligter sig til den. Byggematerialer kan dog være svære at afprøve, da de indgår i ét konkret projekt ad gangen.

I stedet for at afprøve den, kan man teste genbrugsmursten, f.eks. for giftstoffer såsom PCB. Dette er også en af de udfordringer som PensionDanmark mødte ifm. Pollux-projektet:

"Når man så arbejder med genbrugssten, så skal man være opmærksom på at de ikke har været behandlede, og at der ikke er trængt noget ind fra nogle bløde fuger med PCB, og der ikke er bly i det, fra noget gammelt maling. Så man skal sørge for, at man har rensset stenen" (Bilag 1, s. 6).

En måde at håndtere disse sikkerhedshensyn er ved CE-mærkning. I EU har man indgået en aftale om, at beskytte forbrugerne mod produkter de kan være sundheds- eller miljøskadelige. Der er derfor en række forskellige krav til diverse produkter. Disse krav er samlet i EU-direktiver, og hvis et produkt lever op til kravene, får de et CE-mærke (Dansk Standard, s.d.). Ifølge Nielsen tager Gamle Mursten højde for disse sikkerhedshensyn ved at CE-mærke deres mursten "ligesom nye sten" (Bilag 2, s. 6).

Der er altså en lav grad af afprøvbarhed for genbrugsmursten, men det kan siges at være mere et karakteristika for branchen end en egentlig ulempe særligt for genbrugsmursten. Fordi man har med genbrugsmaterialer at gøre, kan der opstå bekymring for sikkerhed eller kvalitet, men disse bekymringer kan altså til en vis grad tages hånd om gennem CE-certificeringer.

## 9.5 Observerbarhed

Som nævnt i afsnit 9.1.3 er genbrugsmurstens æstetik ifølge vores interviewpersoner hovedsageligt en fordel i forhold til nye mursten. Denne æstetik hænger tæt sammen med

Rogers' analysepunkt om observerbarhed, som beskriver hvordan en innovation har større potentiale for udbredelse, hvis dens adoption kan observeres.

Genbrugsmursten har typisk et andet visuelt udtryk end nye mursten. Dette kan bl.a. ses, da gamle mursten i nogle tilfælde kan være frostsprængte. Dette kan forekomme "fordi man har fået brugt en bagmursten i formuren. Det er noget med hvordan stenene er brændt i sin tid, altså noget med temperaturen den er egnet til, om den er frostsikre eller ej." (Bilag 1, s. 13). Sten i bagmuren er ikke lige så frostsikre som sten i formuren. Når man derved genbruger dem, kan man ikke tage højde for hvordan stenen lå før, så der er risiko for at der kommer revner i stenene. Dette udtryk er ikke nødvendigvis negativ for adoptanterne, og dem der i sidste ende skal bo i en bygning der er opført i genbrugssten:

"Man skal leve med, at huset får et lidt andet liv, og der godt kan skalle lidt af end hvis det var helt nye sten, som er facadeteglet, som man godt er klar over, hvad de kan tåle. Så når man bruger genbrugssten, så skal man være gladere for historien og for det bæredygtige end for det fuldstændig knivskarpe murværk i mange år." (Bilag 1, s. 13)

Mulige adoptanter kan altså observere at et byggeri benytter genbrugsmursten over nye mursten, og derved øges adoptionsraten.

## 9.6 Adoptionsrate og regimepåvirkning

Ud fra analysen kan vi konkludere, at de største barrierer for udbredelsen af genbrugsmursten i byggesektoren kan findes i produktionsprocessens kompleksitet. Ifølge vores interviewpersoner har genbrugsmursten generelt flere fordele over nye mursten end de har ulemper, og de kompatibilitetsproblemer der tidligere har været er i dag stort set løst. Stenenes afprøvbarhed adskiller sig ikke væsentligt fra andre byggematerialer, og de har til gengæld en høj grad af observerbarhed. Dermed bidrager alle andre kriterier end kompleksitet positivt til adoptionsraten, og kompleksiteten kan derfor ses som et vigtigt område at finde løsninger indenfor.

I og med at kompatibilitetsproblemet stort set er løst, kan der med et socioteknisk perspektiv siges de tekniske procedurer i niche-innovationen ville kunne vinde indpas i regimet. Omvendt kan kompleksiteten være en udfordring for påvirkningen af regimet, fordi



der er mange involverede aktører, hvoraf nogle kan overbyde andre. Dette gør det svært for nichen at skabe en socioteknisk overgang, og påvirke regimet.

# 10 Diskussion af undersøgelsens resultater

I dette afsnit vil vi diskutere resultaterne af vores undersøgelse. Diskussionen er opdelt i to dele. Den første del diskuterer overførbare resultater til andre virksomheder eller materialer, mens den anden del diskuterer hvorvidt cirkulær økonomi opfylder bæredygtighedsbegrebet.

Efterfølgende, i afsnit 11, vil vi desuden diskutere mulige løsninger på de udfordringer projektet har afdækket.

## 10.1 Overførbare resultater af casen

Ud fra vores undersøgelse har vi erfaret, at innovationen allerede nu har mange oplevede egenskaber der taler for yderligere adoption i byggesektoren, men at især kompleksiteten af produktionskæden stadig er en udfordring. Denne erfaring er bygget på vores case, PensionDanmarks brug af genbrugsmursten fra Gamle Mursten. Dermed kan vi ikke sige, at alle bygherrer vil opleve de samme egenskaber ved innovationen, men casestudiet bygger på en forhåbning om, at nogle af vores erfaringer kan overføres til andre virksomheder eller andre materialer. I dette afsnit vil vi derfor diskutere, hvordan den viden vi har skabt, kunne overføres til genbrug af andre materialer. Det vil vi gøre ved at gå i dybden med overførbare resultater af nogle af de egenskaber, vi har fundet frem til i vores analyse, og diskutere hvordan vores case adskiller sig fra andre virksomheder og materialer.

### 10.1.1 Overførbare resultater til andre bygherrer

I dette afsnit vil vi diskutere, om vores viden om adoptionsraten kan overføres til andre virksomheder. Som tidligere redegjort for, er PensionDanmark et stort non-profit-pensionsselskab, hvis overskud går til medlemmerne. For PensionDanmark blev ulempen i den højere pris opvejet af de andre fordele ved genbrugsmursten.

Hvis man skulle overføre vores viden til andre bygherrer, kunne der argumenteres for, at prisen kunne være en større barriere for udbredelsen end den er i vores case med PensionDanmark. Som vi tidligere har slået fast, skaber bæredygtigheds-certificering en konkurrencefordel i forhold til liggetiden på ikke-certificerede bygninger. Men for en bygherre med et mindre økonomisk råderum kunne prisen være en større ulempe, som

konkurrencefordelen ikke nødvendigvis opvejer. Dette kan afholde bygherren fra at adoptere genbrugsmursten og dermed mindske udbredelsen af genbrugsmursten i sektoren generelt.

Derudover kan det tænkes, at en mindre bygherre, som ikke har kapital til at købe totalentreprise, vil ende ud med et endnu mere komplekst netværk af aktører der skal håndteres. Dette kan både være en relativ fordel og ulempe for bygherren, da bygherren selv vil have større føling med byggeforløbet, da bygherren selv har kontakt til alle aktørerne. Dog kan det også være en ulempe, da den øgede kompleksitet kan forhøje chancen for fejl, da de mange aktører kan gøre det svært for bygherren at holde overblikket.

### 10.1.2 Overførbare til andre materialer

Overførbareheden af vores case kan også diskuteres i forhold til andre byggematerialer. Vi valgte at bruge mursten som case for cirkulært brug af materialer i byggesektoren, fordi den tekniske implementation af innovationen allerede er på plads, og vi derfor kunne fokusere på de samfundsmæssige barrierer. Derfor vil vi i dette afsnit diskutere, hvorvidt vores viden om de samfundsmæssige barrierer for udbredelsen af genbrugsmursten kan overføres til udbredelsen af andre genbrugsmaterialer.

En bygning består af et stort antal af forskellige materialer, der alle er forskellige fra mursten. I forhold til materialer som f.eks. beton, er der en stor forskel på de teknologiske løsninger indenfor genbrug af de to materialer. Som tidligere nævnt, kan mursten både genanvendes som vejfyld, eller genbruges direkte. Andre materialer som beton kan derimod være afhængige af en anden teknologisk proces, hvis cirkularitet skal opnås via knusning eller design for direkte genbrug. Dermed er genbrug af mursten teknisk grundlæggende anderledes end genbrug af materialer som beton. Derimod kunne man forestille sig, at materialer såsom træ og vinduer, ville vise sig bedre egnede til direkte genbrug.

Men samtidig har genbrugsmaterialer som beton også egenskaber til fælles med genbrugsmursten. Beton har et højt CO<sub>2</sub>-aftryk, og derfor vil den miljømæssige fordel formentlig kun være større ved genbrug af dette, og det kan potentielt bidrage yderligere til DGNB-certificering af bygningen. Til gengæld har genbrugsbeton ikke nødvendigvis de samme æstetiske og observerbare fordele som genbrugsmursten. Derimod kunne andre genbrugsmaterialer som f.eks. træ eller vinduer, derimod vise lignende æstetiske fordele som genbrugte mursten, hvilket kunne hjælpe på udbredelsen af disse. Den største barriere

for brug af genbrugsmursten, kompleksiteten af produktionskæden, går igen for genbrugsbeton såvel som andre genbrugsmaterialer. Dette skyldes at genbrug altid vil være afhængigt af et materiale, som er blevet brugt før, og som skal nedrives og forberedes til genbrug før det kan leveres til bygherren. Dermed vil vi argumentere for, at vores viden om udfordringer med kompleksitet i genbrugsmursten kan overføres til andre genbrugsmaterialer.

## 10.2 Genbrugsmursten og bæredygtighed

Som nævnt har genbrugsmursten en væsentlig lavere udledning af drivhusgasser sammenlignet med nye mursten, samtidig med at de per definition bruger færre af jordens ressourcer. Idéen med genbrug er en af principperne i cirkulær økonomi, der skal bidrage til en højere grad af bæredygtighed. Men er cirkulær økonomi nok til at ændre økonomien til reelt at være bæredygtig?

Ifølge matematiker og økonom Nicholas Georgescu-Roegen beskriver fysikkens love, at en fuldstændig cirkulær økonomi vil være praktisk umulig: “The process of recycling will everlastingly need energy and will also always create waste and side-products due to increasing entropy”. Dermed er lukkede materielle systemer både teoretisk og praktisk umulige (Millar, McLaughlin & Börger, 2019). Hvis en fuldstændig cirkulær økonomi i praksis er umuligt, kan der argumenteres for, at cirkulær økonomi aldrig helt undgå at forringe mulighederne for *alle* fremtidige generationer, sådan som Brundtland-rapportens definition af bæredygtighed foreskriver. Måske kan genbrug af mursten undgå at forringe mulighederne for *mange* af de kommende generationer, men man kan altså aldrig helt leve op til begrebet bæredygtighed.

Men på den anden side er genbrug af mursten stadig væsentligt tættere på en bæredygtig udvikling end nye mursten. Selvom cirkulær økonomi ikke nødvendigvis kan kaldes bæredygtigt i sig selv, kan man argumentere for, at cirkulære praksisser bevæger sig i den rigtige retning, og altså bidrager til en *mere* bæredygtig udvikling end hidtil.

Tager man udgangspunkt i den definition af bæredygtighed, der opdeler begrebet i tre bundlinjer, er der imidlertid også problemer for cirkulær økonomi. Der kan argumenteres for, at cirkulær økonomi handler om et økonomisk system, der er i balance med miljøet, men det er sjældent at den sociale dimension inddrages i begrebet (Millar et al., 2019). Altså bidrager konceptet om cirkulær økonomi ikke til denne definition af bæredygtighed. Man kan dog argumentere for, at bæredygtig udvikling ikke nødvendigvis skal bidrage positivt til

alle tre bundlinjer, men blot ikke kompromittere nogle af dem. I den forbindelse kan cirkulær økonomi godt bidrage til bæredygtighed, såfremt det ikke har negative bieffekter. Derudover argumenterer Korhonen et al. (2017) for, at de sociale hensyn blot endnu er uudforskede i litteraturen om cirkulær økonomi, men altså ikke står udenfor grundkonceptet.

# 11 Diskussion af potentielle løsninger

I dette afsnit vil vi diskutere nogle mulige løsninger på de udfordringer projektets undersøgelse har vist. Undersøgelsen konkluderede at den største barriere for udbredelse af genbrugsmursten er kompleksiteten i produktionskæden for genbrugsmaterialer, og vi tager derfor også udgangspunkt i denne kompleksitet i de to første løsningsforslag. Det tredje løsningsforslag, *udbredelse gennem certificering*, tager et andet perspektiv og udnytter i stedet de konkurrencefordele, certificeringsordninger giver.

## 11.1 Lovpligtig hensyntagen til affaldshierarkiet i budrunder

En del af kompleksiteten ved genbrug af mursten består i, at virksomheder som Gamle Mursten skal byde på materialer fra nedrevne bygninger på lige fod med andre aktører. Eksempelvis oplevede Gamle Mursten at blive overbudt af Køge Havn, der i stedet skulle bruge stenene til landfyld. Alle aktører kan, ligegyldig deres intention med stenene, overbyde aktører der vil genbruge byggematerialet direkte. Dette er selvom Gamle Mursten vil genbruge byggematerialet direkte, mens Køge Havn ville bruge dem til landfyld. Derfor er Gamle Murstens brug af mursten i langt større overensstemmelse med Miljøstyrelsens affaldshierarki. Dette udgør en del af et større problem, der er begrænset af regulering af byggematerialer fra nedrevne bygninger.

Der kan dermed argumenteres for, at den nuværende praksis, hvor der ingen regulering er på hvad de gamle byggematerialer efterfølgende skal bruges til, strider imod idéen om at affald skal sorteres efter affaldshierarkiet. Man kan også argumentere for, at denne mangel på regulering modvirker både nationale og internationale klimamål og den danske strategi om cirkulær økonomi. Regeringen har i den officielle strategi for cirkulær økonomi afsat en pulje der skulle bruges til reguleringsmæssige tiltag, der kan fremme cirkulær økonomi (Miljø- og Fødevareministeriet & Erhvervsministeriet, 2018). En del af denne pulje kunne eventuelt bruges til at indføre en regulering der tager hensyn til affaldshierarkiet i budrunder på bygningsaffald. I stedet for kun at vælge ud fra økonomi, kunne man inddrage affaldshierarkiet, og dermed lade den mest miljørigtige håndtering af bygningsaffaldet tage prioritet, selvom en anden aktør ville betale lidt mere for det.

En sådan regulering kunne dog også have negative konsekvenser. Hvis man ved denne regulering stort set udelukker brug af mursten til vej- eller landfyld, skal denne branche finde et andet materiale til dette formål. Ifølge Miljøstyrelsens tidligere nævnte samfundsøkonomiske analyse af mursten, er den samfundsøkonomiske gevinst ved at bruge murstenene som landfyld højere end hvis man i stedet genbrugte stenene direkte. Derfor vil direkte genbrug af mursten koste samfundet mere økonomisk, selvom det har positive miljømæssige effekter (Miljøstyrelsen, 2016).

## 11.2 Institution til opbevaring af genbrugsmaterialer

En anden måde at håndtere de komplekse udfordringer ved udbredelse af genbrugsmaterialer er at reducere antallet af aktører, som adoptanten er afhængig af. Fra vores interview med Claus Juul Nielsen kom det til udtryk, at nogle enkeltstående byggerier – Bispebjerg Hospital og Rigshospitalet – var afgørende for leverancen til PensionDanmark ved byggeriet Pollux. Disse byggerier skulle nedrives, og materialerne skulle efterfølgende bydes på af Gamle Mursten såvel som andre aktører. Hvis man kan reducere denne afhængighed, kan man potentielt reducere kompleksiteten af genbrugsprocessen og dermed øge udbredelsen i byggesektoren.

For at reducere afhængigheden af enkeltstående nedrevne byggerier, kunne man forestille sig en ny type institution, som kunne opkøbe og opbevare nedrevne mursten med henblik på genbrug. Her er pointen, at leverandører som Gamle Mursten kan reducere sin afhængighed af enkeltstående nedrivninger, og i stedet producere materialer ud fra et lager. Denne institution kunne være privat eller offentlig, selvstændig eller en del af en eksisterende organisation. Udfordringen kan være, at institutionen vil bruge mange penge på indkøb, som den ikke nødvendigvis får tilbage ved salg foreløbig. Hvis ikke det er økonomisk rentabelt, kan det være svært at fungere som selvstændig privat virksomhed. Derfor kan det være en fordel at institutionen er offentligt ejet. På lang sigt kan det forventes, at institutionen kan skabe afkast eller som minimum indtjene sine udgifter, så længe salget af genbrugsmaterialer fortsætter.

Det kan dog også pointeres, at en opbevaringsinstitution som denne også vil øge mængden af aktører i produktionskæden og dermed kompleksiteten. Så selvom en sådan institution måske ville simplificere og effektivisere produktionskæden, vil den alligevel tilføje et ekstra led i processen.

## 11.3 Udbredelse gennem certificeringsordninger

Bæredygtig bygningscertificering er en væsentlig drivkraft for udbredelsen af genbrugsmaterialer i byggesektoren. Hvis certificeringsordningerne i sig selv er en drivkraft, motiveres bygherren potentielt ikke til at gøre deres byggeri mere bæredygtigt end certificeringen foreskriver.

Derfor kan en ændring af kriterierne for disse certificeringer potentielt være med til at øge udbredelsen af genbrugsmursten. Allerede nu er forskellige certificeringsordninger defineret forskelligt. Hvor DGNB-certificeringen, som PensionDanmark bruger, vægter miljøhensyn med 33%, vægter BREEAM-certificeringen miljøhensyn med samlet 66%. Indenfor miljøhensyn vægtes ressourceforbrug højt med 33% af de totale point. Hvis en bygherre vælger at certificere sin bygning med BREEAM-certificering frem for DGNB, vil bygherren potentielt have større incitament til at arbejde mere med bæredygtighed gennem eksempelvis genbrugsmaterialer. Ligeledes kan incitamentet øges, hvis DGNB strammer kravene til deres egen certificering. Her skal det dog tages i betragtning, at virksomheden bag DGNB antages at ville opretholde et godt forhold til bygherrerne, hvorfor de ikke nødvendigvis har en interesse i at stramme kravene.

Men man kan også være kritisk overfor certificeringernes måde at sætte bæredygtighed på formel. Bæredygtig udvikling er et bredt begreb, som ikke har nogen endegyldig løsning, og derfor kan man altid komme tættere på en bæredygtig udvikling, selvom man har en certificering.

Behovet for bæredygtigheds-certificering kunne også mindskes, hvis der fandtes lovkrav om nogle af de kriterier, certificeringerne i dag dækker. Dette kunne også reducere udgifterne for virksomhederne, der ikke længere behøver betale for bæredygtigheds-certificering. Lovkrav kan til gengæld være en udfordring at udføre i praksis, da man skal overbevise et flertal i Folketinget, og da det kan antages at møde modstand fra de aktører i branchen, som ikke nødvendigvis prioriterer bæredygtighed.



## 12 Konklusion

Den største udfordring for udbredelse af genbrugsmursten i byggesektoren er antallet af involverede aktører. De mange aktører præger hinanden og har hver især mulighed for at bidrage til udbredelsen af nye innovationer. Men samtidig har de også hver deres interesser, som kan stå i vejen for en fælles målsætning. Produktionen af genbrugsmaterialer inkluderer endnu flere aktører, hvilket komplicerer udbredelsen af disse yderligere.

Vores viden er bl.a. baseret på PensionDanmark som case, men vi vurderer at en stor del af vores viden kan overføres til andre bygherrer. Der skal dog tages højde for økonomiske forskelle mellem virksomheder. Ligeledes forventes vores viden om genbrugsmurstens kompleksitet at kunne overføres til flere andre genbrugsmaterialer. Der er tekniske forskelle på hvordan forskellige materialer forberedes til genbrug, men kompleksiteten i forsyningen til forberedelsesprocessen går igen i de fleste tilfælde.

En måde at reducere kompleksiteten ved genbrugsmaterialer kan være at regulere budrunder på materialer fra nedrevne bygninger, så de tager højde for affaldshierarkiet. Det kan reducere andre aktørers mulighed for at overbyde producenter af genbrugsmursten, hvis intention med stenene ikke er direkte genbrug, som er den mest ressourceeffektive håndtering af affald.

Man kunne også oprette en institution, som gør leverandøren af genbrugsmursten mindre direkte afhængig af enkeltstående byggerier. Dette vil tilføje endnu en aktør til produktionskæden, men ved at reducere afhængigheden af enkelte byggerier optimeres forsyningssikkerheden mens oplevelsen af kompleksitet reduceres.

En tredje mulighed for at øge udbredelsen af genbrugsmursten er at udnytte konkurrencefordelene i bæredygtighedscertificering. Ved at bruge en anden certificeringsordning eller ændre på kriterierne for en eksisterende, kunne byggesektorens incitament til at bruge genbrugsmaterialer potentielt øges.

# Litteratur

- Arup. (2016). *The Circular Economy in the Built Environment*. London.
- AVV. (2019). Gamle Mursten - Sådan renses gamle mursten. *YouTube*. Lokaliseret 15. december, 2019, fra <https://www.youtube.com/watch?v=H2bK-KSqzQM>
- Cheshire, D. (2016). *Building Revolutions: Applying the Circular Economy to the Built Environment*.
- Dansk Standard. (s.d.). Hvad er CE-mærkning? Lokaliseret 10. december, 2019, fra <https://www.ds.dk/da/standardisering/ce-maerkning>
- DGNB. (s.d.). Sølv, guld og platin. Lokaliseret 11. december, 2019, fra <https://www.dk-gbc.dk/dgnb/certificering/soelv-guld-og-platin/>
- Ellen MacArthur Foundation. (s.d.). *Concept: What is a circular economy? A framework for an economy that is restorative and regenerative by design*. Lokaliseret 13. november, 2019, fra <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Delivering the circular economy: A toolkit for policymakers*. Lokaliseret 10. december, 2019, fra [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_PolicymakerToolkit.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf) (Sidst set 10.12.2019).
- Energistyrelsen & Statens Byggeforskningsinstitut. (2015). Bæredygtigt byggeri. Lokaliseret 13 december, 2019 fra [https://historisk.bygningsreglementet.dk/file/554542/baeredygtigt\\_byggeri.pdf](https://historisk.bygningsreglementet.dk/file/554542/baeredygtigt_byggeri.pdf)
- Environment and International Energy Agency. (2017): *Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report 2017*. Lokaliseret 8. december, 2019, fra [https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188\\_GABC\\_en%20%28web%29.pdf](https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188_GABC_en%20%28web%29.pdf)
- Foreningen Bæredygtige Byer og Bygninger. (s.d.) BREEAM. Lokaliseret 7. december, 2019, fra <http://fbbb.dk/breem>

- Gamle Mursten. (s.d.) FAQ - Spørgsmål og Svar. Lokaliseret 10. december, 2019, fra <http://gamlemursten.com/om-gamle-mursten/faq>
- Geels, F. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. Department of Technology Management, Eindhoven University, Holland.
- Geels, F. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Science and Technology Policy Research*, University of Sussex, United Kingdom.
- Global Carbon Project. (2019). *Global Carbon Budget 2019*. Lokaliseret 7. december, 2019, fra [https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/19/files/GCP\\_CarbonBudget\\_2019.pdf](https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/19/files/GCP_CarbonBudget_2019.pdf)
- Green Building Council Denmark. (2014). *Mini-guide til DGNB*. Lokaliseret 12. december, 2019, fra [http://fbbb.dk/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2FFiles%2FFiler%2FCertificeringsordninger%2FDGNB\\_i\\_Danmark%2Fminiguide\\_sept\\_2014\\_screen\\_singles.pdf](http://fbbb.dk/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2FFiles%2FFiler%2FCertificeringsordninger%2FDGNB_i_Danmark%2Fminiguide_sept_2014_screen_singles.pdf)
- Holm, J., Søndergård, B., Stanuing, I. & Jensen, J. O. (2014). *Bæredygtig omstilling af bolig og byggeri*. Frederiksberg: Frydenlund.
- InnoBYG. (2018). *Frivillig bæredygtighedsklasse i bygningsreglementet*. Lokaliseret 12. december 2019, fra [https://www.innobyg.dk/media/75595/frivillig-baeredygtighedsklasse-br-18\\_final-rapport.pdf](https://www.innobyg.dk/media/75595/frivillig-baeredygtighedsklasse-br-18_final-rapport.pdf)
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. (s.d.). Parisaftalen 2015. Lokaliseret 7. december 2019, fra <https://kefm.dk/klima-og-vejr/klimaforhandlinger/parisaftalen-2015/>
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. (2019). Bred aftale om ambitiøs og bindende klimalov. Lokaliseret 7. december 2019, fra <https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2019/dec/klimalov/>

- Korhonen, J. & Nuur, C., Feldmann, A. & Birkie, S. (2017). Circular economy as an essentially contested concept. Lokaliseret 12. december 2019, fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617330706>
- KPC. (s.d.). DGNB. Lokaliseret 11. december 2019, fra <http://www.kpc.dk/om-os/dgnb>
- Kristensen, F. (2018). PensionDanmark måtte droppe genbrug: Boligbyggeri på Islands Brygge bliver med nye mursten i stedet for gamle. *Politiken Byrum*. Lokaliseret 9. december 2019, fra <https://politikenbyrum.dk/Nyheder/art6839417/Boligbyggeri-på-Islands-Brygge-bliver-med-nye-mursten-i-stedet-for-gamle>
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Interview: Det kvalitative forskningsinterview som håndværk*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Mikkelsen, K. (2019). Ny undersøgelse: Danskerne og klimaforandringerne. Lokaliseret 9. december 2019, fra <https://www.ipsos.com/da-dk/ny-undersogelse-danskerne-og-klimaforandringerne>
- Miljø- og Fødevarerministeriet & Erhvervsministeriet. (2018). *Strategi for cirkulær økonomi*. Lokaliseret 10. december 2019, fra [https://mfvm.dk/fileadmin/user\\_upload/MFVM/Miljoe/Cirkulaer\\_oekonomi/Strategi\\_for\\_cirkulaer\\_oekonomi.pdf](https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Miljoe/Cirkulaer_oekonomi/Strategi_for_cirkulaer_oekonomi.pdf)
- Miljøstyrelsen. (2013a). *Danmark uden affald*. Lokaliseret 9. december 2019, fra <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2014/05/978-87-93178-55-7.pdf>
- Miljøstyrelsen. (2013b). *LCA af genbrug af mursten*. Lokaliseret 9. december 2019, fra <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2013/11/978-87-93026-60-5.pdf>
- Miljøstyrelsen. (2016). *Samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten*. Lokaliseret 8. oktober 2019, fra <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/11/978-87-93529-42-7.pdf>
- Miljøstyrelsen. (2018). *Udvikling af teknologi og metoder til nedrivning af murværk med henblik på genbrug af mursten*. Lokaliseret 10. december 2019, fra [https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/05/978-87-93710-14-6.pdf?fbclid=IwAR3I7faBVExIvtUc5KGveC3UbxYCOI8MXzI\\_WYPS6coVdmZIT1N0IXdXMfk](https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/05/978-87-93710-14-6.pdf?fbclid=IwAR3I7faBVExIvtUc5KGveC3UbxYCOI8MXzI_WYPS6coVdmZIT1N0IXdXMfk)

- Millar, N., McLaughlin, E. & Börger, T. (2019). The Circular Economy: Swings and Roundabouts? *Ecological Economics*, 158, 11-19.
- Minter, M. (2014). *Bygningers klimapåvirkning i et livscyklusperspektiv*. CONCITO. Lokaliseret 10. december 2019, fra [https://concito.dk/sites/concito.dk/files/dokumenter/artikler/bygningers\\_klimapaa\\_virkning\\_endelig\\_270214.pdf](https://concito.dk/sites/concito.dk/files/dokumenter/artikler/bygningers_klimapaa_virkning_endelig_270214.pdf)
- Nielsen, C. J. (2016). DK/EP patent nr. 2777828. Patent- og Varemærkestyrelsen. Lokaliseret 10. december 2019, fra <https://onlineweb.dkpto.dk/Dokumenter2016/377/07220377.pdf>
- PensionDanmark. (s.d.). Bæredygtighedscertificering. Lokaliseret 4. oktober 2019, fra <https://www.pensiondanmark.com/ejendomme-hovedside/pensiondanmarks-ejendomsstrategi/baeredygtighedscertificering/>
- Pinch, T., & Bijker, W. (2012). The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. I *The Social Construction of Technological Systems : New Directions in the Sociology and History of Technology*, red. af Wiebe E. Bijker et al., MIT Press.
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.
- Scavenius, T. (2017). Forsker: Vores klimapolitik er ineffektiv og selvmodsigende. *Altinget*. Lokaliseret 8. december 2019, fra <https://www.alinget.dk/energi/artikel/forsker-vores-klimapolitik-er-ineffektiv-og-selvmodsigende>
- Statens Byggeforskningsinstitut & GXN. (2018). *Guide to Sustainable Building Certifications*. Lokaliseret 12. december 2019, fra <https://sbi.dk/Assets/Guide-to-sustainable-building-certifications/Guide-to-sustainable-building-certifications-August-2018-e-bog.pdf>
- Teknologisk Institut. (2019) Bæredygtigt byggeri - LCA - Life Cycle Assessment. Lokaliseret 6. december, 2019, fra <https://www.teknologisk.dk/ydelser/baeredygtigt-byggeri/lca-life-cycle-assessment/30894,7>

- Thingsted, A. (2019). Her er de mulige forklaringer på de unges klimaoprør. *Videnskab.dk*.  
Lokaliseret 8. december 2019, fra  
<https://videnskab.dk/kultur-samfund/danmarks-klimaforkaempere-kommer-isaer-fra-millennial-generationen>
- Videbæk, K., Thrane, A., Elkjær, S., Thulesen, M. & Siggaard, P. (2019) Elever strejker for klimaet: 'Hvorfor gå i skole, hvis vi ingen fremtid har?'. *DR Nyheder*. Lokaliseret 8. december 2019, fra  
<https://www.dr.dk/nyheder/regionale/trekanten/elever-strejker-klimaet-hvorfor-gaa-i-skole-hvis-vi-ingen-fremtid-har>
- Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet. (s.d.) Affaldshierarkiet. Lokaliseret 14. december 2019 fra  
<https://vcob.dk/byggeaffald/affaldshierarkiet/>
- Withgott, J. & Laposata, M. (2015). *Environment – The Science Behind the Stories*. Harlow, England: Pearson Education Limited.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*.  
Lokaliseret 6. oktober 2019, fra  
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>