

Ole Kristian Haus

Ombruk i bygg- anlegg- og eiendomsnæringen (BAE) og 3D-skanning sin påvirkning på næringens ombrukspotensial.

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk
Studieretning: Digitale Byggeprosesser
Veileder: Ole Jonny Klakegg

Juni 2023

Ole Kristian Haus

Ombruk i bygg- anlegg- og eiendomsnæringen (BAE) og 3D-skanning sin påvirkning på næringens ombrukspotensial.

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk
Studieretning: Digitale Byggeprosesser
Veileder: Ole Jonny Klakegg
Juni 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Jorda står ovenfor en massiv utfordring som følge av klimaendringer som i stor grad forårsakes av menneskers overforbruk. Bærekraftig utvikling og sirkulær økonomi kan bidra til å løse denne utfordringen. BAE-næringens ressursbruk og generering av avfallsmengder står alene for nær en tredjedel av jordas totale ressursbruk globalt. Ombruk er høyt prioritert i avfallshierarkiet og kan bedre næringens ressursbruk. Mye av næringens avfall består i dag av materialer som kan benyttes om igjen. Ombruk av byggematerialer har derfor et enormt potensial i næringen.

Denne oppgaven undersøker hvilke barrierer for ombruk som foreligger i dagens BAE-næring, samt undersøke hva slags påvirkning 3D-skanning har på næringens ombrukspotensial. Oppgaven er basert på en omfattende litteraturstudie og kvalitative intervjuer av kompetanserike personer i næringen. Litteraturstudien ble gjennomført for å danne oppgavens teoretiske grunnlag om 3D-skanning og ombruk, og betydningen de har på hver sine områder. Intervjuene ble deretter gjennomført for å innhente data som viser hvordan sammenhengen er mellom ombruk og 3D-skanning.

Funnene fra intervjuene tydeliggjør forbedringspotensialet BAE-næringen har innen ombruk. Avfallsmengden næringen genererer har en forventet økning frem mot 2030, men økt ombruk kan endre dette. Regelendringen som pålegger ombrukskartlegginger er et steg i riktig retning, men næringen har fremdeles barrierer for ombruk. Ombruk medfører et annet kostnadsbilde sammenlignet med tradisjonelle byggeprosjekter. Ombrukskartlegginger, spesiell materialhåndtering og krevende prosjektering gjør ombruk lite attraktivt. Næringen er per i dag i stor grad rettet mot en lineær økonomisk tankegang og «så billig som mulig» er et styrende element. For å overkomme dette må næringen tilrettelegge med ytterligere tiltak for storskala ombruk.

Samtidig er det ikke mangel på tilbud og etterspørsel på ombruksmaterialer som begrenser ombruk. Funnene fra intervjuene tyder på at mangelen på et oversiktlig ombruksmarked gjør ombruk til et vanskelig terreng å vandre i. I tillegg består ombrukskartlegginger av manuelt arbeid og har ingen krav til kvalitetssikring av innholdet. Resultatene viser hvordan 3D-skanning er fordelaktig i form av at det samler all informasjon på ett sted, med redusert risiko for mangler og reduksjon av antall fysiske byggeplassbefaringer. Det fremkommer også at 3D-skanning har størst nytte ved rehabiliteringsprosjekter, samt at det er fordel dersom det benyttes i planlegging for rivningsarbeider. 3D-skanning er imidlertid relativt dyrt å gjennomføre. Dette medfører et helhetlig kostnadsbilde for ombruk som overskygger fordelene.

3D-skanning i ombrukssammenheng har potensialet til å forbedre ombruksprosessene og forenkle informasjonshåndteringen. Det kan gjøre ombruk lettere å gjennomføre ved at markedet blir mer oversiktlig, i tillegg til at byggherrer får ombrukskartlegginger med presis og verdifull informasjon. Skal 3D-skanning oppnå en sentral rolle i ombruk må det settes krav til bruk av det. Per i dag er ikke byggherrer villige til å betale for det. Når det heller ikke kreves kvalitetssikring av ombrukskartleggingers innhold, tydeliggjøres ikke verdien av dataene. Dersom det settes krav til obligatorisk 3D-skanning ved ombrukskartlegginger der informasjonsgrunnlag ikke er tilstrekkelig, vil dette fjerne faktorer med ukontrollerbare parametere. Derfor kan det være at det må kreves pålagte tiltak for å iverksette forandringen, til tross for at det kommer til å koste penger.

Abstract

Earth is facing a massive challenge due to climate change, largely caused by human overconsumption. Sustainable development and the circular economy are environmental measures that can address the challenges the planet is facing. The architecture, construction, and engineering (AEC) industry alone accounts for nearly one-third of the world's total resource consumption and waste generation. Reuse is highly prioritized in the waste hierarchy and can improve the industry's resource usage. Moreover, a significant portion of the waste consists of materials that can be reused, making the reuse of construction materials hold immense potential within the industry.

This study examines the existing barriers to reuse in the current AEC industry and investigates the impact of 3D scanning on the industry's potential for reuse. The study is based on an extensive literature review and qualitative interviews with knowledgeable individuals in the industry. The literature review was conducted to establish the theoretical foundation of the study regarding 3D scanning and reuse of materials and their respective significance. Subsequently, interviews were conducted to gather data to demonstrate the relationship between reuse and 3D scanning.

The findings from the interviews highlight the potential for improvement in reuse practices within the AEC industry. Although the amount of waste generated by the industry is expected to increase by 2030, increased reuse of materials can change this trajectory. The regulation requiring reuse assessments is a step in the right direction, but the industry still faces barriers to reuse. Reuse entails a different cost structure compared to traditional construction projects. Reuse assessments, specialized material handling, and complex planning make reuse less attractive. Currently, the industry is largely oriented towards a linear economic mindset, with "as cheap as possible" being a guiding principle. To overcome this, the industry needs to implement additional measures to facilitate reuse in a larger scale.

Simultaneously, the lack of a transparent reuse market appears to be a barrier for reuse of materials, despite the availability of supply and demand for reusable materials. The findings from the interviews suggest that the absence of a clear-cut reuse market makes it a challenging terrain to navigate. Additionally, reuse assessments rely on manual labour and lack requirements for content quality assurance. The results demonstrate the benefits of 3D scanning in terms of consolidating all information in one place, reducing the risk of deficiencies, and decreasing the number of physical site visits. The study also indicates that 3D scanning is most beneficial for renovation projects and offers advantages when used in planning for demolition work. However, 3D scanning is relatively expensive to implement, resulting in an overall cost structure for reuse that outweighs the benefits from a construction client point of view.

In the context of reuse, 3D scanning has the potential to improve the reuse processes and simplify information management. It can make reuse easier to implement by providing a more transparent market, and it can provide construction clients with reuse assessments that contain precise and valuable information. For 3D scanning to play a central role in reuse, it must be mandated and required. Currently, construction clients are not willing to pay for it. When content quality assurance is not required for reuse assessments, the value of the data is not fully recognized. If mandatory 3D scanning is required for reuse assessments where the information base is insufficient, it would eliminate factors with uncontrollable parameters. Therefore, it may be necessary with imposed measures to kickstart the change, despite the associated costs.

Forord

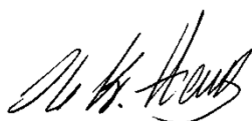
Denne masteroppgaven markerer avslutningen på det toårige sivilingeniørstudiet i bygg og miljøteknikk med spesialisering mot digitale byggeprosesser. Oppgaven er utarbeidet ved fakultetet for ingeniørvitenskap våren 2023 av Ole Kristian Haus, og inngår i emnet TVB4900 – *digitale byggeprosesser, masteroppgave*. Emnet dekker hele vårsemesteret og utgjør 30 studiepoeng.

Ombruk av byggematerialer og 3D-skanning sin påvirkning på BAE-næringens ombrukspotensial er temaet for oppgaven. Bakgrunnen for det tematiske valget kommer av forfatterens engasjement innen klimaproblematikken og omstillingen frem mot et velfungerende bærekraftig samfunn. I tillegg er forfatteren interessert i innovative digitale løsninger som følge av bacheloroppgaven (som omhandlet parametrisk design) og masterstudiets innhold.

Det har vært mange involverte i arbeidet med denne masteroppgaven, og disse fortjener en takk for bidragene. En stor takk rettes til informantene som stilte til intervju og dannet oppgavens resultater. Bidragene deres var til stor hjelp og var en viktig del av grunnlaget for oppgavens besvarelse. Det rettes også en stor takk til samarbeidspartner Resirqel, og spesielt Lasse Kilvær, som hjalp til med utforming av problemstilling, tips til informanter og invitasjoner til demonstrasjon av 3D-skanning og ombrukskartlegging.

I tillegg rettes en stor takk til NTNU-veilederen Ole Jonny Klakegg. Ole Jonny har vært en viktig person gjennom hele studieløpet og har fulgt opp masteroppgaven med innspill og veiledning. Til slutt rettes det også en stor takk til familie, kjæreste, venner og medstudenter for støtte og hjelp med korrekturlesing.

Oslo, 12.06.2023



Ole Kristian Haus

Innhold

Sammendrag	i
Abstract	ii
Forord	iii
Figurer	v
Tabeller	v
Begrepsliste	vi
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven	1
1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål	2
1.3 Oppgavens avgrensninger	3
2 Teoretisk grunnlag	4
2.1 Behovet om bærekraftig utvikling og sirkulær økonomi	4
2.2 Ombruk av byggematerialer	8
2.3 3D-skanning	13
3 Metode	15
3.1 Forskningsdesign	15
3.2 Litteraturstudie	16
3.3 Semistrukturert intervju	17
3.4 Analyse av data	19
3.5 Metodekritikk	19
3.6 Gjenbruk av materiale fra forprosjektoppgave	21
4 Resultat	22
4.1 Dagens situasjon for ombruk	22
4.2 3D-skanning i ombrukssammenheng	24
4.3 Rolleplassering og nytten i rivingsprosjekter	29
5 Diskusjon	31
5.1 Hvilke utfordringer med ombruk er det som er mest fremtredende?	31
5.2 Er det lønnsomt å gjennomføre en 3D-skanning i ombrukskartlegginger?	35
5.3 Hvilken rolle har 3D-skanning i ombrukssammenheng?	39
6 Konklusjon	42
7 Forslag til videre arbeid	43
Referanser	44
Vedlegg	47

Figurer

Figur 1 FNs 17 bærekraftsmål (Kommunesektorens interesseorganisasjon, 2021).	1
Figur 2 Bærekraftsmål 11, 12, 13 og 17 (FN-Sambandet, 2022).....	4
Figur 3 Graf av avfallsmengde fra byggeaktivitet 2004-2021 (SSB, 2022).	5
Figur 4 Sektordiagram av avfallsfordelingen (SSB, 2022).	6
Figur 5 BAE-næringens klimautslipp (Hogne Nersund Larsen, 2019)	7
Figur 6 Illustrasjon av lineær økonomisk tankegang (Sigurd Vildåsen, 2022).	7
Figur 7 Illustrasjon av sirkulær økonomisk tankegang (Sigurd Vildåsen, 2022).....	8
Figur 8 Avfallshierarkiet (Miljødirektoratet, 2016).	9
Figur 9 Ombrukskartlegging - fysisk merking av kjemikalier i vindu.	9
Figur 10 Ombrukskartlegging - fysisk oppmåling av dørbredde.....	10
Figur 11 Håndholdt 3D-skanner fra produsenten Leica.	14
Figur 12 Innholdsliste for utformingen av intervjuguiden.	18

Tabeller

Tabell 1 Oversikt over informanter.....	18
---	----

Begrepsliste

3D-skanning: Laserskanning av en konstruksjon eller omgivelse for fremstilling av en digital virkelighetsrepresentasjon (Rocha et al., 2020).

BREEAM-NOR: «BREEAM-NOR er Norges fremste miljøsertifiseringssystem for bygg» - (Grønn Byggallianse, 2023).

Bærekraftig utvikling: «... utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få tilfredsstillende sine behov» - (NOU 2009: 16, 2009).

CE-merking: Dokumentering av at stilte krav til et produkt er oppfylt i henhold til produktets aktuelle regelverk (Standard Norge, 2022).

Gjenbruk: Nyttiggjøre materialer og andre produkter i form av ny bruk eller gjenvinning av dem (Leland, 2008).

Ekstern ombruk: Ombruksmaterialer som kommer fra et annet bygg enn det bygget det benyttes til (Kai Sørnes et al., 2014).

Lokal ombruk: Ombruksmaterialer ved oppgradering av samme bygget eller konstruksjonen som materialene kommer fra (Kai Sørnes et al., 2014).

Ombruk: Bevaring eller rehabilitering av konstruksjoner, samt benytte brukte materialer og komponenter om igjen i sin helhet (Anne Sigrid Nordby, 2020).

Scan-to-BIM: Prosessen som foregår fra 3D-skanning og bearbeidelse i punktsky til en BIM-modell (Anne-Mieke Dekker, 2019).

Sirkulær økonomi: Gjenbrukbarhet i design og et mål om å holde produkter, komponenter og materialer ved deres ypperste nyttegrad og verdi til enhver tid, og som skiller mellom tekniske og biologiske sykluser (EMF, 2015, sitert i Benachio et al., 2020, s. 4).

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn for oppgaven

I 2019 var *klimabrøl* årets nyord i Norge ettersom dette årets debatt bar preg av diskusjoner rundt de globale og lokale klimaendringene (Språkrådet, 2019). Klimaproblematikken har vært debattert i mange år, men at det kom et så tydelig klimabrøl stadfester alvorligheten av problemene verden står ovenfor. Klimaendringene kommer som en konsekvens av menneskelig aktivitet med et enormt overforbruk av jordas ressurser. Dette har skapt en ubalanse mellom jordas naturlige økosystemer og har ført til økende utslipp av klimagasser (FN-Sambandet, 2023). Klimaforandringene fører til økt risiko for store kostnader og miljømessige konsekvenser for kommende generasjoner. Ekstremvær forverres og kolossale havnivå- og nedbørsforandringer vil prege store deler av verden (Masson-Delmotte et al., 2021). FNs bærekraftsmål ble laget for å vise hvilke endringer som skal til for at jorda skal bli bærekraftig, men med dagens klimakurs er det liten sannsynlighet for at disse målene nås (FN-Sambandet, 2022).



Figur 1 FNs 17 bærekraftsmål (Kommunesektorens interesseorganisasjon, 2021).

Bygg-, anlegg- og eiendomsnæringen (BAE-næringen) er blant de største aktørene når det gjelder miljøpåvirkning i negativ forstand. Næringen forbruker store mengder ressurser og energi, og produserer enorme mengder avfall. En tredjedel av det totale årlige forbruket av jordas naturlige ressurslager forbrukes av næringen (Benachio et al., 2020). Tall fra SSB (2022) viser samtidig at avfallsutslippene jevnlig har økt siden registreringen startet i 2004. Avfallsutslippene er samtidig forventet å øke frem mot 2030 med mindre drastiske tiltak kommer på plass. Store deler av avfallet består i tillegg av bygningsmaterialer og komponenter som kunne vært brukt om igjen (Statkraft & Resirqel, 2022).

«Vi skal se problemene i øynene, men la oss ikke stirre oss blinde på dem» sa tidligere statsminister Gro Harlem Brundtland (1989) i en nyttårstale. Samtidig som det er viktig å ta innover seg alvoret i problemene, må man se fremover med fokus på løsninger. En løsning for næringen kan være ombruk av byggematerialer. Ombruk av byggematerialer har mindre klimagassutslipp sammenlignet med både gjenbruksmaterialer og nye materialer (Anne Sigrid Nordby et al., 2021). Samtidig vil ombruksmaterialer redusere avfallsmengdene og muliggjør en mer fullstendig energiutnyttelse av materialene. Dette er i tråd med begrepene bærekraftig utvikling og sirkulær økonomi sine definisjoner.

Det er ikke lenger noe tvil om de positive effektene ombruk har på miljøet og ombruk har i lys av dette fått økt oppmerksomhet i næringen de siste årene. Ombruksverktøy og ombruksmarkeder etableres, pilot- og forskningsprosjekter gjennomføres og lovendringer innføres. Likevel har ombruk et stort uforløst potensial i næringen. Foreløpig er ombruk kostbart og har bivirkninger som forlenger og kompliserer eksempelvis prosjekteringsfasen. Dette gjør ombruk lite attraktivt for byggherrer, ettersom det tilsynelatende er få økonomisk gunstige argumenter i favør ombruk. Derfor kan det stilles spørsmål vedrørende hvilke utfordringer BAE-næringen har som gjør ombruk ugunstig i mange byggherrers øyne. Og hvordan er ombrukssituasjonen i dagens BAE-næring?

Gjennomføring av 3D-modellering og heldigitale prosjekter har gjort BAE-næringen oppmerksom på hvilken effekt disse verktøyene og metodene har på tidsbruk, kommunikasjon og risikodemping (Kirby et al., 2017). 3D-skanning har i tillegg steget frem som en elegant og effektiv metode for å lage digitale replikaer av eksisterende bygningsmasser (Rocha et al., 2020). Derfor er det betimelig å stille spørsmålet: kan 3D-skanning gjøre ombruk mer attraktivt for byggherrer som per i dag er lite opptatt av miljø og bærekraft?

1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Denne oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål har tatt utgangspunkt i et forprosjekt som ble gjennomført på høsten 2022. Forprosjektet hadde som hensikt å utarbeide en overordnet plan for denne oppgavens tematikk, i form av undersøkelser innenfor gjenbruk og ombruk av byggematerialer. På den måten ble det bestemt hvilken retning masteroppgaven skulle ta. Tittelen til forprosjektet var *hvordan digitale verktøy påvirker gjenbruk i BAE-næringen*. Ved å opparbeide en grov skisse av ulike temaer som kan undersøkes dypere og på et mer detaljert nivå, ble utgangspunktet for masteroppgaven lagt. Etter samtaler og drøftinger med samarbeidspartner Resirqel, ble denne oppgavens tema rettet inn mot ombruk og 3D-skanning.

Opgaven har som formål å belyse hvilke utfordringer BAE-næringen i dag har med ombruk. Dersom næringen skal bidra til reduserte utslipp må det tas store steg mot en bærekraftig og sirkulær økonomisk hverdag innenfor et kortsiktig perspektiv. Dette er viktig med hensyn til klimaproblematikken. Ombruk kan være blant løsningene næringen bør satse mer på, men ombruk er fremdeles ikke utbredt praksis i næringen. Av den grunn ønsker denne oppgaven å belyse hvordan ombrukssituasjonen er i næringen. Samtidig undersøkes det hvorvidt 3D-skanning kan være et område som næringen bør vektlegge i arbeidet for at ombruk blir en norm fremfor et unntak.

Problemstillingen studien ønsker å besvare er derfor følgende:

Hva slags innvirkning har 3D-skanning av bygg på BAE-næringens ombrukspotensial?

Oppgavens arbeid og besvarelse tar utgangspunkt i denne overordnede spørsmålstillingen. For ytterligere drøfting og struktur er oppgaven inndelt etter følgende tre forhåndsdefinerte forskningsspørsmål:

Hvordan er ombrukssituasjonen i dagens BAE-næring?

Er det lønnsomt å gjennomføre 3D-skanning i ombrukskartlegginger?

Hvilken rolle har 3D-skanning innen ombruk?

Oppgaven er helhetlig oppbygd basert på problemstillingen over, men besvarelsen på problemstillingen fremkommer gjennom svarene på forskningsspørsmålene. På denne måten kan problemstillingen enklere bygges oppunder og besvares.

1.3 Oppgavens avgrensninger

Oppgavens problemstilling er definert bredt og kan utforskes i mange ulike retninger, fra forskjellige perspektiver og ulike faser i byggeprosessen. Derfor er det satt som avgrensning å ikke ta med gjennomføringsfasen. I denne oppgaven er teoretisk materiell, resultat og drøfting kun innrettet mot tidligfase og avviklingsfase. Det vil si at prosjektering eller planlegging og riving eller demontering var utgangspunktet for besvarelsen.

Oppgaven drøfter og besvarer kun situasjonen for ombruk fra et generelt perspektiv. Det forskes ikke på eksplisitte forskjeller i eksempelvis kostnad mellom forskjellige ombruksmaterialer. Grunnen for dette kommer av at oppgaven kun drøfter metode fremfor å gjennomføre klimaberegninger eller kostnadsberegninger.

Litteraturstudien benytter litteratur av forfattere fra forskjellige steder i verden, men oppgaven avgrenser fokuset til det norske ombruksmarkedet. Dette kommer av at ombruk og 3D-skanning er relativt nytt for næringen, og det er fremdeles få personer med relevant kompetanse på områdene. Skulle oppgaven gjelde for besvarelse på vegne av eksempelvis den europeiske ombrukssituasjonen, ville dette vært for stor arbeidsbelastning med hensyn til oppgavens begrensede tidsrom. I tillegg er lovverk forskjellig og næringens praksis ulik fra land til land. Sammenligningsgrunnlaget ville derfor blitt omfattende å sammenfatte i denne oppgaven.

En annen avgrensning er føringene som ble satt med hensyn til intervjuene og deres gjennomføringsevne. For å forsikre om at intervjuene skulle være praktisk mulig å gjennomføre med tilstrekkelig tid til bearbeidelse av dataene, ble det satt en maksgrænse for antall informanter. I tillegg er informantutvalget bevisst rettet mot personer som jobber i tidligfase og avviklingsfase av byggeprosessen. Programvareutviklere, prosjekterende og entreprenører ble derfor prioritert. Eksempelvis byggherrer eller andre aktører ble utelatt for å unngå for bredt sammenligningsgrunnlag.

2 Teoretisk grunnlag

2.1 Behovet om bærekraftig utvikling og sirkulær økonomi

Menneskelig aktivitet har ført til store klimaendringer over hele verden. Havområder varmes opp, isbreer minker, ekstremvær forverres og nedbør forandres (Masson-Delmotte et al., 2021). Dette er blant konsekvensene som følge av økt drivhuseffekt på jorda grunnet en stadig økende mengde klimagassutslipp. Dette skaper et sårbart miljø for mennesker å bo i (FN-Sambandet, 2021). Redusert naturmangfold er et annet aspekt av klimaendringene. Overforbruk av naturressurser har bidratt til å overbelaste mye av naturens økosystemer. Dette har ført til store reduksjoner av jordas naturlige mangfold i form av færre ville dyr og ødelagte økosystemer (FN-Sambandet, 2021). Det er flere faktorer til hvorfor dette skjer, og BAE-næringen er blant de største bidragsyterne i denne sammenhengen. Næringen står alene for uthenting av over 30% av verdens naturlige ressurslager og står i tillegg for 25% av verdens totale avfallsutslipp (Benachio et al., 2020).

Global oppvarming, og de medfølgende konsekvensene, er blant de største utfordringene jorda står ovenfor nå og i fremtiden, og BAE-næringen står for rundt en fjerdedel av problemet. Med dagens kurs risikeres ytterligere ødeleggelser av jordas naturlige økosystemer, i tillegg til å begrense mulighetene for gode levevilkår mange steder. Det kreves av den grunn en drastisk og global omstilling, der BAE-næringen står sentralt (FN-Sambandet, 2021).

Bærekraftig utvikling

I 1987 ble begrepet *bærekraftig utvikling* definert av Brundtlandkommisjonen på følgende måte: «En bærekraftig utvikling er en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få tilfredsstillende sine behov» (NOU 2009: 16). I 2015 ble alle medlemslandene i De Forente Nasjoner (FN) enige om å vedta FNs bærekraftsmål, der målet er å endre jordas nåværende klimakurs før skadene blir for store og irreversible. Denne avtalen forplikter alle underskrevne land til å kutte ned på klimautslippene for å nå ovennevnte mål innen 2030 (FN-Sambandet, 2022). BAE-næringen har som nevnt en viktig rolle i verdens omstilling mot en bærekraftig utvikling og av totalt 17 bærekraftsmål, er det for BAE-næringen mål nummer 11, 12, 13 og 17 som er spesielt interessante.



Figur 2 Bærekraftsmål 11, 12, 13 og 17 (FN-Sambandet, 2022).

BAE-næringens miljøavtrykk

Bygg, anlegg og eiendomsnæringen har en stor påvirkning på ressursbruken i verden, og er en sentral del av klimaproblematikken. Hurtig økning i urbanisering i folkerike land er en drivende faktor for økt klimautslipp og ikke-bærekraftig utvikling i næringen. Ved stor forflytning av folkemasser inn mot byer leder det til at landets infrastruktur avhenger av at det bygges i samme takt som områdetets befolkningsvekst (Nithya & Ramasamy).

Riving av «unødvendige» konstruksjoner har vært normen for å opprettholde funksjonaliteten i byers infrastruktur. Dette har gitt økonomisk vekst, økt velstand og mulighet til å holde følge med urbaniseringen. Derimot har det gått på bekostning av næringens bærekraftige utvikling (Bertino et al., 2021). Denne formen for massiv utbygging har ført til naturinngrep i form av overforbruk av ressurser, utgraving av masser, veibygging og riving. Resultatet av dette er igjen store mengder avfall som følge av byggeaktiviteten, der mesteparten verken går til gjenbruk eller ombruk. Potensialet for gjenbruk og ombruk er derimot stort, der over 90% av avfallet i et byggeprosjekt kan brukes om igjen (Nithya & Ramasamy).

Behovet for bærekraftig utvikling og en omstilling mot sirkulær økonomi i BAE-næringen er stort. Én av grunnene for dette er næringens nevnte problematikk vedrørende avfallsmengde fra byggeaktivitet. BAE-næringen har i lang tid hatt utfordringer når det kommer til avfallsutslipp (Leland (2004) hentet fra Haus (2022)). Tall fra Statistisk sentralbyrå viser at mengden avfallsutslipp i perioden 2004 – 2021 har økt. BAE-næringens totale avfallsmengde som følge av byggeaktivitet har økt med over en halv million tonn i denne tidsperioden (SSB, 2022). Figur 3 viser en forenklet graf av denne utviklingen. Figuren viser dog at det forekommer noen forskjeller i mengdene fra år til år, men perioden 2016 – 2020 har kun inneholdt økninger. Samtidig er det en nedgang i avfall med 14,7% fra 2020 til 2021, men den gjennomgående trenden i næringen er negativ. Dette er illustrert med figurens stigende lineære linje. I tillegg er det forventet at både utslipp- og avfallsmengden skal øke videre frem mot 2030 dersom forbruksmønsteret ikke endres (Statkraft & Resirqel, 2022). Dette er stikk i strid med FNs bærekraftsmål.



Figur 3 Graf av avfallsmengde fra byggeaktivitet 2004-2021 (SSB, 2022).

Den aktiviteten som gir mest avfall kommer fra rivningsarbeider. Ifølge Statistisk sentralbyrå står rivningsarbeider for 42% av de totale avfallsmengdene BAE-næringen genererer. I tall tilsvarer dette 762 927 tonn avfall i 2021. Videre følger nybygging med 32% og rehabilitering med 26% (SSB, 2022). Ifølge avfallsrapporter og erfaringer fra pilotprosjekter med miljøambisjoner, er det mye som tyder på at en betydelig del av avfallet består av byggematerialer og produkter som kunne vært brukt om igjen (Statkraft & Resirgel, 2022).

Til tross for enkeltår med nedganger er avfallsmengdene store og har hatt en negativ utvikling siden SSB sine tidligst registrerte tall fra 2004. Dette er en urovekkende utvikling og avfallsreduksjonen fra 2021 må bygges videre på dersom den negative trenden skal snus.

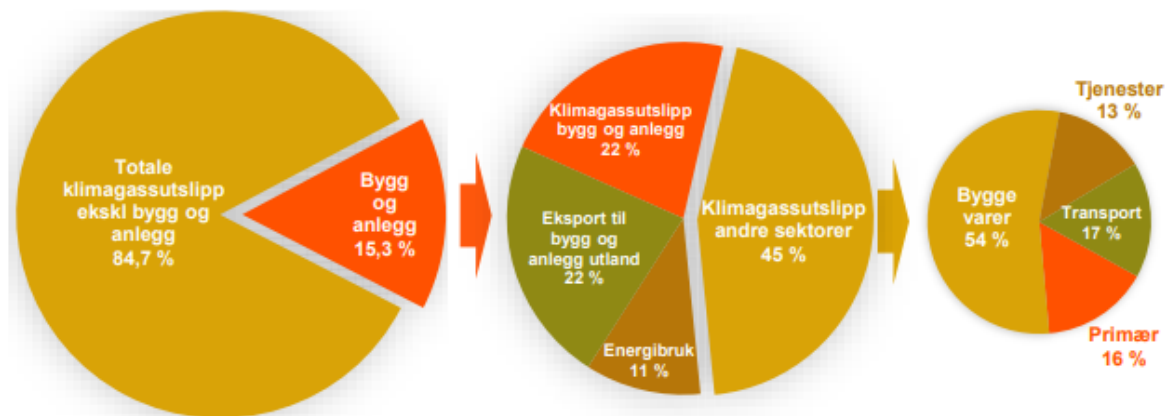


Figur 4 Sektordiagram av avfallsfordelingen (SSB, 2022).

Reduksjon av klimagassutslipp

Reduksjon av klimagassutslipp er viktig for å begrense den globale oppvarmingen. I Parisavtalen er det satt et mål om å stoppe den globale oppvarmingen på 1,5 grader innen 2030. Verden har i dag feil kurs sett i lys av dette målet (FN-Sambandet, 2023). Som nevnt står BAE-næringen for en stor del av de totale utslippene, både når det gjelder avfall og klimagasser. Næringen omtales ofte som 40%-næringen og dette kommer delvis av at den står for 40% av de totale klimagassutslippene globalt (SINTEF Community, 2020).

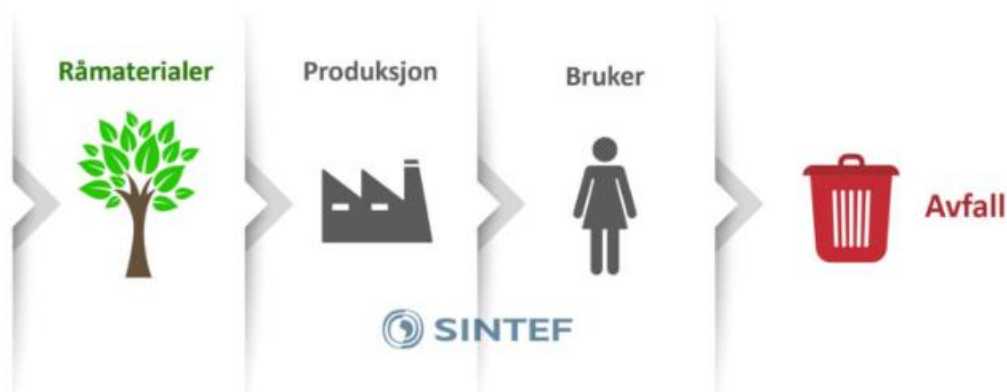
I Norge står næringen for i underkant av 16% av landets totale klimagassutslipp. Grunnen til at BAE-næringen i Norge står for mindre av de totale klimagassutslippene sammenlignet med verdensbasis, er energiregnestykket. Brorparten av de direkte klimagassutslippene knyttes mot drift og elektrisk forbruk til oppvarming. Norsk elektrisitet drives i all hovedsak av fornybare energikilder, slik at utslippene derfra er nære null. Utslippkildene som er knyttet til BAE-næringen er ikke kun fra næringen selv. Det er mange involverte aktører i et byggeprosjekt, og deres utslipp påvirker næringens totale utslipp. Dette kalles indirekte klimagassutslipp og det er disse som er de største utslippkildene (Hogne Nersund Larsen, 2019).



Figur 5 BAE-næringens klimautslipp (Hogne Nersund Larsen, 2019)

Omstilling til sirkulær økonomi

Det høye forbruket av naturressurser og avfallsutslipp er et resultat av næringens økonomiske modellstrategi – lineær økonomien (Benachio et al., 2020). Lineær økonomi er tankegangen om uthenting av naturlige ressurser for produksjon av varer til en rimelig pris. Varene blir deretter kastet etter bruk, noe som har gitt opphav til beskrivelsen bruk-og-kast samfunnet (Miljødirektoratet, 2022).



Figur 6 Illustrasjon av lineær økonomisk tankegang (Sigurd Vildåsen, 2022).

Sirkulær økonomi er motsetningen til lineær økonomi og handler om at man for produserte varer søker å utnytte den lange levetiden. Etter endt levetid kan produktene deretter brukes om igjen til andre formål. Dette sikrer at de naturlige ressursene brukes flere ganger – med redusert ressurstap (Miljødirektoratet, 2022). BAE-næringens økonomiske modell har siden tidlig på 2000-tallet gått mer og mer i retning mot sirkulær økonomi. For næringens del betyr dette å holde konstruksjoner og bygningsmaterialer lengst mulig i omløp. Materialutnyttelse i form av direkte ombruk av materialer eller ved å gjenvinne materialene, er blant de viktigste tiltakene i omstillingen mot en sirkulær økonomi. Denne formen for økonomisk modell frigjør potensialet for reduksjon av avfallsutslipp og redusert forbruk av naturressurser (Benachio et al., 2020).



Figur 7 Illustrasjon av sirkulær økonomisk tankegang (Sigurd Vildåsen, 2022).

2.2 Ombruk av byggematerialer

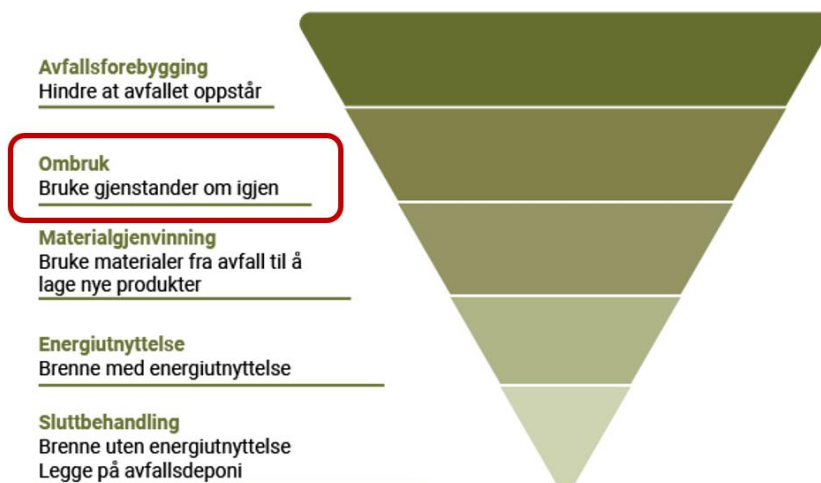
Ombruk av byggematerialer har mange ulike definisjoner i BAE-næringen. FutureBuilt har imidlertid en sammenfattet definisjon i et notat basert på diskusjoner mellom FutureBuilt, Asplan Viak og SINTEF Byggforsk. Notatet definerer ombruk som «... å bevare/rehabiliterer et bygg framfor å rive det, eller å anvende brukte komponenter om igjen» (Anne Sigrud Nordby, 2020). Det betyr at ombruk, bevaring og rehabilitering inngår i samme definisjon. Gjenbruk er et begrep som ofte forveksles med ombruk. Basert på definisjonen over og Miljødirektoratet (2016) sitt avfallshierarki, faller gjenbruk i kategorien materialgjenvinning og anses som mindre miljøvennlig enn ombruk.

Ombruk for en bærekraftig utvikling

Det er en etablert consensus i BAE-næringen om hvordan avfallshåndtering bør praktiseres. «Reduce, reuse and recycle – 3R-prinsippet» er prinsippet som avfallshåndterings grunnleggende tanke omhandler (Huang et al., 2018). Oversatt til norsk blir dette reduksjon, ombruk og gjenvinning. Dette er et kjent og etablert prinsipp for store deler av næringen, noe som i tillegg synliggjøres i Miljødirektoratets avfallshierarki. Derimot har dette prinsippet en bred betydning, som drar inn både gjenbruk og ombruk. Anne Sigrud Nordby (2020) definerer ombruk som en spesifikk metode. Det betyr at næringen har en plan på avfallshåndtering, men at prinsippene er for lite spesifikke.

Ombruk av byggematerialer har tydelige fordeler når det gjelder miljøbesparelser i form av klimagassutslipp og avfallsreduksjon. Sett fra et miljøperspektiv er bevarelse av ressursenes utnyttelsesverdi i størst mulig grad selve fundamentet for å bevare miljøet. Mengden ressursutnyttelse varierer naturlig nok mellom de ulike materialtypene, men de totale besparelsene gjelder uansett (Leland (2004) hentet fra Haus (2022)). Ombruk av stålkonstruksjoner er et eksempel på hvorfor ombruk er en svært ressursbesparende metode. Sammenlignet med resirkulert stål, gir ombruk av stål 80% lavere klimagassutslipp. Totalt i miljøregnskapet er dette et område med potensiale for store reduksjoner av klimagassutslipp (Widenoja et al., 2018). Ombruk har større miljø- og klimagevinster enn gjenvinning av materialer, og prioriteres av den grunn høyere i avfallshierarkiet.

AVFALLSHIERARKIET



Figur 8 Avfallshierarkiet (Miljødirektoratet, 2016).

Effektivisering av byggeprosessen og valg av miljøvennlige tiltak for drift av nybygg, vil på sikt gi miljømessige fordeler. Benyttelse av eksisterende bygningsmasse er likevel bedre for miljøet, især på kort- og mellomlang sikt. En miljøvennlig rehabilitering av eksisterende bygg treffer mer mot Parisavtalens innhold og bestemmelser mot bærekraftig utvikling. Miljøvennlige nybygg trenger opp mot flere tiår før utslippene til miljøvennlig drift utlikner klimagassutslippene fra byggets oppføring. Dersom handlinger i BAE-næringen skal baseres på FNs bærekraftsplan, der 2050 er et milepælsår, er det tydelige fordeler å bruke eksisterende bygningsmasser fremfor riving og oppføring av nybygg (Fufa et al., 2020).

Hva er ombrukskartlegginger?

En ombrukskartlegging er en gjennomgang av eksempelvis et bygg for å undersøke hvilke bygningsmaterialer og -komponenter som har et ombrukspotensiale. Kartleggingene har en veileder fra Grønn Byggallianse som viser hvordan og når en ombrukskartlegging skal bestilles. Veilederen er imidlertid kun rettet mot byggherrer og har ingen tydelige krav til kvalitetssikring eller ettersyn av kartleggingenes innhold (Grønn Byggallianse & Statsbygg, 2021). BREEAM-NORs manual har definert et krav til gjennomføring av ombrukskartlegginger i kapittel MAT06-Materialeffektivitet og ombruk. For å oppnå BREEAM-sertifisering må det foreligge ombrukskartlegginger i de aktuelle prosjektene. Av den grunn er det gjennomført ombrukskartlegginger flere år tilbake i næringen i forbindelse med miljørelaterte prosjekter (Grønn Byggallianse, 2022).



Figur 9 Ombrukskartlegging - fysisk merking av kjemikalier i vindu.



Figur 10 Ombrukskartlegging - fysisk oppmåling av dørbredde.

Ombrukskartlegginger er som nevnt ikke et nytt konsept for BAE-næringen, men til tross for dette har ikke kartleggingene blitt effektivisert i nevneverdig grad. Arbeidet med ombrukskartlegginger er tidkrevende og består ofte av manuell registrering. Dette gjør at ombrukskartleggingene har stor risiko for avvik og unøyaktighet, noe som gjør at prosessene i dag krever hyppige og regelmessige befaringer på byggeplass for sjekk av informasjon. Det har blitt gjort forsøk på å forenkle ombrukskartleggingens informasjonssortering. KA13-prosjektet hadde et forsøk på å samle ombrukskartleggingenes informasjon inn i digitale databaser for å håndtere mengdene med materialdata. Verktøyet var imidlertid ikke utviklet nok til benyttelse i prosjektet, men understreker viktigheten av digitale databaser for å forenkle kartleggingene (Anne Sigrid Nordby et al., 2021).

Tilrettelegging for ombruk

BAE-næringens lineær økonomiske struktur gjør at potensialet for ombruk innehar et urealisert potensial. Realisering av potensialet avhenger av flere ulike faktorer som omhandler bestemmelser av ulike rammevilkår som tilrettelegger for ombruk (Sandberg et al., 2022). Markedet for ombruk har vært karakterisert som lite modent for full utnyttelse i form av kostnader, regelverk og tilgjengelighet på materialer (Çimen, 2021). Det er likevel signaler som tyder på at markedet er i endring. Antall etableringer av blant annet digitale markedsplattformer for kjøp og salg av ombruksmaterialer har økt de siste årene. Dette kan bety starten på en positiv trend i næringen (Sandberg & Kvellheim, 2021).

Byggevareforordningen (BVF) har tidligere vært et begrensende element for ombruk i BAE-næringen i Norge. Regelverkets tolkning har gjort det vanskelig med ombruk i stor skala (Anne Sigrid Nordby et al., 2021). BVF ble etablert med hensyn til produksjon og omsetning av nye varer, samt sørge for at disse varene holder tilstrekkelig med teknisk kvalitet (Byggevareforskriften (DOK), 2013). Regelverket var ikke tilpasset brukte byggematerialer og produkter. Til tross for at ombruksmaterialene oppfylte tekniske krav, gjorde regelverket det vanskelig å benytte dem grunnet kravet angående lovlig omsetning. Dette fremkommer i erfaringsrapporten til ombruksprosjektet Kristian Augusts gate 13 (KA13) (Anne Sigrid Nordby et al., 2021).

I juli 2022 ble det gjort endringer i byggeforskriftene, med en overgangsperiode på ett år, i et forsøk på å gjøre det lettere med ombruk i næringen og forbigå bestemmelsene i BVF. Byggteknisk forskrift (TEK) sine endringer med relevans mot ombruk er: tilrettelegging for demontering, lavere terskel for krav til avfallsplan, ombrukskartlegging skal tilføyes i avfallsplanen og mulighet for levering direkte til ombruk skal inngå i avfallsplanen (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017). Endringene i TEK følges opp i byggesaksforskriften (SAK), i form av at ansvarlig søker har ansvaret for å oppfølge arbeidet med avfallsplan, miljøkartleggingsrapport og ombrukskartleggingsrapport. Videre er ansvarlig prosjekterende forpliktet til grundig prosjektering som fundament for påfølgende avfallsplan og miljøkartleggingsrapport (Byggesaksforskriften (SAK 10),

2010). Byggevarerforskriftens (DOK) endringer medfører at det ikke er like strenge krav som før til varer som mangler CE-merking. Varer som ikke demonteres, gjennomgår vesentlige endringer eller som benyttes på nytt i en konstruksjon, er ikke lenger truffet av samme dokumentasjonskrav som tidligere (Byggevarerforskriften (DOK), 2013). I praksis betyr alle forskriftsendringene krav til ombrukskartlegginger på prosjekter over 100kvm BRA, eller der prosjektet generer mer enn 10 tonn avfall. Noen prosjekter vil i tillegg måtte skrive rapporter fra ombrukskartleggingen og skrive rapport fra miljøkartleggingen (Norsk miljøkompetanse, 2022).

Etablering av ombruksmarkeder

Mars 2023 ble lagervarehuset OMBYGG åpnet på Økern i Oslo. OMBYGG samler brukte ombruksmaterialer av høy kvalitet på ett sted og forbedrer tilgjengeligheten av brukte byggematerialer (OMBYGG, 2023). Strategisk plassering av lagervarehuset er et annet aspekt av det å tilgjengeliggjøre ombruksmaterialer. Deler av kostnadsbildet ved ombruk er knyttet opp mot transport og utfordringer med mellomlagring. Ved samling av ombruksmaterialer på ett sted blir mulighetene større for mer ekstern ombruk. Dette kan blant annet senke de direkte varekostnadene ved ombruk (Anne Sigrid Nordby et al., 2021). Lagervarehuset har en total lagringsplass på 6 000 kvm og er blant Europas største sentraler for salg av ombruksmaterialer med tilfredsstillende dokumentasjon og høy kvalitet (OMBYGG, 2023).

Digitale markedsplasser for kjøp og salg av ombruksmaterialer har de siste årene fått sin inntreden i BAE-næringen (Sandberg & Kvellheim, 2021). Den digitale markedsplassen Rehub ble i april 2021 etablert av ingeniørselskapet Rambøll. Markedsplassen har som hensikt å slå sammen tilbud og etterspørsel av ombruksmaterialer på ett sted. Dersom det opparbeides en rik materialbank, kan dette være et produkt som forbedrer tilgjengeligheten av ombruksmaterialer (Rehub, 2022). Nyvinningen ble i tillegg nominert til Byggenæringens Innovasjonspris i 2021 (Fremtidens Byggenæring, 2021).

Satsing på forsknings- og forbildeprosjekter

I 2020 etablerte SINTEF forskningsprosjektet REBUS (Reuse of Building materials – a User perspective) et prosjekt som skal foregå ut året 2024. Hensikten med prosjektet er å innhente mer kunnskap om hvordan BAE-næringen kan gå over til en sirkulær økonomisk tankegang ved ombruk av byggematerialer (SINTEF, 2020).

Forskningsprosjektet har blant annet resultert i en ny veileder til ombruk av byggematerialer. Denne veilederen har som formål å rådføre rådgivere, utførende og byggherrer om hvordan ombruk av byggematerialer skal vurderes, bestilles og gjennomføres (Magnus Kron et al., 2022).

Ombruksprosjekter har vært gjennomført i Norge, der forbildeprosjektet KA13 er blant de mest kjente. Dette var blant Norges første ombruksprosjekter med mål om maksimal ombruk i alle ledd. Dette resulterte i klimagassreduksjon på tilnærmet 70% fra materialproduksjon og hele prosjektet bestod av 80% ombruk (Anne Sigrid Nordby et al., 2021). Men det er ikke bare i Norge det har blitt etablert forbildeprosjekter med ombruksambisjoner. Blant annet er det gjennomført store ombruksprosjekter i Danmark, Belgia og England (Sandberg et al., 2022; Widenoja et al., 2018).

Underliggende utfordringer med ombruk

Endring av regelverk og krav med hensyn til ombruk av byggematerialer er viktige steg mot en mer bærekraftig BAE-næring. Det åpner opp for større handlingsrom ved kjøp,

salg og benyttelse av ombruksmaterialer (Regjeringen, 2022). Likevel er det utfordringer med ombruk som ikke nødvendigvis påvirkes av ovennevnte regelendringer. Basert på erfaringer fra flere ulike forbildeprosjekter i europeiske land, fremkommer det at ombruk har et annet kostnadsbildet enn ved tradisjonelle byggeprosjekter. Transport, lagring og forlenget prosjekteringsfase er blant de sentrale faktorene som øker kostnadene (Sandberg et al., 2022). Ekstra kostnader knyttet opp mot skånsom og tidkrevende demontering er i tillegg en utfordring. Det koster mer med ombruk enn ved å rive og oppføre et nybygg, slik at ombruk i næringen drives i dag av byggherrer med miljøambisjoner og en stor lommebok (Sandberg & Kvellheim, 2021).

Erfaringsrapporten fra KA13-prosjektet avdekket blant annet at kostnaden for eksempelvis hulldekkene var et sted mellom fem og seks ganger høyere sammenlignet med ny-pris. Det samme gjelder for stålkonstruksjonene, der prisen for et ombrukelement var i underkant av 50% dyrere enn ny-pris. Disse beregningene inkluderer ikke ekstra benyttet tid til prosjektering og prosjektledelse, slik at den reelle kostnaden med all sannsynlighet var høyere. En reduksjon av materialkostnaden kan oppnås dersom prosessene for testing og dokumentering effektiviseres, men transport og lagring er fremdeles en drivende kostnadsutfordring (Anne Sigrid Nordby et al., 2021).

9 Cambridge Avenue er et ombruksprosjekt fra 2015 i England som, i motsetning til mange av de anerkjente forbildeprosjektene, endte opp med et positivt regnskap på de ombrukte stålkonstruksjonselementene. Kostnadene ble redusert med 25% og er et av få eksempler på at ombruksprosjekter kan være fordelaktig, også økonomisk (Widenoja et al., 2018). Dette avhenger riktignok av et par forhenværende faktorer. Ved lokal ombruk og benyttelse av materialer som ikke krever ytelsestester, vil dette senke kostnadene i form av at testing, mellomlagring og resertifisering ikke kreves (Dunant et al., 2018).

Tidkrevende prosess og krevende planlegging

Ombruk av byggematerialer kompliserer byggeprosessen som helhet og skaper utfordringer ved prosjektering. KA13-prosjektets tidsplaner ble i flere tilfeller forskjøvet grunnet utfordrende prosjektering. Ettersom ombruksmaterialer ikke kan bestilles på tradisjonell måte basert på ønskede mål og egenskaper, fører det til en langsgående og åpen planlegging og prosjektering. Dette medfører igjen ekstra bruk av tid (Anne Sigrid Nordby et al., 2021).

En annen utfordring med ombruksmaterialer er tilgangen på dem. Markedsplasser for ombruksvarer er mangelfullt og fremskaffelse av relevante materialer er krevende å få tak i (Sandberg et al., 2022). Tilgangen på ombruksmaterialer styres blant annet av økonomiske barrierer. Det er fremdeles dyrere og mer tidkrevende å demontere et bygg for ombruk, fremfor å rive og bygge nytt med nye materialer. Dette er i tillegg med på å komplisere prosjekteringsfasen. Ombruksmarkedet er et uoversiktlig og vanskelig marked å orientere i (Sandberg & Kvellheim, 2021). KA13-prosjektets erfaringsrapport tydeliggjør også dette, der det ble brukt flere ulike tjenester og nettverk for å finne relevante ombruksmaterialer (Anne Sigrid Nordby et al., 2021).

Markedsplattformer og digitale ombruksverktøy

De siste årene har det blitt etablert flere nye digitale ombruksverktøy. Hovedsakelig faller disse under to kategorier – database og markedsplattform. Under database-kategorien har det kommet frem kartleggingsverktøy som *Materia*, *AV-ombruk* og *Loopfront*. Disse kartleggingsverktøyene er i stor grad app-basert og fokuserer på brukervennlighet for å tilgjengeliggjøre ombruk. Ved bruk av verktøyene etableres databaser med informasjon

om ulike ombruksmaterialer, muliggjør ombrukskartlegginger på et privat nivå og en stadig økende mengde ombruksmaterialer kan kobles mot allerede etablerte markedsplasser for kjøp og salg (AV Ombruk, 2023; Loopfront, 2023; Materia, 2023).

Når det gjelder markedsplasser for kjøp og salg av ombruksmaterialer benyttes ofte den veletablerte tjenesten finn.no. KA13-prosjektet er blant de store ombruksprosjektene som benyttet finn.no aktivt i prosessen med å finne brukte byggematerialer (Anne Sigrid Nordby et al., 2021). *Rehub* er en annen digital markedsplass spesielt rettet mot ombruksmaterialer. Plattformen er et initiativ fra konsulentfirmaet Rambøll, der visjonen er «Å gjøre ombruk til det naturlige valget i byggeprosjekter» (Rehub, 2022).

2.3 3D-skanning

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) bidrar til å optimalisere planleggingen av en konstruksjon gjennom hele konstruksjonens levetid. Dette skjer blant annet ved å samle all informasjon om bygget på ett sted. På denne måten kan hele konstruksjonens levetid bestemmes og styres allerede før oppføring, i tillegg til kontrollering underveis i driftsfasen og ved riving eller demontering. Dette muliggjør kontroll og kvalitetssikring på hvordan konstruksjonen skal kunne brukes om igjen til andre formål også etter dens levetid (Bertino et al., 2021). BIM omhandler av den grunn ikke kun software og avanserte data- og modelleringsprogrammer, men hele byggeprosessen som helhet. BIM er en samarbeidsmetode, der all nødvendig informasjon om et bygg ligger lagret i en digital replika av bygget – altså en digital tvilling. All informasjon samlet på ett sted for tilgjengeliggjøring, digitalisering og effektivisering av en byggeprosess som tradisjonelt har båret preg av penn og papir (Kirby et al., 2017).

I Europa har eksisterende bygningsmasser som oftest enten en utdatert BIM-modell eller ikke en BIM-modell i det hele tatt. 80% av europeiske bygningsmasser ble oppført før BIM sin inntreden som arbeidsmetode i næringen. Med bruk av 3D-skanning kan allerede eksisterende bygninger rekonstrueres digitalt på en mer effektiv måte sammenlignet med manuell modellering uten skanning. 3D-skanning muliggjør innhenting av informasjon med høyt detaljeringsnivå og millimeterpresise målinger av størrelser. Samtidig reduserer 3D-skanning tidsbruk på byggefelt og kompleks geometri blir enklere prosessert (Rocha et al., 2020). 3D-skanning innhenter også data fra byggeplass med større presisjon og hurtighet enn ved tradisjonelle metoder, spesielt ved områder med kompleks geometri og små detaljer. Metoden er i tillegg brukt med suksess i andre bransjeområder som i industri-sektoren og ved bevaring av kulturminner. Typiske suksessfaktorer var ved standardisering av prosesser (industri-sektoren) og ved rekonstruering av nedbrutte eller ødelagte gjenstander (kulturminne-bevaring) (Binjin et al., 2018).

Scan-to-BIM – sammenhengen mellom BIM og 3D-skanning

Scan-to-BIM er begrepet som omhandler prosessen fra 3D-skanning til BIM-modell og kan kategoriseres som bindeleddet mellom 3D-skanning og byggeprosessen. Mange byggeprosjekter er BIM-baserte og 3D-skanning er et nyttig verktøy i forbindelse med utforming og oppfølging av BIM-modellene. Prosessen kan oppsummeres på følgende måte: først benyttes en laserskanner for å fange opp den virkelige verden, deretter importeres skanningen inn i et modelleringsprogram. Disse rådataene kalles punktskyer. Til slutt kan denne punktskyen brukes som mal til etablering eller oppdatering av en BIM-modell (Anne-Mieke Dekker, 2019). Begrepet Scan-to-BIM har kommet i takt med innføringen av 3D-skanning av bygg. 3D-skanning av bygningsmasser kan integreres i

BIM som arbeidsmetode. Dette er fordelaktig i forbindelse med kvalitetssikring av BIM-modeller, ved sjekk av feil eller mangler og ved visuell utforming av byggets utvikling og evolusjon over tid. Satt opp mot tradisjonelle metoder kan 3D-skanning forenkle arbeidet med opprettelse av BIM-modeller, spesielt når det gjelder eksisterende bygningsmasser.



Figur 11 Håndholdt 3D-skanner fra produsenten Leica.

Generelt i BAE-næringen er ineffektivitet og mangel på produktivitet blant de store utfordringene innad i næringen. Son og Han (2023) beskriver eksempelvis hvordan prosessene med ettersyn av prefabrikkerte elementer i høyeste grad består av manuell oppmåling. Dette er tidkrevende, gir upresis informasjon og kan i noen tilfeller føre til økte kostnader og forsinkelser i prosjektet. Artikkelen viser derimot hvordan 3D-skanning, med beregning av optimaliserte skanningsforhold for tilstrekkelig kvalitet, fører til redusert arbeidstid og færre feil. Barbosa et al. (2016) konkluderer samtidig at etableringen av punktsky som utgangspunkt for modelleringen muliggjør en raskere og mer presis modellerings- og prosjekteringsprosess.

3 Metode

I dette kapitlet redegjøres metodevalg for masteroppgavens forskning av problemstillingen: *hva slags innvirkning har 3D-skanning av bygg på BAE-næringens ombrukspotensial?* Kapitlet forklarer bakgrunnen for hvordan oppgaven innhenter og analyserer data, samt hvordan metodevalget styrker oppgavens validitet og reliabilitet.

3.1 Forskningsdesign

Forskningsdesignet redegjør metode-formgivingen forskningsartikler benytter. Det er et oppsett på hvordan forskningen gjennomføres fra problemstilling til konklusjon (Johannessen et al., 2010). Oppgavens problemstilling er:

Hva slags innvirkning har 3D-skanning av bygg på BAE-næringens ombrukspotensial?

Dette hovedspørsmålet er bredt og krevde av den grunn tilhørende og mer presise forskningsspørsmål for at problemstillingen lettere skulle kunne besvares. Forskningsspørsmålene styrer samtidig retningen oppgaven tar innenfor problemstillingens tematiske innhold, i tillegg til å avgrense den brede inngangen problemstillingen har. Oppgavens forskningsspørsmål er utformet på følgende måte:

Hvordan er ombrukssituasjonen i dagens BAE-næring?

Er det lønnsomt å gjennomføre 3D-skanning i ombrukskartlegginger?

Hvilken rolle har 3D-skanning innen ombruk?

Kvalitativ- og kvantitativ tilnærming

Forskning som tar utgangspunkt i samfunnsvitenskapelige forskningsmetoder, kan benytte metoder som faller innunder både kvalitative- og kvantitative metoder. Forskjellen på kvalitative- og kvantitative forskningsmetoder er hvordan data innhentes, og hva de påfølgende dataene betyr. Kvalitativ tilnærming har et begrenset utvalg med datakilder og indikerer grundig hva slags egenskaper det forskede fenomenet innehar. Kvantitativ tilnærming har et større utvalg datakilder og indikerer i større grad antall fenomener fremfor spesielle egenskaper fenomenet har (Johannessen et al., 2010).

Studien har en kvalitativ tilnærming og grunnen for dette kommer av at ombruk og 3D-skanning fremdeles er relativt nytt for BAE-næringen, spesielt hva gjelder forskning. Det er gjennomført lite forskning på områdene og samtidig er det få personer i næringen med kunnskap og erfaring innenfor dem. En kvantitativ tilnærming ble derfor konkludert med som ulogisk ettersom en stor mengde datainnsamling virket usannsynlig å gjennomføre innenfor studiens begrensede tidsrom. I tillegg var en kvalitativ tilnærming ansett som mer passende med hensyn til formuleringen og betydningen av problemstillingen og de påfølgende forskningsspørsmålene.

Reliabilitet og *validitet* er sentrale begreper som definerer kvaliteten og troverdigheten til forskningens innhentede data og sammenhengen mellom resultater og konklusjoner. Det er viktig at dataene som benyttes i forskningen er pålitelig. Reliabilitet forteller av den grunn presisjonen på benyttet data i form av å belyse type data som innhentes, innhentingemetoden og påfølgende bearbeidelse av dataene. Data som innhentes er en

representasjon av virkeligheten. Validitet forteller om hvordan de innhentede dataene er en god representasjon for virkelighetens fenomen. God validitet betyr at forskningen oppfattes troverdig (Johannessen et al., 2010).

3.2 Litteraturstudie

For å danne oppgavens teoretiske grunnlag har det blitt gjennomført en litteraturstudie. Litteraturstudiet bygger videre på arbeidet som ble gjort i forprosjektet. Det er i noen tilfeller hentet kilder fra forprosjektets litteratursøk og noe materiale er gjenbrukt. Se kapittel 3.6 for ytterligere beskrivelse. Teksten er omskrevet og har direkte henvisning til forprosjektet der det er relevant. Utenom dette er litteraturstudiet betydelig utvidet i denne oppgaven og anses som nytt.

Litteraturstudiet er en viktig bidragsyter for oppgavens besvarelse på problemstilling og forskningsspørsmål. Målet med litteraturstudiet var å undersøke forsknings- og kunnskapsstatusen innenfor oppgavens tema. Studiet innhentet informasjon om BAE-næringens ombrukssituasjon, bakgrunnen for hvorfor næringen trenger en omstilling til sirkulær økonomi og 3D-skanning. På denne måten ble metoder og nyvinninger som fungerer innen temaene, og eventuelle metoder som ikke fungerer, oppdaget. Dette støttet opp oppgavens ønske om å besvare problemstillingen med nye tanker og ideer som ikke er gjort tidligere. I tillegg hjalp litteraturstudien oppgaven med forståelse fra et større perspektiv, noe som kan være fordelaktig for oppgavens konklusjon (Knopf, 2006).

Litteraturstudiet bærer preg av gjennomgående begrepsforklaringer på ombruk og 3D-skanning hver for seg uten at de direkte kobles sammen. Grunnen for dette er mangelen på forskning som sammenfatter hvordan ombruk og 3D-skanning henger sammen. Litteraturstudiet er sentral i form av å være fundamentet for studiens resultater ved forklaring av ombruk sin betydning for miljøet og 3D-skanning sin påvirkning på byggeprosessen.

Søkestrategi

Prosesen underveis i litteraturstudien fulgte et systematisk oppsett, der akademiske databaser ble brukt for søkene. De brukte databasene var Oria, Scopus og Google Scholar. For å begrense mengden treff på søkene, ble det satt en søkestrategi. Søkestrategien i litteraturstudien benyttet hovedsakelig OG/ELLER-prinsippet. I søkemotorer som eksempelvis Oria, vil ord sammensatt med OG mellom, gjøre at det søkes etter litteratur som inneholder begge søkeordene i litteraturens innhold. Dersom det søkes med ELLER, blir resultatet basert på at ett av søkeordene finnes i litteraturens innhold (NTNU, 2023). Søkene ble gjennomført med både norske og engelske ord. Engelske søkeord ga et bredere utvalg artikler, men ga sjeldent resultater omhandlende situasjonen i Norge. Norske søkeord var derfor viktig for forståelse av Norges situasjon. For ytterligere avgrensning ble eldste publiseringsdato satt til 2015 for mer oppdaterte og dagsaktuelle kilder.

Kildekritikk

I arbeidet med en litteraturstudie var det viktig å ha et kildekritisk blikk for å oppnå studiens formål og beholde troverdighet. For å sikre at det ble benyttet trygg informasjon ble TONE-prinsippet strategisk brukt for uthenting av litteratur. TONE-prinsippet står for troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet. Disse fire nøkkelordene sørger for å kvalitetssikre opphavet til innhentet informasjon, samt å styrke opp om oppgavens

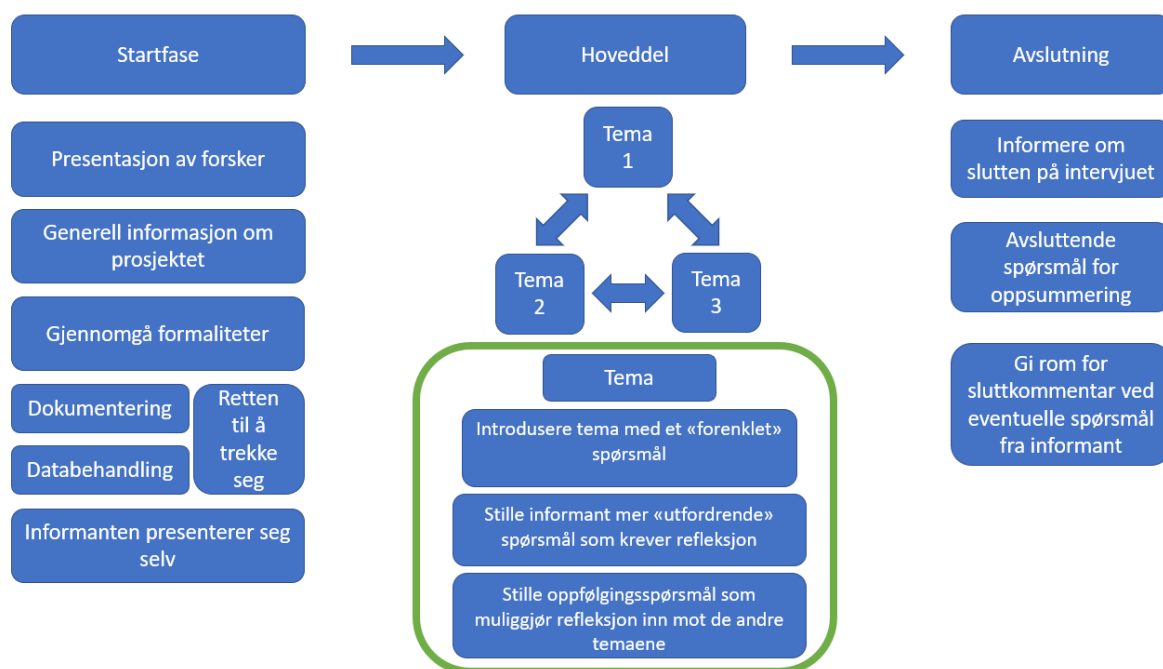
validitet (Jan-Arve Overland, 2018). Kildene til all litteratur ble derfor undersøkt og sjekket før litteraturen ble benyttet i oppgaven, og bestod i hovedsak av vitenskapelige artikler. Fagfellevurdert litteratur, litteratur med flere relevante siteringer og troverdige forfattere var blant de sentrale holdepunktene i dette arbeidet. I tillegg ble såkalt grålitteratur brukt for å supplere de vitenskapelige artiklene med blant annet begrepsforklaringer. Kildene til grålitteraturen bestod utelukkende av anerkjente forfattere eller organisasjoner.

3.3 Semistrukturert intervju

Opgaven benyttet intervjuer, i form av semistrukturerte intervjuer, som metode for innsamling av kvalitativ data. Grunnen for dette valget kom av at oppgavens problemstilling krever at informantene hadde frihet til egen uttrykkelse. I tillegg ble valget tatt basert på konklusjoner i forprosjektet som ble gjennomført i forkant av denne studien. Det var ikke gitt at informantenes kunnskap og erfaringer kunne uttrykkes gjennom et standardisert spørreskjema. Ved bruk av semistrukturerte intervjuer ble en løsere samtale muliggjort, der det forelå en intervjuguide som ikke måtte følges slavisk. Intervjuguiden inneholdt spørsmål og temaer, men krevde ikke oppfølging i en bestemt rekkefølge. Dette skapte en fleksibel tilnærming og mulighet for justeringer underveis, samt mulighet for endring av samtalen basert på informantens bakgrunn og forhenværende kunnskaper (Johannessen et al., 2010).

Intervjuguide

Semistrukturerte intervjuer ga rom for en løsere samtale kontra dersom strukturerte intervjuer hadde blitt benyttet, der en intervjuguide følges slavisk. Likevel var intervjuguiden en sentral faktor for å oppnå oppgavens resultater. Nøye planlegging og reviderte utforminger av intervjuguiden i forkant, var avgjørende for utfallet av intervjuene (Johannessen et al., 2010). På bakgrunn av dette ble det i første omgang listet opp en overordnet innholdsliste på hva intervjuguiden skulle inneholde, før selve utformingen av intervjuguiden startet. Innholdslisten tok utgangspunkt i en lignende innholdsliste hentet fra Johannessen et al. (2010).



Figur 12 Innholdsliste for utformingen av intervjuguiden.

Intervjuenes utvalgsstørrelse hadde ingen forhåndsbestemt mengdeverdi, men ble bestemt basert informasjonens metningspunkt. I denne sammenhengen menes metningspunktet som det tidspunktet der ny informasjon ikke lenger oppnås, men at de samme dataene går igjen. Dette var et tegn på at det ikke lenger var nødvendig å intervju flere personer, ettersom informantenes meninger og betraktninger til slutt ble gjentatt. Riktignok ble det satt et minstekrav til antall informanter på minimum seks personer. Dette ble gjort for å sikre at det ikke ble for få intervjuer som grunnlag for diskusjon og konklusjon, uavhengig av når metningspunktet ble nådd. Antall informanter endte til slutt på syv personer. Oversikt over de ulike informantene er vist i tabellen nedenfor.

Informanter		
Informant	Aktør	Kompetanse
A	Entreprenørselskap	3D-skanning
B	Rådgivende ingeniørselskap	3D-skanning
C	Rådgivende ingeniørselskap	Ombruk
D	Entreprenørselskap	3D-skanning
E	Entreprenørselskap	3D-skanning
F	Ombruksaktør	Ombruk
G	Rådgivende ingeniørselskap	Ombruk

Tabell 1 Oversikt over informanter.

Angående målgruppen for utvalget av informanter til intervjuene, ble dette bestemt på forhånd. Ved gjennomføringen av kvalitative undersøkelser var det viktig med et klart mål for hvilke typer informanter som skulle benyttes. Dette kommer av at kvalitative tilnærminger har som hensikt å innhente dybdekunnskap om et fenomen fremfor å føre statistikk på flere fenomener (Johannessen et al., 2010). Strategisk utvelgelse ble derfor benyttet som metode for utvelgelse av informanter. Metoden går ut på å bestemme hva

slags informanter som må intervjues for at tilstrekkelig med relevant data skal kunne innhentes (Johannessen et al., 2010). I tillegg ble det lagt vekt på å ha et variert utvalg informanter, med jevn fordeling av kompetanse innen ombruk og 3D-skanning. Dette ble gjort for å innhente kunnskap og data fra flere perspektiver, samtidig unngå overvekt av informasjon fra en av sidene.

Med en etablert målgruppe og en startgruppe på fire informanter, ble deretter *snøballmetoden* benyttet for utvelgelse av de tre ytterligere informantene. Snøballmetoden gikk ut på å rekruttere informanter ved hjelp av tips fra de andre informantene som ble intervjuet. Ekspertene innenfor temaene, som var forskerens veiledere, ble i tillegg spurt om for tips (Johannessen et al., 2010).

3.4 Analyse av data

Studiens metode består som nevnt av en kvalitativ tilnærming i form av semistrukturerte intervjuer. Utfordringen med denne metoden var strukturering og uthenting av dataene. Med den agile intervju-tilnærmingen, der det ble hoppet mellom temaene underveis i samtalene, gjorde det til at transkripsjonen av intervjuene ikke fulgte en bestemt struktur. Dataene var ikke selvforklarende og krevde av den grunn bearbeidelse i form av gjennomgang, strukturering og fortolkning.

Analysen av dataene tok utgangspunkt i en inndeling som er beskrevet av Johannessen et al. (2010). Inndelingen bestod av seks kategorier som fungerte som midlertidige og overordnede titler på rådataene. Ettersom rådataene var ustrukturerte krevdes det en ytterligere metode for lettere å plassere dataene på rett plass, samt for å minimere risikoen for at relevant informasjon falt bort. Johannessen et al. (2010) beskrev en passende metode med navn *koding*. *Koding* ble i denne sammenheng brukt i form av å etablere fargekoder for de seks ulike kategoriene. På denne måten kunne rådataene gås gjennom avsnitt for avsnitt med fargelegging av setninger som kunne tolkes inn mot de ulike kategoriene.

Kategori-inndeling og fargekodene var nødvendig for struktureringen av dataene. Samtidig som struktureringen foregikk ble de ulike delene fortolket og beskrevet med stikkord. Deretter ble direkte sitater limt inn under for å vise informantenes egne ord som forklaring. Dette ble gjentatt i studiens resultatkapittel, der det først beskrives med forskerens ord hva som dataene betyr for deretter å vise til direkte sitater fra informantene. Fortolkning i kontekst ble derfor enklere, i tillegg til at det ga en naturlig oppbygning av resultatkapittelet som helhet.

3.5 Metodekritikk

Litteraturstudie

Litteraturstudiet bidro med innhenting av informasjon på hva som kan kategoriseres som det siste innen forskningen på oppgavens tematikk. Kildene for forskningen var i tillegg undersøkt i etterkant ved at antall siteringer og eventuell fagfelleevaluering ble sjekket. Litteraturstudiets bruk av flere databaser var en annen positiv faktor ved metoden. Ved flere databaser i bruk ble søkerresultatenes utvalg bredere. Dette ga studien gode muligheter for å finne de best mulige artiklene relevant til oppgaven.

Søkerresultatene i litteraturstudien var avhengig av hvilke typer søkeord som ble benyttet. Prosessens søkeord var av den grunn åpne, samt presise for å gi et bredt utvalg av relevante artikler. Derfor kan det være en reell fare for at brukbar litteratur har

blitt oversett underveis i søkeprosessen. Søkeordenes påvirkning på utvalget av litteratur ga samtidig forskjellige treff i de ulike databasene. Av den grunn er det vanskelig å konkludere med hvilke søkeord som gir best resultat. Som helgardering ble de samme ordene og ordsammensetningene benyttet i samtlige databaser for maksimal uttelling på søkene. På en annen side var ikke dette et stort problem, ettersom ombruk og 3D-skanning ikke har lang fartstid i forskningens verden og dermed var det ikke mye litteratur tilgjengelig.

Semistrukturert intervju

De semistrukturerte intervjuene resulterte i data som inneholdt mye dybdekunnskaper innen spesifikk tematikk relevant til oppgaven. Informantene fikk muligheten til å uttrykke egne erfaringer og kunnskap i stor grad ettersom intervjuformatet la til rette for fleksibilitet og mulighet for oppfølgingsspørsmål. Dette åpnet opp for en flytende samtale, der intervjuguiden ikke styrte annet enn tematikken det ble snakket om. Derimot krevde dette at informanten hadde utfyllende svar og at forskeren hadde kapasitet til å stille passende oppfølgingsspørsmål. I enkelte tilfeller viste dette seg å være en utfordring. Intervjuguiden gjorde det enkelt å hoppe videre ved tilfellene der samtalen stoppet opp.

Samtalen ble imidlertid påvirket av andre faktorer. Intervjuer-informant-relasjonen var en sentral faktor for hva slags data kom ut av intervjuene. Det var derfor viktig å skape en relasjon der intervjuer legitimerer forskningsprosjektet og at informanten gjennom intervjuet føles ivaretatt (Johannessen et al., 2010). Ettersom snøballmetoden ble benyttet var det en viss fare for at innholdet i intervjuene ble dratt mot en bestemt retning. Dette ble derimot unngått ved å spørre informantene om personer som de visste hadde andre meninger enn dem selv. På den måten ble det i tillegg en jevn fordeling av eksperter innen 3D-skanning og ombruk. Den jevne fordelingen ga samtidig et styrket utgangspunkt for diskusjon og konklusjon. Til tross for en jevn fordeling av informantutvalget ble ikke intervjuene gjennomført i to grupper, med en 3D-skanningsgruppe og en ombruksgruppe. Likevel kunne de grupperes i ettertid og denne fordelingen muliggjorde sammenligning av svarene mellom dem. Dette utgjorde en fordel i drøftingen.

Informantutvalget kan derimot være skeivt. Den jevne fordelingen mellom kompetanse innen 3D-skanning og ombruk viste seg fordelaktig for sammenligning. Resultatene viser sterke holdninger om at 3D-skanning og ombruk bør benyttes sammen. Samtidig påpekte mange av informantene at det er byggherrer og «andre» aktører fremstår som en barriere. Dette kan tyde på en litt for ensidig argumentasjon, og et informantutvalg som med fordel kunne hatt mer kritiske stemmer fra flere kompetansegrupper. Samtidig kommer dette som et resultat av studiens begrensede tid som preget utvelgelsesprosessen av informanter.

Arbeidet før, under og etter intervjuene var tidkrevende. Nøye forberedelser, utførelse av intervjuer på mellom 45 og 60 minutter og påfølgende transkribering tok tid og kunne med fordel vært forenklet dersom spørreundersøkelse eller strukturert intervju hadde blitt gjennomført. I tillegg var det viktig underveis i intervjuene å holde den forhåndsbestemte røde tråden. Friheten ved denne typen metode gjorde at sluttresultatene krevde at forskeren var årvåken og hele tiden hadde kontroll på at tematikken i samtalen var innenfor oppgavens rammer. Å holde samtalen tematikk innenfor relevante rammevilkår var ikke problematisk, men fleksibiliteten og

«uryddigheten» ved valgt intervjuformat var utfordrende for en forsker uten nevneverdig erfaring med metoden tidligere.

Analyse av data

Den kategoribaserte analysemetoden ga en oversiktlig gjennomgang av intervjudataene, og dette var hovedargumentet for hvorfor den ble benyttet. Metoden gjorde det lettere å inndele materialet underveis i gjennomgangen av intervjuenes rådata. Resultatene ble plassert direkte i ulike underkategorier, slik at arbeidet ble gjort ut ifra tema og ikke informanten. Dette var fordelaktig, da det forenklet arbeidet med å samle resultatene til en sammenhengende tekst uten for mange gjentakelser.

På en annen side er det mulighet for at oppgaven, med denne analysemetoden, endte opp med for store underkategorier som kan gi en upresis oppfattelse av innholdet. Med for store kategorier eller upresise formuleringer av dem, kan dette føre til at oppgaven ikke gir uttrykk for tilføring av ny kunnskap eller at titlene ikke representerer det faktiske innholdet. Det er viktig for oppgavens logiske sammenfatning at undertitlene samsvarer med innholdet. Derfor var det viktig å ikke forhåndsdefinere kategoriene før datamaterialet ble gjennomgått.

Samtidig var det viktig å få tak i dataene fra intervjuene som er utenom intervjuguidens opprinnelige struktur. Ettersom semistrukturerte intervjuer tillater forskeren å vandre mellom temaene, var dermed ikke dataene strukturert i en logisk rekkefølge i transkripsjonen. *Koding* hjalp med å finne potensielt glemt data. Det kan være at data likevel har falt bort, men risikoen ble minimert som følge av den sammensatte analysemetoden som ble benyttet.

3.6 Gjenbruk av materiale fra forprosjektoppgave

I forkant av denne oppgavens oppstart ble det gjennomført et forprosjekt som la grunnlaget for oppgavens tematiske utgangspunkt. Her ble det undersøkt hvorvidt digitale verktøys påvirkning på gjenbruk var et forskningsområde å gå videre med inn mot denne oppgaven. Som beskrevet i kapittel 3.2, ble det i få tilfeller benyttet materiale fra forprosjektet. Grunnen til dette kom av at temaene innen miljø og begrepsavklaring på ombruk og gjenbruk gikk igjen i både forprosjektet og denne oppgaven. Med unntak av dette har det ikke blitt gjenbrukt materiale fra forprosjektet. Teorikapittelet og studien som helhet har tatt inspirasjon fra forprosjektet i form av at det omhandler klima, miljø, forsvarlig materialbruk og 3D-skannings påvirkning på dette. Teorien er derimot betydelig utvidet og bearbeidet som følge av en ny og omfattende litteraturstudie.

4 Resultat

4.1 Dagens situasjon for ombruk

De siste årene har det vært en utvikling i BAE-næringens ombruksvirksomhet i form av etablering av flere digitale ombruksplattformer, ombrukssentraler og pilotprosjekter som satser hardt på ombruk. I tillegg har det blitt lovfestet krav til ombrukskartlegging på større byggeprosjekter fra 1. juli 2023. Likevel er det sentrale funn fra intervjuene som tyder på at næringen fremdeles har utfordringer og barrierer som hindrer realisering av ombrukspotensialet til det fulle.

Mangel på sammenkobling av tilbud og etterspørsel

Det fremkommer fra intervjuene at dagens BAE-næring ikke nødvendigvis har en mangel på materialressurser eller -etterspørsel som begrenser mengden ombruk. Utfordringen ligger i å koble tilbudet og etterspørselen sammen. De fleste prosjekter som benytter brukte byggematerialer får ofte tilgang på disse gjennom interne prosjekter som foregår i samme bedrift, eller ved søk på Finn.no og andre kjøp-og-salgsplattformer. Dette gjør det vanskelig å finne rett materiale til rett plass på rett tid. Ombruksmaterialer må tilgjengeliggjøres bedre, slik at de lettere kan omsettes på nytt. Informant A og G argumenterte for at bedriftene må samarbeide slik at ombruk kan skje på tvers av bedriftene og ikke kun på tvers av prosjektene internt i én bedrift. Det er i dag et ikke-fungerende marked, der aktører sitter på hver sin tue uten store tanker om samarbeidsmuligheter. Informant C hadde følgende eksempel på utfordringene:

«Jeg prøvde å skaffe servanter til et prosjekt, men det handler fortsatt ofte om tilgjengelige komponenter. Det var ikke snakk om store mengder, men til og med kun titalls av samme servant kunne være litt problematisk, så vi er fortsatt der. Det er ikke stor utvikling på den fronten, så vi må gjøre disse ombrukskomponentene tilgjengelig, slik at de er klare til bruk» - Informant C.

Dette støttes opp av samtlige informanter. Problematikken handler om, til tross for store mengder av potensielle ombruksmaterialer, at landskapet er for uoversiktlig å manøvrere i. Det mangler en sentral kilde for ombruksmaterialer og «... *mangel på en gjennomgående sirkulær økonomisk tankegang*» som Informant D tilføyde. Informant F fortalte at markedet er på desperat jakt etter en løsning som kobler tilbud og etterspørsel sammen, men at løsningen må være økonomisk gunstig. Det finnes applikasjoner og programvarer som kobler informasjon om materialressurser inn i en database, som igjen kan kobles mot et åpent marked. Disse krever derimot betaling i form av lisenskostnader. Verdien tar i disse tilfellene ikke utgangspunkt materialressursenes verdi, men på lisenskostnadene til de ulike ombruksverktøyene. Informant F utdypet med følgende eksempel:

«... hvis jeg har en pall med treverk. Entreprenøren har planer om å kaste det fordi at de ser at hvis de skal transportere det, lagerholdet det og håndtere det, så koster det fem ganger det det koster å kjøpe ny pall. ... Si at de betaler 2000 kroner i avfallskostnad. ... Men så vet jeg om en ute i Oslo som har behov for den halve pallen og hen er villig til å betale 5000 kroner for den ... Men da må en plattform finne hen å koble de to sammen. For her har du en som ikke ser verdien i pallen og har lyst til å

kaste den, og så har du en som faktisk er villig til å betale 5000 kroner for den. Og da kan ikke vi ha en plattform mellom her som skal ta veldig mye betalt for bare plattformen» - Informant F.

Utfordringer med lagringsplass og oversikt

I likhet med problematikken vedrørende sammenkobling av tilbud og etterspørsel, kommer det frem av intervjuene at det er utfordringer knyttet til lagring av ombruksmaterialer. Det finnes i dag få løsninger som muliggjør lagring av ombruksmaterialer i stor skala og som går på tvers av bedriftene i næringen. Samtlige informanter var enige om denne utfordringen. Informant D vektla spesielt entreprenørens kostnad ved for eksempel å lagre brukte byggematerialer i en ubestemt tidsperiode. Informant G argumenterte for samme sak og fortalte i tillegg følgende:

«... it's a bit difficult because the timelines don't really match up with how you design a building and how or knowing what's available. Because by the time something's out of the building, that's still two years before you need it» - Informant G.

Informant A, B, D og F påpekte videre at sertifisering, transport, lagerhold og demontering er blant de største barrierene for ombruk i BAE-næringen. Grunnen til dette er kostnadene som kommer med disse fire barrierene. Prisene for nye byggematerialer med tilstrekkelig dokumentasjon og godkjent sertifisering er ofte billigere enn totalkostnaden for tilsvarende ombruksmaterialer. Informant F kom med eksempelet nedenfor for å understreke utfordringene knyttet til kostnader gjennom alle faser når det gjelder ombruk.

«... varer fra rivingsprosjekter for eksempel. Teglstein det må jo sertifiseres, og da er det i hovedsak Sintef eller et par andre aktører som kan det. Og da er det fire hovedelementer som er problemene eller utfordrende med ombruk, og det er sertifisering, transport, lagerhold og demontering, altså ekstra kostnad for å demontere skånsomt» - Informant F.

Informantene var videre enige om at en samlet materialsentral, som eksempelvis er etablert på Økern i Oslo (Ombygg), er et stort steg i riktig retning mot mer storskala ombruk. Informant D pekte videre på at dersom det kommer krav fra staten om at «... alle våre bygg skal skannes (3D-skannes), uavhengig av rehabilitering eller ei ... og man kan kartlegge ombrukspotensialet i de byggene kommunene har for eksempel» og at dette videre fjerner mange av disse barrierene. Kravsetting fra eksempelvis staten er ifølge informanten en nøkkelfaktor for at næringen skal gå fra en lineær økonomisk tankegang til sirkulær økonomisk tankegang. Informant G argumenterte i liknende ordlag og utdypet videre at denne typen krav fra byggherre muliggjør lagring av ombruksmaterialer på en ny måte som ikke krever et mellomledd med kostbar lagring.

Ingen krav til ombrukskartlegginger

Et annet gjennomgående funn fra intervjuene gjelder krav i sammenheng med kvalitetssikring av ombrukskartleggingene. Ifølge informantene er det per i dag ikke satt noen krav til kvalitetssikring av ombrukskartleggingers sluttrapporter. Kartleggingene baseres kun på Grønn Byggallianse sin ombruksveileder, men mange av informantene mener at veilederen gir for stort spillerom for tolkning og er ikke presis nok. Informant F forklarte ombrukskartlegginger som at «... per i dag så er det cowboyvirksomhet hvordan det blir gjennomført». Informanten mener videre at det ikke foregår noen som helst form for kvalitetssikring eller ettersyn på ombrukskartleggingene, og vektlegger at det enda

ikke har kommet regelendringer for det til tross for innføringen av kravet på gjennomføring av ombrukskartlegginger fra 1. juli 2023. Informant C og G delte samme syn, der Informant C i tillegg fortalte at mye av grunnen til at det gjennomføres ombrukskartlegginger i dag er et resultat av en økende popularitet på BREEAM-sertifisering. Informanten mener at kartleggingene skjer for å huke av for BREEAM-kravet fremfor å bruke kartleggingen for dets egentlige formål – nemlig ombruk. Informant G beskriver prosessene med ombrukskartlegginger som svake, ettersom det ikke er krav til hvem som bør gjennomføre dem eller kvalitetssikre dem.

4.2 3D-skanning i ombrukssammenheng

Risikodemping, kvalitetssikring av modeller og effektivisering

På tema om hvordan 3D-skanning er som verktøy og metode, var det en enighet blant samtlige informanter at den største fordelene oppnås i form av kvalitetssikring og risikodemping. Informant A fortalte at grunnen til dette kommer av; «... at man får tatt en grundig kvalitetssikring som er god første gang». Samme informant kom med følgende eksempel, der 3D-skanning tidlig avdekket feil og mangler i oppføring av et skolebygg:

«... vi har avdekket på hvert fall ett prosjekt ganske store avvik på plassering av bygget. Og på det prosjektet hadde ikke vi ansvar for plassering av bygget, det var byggherre sin ting. Fordi vi har hatt forprosjekt og plassert bygget i reguleringen sin, så skal vi nå komme inn å bygge. Men konsekvensen av at hvis vi ikke fant det, hadde først og fremst prosjektet blitt forskjøvet. Det er et skolebygg, så da er kostnadene som skal tas, det går på skattepenger, pluss at skolen ikke åpner til rett tid. Det er mye selv om vi kanskje ikke får en konkret besparelse som kommer på en kvittering. Det at vi får dempet risiko for at noe går katastrofalt feil, det er viktig» - Informant A.

Mange av informantene vektla videre av viktigheten 3D-skanning i tidligfase av en byggeprosess for å avdekke eventuelle avvik i forkant, samt effektivisere prosessene. Informant A, C og D fortalte lignende eksempler, der store tidsbesparelser ble oppnådd. Presisjonen til en 3D-skanning som er utført på korrekt måte kan bidra til å kutte mange av byggeplassbesøkene som tradisjonelt må gjøres. Dette bidrar til store ressursbesparelser. Informant D forklarte tidsreduksjonen på følgende måte:

«... hver gang vi hadde et prosjekteringsmøte, så var det en eller annen av rådgiverne som sa: «ja, da må jeg ut på byggeplass og måle». Og så fikk vi den modellen som ga tilgang til å måle digitalt og kontrollere denne modellen inn mot den skannede modellen. Og da kuttet vi ut nesten alle byggeplassbesøk fra rådgiverne fordi de kunne sitte hjemme og måle seg ut» - Informant D.

Informant A, D og E var alle enige om den gjennomgående effekten 3D-skanning har på produktivitet og effektivisering av byggeprosessene. I sammenheng med tradisjonell prosjektering har 3D-skanning slik det benyttes i dag, vært med å gjøre det enklere for mange av aktørene i et byggeprosjekts verdikjede. Informantene påpekte at presis informasjon med en gang som i tillegg kan deles med alle relevante fagområder uten nødvendigheten av fysisk byggeplassbesøk, er en stor forenkling av ellers tidkrevende prosesser.

Bruk av 3D-skanning er imidlertid ikke fri for feil. Mange av informantene fortalte at det er viktig med kompetente personer som utfører 3D-skanningen, slik at kvaliteten på

sluttproduktet blir bra nok. Informant A mente at eventuelle feil som kan oppstå under 3D-skanning sjelden dreier seg om feil med utstyr eller teknologi. Det handler som oftest om menneskelige feil underveis i arbeidet med skanningen. Før prosessen med 3D-skanning er helautomatisert og robotisert, vil risikoen for menneskelige feil alltid være til stede. Feilmarginene er imidlertid små og overskygger ikke verdien på sluttproduktet, dersom det er utført en 3D-skanning med god nok kvalitet.

Kostbart å gjennomføre, men høy nytteverdi

3D-skanning har en relativt høy kostnad for byggherrene på grunn av arbeidsmengden som ligger bak. Mange av informantene mente av den grunn at en utfordring med skanning som metode er kostnadsbildet. Informant F påpekte blant annet at kostnaden for gjennomføring av en 3D-skanning er for høy til at byggherrer ønsker å gjøre det av egen fri vilje.

«Hvis du har et bygg på 2 500 kvadratmeter, så koster en ombruksrapport rundt 60 000 kroner. Og så skal du legge på hvert fall 20 000 kroner på en god 3D-skanning og da har du 80 000 kroner i kostnad bare for å få oversikt. Så, er man villig til å betale 80 000 kroner for å få oversikt over hvilke komponenter som finnes i det bygget? Ja, nei eller kanskje? Men hvis det hadde vært sånn at hele pakken hadde kostet 35 000 kroner, så kan jeg garantere deg at 90% av alle eiendomsutviklere ville hatt den pakken for å få bedre oversikt ...» - Informant F.

Sammenlignet med den potensielle nytteverdien som oppnås, er ikke 3D-skanning dyrt. Byggherren betaler for fordelene med 3D-skanning, fordeler som til slutt vil tilfalle samme byggherre i etterkant. Informant B fortalte at arbeidskostnaden som kreves for at informasjonen skal bli like presis ved tradisjonelle byggeplassbefaringer som ved en 3D-skanning, vil kunne bli like høy eller høyere. Tidsbruken og påfølgende timebetaling for at fire-fem ulike fagingeniører skal på to-tre befaringer er høyt. Det betyr at kostnadene byggherrene til slutt sitter igjen med blir store. Bruk av 3D-skanning reduserer slike kostnader, og informanten mente derfor at 3D-skanning bør bli standard praksis på byggeplass.

Endring av prosesser

Blant de mest sentrale funnene fra intervjuene var informantenes tanker om hvordan 3D-skanning påvirker ombrukskartlegginger. Informant C, D og G uttrykte at de manuelle prosessene som tradisjonelle ombrukskartlegginger består av, kan forenkles med digitalisering. Informant C påpekte at en konkret fordel med 3D-skanning er georefererte lokasjoner i ferdig skannede modeller. Det vil derfor være enklere å manøvrere i bygget både i de tilfellene fysisk befaring kreves og ved eventuell demontering av materialer. Informant A og G delte Informant C sin tanke, og fortalte videre hvordan en 3D-skanning kan gi en digital tilstandsrapport. 3D-skanning vil ikke erstatte fysiske sjekker som i enkelte tilfeller må gjennomføres. Derimot kan den brukes for å sjekke om «... dette er godt nok til ombruk, dette er ikke godt nok» og på den måten gi et godt utgangspunkt for kartlegging.

«Det er virkelig slik at man vet hva man snakker om. Man kan peke, man kan vise og legge inn kommentarer som man kan komme tilbake til. Til og med om du sender folk på nytt til bygget, så er det fint å vite hvor de skal se. Det er en veldig nyttig database for informasjon» - Informant C.

Videre ble det argumentert for hvordan en fullstendig digital oversikt forenkler ombrukskartlegginger for alle involverte fagområder. Informant G grunnla dette ved at en digital representasjon er objektiv og uten filtrering. Ombrukskartlegginger slik de gjennomføres i dag kan være preget av at en ingeniør har ulik tankegang sammenlignet med en arkitekt. En arkitekt befarer basert på utforming og utseende, mens en ingeniør heller karakteriserer materialene utfra hva de er og ikke hva de er tiltenkt.

Kvalitetssikring av ombrukskartlegginger

Et gjennomgående svar fra samtlige informanter var hvordan 3D-skanning kan bidra til å kvalitetssikre ombrukskartlegginger. Det er ingen krav til ettersyn eller kvalitetssikring av en ombrukskartlegging, men ifølge Informant A kan; «... *man få tatt en grundig kvalitetssikring som er god første gang*» dersom 3D-skanning benyttes. Informant C, F og G var alle like i uttalelsene når det gjaldt kvalitetssikring, spesielt når det kommer til presisjon. Dagens praksis med hyppige byggeplassbefaringer og manuelle målinger og inntastinger er ikke presis. Det måles ofte feil og ting overses underveis på befaring. Informant C fortalte blant annet at det regelmessig oppstår feil på grunn av upresis oppmåling, feiltelling av mengde og overseelse av materialer med potensial for ombruk. Informant C ga typisk eksempel om at «... *nå har jeg glemt å måle opp disse vinduene. Og hvor mange var det egentlig? Er vi helt sikre på det?*».

Informant F og G fulgte opp samme tankegang som Informant A og C, og argumenterte for at en 3D-skanning er fordelaktig da den vil hjelpe til med å finne ut hvilke byggematerialer som er ombrukbare. Kvalitetssikring av en ombrukskartlegging kan gjøre at sluttrapporten fra kartleggingen ikke havner i en skuff, men faktisk fører til ombruk. Informant B utdypet med at kartleggingene gjennomføres, men at de sjeldent tas med videre slik praksisen er i dag.

Tidsbesparelser og effektivisering av ombrukskartlegginger

Et annet sentralt funn fra intervjuene er hvordan implementering av 3D-skanning kan spare tid, spesielt ved innhenting av informasjon til ombrukskartlegginger. Mange av informantene nevnte dette, men spesielt informant F utdypet svaret og mente at dette er blant de store positive egenskapene metoden kan bidra med. I likhet med hvordan 3D-skanning har økt effektiviteten i tradisjonelle byggeprosjekter, fortalte informantene at det har samme potensial innen ombruk. Informant F fortalte følgende:

«... hvis vi slipper å reise til Bergen for å gjøre en ombrukskartlegging eller dra dit og personlig se på det, men får oversendt en 3D-skanning som er god. Da vil jo det spare ressurser for oss og også reisekostnad, lønnskostnad og sånne ting» - Informant F.

Informant G argumenterte, i likhet med Informant F, for at tidsbesparelser er den største fordelene med 3D-skanning. Informanten påpekte samtidig at arbeidshverdagen forenkles ved at antall unødvendige reiser reduseres. Det er ikke gitt at alle fagområder trenger å være med på befaringene, men til tross for dette er det ofte at alle «*drar samtidig i samme bil*» som Informant G påpekte. Dette kommer av informasjonsgapet og en lite helhetlig oversikt over tilgjengelige ombruksmaterialer. Informanten forklarte utfordringen på følgende måte:

«That's a lot lower threshold than to take a day and go out to a building. Because maybe there's nothing for Electro, but there's a ton for VVS and there's a little bit for landscape or whatever. But I mean, you're probably all in the same car. So that's. It's a bit of a waste of time» - Informant G.

Samme informant fortalte videre at dette på sin side setter krav til kvaliteten på 3D-skanningen. Skanningen må være av tilstrekkelig kvalitet for å gi en overordnet oversikt, slik at det kan analyseres hvilke komponenter og materialer som kan være ombrukbare. Informant G fortalte i tillegg at det oppnås tidsbesparelser fordi det fjerner menneskelige feil, men gjentar at det fordrer en god nok kvalitet på skanningen. En god 3D-skanning muliggjør mer arbeid fra egen pult, og informanten mente at mer arbeid blir gjort fra egen pult fremfor ved reising og fysiske befaringer.

«It keeps you at your desk because, I mean, I hate sitting at my desk, but I also am way more efficient at my desk» - Informant G.

Informant A mente at 3D-skanning har varig verdig og at det kan effektivisere ombrukskartlegginger i fremtiden. En 3D-skanning av et bygg i dag kan gi god informasjon om samme bygg 10, 20 eller 50 år frem i tid. Dette avhenger derimot av noen forutsetninger til hva som gjør en 3D-skanning god nok. Informant F påpekte dette på følgende måte:

«Si at en 3D-skann plukker opp et kjøkken på et næringslokale i sjette etasje, kan den 3D-skanningen der si at det kjøkkenet her er 505 langt og det er 402 høyt for eksempel?» - Informant F.

Informantene fortalte hvordan en 3D-skanning som inneholder dimensjoner på de ulike komponentene og materialene, vil være en stor bidragsyter. Samtidig påpekte Informant G hvordan kvaliteten på 3D-skanningen avgjør i hvilket ledd den passer best. En 3D-skanning som ikke har dimensjoner, fungerer bra for å gi en generell betraktning av hva som er ombruksmaterialer eller ikke. Dersom skanningen har dimensjoner og størrelser på materialene, kan den brukes til avgjørelser på et dypere nivå.

«... photo scanning, that's good enough for a lot of things but getting the dimensions and stuff would be more useful. ... photos are useful when you're trying to just get a general idea of what is reusable. What has potential, what doesn't. But then dimensions are needed if you're trying to go that next step of "OK. Well, who can use this 12.7-meter long hulldekke?" or the dimensions are needed when you're actually going to people who are searching for it to use it in a project. If you're just doing it to see what has potential, photos are good enough, but you need dimensions for other things» - Informant G.

Barrierer og utfordringer for ombruk

Informantene pekte videre på at det er lønnsomt med 3D-skanning, men i et fremtidsperspektiv. Informant D mente at metoden i seg selv forbedrer og vil kvalitetssikre prosessene, men det fordrer at skanningen kan kobles direkte opp mot en plattform. Flere av de andre informantene delte samme syn, og påpekte at det kreves et mer operativt delingssystem før 3D-skanning blir vanlig praksis i ombrukssammenheng. Videre ble det nevnt at det er en utfordring at aktørene lager egne løsninger fra hver sin kant. Informant D nevnte dette som beskrivelse av dagens løsninger: *«Vi er ikke modne i bransjen for å tenke sirkulært og vi sitter alt for mye på vår egen tue. Noen må ta det ansvaret i tilfellet»*. Samme informant forklarte videre at gjenvinningsarbeid er godt

etablert i næringen. Det er derimot ikke nødvendigvis ombruk av de innleverte materialene som står øverst på agendaen for gjenvinningsentralene.

«... vi har en sentral avtale med Norsk gjenvinning og de, vi kaller en spade for en spade, de blåser i ombruk. De har spesialisert seg på avfall og forbrenning. De vil helst brenne mest mulig fordi at de får varmeenergi og de kan selge den energien videre» - Informant D.

Et annet punkt informantene nevnte var villigheten byggherrer er til å gjennomføre 3D-skanning. De mener at deler av næringen ikke ser nytten av å gjennomføre det, men; *«... det er sånn det burde vært»* som Informant B fortalte. Dette var de fleste andre informantene også enige i. De nevnte at de største fordelene med 3D-skanning oppnås ved anvendelse tidlig i byggeprosessen, gjerne før prosjektering i det hele tatt starter. Informantene fortalte videre at byggherrer ofte ikke ser verdien av det *«før det er for sent»*. De påpekte at det oftere diskuteres benyttelse av 3D-skanning etter at problemer dukker opp, fremfor i forkant for å avdekke dem.

«Det er ikke en høy nok grad av betalingsvillighet for en god 3D-skanning fordi at outputen, altså du får ikke tjent igjen de pengene på samme måte som at hvis man skal tjene penger på å eksempelvis pusse opp et hus. Først overflate-oppusser man, for det er billigere enn å ta ned bærekonstruksjoner» - Informant F.

Et annet gjentakende tema angående utfordringer er næringens begrensede vilje til å ta i bruk 3D-skanning som verktøy, spesielt med tanke på ombruk. Informantene påpekte at det er vanskelig for BAE-næringens aktører, hovedsakelig i prosjekteringsdelen av verdikjeden, å overbevise kundene eller byggherrene til å gjennomføre skanninger. Siden det ikke er nødvendig med 3D-skanning i dagens praksis *«... så er det nice-to-have, not need-to-have»* slik Informant F formulerte det. Samme informant forklarte videre at en stor del av oppgaven med å overbevise kundene ligger i å synliggjøre verdien av dataene fremfor kostnaden av arbeidet. Informant C, D og G hadde lignende svar, der alle påpekte utfordringen som ligger i at kunder synes det er dyrt. Informant D forklarte at grunnen for dette sannsynligvis omhandler mangelen på erfaring og kompetanse innen skanning. 3D-skanning blir ikke vurdert gjennomført uten opparbeidet erfaring, og at det er kun med erfaring fra tidligere bruk at kundene ser verdien av det. Informanten forklarte videre at det ikke nødvendigvis er ombruk som er med å modne dette, men heller rette et fokus på effektivisering av prosesser kan være med å overbevise kundene.

Innenfor samme tematikk snakket informantene om at det må komme krav som gjør at byggherrene ikke kan unngå 3D-skanning. Informantene påpekte sammenhengen mellom betalingsvillighet og gjennomføringsevne opp mot kravsetting i eksempelvis TEK, DOK eller SAK. Informant C, F og G fortalte at kundene kun ser nytten av 3D-skanning *«når man må ha det»* fremfor *«når man bør ha det»*. Et krav om bruk av 3D-skanning vil derimot kunne endre på dette. Informantene pekte videre på aktørenes generelle betalingsevne og handlingsmønsteret som knyttes opp mot hva man må og ikke hva man bør.

«... I'm mostly involved in projects that already have good environmental ambitions. And I've found myself surprised before when I'm like "ohh yeah, everybody is totally down with ombrukskartlegging" and then you talk to a normal project and they're like "NO". So, it might be similar with this» - Informant G.

Dersom det ikke stilles krav er det ikke noe poeng å gjennomføre det for BAE-næringen, ettersom det ikke vil være nødvendig for godkjenning av prosjekter. *«Hvis rapporten er*

god nok, så trenger du ikke det» fortalte Informant F. Skal næringen gjøre alvor av ambisjonene om mer utnyttelse av ombrukspotensialet kan det ikke kun skje gjennom pilotprosjekter. Informantene påpekte at mange av pilotprosjektene som er gjennomført i ombruksøyemed ikke har hatt økonomisk gevinst som et mål. Målet har vært å belyse hvor miljøvennlig et byggeprosjekt kan være, og på denne måten forsterke eget renommé og vise at ombruk er mulig.

4.3 Rolle plassering og nytten i rivingsprosjekter

3D-skanning i sentrum av prosjektering og planlegging

Når det gjaldt spørsmål rundt rolleplassering av 3D-skanning innen ombruk, var det mange av informantene som gav lignende svar. Fellestrekket var at 3D-skanning bør benyttes i tidligfase, og ha en sentral rolle gjennom hele byggeprosessen. Informant B fortalte blant annet at dersom bygninger 3D-skannes før prosjekteringsarbeidet starter, kan dette være en del av grunnlaget for en avgjørelse om rehabilitering eller renovering. Informanten sa: *«Man har et bygg også trenger man å vurdere forskjellige alternativer. Blir det rehabilitering? Renovering? Man trenger en god oversikt veldig tidlig»*. Informant G påpekte det samme som informanten over, og beskrev det på følgende måte:

«It's difficult when you get like a request for tilbud, it's like "OK here we have a building that we want an ombrukskartlegging on, like it's this many square meters" and it's like "OK, cool". I have no idea; it might be full of really good stuff. Maybe it's full of crap. Maybe it's not. Maybe it's empty. It's really difficult to kind of figure out the scope and scale. But if you're like "OK, here is what we're working with" then it's a lot easier to have things more accurate from the start» – Informant G.

Informant C, D og E påpekte det samme. Informant E sammenlignet en 3D-skanning med et digitalt kart av det aktuelle bygget som opererer uavhengig av geografi. All informasjon og påfølgende forespørsler fra ulike fagfelt samles under ett tak. Informant E fulgte opp med en lignende sammenligning:

«... det blir som å sammenligne med Google Maps, altså du slipper å gå ut og reise dit for du har «Google Maps» av selve bygget. Det er egentlig det den skanningen er» - Informant E.

Informant F hadde lignende tanker som de ovennevnte informantene, men fortalte videre 3D-skannings potensielle rolle i en konkret oppgave som ombrukskartlegging. Det faller tilbake på kravsetting fra Grønn Byggallianses ombruksveileder, spesielt med tanke på de lovfestede kravene om ombrukskartlegginger som trer i kraft 1. juli 2023. Informanten sa følgende:

«... fra 1. juli pålegges kartlegging og da føler jeg at hvis Grønn Byggallianse kunne satt et krav i veilederen sin om at man helst vil ha 3D-skanning inn i ombrukskartleggingsprosessen, så er det der det hører hjemme vil jeg si» - Informant F.

3D-skanning og rivningsarbeider

I rivingsprosjekter er det viktig med størst mulig oversikt for å kontrollere masser, materialer og lignende. Informant D og E fortalte hvordan 3D-skanning kan være med å utvikle dette og hvilke fordeler det har, spesielt for byggherrer. Informant C påpekte videre at 3D-skanning burde være et krav eller forutsetning dersom et bygg skal rives. En skanning skaffer en oversikt over eventuelle ombruksmaterialer uten for mange

befaringer. Informanten fortalte videre et eksempel der en 3D-skanning ble gjort på rivingsprosjektet av Godsterminalen i Nybyen, Drammen:

«De hadde bestemt å rive de tilbyggene som var rundt den historiske delen. Dette måtte planlegges og det går på full BIM, fullt 3D-prosjekt. Alt skal være med på riveprosjektet, så det må modelleres opp. Hva er det som beholdes? Hva er det som rives? Og det er det som er planleggingsverktøyet. For å kunne modellere opp det eksisterende og det som skal rives må man nesten, ja, man må skanne fordi hvis man ser på tegningene som er fra for eksempel attenhundretallet, så får man ikke trygg informasjon» - Informant C.

Informant G forklarte lignende bruksnytte som Informant C, men påpekte hvordan det muliggjør en ny type prosjektering av bygg. Dersom det gjennomføres ombrukskartlegginger med 3D-skanning som gir et solid oversiktsgrunnlag, kan materialene lagres direkte i bygget som skal rives. Prosjekteringen av det nye bygget kan derfor baseres på en mer forutsigbar tilgjengelighet av ombruksmaterialene. Samme informant fortalte samtidig fordelene dette kan gi med hensyn til kostnad og lagerutfordringer. Dette kom som følge av erfaring informanten opparbeidet ved prosjektene Lærdal Medical og Trondheim Torg.

«So, people can look through the building and reserve it before it gets to these intermediate stages, and before it's listed on these sites. The buildings as material banks concept kind of in practice. Because, every time the material moves, that's when the costs increase, and storage is expensive» - Informant G.

Informant F fortalte eksempler på lignende fordeler som Informant C og G beskrev over. Informanten argumenterte på sin side videre for at 3D-skanning har et større potensial og flere fordeler i rehabiliteringsprosjekter enn ved rivingsprosjekter. Grunnen til dette er at utgangspunktet er annerledes ved rehabiliteringsprosjekter. Det er det eksisterende bygget som er grunnlaget, mens i eksempelvis nybygg er grunnlaget arkitektens tegninger. Videre fortalte informanten at bruk av 3D-skanning gjør det enklere å undersøke hva som skal ut, hva som midlertidig ut og hva som skal bli værende. Følgende eksempel ble brukt som beskrivelse:

«Når du skal rehabilitere, så er det litt sånn som at folk som driver og rehabiliterer klokker for eksempel, filmer prosessen for å vite at de komponentene som skal tilbake igjen settes på riktig plass. Og det er fordelen med 3D-skanning når du skal få oversikt over hvilke komponenter som skal tilbake igjen, og hvilke som skal ut og ut på markedet for eksempel ...» - Informant F.

5 Diskusjon

I dette kapitlet blir oppgavens forskningsspørsmål diskutert og reflektert over, med teori- og resultat-kapitlet som grunnlag. Dette er oppgavens analyse av uthentet data fra intervjuer og litteratur, og har som formål å besvare problemstillingen: *Hva slags innvirkning har 3D-skanning av bygg på BAE-næringens ombrukspotensial?*

5.1 Hvilke utfordringer med ombruk er det som er mest fremtredende?

Hvordan er utviklingen til ombruk?

I dagens BAE-næring er det fremdeles faktorer som begrenser ombruk. Samtidig er det ingen tvil om at både tilbud og etterspørsel på ombruksmaterialer finnes. Av resultatene fremkommer det derimot at utfordringen ligger i mangelen på en fullverdig løsning som kobler tilbud og etterspørsel sammen. Riktignok etableres det stadig flere nye både digitale og fysiske løsninger med hensikt å tilgjengeliggjøre ombruksmaterialer i større grad (OMBYGG, 2023; Rehub, 2022; Sandberg & Kvellheim, 2021). Informantene fortalte likevel at det fremdeles er vanskelig å finne ombruksmaterialer som er relevante for bestemte prosjekter.

Det kan late til at ombruksmarkedet, nyvinningene til tross, ikke er modent nok enda for storskala ombruk i næringen. Det er positivt at tilbud og etterspørsel ikke lenger er en sentral barriere, men markedet fremstår uoversiktlig og komplekst. Informantene påpekte vanskeligheter med å finne rett material til rett tid på rett sted. Det skal med andre ord ikke være store avvik før eksempelvis prosjekteringsfasen dras ut i tid. Sett fra en byggherres perspektiv, betyr det økt kostnad i form av utsettelse og en prosjekteringsprosess med uklarheter.

Ombruk har som oftest en lokal tilnærming i dagens BAE-næring. Det betyr at ombruksmaterialer omsettes ofte internt i bedriftene på tvers av prosjekter. Når det søkes etter bestemte typer ombruksmaterialer på det åpne markedet, er det ofte vanskelig å finne rett mengde av samme artikkel. Informant C understreket dette med et eksempel om at selv et fåtall av samme type servant, viste seg å være utfordrende å få tak i. Typen servant var ifølge informanten ikke sjelden i seg selv, men ettersom det ikke finnes en sentral database for kjøp og salg var det vanskelig å lete. Dette tolker jeg som enda et signal om at ombruksmarkedet ikke er fullmodent enda. Når det uttrykkes problematikk med å finne samme type materialet i et fåtall, tyder dette på et marked uten oversikt.

Det mangler et helhetlig oversiktsbilde av tilgjengelige ombruksmaterialer. For at ombruk virkelig skal ta av i storskala, må disse utfordringene gjennom en drastisk endring. Samtidig kan dette tolkes i en positiv retning. Sandberg og Kvellheim (2021) beskriver at nettopp dette er en utvikling som næringen kan utnytte. Basert på resultatene kan det bety at de hadde rett. Potensialet for ombruk blir bare forsterket av at tilbudet og etterspørselen på ombruksmaterialer er der. En løsning som kobler disse sammen og skaper et oversiktlig marked er en overkommelig utfordring. Skulle det vært motsatt,

altså at tilbud og etterspørsel ikke var til stede, ville ombruk trolig vært langt vanskeligere å gjennomføre.

Det finnes derimot flere ulike plattformer som prøver å knytte tilbudet og etterspørselen sammen. Basert på resultatene tolker jeg dit hen at disse nye plattformene ikke nødvendigvis forenkler manøvreringen i det uoversiktlige markedet. Grunnen for dette er at mange av plattformene som etableres ligger bak betalingsmurer i form av lisenskostnader. Informant F sitt «pall med treverk»-eksempel tydeliggjør hvordan plattformene som er ment å rive ned ombruksbarrierer, i stedet bidrar til å bygge opp nye. Derimot kan dette gjøres om. Programvareutviklere later til å tenke at verdien i plattformene som etableres kommer ved å tjene penger på lisensen. Dersom verdisetningen flyttes fra lisenskostnader til verdien av ombruksmaterialet, vil dette kunne endre perspektivet. Erfaringer fra pilotprosjekter som KA-13 viser at ombruk generelt er et dyrt konsept (Anne Sigrud Nordby et al., 2021). Det betyr at hvis det kommer en ombruksplattform uten lisenskostnader og med en solid material-database, kan det senke terskelen. I likhet med viktigheten av å legge verdien i selve ombruksmaterialet, vil gratis lisens på ombruksplattformer tilgjengeliggjøre plattformene for alle interesserte. Dette vil deretter kunne gjøre et uoversiktlig marked til et terreng med enkle ruter å manøvrere i.

Samarbeid på tvers av aktørene i alle ledd av verdikjeden kan være en annen del av løsningen på utfordringen med å koble tilbud og etterspørsel sammen. Det er en «... *mangel på en gjennomgående sirkulær økonomisk tankegang*» og aktørene «... *sitter for mye på hver sin tue*» fortalte Informant D. Dette tolker jeg som en tydelig forklaring på den underliggende utfordringen bak hvorfor tilbud og etterspørsel av ombruksmaterialer ikke er løst. Benachio et al. (2020) viser til hvordan næringen stadig jobber med å rette fokuset vekk fra lineær økonomi og mot sirkulær økonomi. I tillegg er det flere og flere aktører som ønsker dramatiske kutt i klimaavtrykket de avgir innen årene 2030 og 2045, i tråd med FNs bærekraftsmål (FN-Sambandet, 2022).

Ifølge informantene er begrepet og forståelsen rundt sirkulær økonomi og dens betydning veletablert i næringen. Derimot virker som at det kun er tilfellet i teoretisk forstand. Sirkulær økonomi har fremdeles en lang vei å gå i praksis i BAE-næringen. Årsakene til dette mener jeg kommer av økonomiske grunner. Bruk-og-kast-strategien, som er et resultat av lineær økonomien, har en økonomisk fordel sammenlignet med sirkulær økonomi. Lineær økonomi er ofte den billige løsningen (Miljødirektoratet, 2022) og er av den grunn svært attraktiv. Næringen er i tillegg svært profitabel, og tiltrekker mange bygherrer med ambisjoner om å tjene mest mulig penger. Ifølge informantene trumfer dette klima- og miljøambisjoner i mange tilfeller. Derfor kan det tyde på at «... *mangel på en gjennomgående sirkulær økonomisk tankegang*» kan være det største problemet i denne sammenhengen.

På en annen side viser både teorien og resultatene at BAE-næringen har veletablerte rutiner for gjenvinning og avfallshåndtering. Er ikke dette et tegn på at næringen tenker sirkulær økonomisk likevel? Jeg mener at dette ikke er tilfellet. Gjenvinning er ikke nødvendigvis positivt i det store miljøregnskapet og det ligger helt i utkanten av hva som kan betegnes som sirkulær økonomisk tankegang. Avfallet som BAE-næringen generer på landsbasis, er nærmere 2 millioner tonn. Videre er det anslått at mye av avfallet består av brukbare materialer. Til tross for dette er det fremdeles ventet en økning i avfallsutslippene de kommende årene (SSB, 2022; Statkraft & Resirqel, 2022). Dette tyder på at næringens avfallshåndtering ikke er bærekraftig.

Resultatene viser til grunner som forklarer hvorfor avfallshåndteringen ikke er bærekraftig. Det er nemlig mange avtaler mellom eksempelvis entreprenører og gjenvinningsstasjoner, slik at avfallet sorteres og kastes på rett sted.

Gjenvinningsstasjonene har på sin side en økonomisk gevinst i å forbrenne mest mulig av avfallet for generering av eksempelvis varmeenergi som kan videreselges. Dette kan tyde på at næringen bør rette fokuset høyere opp i avfallshierarkiet og gjøre en større innsats for å redusere gjenvinning. For å unngå at en tredjepart skal tjene penger på materialer som kunne vært benyttet i sin helhet et annet sted, bør ombruk prioriteres. Derfor tolker jeg det slik at næringen forsøksvis prøver å omstille mot sirkulær økonomi, men at gjenvinning og gjenbruk ikke er tilstrekkelig for en fullstendig omstilling. Ombruk er plassert høyere i avfallshierarkiet av en grunn. Skal næringen ha ambisjoner om en gjennomgående sirkulær økonomi, er ombruk blant løsningene.

Overskygger kostnadsbildet fordelene innen klima?

BAE-næringen har kostnadsrelaterte utfordringer når det kommer til ombruk. Faktorene som driver opp kostnadsbildet er transportering av materialer, mellomlagring og lagring før endelige benyttelse (Sandberg et al., 2022). Mangelen på oversikt over tilgjengelige ombruksmaterialer fører til en krevende prosjekteringsfase, der transport og lagring av materialene byr på krevende logistikk. Prosjekteringen dras gjerne ut i tid fordi ombruksmaterialer oppdages underveis. Som informantene påpekte i intervjuene, kan ikke ombruksmaterialer bestilles spesialtilpasset. Prosjektene må tilpasses ombruksmaterialene. Av den grunn tolker jeg det som løsningen som fører til en storskala økning av ombruk i BAE-næringen er at ombruksmaterialene tilgjengeliggjøres. Med tilgjengeliggjøring menes redusert transport-kostnad for materialfrakt og etablering av lagringstjenester og markeder. Dette er sentrale faktorer som jeg mener må ligge til grunn for at næringen kan videreutvikle ombruksinnsatsen. OMBYGG virker å være et steg i riktig retning med hensyn til lagrings- og transport-kostnader. Lagerhallen ligger sentralt plassert på Økern i Oslo, noe som gjør den strategisk plassert for aktører som opererer på Østlandet. Samtidig er hallen stor og har potensialet til å fjerne utfordringen med lagringsplass. Flere slike insentiver flere steder i landet er viktig.

Informantene påpekte flere utfordringer som kan kategoriseres under samme segment som lagringsplass og transport. Sertifisering og demontering er andre barrierer som, samtidig med transport og lagringsplass, identifiseres som de største barrierene for ombruk (Sandberg et al., 2022; Sandberg & Kvellheim, 2021). Enkelte ombruksmaterialer vil måtte gjennomgå ytelsestester og resertifisering for at de skal kunne bli godkjent for ombruk. Jeg mener det på sin side ikke er tilstrekkelig at næringen kun løser problemene med ineffektivitet, mangel på en fungerende ombruksplattform og lagringsproblematikken. Uavhengig av dette vil ombruk fremdeles ha ekstra tilknyttede kostnader. Kostnadene vil, sammenlignet med nye materialer, være eksklusive for ombruksmaterialer og kan være en unngåelig hemmende faktor for ombruk. Skulle næringen derimot øke effektiviteten i prosjektering, opparbeide en fungerende ombruksplattform og få etablert store ombrukslagere, vil store deler av det totale kostnadsbildet reduseres. Det kan bety at skulle reduksjonen av kostnadene overgå kostnadene ved resertifisering og skånsom demontering, kan det ha stor innvirkning på ombruk likevel. Om noe vil kostnadsbarrieren blir mindre og ombruk blir mottakelig ovenfor bygherrer.

Trumfkortet i argumentasjonen for økt ombruk ligger i å belyse fordelene ombruk har. Klima- og miljøgevinster er den fremste fordelen med ombruk, og hele visjonen med økt

ombruk har rot i målene som er satt av FNs klimapanel. Avfallshierarkiet plasserer ombruk høyt. Det kommer av de enorme ressursbesparelsene og klimagassreduksjonene som ombruksmaterialer fører til (Leland, 2004; Miljødirektoratet, 2016). BAE-næringen står alene for omtrent en tredjedel av de globale utslippene og dette svekker næringens omdømme. Derfor mener jeg det er særdeles viktig å spille på prinsipper som letter på det globale utslippstrykket. Ombruk er blant de sentrale løsningene her.

Samtidig kan det av resultatene tolkes som at det er positive trender i næringen som viser tegn til at klimavennlig tankegang stadig får økt fokus. Informant D og F påpekte hvordan gjenvinning allerede er godt etablert. Det mener jeg er positivt. Utfordringen ligger i å ta det videre fra gjenvinning til ombruk. Gjenvinning oppfatter jeg som den «enkle utveien» både økonomisk og med hensyn til logistikk. Økonomi er for ofte det sentrale elementet for næringens avfallshåndtering. Det betyr at å kun belyse klimafordelene med ombruk ikke er tilstrekkelig for storskala benyttelse. På samme måte gjelder dette reduksjon av kostnader knyttet til transport og lagring. Det må skje forbedringer i alle ledd. Kostnadsbildet må reduseres, prosessene med ombruk må effektiviseres og klimafordelene ombruk har må i større grad tydeliggjøres. Dette vil styrke argumentasjonen i å overtale en byggherre til å gjøre det.

Er ombrukskartlegginger troverdige?

Av teorien fremkommer det at verken kartlegginger eller undersøkelser i forbindelse med forberedende arbeid for ombruk ikke er noe nytt for BAE-næringen.

Ombrukskartlegginger er stilt som krav i ulike miljøsertifiseringsprogrammer, deriblant i BREEAM-NOR manualen. I tillegg er det etablert en veileder og forskningsprosjektet REBUS ble laget for å undersøke hvordan ombruk kan gjøre BAE-næringen mer sirkulær økonomisk (Grønn Byggallianse, 2022; Grønn Byggallianse & Statsbygg, 2021; Magnus Kron et al., 2022). Teorien forteller samtidig at det ikke er krav til selve ombrukskartleggingens innhold eller kvalitetssikring av den. Basert på informantenes forklaring på hvordan ombrukskartlegginger gjennomføres i praksis, tolker jeg det som at dette er en betydelig svakhet. Ønsket om mer ombruk avhenger av at ombruksrapporter innehar sikker og presis informasjon.

Ettersom det kun er en veileder uten bestemte krav for ombrukskartleggingers sluttprodukt, gir dette rom for subjektiv tolkning og kartlegginger som ikke vektlegger innhold. Kartleggingene kan heller ikke anses som standardiserte som følge av dette. Med en veileder som gir tolkningsrom, kan rapportene bli forskjellige både i omfang, struktur og innhold avhengig av hvem som har gjennomført den. Kravene til gjennomføring av ombrukskartlegginger som trer i kraft 1. juli 2023 (Norsk miljøkompetanse, 2022), fører ikke automatisk til at ombrukskartleggingene følges opp. Dette er i tråd med informantenes syn på saken. Derfor kan det tyde på at krav til gjennomføring på en side fører til mer fokus på ombruk og genererer flere ombrukskartlegginger. På en annen side kan dette også føre til at ombrukskartlegginger kun blir gjort for å tilfredsstille kravet uten at det er hensikt om å følge den opp. For å tilfredsstille enkelte miljøsertifiseringer kan det i praksis skrives ut en ombruksrapport fra kartlegging, som videre legges i en skuff uten at den gjennomgås for ettersyn eller at den følges opp. Dette mener jeg er et problem kan svekke ombrukskartleggingenes troverdighet.

Ombrukskartlegginger vært gjennomført i BAE-næringen i flere år i forbindelse med ambisjonsrike miljøprosjekter. Derfor er det grunn til å tro at det har opparbeidet seg kunnskap og kompetanse på området innad i næringen. Oppgavens litteratur sier seg

delvis enig i dette. Resultatene fra intervjuene viser derimot det motsatte. Dette kan tolkes som et typisk eksempel på forskjellen mellom teori og praksis. Ingen krav til verken tilsyn eller ettersyn av rapportene gjør dem svake når det kommer til troverdighet. Som Informant F sa, er den generelle oppfatningen at «... per i dag så er det cowboyvirksomhet hvordan det blir gjennomført». Det betyr at hvem som helst i teorien kan utføre en ombrukskartlegging uavhengig av forhenværende kunnskaper og kompetanse. Derfor mener jeg at pålegget om obligatorisk ombrukskartlegging ikke nødvendigvis fører til mer ombruk.

Samtidig kan det være slik at nettopp denne typen krav om ombrukskartlegginger tvinger frem ytterligere krav til kvalitetssikring av innholdet. Det fordrer likevel oppfølgende handling fra bestemmende organ. Som Informant F påpekte, dersom Grønn Byggallianse mener alvor av ombruksambisjonene, må det settes strengere krav til kvalitetssikring. Når rapportene skal tas i bruk, vil de kunne bidra til mer konstruktiv informasjon ettersom en vet de har vært gjennom en kvalitetssikrende prosess. På den måten styrkes ombrukskartleggingene og kan bidra til mer ombruk.

5.2 Er det lønnsomt å gjennomføre en 3D-skanning i ombrukskartlegginger?

BAE-næringen har i de senere årene benyttet 3D-skanning i økende grad på forskjellige områder. Dette har skjedd i takt med at næringen til stadighet heller mer og mer mot BIM-modeller og papirløse prosjekter (Binjin et al., 2018; Kirby et al., 2017). Næringen har av den grunn opparbeidet kunnskap og kompetanse på hvilke fordeler 3D-skanning tilbyr. Barbosa et al. (2016) beskriver hvordan feil- og avvikshåndtering har blitt endret etter at bygninger 3D-skannes og oppgavens resultater gir samme beskrivelse. Dette tyder på at risikodemping og kvalitetssikring av at planlagt arbeid er i samsvar med virkeligheten, er blant arbeidsområdene 3D-skanning har påvirket mest. Spesielt når det gjennomføres i tidligfase av byggeprosessen.

Resultatene inneholder flere eksempler på hvordan avvikshåndtering får en annen betydning når det 3D-skannes. Fremfor at feil oppdages på byggeplass, klarer man nå å oppdage feilene før oppføring på byggeplass ved at informasjon om eksempelvis byggefeltet er mer presist. Dette gjør at potensielt fatale feil, både sett fra et økonomisk og byggeteknisk perspektiv, unngås. Det er et kjent problem i BAE-næringen at det oppstår feil på byggeplass. Feilene skaper blant annet uønskede kostnader og en økende avfallsmengde som driver kostnadsbildet opp. 3D-skanning minimerer risikoen i denne sammenhengen og er av mange ansett som en viktig del av prosjekterings kvalitetsikring.

Hvordan kan 3D-skanning påvirke arbeidet med ombrukskartlegginger?

3D-skanninger i byggeprosess har klare fordeler når det kommer til å endre en arbeidsmetode fra manuell mot automatisert, som beskrevet av Son og Han (2023). Der ble det konkludert med hvilke fordeler 3D-skanning har innen automatisering og kvalitetssikring av prefabrikkerte elementer før utlevering til byggeplass. Resultatene fra intervjuene foreslår samme prinsipper når det gjelder ombrukskartlegginger. Ombrukskartlegginger består hovedsakelig av manuelle prosesser (Anne Sigrid Nordby et al., 2021). Siden det gjennomføres manuelle oppmålinger og betraktninger brukes mye av kartleggingstiden på byggeplassbefaringer for dobbeltsjekk og trippelsjekk av elementer og komponenter som kan ha blitt glemt fra forrige befaring. Av den grunn mener jeg at 3D-skanning kan gi dette arbeidet en drastisk retningsforandring. Dersom

det gjennomføres en 3D-skanning av tilstrekkelig kvalitet, samles det inn presis informasjon umiddelbart med liten risiko for feil. Dette reduserer unødvendig tidsbruk på avvikshåndtering. Samtidig kan arbeidet med kartlegging gjøres fra egen pult i form av at all informasjon foreligger digitalt. Skanning gir i tillegg sikker informasjon, noe som fjerner nødvendigheten av hyppige byggeplassbesøk og manuell plotting av fysisk synlig informasjon.

For at 3D-skanning skal erstatte mange av byggeplassbefaringene må det ligge et premiss til grunn om at skanningen har tilstrekkelig kvalitet. Men hvor god må kvaliteten være for at den klassifiseres som tilstrekkelig? Ifølge informantene kan en 3D-skanning som kun består av bilder være tilstrekkelig for å danne et oversiktsbilde. Dette er godt nok for å kartlegge potensielle ombruksmaterialer. Dersom skanningen har dimensjoner og størrelser på materialene kan det gjøres grundigere beslutninger om hvorvidt ombruksmaterialene kan videreselges eller brukes andre steder. Slik jeg tolker dette betyr det at kvaliteten bestemmes ut ifra detaljnivået som skanningen innehar. Det vil si at spørsmålet om hva som er tilstrekkelig kvalitet heller burde dreies mot hvor detaljert man ønsker den. Skulle skanningen ha dimensjoner og størrelser på plass, kan flere av avgjørelsene tas bak PC-en. Samtidig betyr høyt detaljnivå på en skanning mer jobb, og kostnad, i skanningsarbeidet. Derfor må det på forhånd avgjøres hva som ønskes fra skanningen. Derimot er det liten tvil om at 3D-skanning, uavhengig om det kun er en fotoskanning eller med materialdimensjoner, reduserer antall befaringer på byggeplass.

3D-skanning vil på en annen side ikke kunne erstatte alle fysiske befaringer på byggeplass, men skanningen kan benyttes for å skape oversikt og gi et helhetsbilde direkte. Informasjonen vil riktignok være presis og viktige ombruksmaterialer kan enklere oppdages. Derfra kan ingeniører, arkitekter, entreprenører og andre deltakende i arbeidet være mer sikker i forkant av befaringer på hva som skal undersøkes ytterligere. Dette mener jeg vil effektivisere også de fysiske kartleggingene. Derimot finnes ikke 3D-skanninger i dag som erstatter fysiske ytelsestester av eksempelvis materialer som teglstein og hulldekkelementer. Disse må gjennom en demonteringsprosess, ytelsestester og trykktestes før det kan godkjennes som ombruksmateriell. Skanningen kan vise deformasjoner og gi et inntrykk av ombrukbarheten, men dette vil ikke være tilstrekkelig i en sertifiseringsprosess. Omfanget av hvor store besparelser man kan oppnå kan derfor være noe overdrevet fra informantenes side, men dette gjelder kun materialer som krever resertifisering. Ikke alle materialer må gjennom dette, og spesielt i disse tilfellene vil 3D-skanning ha størst påvirkning.

Når det gjelder produktivitet og effektivitet, vil 3D-skanning også her kunne ha en positiv innvirkning på ombrukskartlegginger. I prosjektering og modellering i tradisjonelle prosjekter viser erfaringer at 3D-skanning effektiviserer prosessene (Barbosa et al., 2016). Basert på intervjuene er det grunn til å tro at dette også gjelder for ombrukskartlegginger. Der fremkom det at ombrukskartlegginger består av hyppige byggeplassbefaringer som informantene beskrev som nødvendige hvis 3D-skanning hadde vært brukt. Det brukes mer tid på reising enn befarings og dette skaper unødvendig ressursbruk. Informantene påpekte i tillegg at personer med kompetanse i ulike fag, ofte reiser på befarings uten at det på forhånd er avklart hvem som trengs. Dette tolker jeg som at mangelen på oversikt igjen er en faktor som bidrar negativt. Å sende høyt betalt personell på befarings som ikke krever deres kompetanse er en ulogisk bruk av ressurser. Det fører til forsinkelser og tidssløseri. Med 3D-skanning kan denne utfordringen løses ettersom en får oversikt over hva som skal utforskes før

byggeplassbefaringen finner sted. På den måten kan hvert fagområde undersøke skanningen og vite om deres respektive fagkompetanse trengs for den kommende befaringen. Dette mener jeg er et tydelig argument for hvordan 3D-skanning øker ombrukskartleggingers produktivitet.

Barbosa et al. (2016) beskriver 3D-skanningens styrke på økt effektivitet og produktivitet. I tillegg er det klare argumenter som for at dette er tilfellet dersom 3D-skanning foregår i ombrukskartlegginger. 3D-skanning er derimot ikke gratis og siden det er relativt nytt for næringen, kreves det i mange tilfeller eksternt personell. Noen aktører i næringen har allerede opparbeidet erfaring med 3D-skanning og har egne personer og laserskannere. Dette gjelder dog ikke alle, og skanning i ombrukssammenheng er ofte ukjent terreng for mange aktører i næringen. Det betyr at det ofte trengs en tredjepart inn i prosessen og som naturlig nok skal ha betalt for tjenestene som leveres. Basert på informantenes uttalelser mener jeg samarbeid er et nøkkelord i denne sammenhengen. Det faller tilbake til Informant D sitt sitat om at aktørene «... sitter for mye på hver sin tue». Næringen bygger stadig opp kompetanse innen 3D-skanning. Dersom det ikke er rom for å dele dette, må kompetansen hentes gjennom innleid materiell. 3D-skanning burde blitt innlemmet i en totalpakke, slik som Informant F argumenterte. Betales de ulike tjenester hver for seg fra ulike leverandører, blir kostnaden høy. En totalpakke med 3D-skanning innlemmet i prisen for ombrukskartlegging, vil kunne redusere kostnadsbarrieren som foreligger i dag.

Flere og flere ombruksmarkeder og digitale ombruksplattformer etableres i BAE-næringen. Dette er et signal om næringens positive trend innen ombruk ifølge Sandberg og Kvellheim (2021). OMBYGG (2023) er blant de store satsingsprosjektene innenfor kategorien ombruksmarked. Dette tyder på at innovative løsninger finner veien i næringen og at utfordringene med ombruk blir forsøkt fikset. Dette mener jeg, i likhet med Sandberg og Kvellheim (2021), er positivt og viser at næringen modnes med hensyn til storskala ombruk. Derimot kan mange nyetablerte markeder og plattformer gjøre at ombruk forblir komplisert og uoversiktlig terreng. Nøkkelordet er igjen samarbeid. Dersom det blir en etablert consensus om at én plattform bør inneha majoriteten av informasjon på tilgjengelige ombruksmaterialer, vil dette potensielt unngås. 3D-skanning vil i tillegg oppnå størst effekt på denne måten. En sentral plattform som knytter alle aktører mot ett sted tilgjengeliggjør ombruksmaterialer for et større publikum. Skulle disse være 3D-skannet i tillegg, mener jeg ombruk blir mer ryddig og trygge beslutninger kan tas på bakgrunn av kvalitetssikret informasjon. Alt samlet på ett sted.

Byggherrers betalingsvillighet er derimot en utfordring som er menneske-basert fremfor teknologisk. Et sentralt funn fra intervjuene er hvordan betalingsvilligheten generelt i næringen ikke er sterk nok for gjennomføring av 3D-skanning. Dette tolker jeg som et resultat av at byggherrer ikke klarer å se verdien i det. 3D-skanning og ombruk er relativt nytt og dyrt. Byggherrer klarer derfor ikke å overse kostnadene, selv om mange av fordelene er åpenbare. Når det i tillegg ikke er tilrettelagt med mer optimale forhold for 3D-skanning og ombruk, kan det være at næringen trenger mer tid til å modne. Likevel mener jeg det er grunn til å stille ytterligere spørsmål ved hvorfor det skorter på betalingsvilligheten.

Er 3D-skanning for dyrt i den grad at byggherrer ikke har råd, eller må ombrukssambisjonene være store nok til at de tar seg råd? BAE-næringen omsetter for enorme summer årlig og er ikke en bransje som lider av underskudd. Hvis det stilles krav

til at 3D-skanning må gjennomføres i arbeidet med ombrukskartlegginger, vil ikke det medføre ødeleggende økonomiske konsekvenser for aktørene. Ifølge informantene gjennomfører byggherrer alt i henhold til kravspesifikasjonene i TEK, DOK og SAK. Det betyr i hovedsak at et pålegg om obligatorisk 3D-skanning i ombrukskartlegginger også følges opp. Regelendringen fra 1. juli 2023 om obligatoriske ombrukskartlegginger mener jeg er et bevis på hvorfor dette er en mulig løsning.

Er det nødvendig med 3D-skanning av ombrukskartlegginger som ikke har krav til kvalitetssikring?

BREEAM-NOR stiller krav til gjennomføring av ombrukskartlegginger for oppnåelse av deres miljøsertifisering på byggeprosjekter. I tillegg er det laget en veileder rettet mot byggherrer, som viser når og hvordan en ombrukskartlegging skal bestilles (Grønn Byggallianse, 2022; Grønn Byggallianse & Statsbygg, 2021). Dette mener jeg ikke er tilstrekkelig for at ombruk skal ta av i næringen. Basert på intervjuenes resultater styrkes min mening om dette. Veilederen til Grønn Byggallianse gir for store rom for tolkning og er vanskelig å jobbe ut ifra. Siden det heller ikke er satt krav til ettersyn eller kvalitetssikring av innholdet i en ombrukskartlegging, vil mye av verdien til kartleggingene forsvinne. Det er derfor viktig å etablere klare rammer for selve ombrukskartleggingen og ikke kun en veileder som viser hvordan den bestilles.

På en annen side viser dette hvordan 3D-skanning har potensialet til å gjøre en helomvending på kartleggingenes verdi. Selv om det ikke er stilt krav eller foreligger en tydelig veileder til innhold, burde det uansett være av interesse å levere kvalitet i ombruksrapportene. Med 3D-skanning kan dette oppnås uten at det nødvendigvis krever en veileder. Dersom ombrukskartleggingene i senere tid skal benyttes, kan aktørene være trygge på at innholdet er presist. Dette mener jeg styrker troverdigheten til ombrukskartleggingene og gir dem en større verdi for byggherrene å ha.

Ifølge teorien har 3D-skanningers egenskaper angående å skape oversikt og virkelighetsrepresentasjon, gjort det til et viktig verktøy for kvalitetssikring av prosjekteringsarbeid. Ombrukskartlegginger er på sin side preget av manuelle prosesser og er i tillegg tidkrevende i form av metodene som brukes for informasjonsinnhenting og -håndtering (Anne Sigrid Nordby et al., 2021; Sandberg et al., 2022). Dette kan tyde på at 3D-skanning burde passe som hånd i hanske for ombrukskartlegginger. Dersom skanningen utføres av kompetent personell som gir tilstrekkelig kvalitet på skanningen, vil den umiddelbare oversikten være behjelpelig underveis i kartleggingen. Samtidig er informasjonen som innhentes millimeterpresis umiddelbart, og som Informant A sa «... man får tatt en grundig kvalitetssikring som er god første gang». Med 3D-skanning gis det ikke like stort rom for tolkning og subjektive meninger. Skanningen tar bygget for det det er, og deretter er det opp til vært fagområde å undersøke hva som kan benyttes som ombruksmaterialer eller ikke. Dette vil skape en betydelig reduksjon i tidsbruk, øke effektiviteten og kvalitetssikre arbeidet.

Men ettersom 3D-skanning har mange åpenbare fordeler i ombrukssammenheng, hvorfor har det ikke blitt standard? Dette mener jeg kommer av ombruk sitt medfølgende kostnadsbilde, som ofte er større enn ved tradisjonelle byggeprosjekter. Ombruk medfører ekstrakostnader som følge av eksempelvis skånsom demontering og resertifisering. 3D-skanning vil derfor komme i tillegg til dette, noe som øker kostnadene ytterligere og skaper flere barrierer. Slik jeg tolker det, kan næringen aktivt gjøre et valg i denne sammenhengen: vente til teknologien er billigere eller overtale byggherrene til å gjennomføre det nå. Å vente til den teknologiske utviklingen gjør 3D-skanning billigere er

en usikker plan. Dette bygger på antakelser og en tro på at prisen faller. Overtalelse om at byggherrer skal betale for det nå, mener jeg er en bedre løsning. Fokuset i samtalene bør rettes mot verdien til dataene en får ut av en 3D-skanning. I tillegg bør effektivisering av prosesser være et styrende argument.

Ombrukskartlegginger som er gjennomført med 3D-skanning, oppnår en kvalitet og trygghet som har en stor langsiktig verdi for en byggherre. Grunnen for dette er at materialer som ellers hadde blitt gjenvunnet eller kastet, får en salgsverdi på det åpne markedet. Det som tidligere var en kostnad for avfallshåndtering, kan omgjøres til salgbare ombruksmaterialer med potensiell økonomisk gevinst. Riktignok vil også dette bygge på antakelser om at det er etablert et velfungerende ombrukmarked med oversikt. Av den grunn mener jeg det er best med et konkret krav. Pålagt 3D-skanning fjerner aspektene med antakelser og håp. Det vil automatisk skape en drastisk endring i næringen.

Sett fra et annet perspektiv; når det per i dag ikke er standard praksis, er det i hele tatt nødvendig å bruke ressurser på en 3D-skanning når det ikke kreves? Slik regelverk og kravene i TEK, DOK og SAK foreligger i dag, trenger ikke næringen å kvalitetssikre innholdet i kartleggingene. Kravet som trer i kraft 1. juli 2023 vil i teorien bidra til økt fokus og gjennomføring av ombruk. Dersom innholdet i kartleggingene på sin side ikke er poenget, men kun leveransen, kan dette tyde på et håp om en dominoeffekt. De fleste byggherrer prioriterer ikke ombruk i prosjekter, slik at å gjennomføre ytterligere arbeid på kartlegginger uten krav oppfattes som unødvendig.

Basert på litteraturen og resultatene er det kun i forbildeprosjekter at ombruk og ombrukskartlegginger har stått i sentrum. Dette tyder på at ombrukskartlegginger kun anses som verdifulle for byggherrer som har klima- og miljøambisjoner. Derfor er det grunn til å tro at dette også gjelder for villigheten til å kvalitetssikre kartleggingene. Det er en grunn til at det snakkes om BAE-næringens potensial for ombruk fremfor noe annet. Det holder ikke med et fåtall ambisjonsrike byggherrer for storskala ombruk. Kravsetting som pålegger alle byggherrer kvalitetssikring av ombrukskartleggingene, mener jeg vil ha en større påvirkning på ombruk og fører til mer direkte ombruk.

5.3 Hvilken rolle har 3D-skanning i ombrukssammenheng?

Hvordan bruke 3D-skanning for størst verdi?

3D-skanning har hatt suksess på andre områder enn ombruk i BAE-næringen. Son og Han (2023) forklarer dette ved å vise til bruksnyttene i tidligfase av byggeprosessen og at det er her 3D-skanning har størst påvirkning. Gjelder dette i ombrukssammenheng og? Informantene er tydelige i sitt svar. 3D-skanning får mest effekt dersom det gjennomføres tidlig. Fra mitt ståsted kan dette tolkes som et snevert syn på 3D-skanning sitt potensiale. 3D-skanning integrert i prosjekteringsfasen, gjerne som utgangspunkt for modelleringen, har utvilsomt store fordeler. Det vil gi et tryggere grunnlag med presis informasjon om eksempelvis areal og lignende. Derimot mener jeg at 3D-skanning innen ombruk har stor nytte flere steder i byggeprosessen. Anne Sigrud Nordby (2020) definerer ombruk som et relativt bredt begrep i form av «... å bevare/rehabiliterer et bygg framfor å rive det, eller å anvende brukte komponenter om igjen». Det betyr at 3D-skanning i teorien har påvirkningskraft på slutfasene i tillegg. Jeg tolker det som at den mest åpenbare påvirkningen til 3D-skanning er i tidligfase. Likevel mener jeg at ombrukskartlegginger utført med 3D-skanning har i et fremtidsperspektiv like stor, om ikke større, effekt.

Når det gjelder type prosjekt, tolker jeg det som at rehabiliteringsprosjekter er den typen prosjekt der 3D-skanning er mest logisk å benytte. Både teorien og resultatene peker på fordelene skanning gir ved modellering av eksisterende bygningsmasse. Grunnen til dette er at dokumentasjon og plantegninger ofte ikke stemmer overens med den reelle bygningen. Eksempelvis kan et bygg som er oppført på 1970-tallet ha oppdaterte plantegninger fra den gangen bygget ble prosjektert. Endringer av et bygg oppstår imidlertid gjennom et 50-års løp, slik at informasjonen fra oppføring ikke lenger er brukbart. Siden mye av dagens prosjektering består av BIM-modeller og digital modellering (Bertino et al., 2021; Kirby et al., 2017), vil en 3D-skanning av det eksisterende bygget forenkle modelleringsprosessen betraktelig.

Informant C understrekte hvor vanskelig det er å modellere eksisterende bygningsmasser uten en punktsky som utgangspunkt. Dette tyder på at næringen har bygd opp en avhengighet av det digitale, noe som gjør 3D-skanning uvurderlig. Samtidig kan dette være en grunn for ettertanke. Slik informantene fremstiller dette, bør skanning gjøres overalt på alle rehabiliteringsprosjekter. Dette mener jeg næringen bør være kritiske til. Det viktigste med alle prosjekter er at arbeidet som utføres er godt nok. Det vil si at det underliggende behovet for prosjektet skal dekkes. Hvis det viser seg at 3D-skanning fører til en enklere måte å møte behovene på, bør det gjøres. Dersom tilgjengelig informasjon om bygget er tilstrekkelig på forhånd, mener jeg at 3D-skanning ikke er nødvendig. Det kan ikke bli slik at det 3D-skannes uavhengig av nytten.

3D-skanning koster penger å gjennomføre, noe som fremkommer tydelig av informantene. Byggherrers ambisjoner er ofte styrt av kostnadsbildet. Det handler med andre ord om å «gjøre det så billig som mulig», og rehabilitering av et bygg er ikke et unntak. Resultatene viser også at terskelen er lavere ved rehabilitering for å gjennomføre 3D-skanning, nettopp fordi nytteverdien kommer tydeligere frem. Det kan bety at det er lettere å overbevise byggherre når det er konkrete tall eller eksempler å vise til. Samtidig er det et tegn på at næringen har opparbeidet erfaring på området. Tidsbesparelsene og den økte effektiviteten som oppnås ved å skanne et bygg har ofte en positiv betydning på kostnadsbildet. Erfaringsbaserte argumenter bør derfor fremlegges ovenfor byggherre. Oversikt oppnås enklere og som Informant F fortalte kan det sammenlignes med arbeidet en urmaker gjør med klokker. De «... filmer prosessen for å vite at de komponentene som skal tilbake igjen, settes på riktig plass». Dette mener jeg er et tydelig signal om hvorfor det trengs mer satsing på 3D-skanning. Det virker som at overtalelse av byggherre er en stor hindring, men dersom det opparbeides en solid erfaringsbank med positive effekter vil metoden lettere la seg gjennomføre.

Når det gjelder anvendelse av brukte komponenter er det et stort potensial med tanke på avfallsmengden næringen genererer årlig (Statkraft & Resirqel, 2022). Derfor mener jeg at et krav om 3D-skanning av alle bygninger for å lage oppdaterte BIM-modeller, kan være en sterk bidragsyter til ombruk. Det vil ikke i alle tilfeller føre til direkte ombruk, som i rehabiliteringsprosjekter, men det kan kartlegge for fremtiden. Dette betyr at rivningsarbeider vil ha inngående dokumentasjon med høyt detaljnivå som gir en innholdsrik oversikt over alle komponenter i bygningen. På denne måten kan ombruksmaterialer tilgjengeliggjøres før de er fjernet eller revet, altså at det rivningsklare bygget brukes som materialbank. Resultatene viser at det er gjennomført rivningsprosjekter med fulletablerte BIM-modeller for en oversiktlig rivningsprosess. Godsterminalen i Nybyen i Drammen er et eksempel som viser nyttefunksjonen til 3D-skanning ved denne typen prosjekter. I dette tilfellet var det nødvendig å utforme en ny

og oppdatert BIM-modell av konstruksjonene og 3D-skanning ble beskrevet som uerstattelig i dette arbeidet. Dette mener jeg er et nyttig bevis på hvordan skanning gjør en såkalt umulig arbeidsoppgave til fullstendig gjennomførbar. Derfor fremstår det som at det hele hviler på byggherrenes skuldre. Det avhenger av villigheten og ambisjonene til byggherrene.

Må 3D-skanning være et krav for å gi den en rolle i ombruk?

Kostnadsbildet ved ombruk som følge av transport, skånsom demontering, sertifisering og lagerføring, er i dag blant de største barrierene for eskalert ombruk i BAE-næringen. Sandberg et al. (2022) og Sandberg og Kvellheim (2021) konkluderer med dette, som samsvarer med denne oppgavens resultater. Av den grunn mener jeg at et krav ikke burde være nødvendig. Fordelene er store ved bruk av 3D-skanning i ombrukskartlegginger og kan ta kartleggingene til et nytt nivå. Samtidig har 3D-skanning et kostnadsbilde som begrenser de ovennevnte fordelene sett fra byggherrenes perspektiv. Det kan derfor tolkes som at byggherrene oppfatter de potensielle kostnadsreduksjonene og verdien på dataene, men at kostnaden for 3D-skanningen overskygger fordelene. På en annen side kan dette være et signal om at prosjekterende og andre medvirkende i planleggingsfasen ikke argumenterer med rett fokus. Basert på teorien og resultatene er det både fordeler og ulemper med 3D-skanning, men i denne sammenhengen mener jeg at fordelene er større enn de negative sidene. Likevel er ikke 3D-skanning utbredt i næringen og dette bør forandres. Derfor mener jeg at det bør fokuseres på de kostnadsrelaterte fordelene samtidig som at verdien på dataene vektlegges i positivt ordlag. På den måten kan flere byggherrer overtales til å benytte det.

Krav eller ikke krav burde ideelt sett ikke vært en diskusjon. Benachio et al. (2020) og Huang et al. (2018) forteller hvordan BAE-næringen har tilnærmet seg en sirkulær økonomisk hverdag og utviklingen innen avfallshåndtering. Det er til stadighet økende miljøambisjoner rundt omkring blant næringens aktører. Bruk av 3D-skanning i et forsøk på økt ombruk burde av den grunn hatt en lavere terskel for overbevisning. Derimot viser dette, miljøambisjonene til tross, at næringen ikke har kommet like langt med bærekraftig utvikling og sirkulær økonomisk tankegang som den kan gi uttrykk for. Det er kostnader og ønsket om billigst mulig løsning som fremdeles stiller sterkest. Dersom miljøambisjonene hadde vært mer enn fremtidige visjoner, ville det trolig ikke trengtes ytterligere motivasjon. Derimot tolker jeg det slik at motivasjon og villighet er et problem. Derfor mener jeg at krav til obligatorisk 3D-skanning ved ombrukskartlegginger burde innføres, men ikke i alle tilfeller. 3D-skanning kan ikke bli til en aktivitet som gjøres uavhengig av informasjonen allerede er tilgjengelig. Det ville etter min mening vært sløsing av ressurser. Et krav som pålegger 3D-skanning i de fleste tilfeller, ville fjernet utfordringene med mangelen på villighet og miljøambisjoner.

6 Konklusjon

FN har konkludert med at verden har liten tid til å gjøre nødvendige omstillinger innen klimaproblematikken. Utslippene har derimot steget siden Parisavtalen ble underskrevet og timeglasset er nær ved å renne ut. BAE-næringen er en sentral brikke i klimapuslespillet og må hurtig omstille mot sirkulær økonomi. Ombruk er en viktig del av dette.

Hvordan er ombrukssituasjonen i BAE-næringen?

Ombrukssituasjonen i BAE-næringen er i dag fremdeles preget av mange barrierer og utfordringer som hindrer en oppskalering. Det foreligger både tilbud og etterspørsel på ombruksmaterialer, men det mangler et system som skaper oversikt over ombruksmarkedet. Det er etablert både fysiske og digitale ombruksmarkeder og -plattformer, noe som antyder en positiv trend i næringen. Samtidig er det vanskelig å overtale byggherrer til å gjennomføre ombruk grunnet kostnadsbildet det medfører. Derfor trenger næringen et spark med innovative løsninger som overgår kostnadsbarrierene og gjør ombruk mer attraktivt. Det er gjort forsøk i form av regelendringer som pålegger ombrukskartlegginger oftere. Dette er en positiv utvikling, men ombrukskartleggingene har på sin side ingen krav og beskrives som «*ren cowboyvirksomhet*». Ombrukssituasjonen i dagens BAE-næringen er derfor krevende og vanskeligstilt, men det er tendenser til endringer mot økt ombruk.

Er det lønnsomt med 3D-skanning i ombrukskartlegginger?

Ombrukskartlegginger preges i dag av manuelle prosesser som følge av manuell oppmåling og kartlegging av potensielle ombruksmaterialer gjennom hyppige byggeplassbefaringer. Slike kartlegginger har derfor et potensial for økt produktivitet og forbedret kvalitetssikring. 3D-skanning kan gjøre ombrukskartlegginger mer effektive, mer troverdige og øke brukbarheten. Skanningen er derimot ikke tilstrekkelig for ytelsestesting og resertifisering, og er i tillegg relativt dyrt å gjennomføre per i dag. Det betyr at 3D-skanning er lønnsomt ettersom det kan øke produktiviteten og kvaliteten på ombrukskartlegginger, men det kommer med en høy kostnad.

Hvilken rolle har 3D-skanning i ombrukssammenheng?

3D-skanning har størst nytte ved planlegging for rivningsarbeider og ved rehabiliteringsprosjekter for å kartlegge potensialet for ombruk med sikker informasjon. Det er likevel ikke utbredt benyttelse av 3D-skanning enda. For å sikre 3D-skanningens rolle i ombrukssammenheng må det settes krav til gjennomføring av det. Terskelen er for stor til at byggherrer gjennomfører 3D-skanning uten videre. Derfor bør det innføres obligatorisk 3D-skanning som krav i ombrukskartleggingene, dersom tilstrekkelig med informasjon ikke er tilgjengelig fra før.

Det er ikke lenger tid nok til å håpe på en drastisk endring. Direkte handling er nøkkelen. Som Gro Harlem Brundtland fortalte i 1989, må vi forstå problemene og aktivt bidra med løsninger på dem. Ombruk handler i det store perspektivet om jordas klimautfordringer og BAE-næringen må endres kjapt. Derfor kan det være at det må kreves pålagte tiltak for å iverksette forandringen, til tross for at det kommer til å koste penger.

7 Forslag til videre arbeid

Forskningen i denne oppgaven tar for seg mange ulike aspekter innen som det kan være hensiktsmessig og interessant å undersøke dypere. Et tema som kan være interessant er å undersøke de faktiske virkningene som lovendringene som gjelder fra 1. juli 2023 får for ombruk i BAE-næringen. Eksempelvis kan en sammenligning av effekten til ombrukskartleggingene før og etter lovendringen være et spennende eksperiment som kan gi svar på om kravet er tilstrekkelig eller ikke.

Videre kan en casestudie av denne oppgavens tematikk være en interessant metode for å teste ut hvordan teori fungerer i praksis for 3D-skanning. Det er lite forskning på området som viser sammenhengen mellom 3D-skanning og ombruk. En undersøkelse av skanning sin påvirkning på prosessene i en ombrukskartlegging kan derfor være en spennende oppgave. Det kan eksempelvis gjennomføres en sammenligningscase av klassisk ombrukskartlegging og ombrukskartlegging med 3D-skanning. På den måten kan fordeler og ulemper vises, og eventuelle besparelser i tidsbruk eller effektivisering få tallfestede konklusjoner.

Det er ikke alltid hensiktsmessig med ombruk i hvert eneste tilfelle med rehabilitering eller riving. 3D-skanning kan på en effektiv måte kartlegge et helhetsbilde med tilstrekkelig informasjon for en avgjørelse innen dette, men dette avhenger av kvaliteten på 3D-skanningen. Denne oppgaven tar for seg deler av denne problemstillingen, men dypere forskning av hva som gjør en 3D-skanning tilstrekkelig kan være en interessant oppgave. Det kan eksempelvis undersøkes hva som skal til for at en 3D-skanning alene kan være grunnlag for avgjørelse om ombruk er hensiktsmessig eller ikke.

Referanser

- Anne-Mieke Dekker. (2019). *What is "Scan to BIM"?* Trimble Construction. Hentet 04.04 fra <https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-scan-to-bim-2>
- Anne Sigrud Nordby. (2020). *FutureBuilt's kriterier for sirkulære bygg*. FutureBuilt, Asplan Viak & SINTEF Byggforsk. <https://www.futurebuilt.no/content/download/28134/157940>
- Anne Sigrud Nordby, Randi Lunke & Rune Andersen. (2021). *Erfaringsrapport ombruk - Kristian Augusts gate 13*. Entra. https://entra.no/storage/uploads/article-documents/1_ka13-erfaringsrapport-ombruk-20012021.pdf
- AV Ombruk. (2023). *Alt som kan brukes, skal brukes på nytt*. AV Ombruk. Hentet 03.04 fra <https://av-ombruk.no/>
- Barbosa, Margarida Jerónimo, Pauwels, Pieter, Ferreira, Victor & Mateus, Luís. (2016). Towards increased BIM usage for existing building interventions. *Structural Survey*, 34(2), 168-190.
- Benachio, Gabriel Luiz Fritz, Freitas, Maria do Carmo Duarte & Tavares, Sergio Fernando. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121046.
- Bertino, Gaetano, Kisser, Johannes, Zeilinger, Julia, Langergraber, Guenter, Fischer, Tatjana & Österreicher, Doris. (2021). Fundamentals of building deconstruction as a circular economy strategy for the reuse of construction materials. *Applied sciences*, 11(3), 1-31. <https://doi.org/10.3390/app11030939>
- Binjin, Chen, Shouyan, Yao, Xin, Yu, Qichen, Jiang & Xin, Li. (2018). A Novel Construction Quality Control and Management Method Based on BIM and 3D Laser Scanning Technology. 2018 International Conference on 3D Immersion (IC3D),
- Byggesaksforskriften (SAK 10). (2010). *Forskrift om byggesak (byggesaksforskriften)* (FOR-2010-03-26-488). Kommunal- og distriktsdepartementet. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-488?q=byggesaksforskriften>
- Byggevareforskriften (DOK). (2013). *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk* (FOR-2013-12-17-1579). Kommunal- og distriktsdepartementet. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-12-17-1579?q=byggevareforskriften>
- Byggteknisk forskrift (TEK17). (2017). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)* (FOR-2017-06-19-840). Kommunal- og distriktsdepartementet. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>
- Çimen, Ömer. (2021). Construction and built environment in circular economy: A comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 305, 127180. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127180>
- Dunant, Cyrille F, Drewniok, Michał P, Sansom, Michael, Corbey, Simon, Cullen, Jonathan M & Allwood, Julian M. (2018). Options to make steel reuse profitable: An analysis of cost and risk distribution across the UK construction value chain. *Journal of Cleaner Production*, 183, 102-111.
- FN-Sambandet. (2021). *Bærekraftig utvikling*. FN-Sambandet. Hentet 06.02 fra <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>
- FN-Sambandet. (2022). *FNs bærekraftsmål*. FN-Sambandet. Hentet 27.10.22 fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>
- FN-Sambandet. (2023). *Stoppe klimaendringene*. FN-Sambandet. Hentet 02.03 fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene>
- Fremtidens Byggenæring. (2021). *9 kandidater er klare til å kjempe om Byggenæringens Innovasjonspris 2021*. Fremtidens Byggenæring. Hentet 20.03 fra

- <https://www.fremtidensbygg.no/9-kandidater-er-klare-til-a-kjempe-om-byggenaeringens-innovasjonspris-2021/>
- Fufa, Selamawit Mamo, Flyen, Cecilie & Venås, Christoffer. (2020). Grønt er ikke bare en farge: Bærekraftige bygninger eksisterer allerede.
- Gro Harlem Brundtland. (1989). *Nyttårstale*. . Regjeringen. Hentet 23.05 fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/smk/vedlegg/taler-og-artikler-av-tidligere-statsministre/gro-harlem-brundtland/1989/nyttaarstale_1989.pdf
- Grønn Byggallianse. (2022). *BREEAM-NOR v6.0 for nybygg*. G. Byggallianse. https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2022/03/BREEAM-NOR-v6.0_NOR.pdf
- Grønn Byggallianse. (2023). *BREEAM-NOR*. Grønn Byggallianse. Hentet 08.06 fra <https://byggalliansen.no/sertifisering/om-breeam/>
- Grønn Byggallianse & Statsbygg. (2021). *Ombrukskartlegging og bestilling – slik gjør du det*. G. Byggallianse. https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2021/08/Veilder_ombrukskarlegging_med_vedlegg-1.pdf
- Haus, Ole Kristian (2022). *Digitale verktøys påvirkning på gjenbruk i BAE-næringen* [Forprosjekt til masteroppgave, NTNU].
- Hogne Nersund Larsen. (2019). *BYGG- OG ANLEGGSSSEKTORENS KLIMAGASSTUTSLIPP*. A. Viak. https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf
- Huang, Beijia, Wang, Xiangyu, Kua, Harnwei, Geng, Yong, Bleischwitz, Raimund & Ren, Jingzheng. (2018). Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. *Resources, conservation and recycling*, 129, 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.029>
- Jan-Arve Overland. (2018). *TONE - strategi for kildekritikk*. ndla - nasjonal digital læringsarena. Hentet 30.01 fra <https://ndla.no/nb/subject:d1fe9d0a-a54d-49db-a4c2-fd5463a7c9e7/topic:077a5e01-6bb8-4c0b-b1d4-94b683d91803/topic:9b2a0642-1d1f-4aee-a9f3-8fc2e315bcf3/topic:75d0c8ee-0a66-4f50-af56-ddcbd090e0bf/resource:1:169741>
- Johannessen, Asbjørn, Christoffersen, Line & Tufte, Per Arne. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (4. utg. utg.). Abstrakt.
- Kai Sørnes, Anne Sigrid Nordby, Henning Fjeldheim, Said Moqim Bani Hashem, Mads Mysen & Schlanbusch, Reidun Dahl. (2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. SINTEF. <https://www.sintefbok.no/book/download/985>
- Kirby, Lance, Krygiel, Eddy & Kim, Marcus. (2017). *Mastering Autodesk Revit 2018*. John Wiley & Sons.
- Knopf, Jeffrey W. (2006). Doing a literature review. *PS: Political Science & Politics*, 39(1), 127-132.
- Kommunesektorens interesseorganisasjon. (2021). *KS deltar i FN-toppmøte om bærekraftsmålene*. KS. Hentet 02.03 fra <https://www.ks.no/fagomrader/barekraftsmalene/barekraft/ks-deltar-i-fn-toppmote-om-barekraftsmalene/>
- Leland, Benthe Nuth. (2004). Gjenbruk og ombruk i byggebransjen. *Plan*, 36(1), 12-15. <https://doi.org/10.18261/ISSN1504-3045-2004-01-04>
- Leland, BN. (2008). Prosjektering for ombruk og gjenvinning. *Rapport, RIF, Oslo*.
- Loopfront. (2023). *Loopfront*. Loopfront. Hentet 03.04 fra <https://www.loopfront.com/no/>
- Magnus Kron, Thale Plessner, Birgit Risholt, Karolina Stråby & Kari Thunshelle. (2022). *Ombruk av byggematerialer* (978-82-536-1743-5). SINTEF. https://www.sintefbok.no/book/index/1320/ombruk_av_byggematerialer_veileder_for_dokumentasjon_av_ytelser
- Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu & (eds.), B. Zhou. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf
- Materia. (2023). *Materia*. Materia. Hentet 03.04 fra <https://www.materia.no/>

- Miljødirektoratet. (2016, 10.10.2019). *Klimatiltak - avfall og deponi*. Miljødirektoratet. Hentet 09.02 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/avfall/>
- Miljødirektoratet. (2022). *Hva er sirkulær økonomi?* Miljødirektoratet. Hentet 19.01 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>
- Nithya, M. & Ramasamy, Muthukumaran. (2021). Sustainability in construction industry through zero waste technology in India.
- Norsk miljøkompetanse. (2022). *Viktige endringer for miljøkartleggere i TEK17 og SAK10*. Norsk miljøkompetanse. Hentet 07.03 fra <https://www.nomiko.no/tag/ombrukskartlegging/>
- NOU 2009: 16. (2009). *Globale miljøutfordringer – norsk politikk— Hvordan bærekraftig utvikling og klima bedre kan ivaretas i offentlige beslutningsprosesser*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2009-16/id568044/?ch=3>
- NTNU. (2023). *Finne kilder*. NTNU. Hentet 02.02 fra <https://i.ntnu.no/oppgaveskriving/finne-kilder>
- OMBYGG. (2023). *Din lagersentral og handelsplass for ombrukbare byggematerialer og bygningskomponenter*. OMBYGG. Hentet 20.03 fra <https://www.ombygg.no/om-ombygg>
- Regjeringen. (2022). *Gjør det enklere å selge brukte byggevarer*. Regjeringen. Hentet 20.03 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/gjor-det-enklere-a-selge-brukte-byggevarer/id2913366/>
- Rehub. (2022). *Connecting Supply & Demand of Reusable Building materials in a hub of supporting features*. Rehub. Hentet 20.03 fra <https://www.rehub.no/>
- Rocha, Gustavo, Mateus, Luís, Fernández, Jorge & Ferreira, Victor. (2020). A scan-to-BIM methodology applied to heritage buildings. *Heritage*, 3(1), 47-67.
- Sandberg, Eli, Fufa, Selamawit Mamo, Knoth, Katrin & Eberhardt, Leonora Charlotte Malabi. (2022). Ombruk av bygningsdeler–læringspunkter fra forbildeprosjekter i Norge, Danmark og Belgia. *Praktisk økonomi & finans*, 38(1), 23-46.
- Sandberg, Eli & Kvellheim, Ann Kristin. (2021). *Ombruk av byggematerialer – marked, drivere og barrierer* (SINTEF Notat 40). SINTEF. https://www.sintefbok.no/book/index/1302/ombruk_av_byggematerialer_marked_drivere_og_barrierer
- Sigurd Vildåsen. (2022). *Hva er sirkulær økonomi?* Sintef. Hentet 06.03 fra <https://blogg.sintef.no/vareproduksjon-nb/hva-er-sirkular-okonomi/>
- SINTEF. (2020). *REBUS - Reuse of Building materials - a USer perspective*. SINTEF. Hentet 20.03 fra <https://www.sintef.no/projectweb/rebus/>
- SINTEF Community. (2020). *Framsikt 2050 - Hvordan ser fremtidens bygg- og anleggsnæring ut?* SINTEF. <https://www.sintef.no/contentassets/ccf2bfe7339a4a75af3a5a8bfafdccff/framsikt-2050-rapport.pdf>
- Son, Rachel Hyo & Han, Kevin. (2023). Automated Model-Based 3D Scan Planning for Prefabricated Building Components. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 37(2), 04022058.
- Språkrådet. (2019). *Årets ord 2019 er klimabrøl*. Språkrådet. Hentet 19.01 fra <https://www.sprakradet.no/Vi-og-vart/hva-skjer/Aktuelt/2019/arets-ord-2019-er-klimabrol/>
- SSB. (2022). *Avfall fra byggeaktivitet*. Statistisk Sentralbyrå - SSB. Hentet 19.01 fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet>
- Standard Norge. (2022, 10.06.2022). *CE-merking*. Standard Norge. Hentet 07.02 fra <https://www.standard.no/standardisering/ce-merking/>
- Statkraft & Resirqel. (2022). *Bærekraftsrapport Lilleakerveien 4E*. Statkraft. <https://drive.google.com/file/d/1i6BuTWKTntII7PiF7-mNF8wWCBC238Ra/view>
- Widenoja, Eva, Myhre, Kjetil, Kilvær, Lasse, Widenoja, Eva & Norsk, stålforbund. (2018). *DP118 : ombruk av stål og tilknyttede byggematerialer* (Utgave 1.1. utg.). Norsk Stålforbund.

Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuguide.....	1
Vedlegg 2: Samtykkeskjema for deltakelse i forskningsprosjekt	3

Vedlegg 1

Intervjuguide

Innledning

- **Først presentere denne oppgavens problemstilling og forskningsprosjekt**
 - Fortelle om prosjektet
 - Presentere formaliteter ved intervjuet
 - Agenda
 - Anonymisering, opptak, databehandling
 - Antatt intervjulengde ca. 45 minutter
 - Kandidat kan trekke seg når som helst fra deltakelse
- **La intervjuobjektet fortelle om seg selv - oppvarming**
 - Hva er utdanningen din?
 - Hvor jobber du, og hva jobber du med?
 - Stillingstittel?
 - Erfaring?
 - Har du jobbet på/med ombruksprosjekter eller med 3D-skanning?
 - Ombrukskartlegginger?
 - Prosjektering/prosjektledelse med ombruk?
 - 3D-skanning av bygg/konstruksjoner?

Hoveddel

- **Ombruk i næringen:**
 - Hvordan tilrettelegges det for ombruk på din arbeidsplass?
 - Dersom du har erfaring fra ombruksprosjekter – hvordan har prosessene i disse prosjektene vært?
 - Er det noe i ombruksprosessene/-prosjekter med ombruk som du anser som krevende eller begrensende?
 - Hva tenker du om markedet i dagens BAE-næring når det gjelder ombruk?
- **3D-skann i næringen:**
 - Hva tenker du om 3D-skanning som verktøy?
 - Hvilke funksjoner mener du 3D-skanning av bygg har ved byggeprosjekter på generell basis?
 - Hvor god er 3D-skann ift. hva slags data som trengs fra en materialressurs?
- **3D-skanning og ombruk:**

- Tror du 3D-skanning har en nyttefunksjon innen ombruk?
- Hvor ville du plassert 3D-skanning av et bygg i en ombruksprosess?
- Ettersom det er krav til ombrukskartlegging og regelendringer mht. BVF – tror du næringen er mer åpen for satsing på eksempelvis 3D-skann i ombrukssammenheng?
- Kan 3D-skanning bidra til effektivisering i en ombruksprosess?
- Kan 3D-skanning bidra til å bedre kvalitetssikringen av en ombrukskartlegging/-prosess?
- Hva er dine tanker om hvorvidt det er et potensial for å gjennomføre 3D-skanning av et bygg som skal demonteres?
- Tror du 3D-skanning kan gjøre ombruk mer lønnsomt?
 - Effektivisering, tidsbesparelser eller kostnadsbesparelser?
- Har det vært diskutert mulighet for benyttelse av 3D-skanning på bygg som skal demonteres for ombruk, eller ved prosjekter som innebærer ombruk?

Avslutning

- Hva syns du om intervjuet?
 - Hva annet kunne vært spurt om?
 - Savner du noe som du ønsker å ta opp?
 - Hva syns du om samtalen som helhet?
- Er det noen andre du kjenner som jeg kan intervju senere?
 - Gjerne andre som du vet har en helt annen mening enn deg selv.

Vedlegg 2

Deltakelse i forskningsprosjekt

Hva slags innvirkning har 3D-skanning av bygg på BAE-næringens ombrukspotensial?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke hva slags innvirkning 3D-skanning av bygg har på BAE-næringens ombrukspotensial. I dette skrivet gis informasjon om målene for prosjektet og hva en deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Formålet er å undersøke hva slags innvirkning 3D-skanning av bygg har på BAE-næringens ombrukspotensial.

Problemstillingen for oppgaven er følgende:

Hva slags innvirkning har 3D-skanning av bygg på BAE-næringens ombrukspotensial?

Dette forskningsprosjektet er den avsluttende hovedoppgaven/masteroppgaven på masterstudiet sivilingeniør innen bygg- og miljøteknikk for Ole Kristian Haus.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

NTNU er ansvarlig for prosjektet. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Resirqel.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du er spurt som deltaker i forskningsprosjektet grunnet din tilhørighet til BAE-næringen og med relevant erfaring/kompetanse for oppgavens ønske om å besvare problemstillingen. Utvelgelsen er gjort med hjelp fra samarbeidspartner og veileder fra NTNU.

Hva innebærer det for deg å delta?

En deltakelse betyr å delta i et intervju. Dette vil bli gjort enten fysisk eller digitalt. Varigheten vil være på mellom 45-90 min. Ved fysisk møte benyttes NSD sin diktafon-app for lydopptak. Ved digitalt møte benyttes enten Microsoft Teams eller Zoom, med deres opptaksmuligheter som ligger integrert i applikasjonene. I etterkant vil intervjuenes opptak transkriberes og sendes i retur til deltaker, der deltaker kan endre/redigere innholdet.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Veileder og student vil ha tilgang på dataene. Dataene lagres lokalt på studentens maskin, NSD sin diktafon app, samt skylagrinstjenesten Onedrive. Deltakerne vil ikke kunne gjenkjennes i publikasjon.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes 11. juni 2023. Da vil alle personopplysninger og opptak bli slettet. Anonymiserte data vil derimot kunne bli lagret på ubestemt tid, slik at det kan bli benyttet til videre forskning hvis behov.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NTNU har Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandørs personverntjenester vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- NTNU ved Ole Jonny Klakegg, på epost: ole.jonny.klakegg@ntnu.no
- NTNU ved Ole Kristian Haus, på epost: olehaus@stud.ntnu.no
- Vårt personvernombud: Thomas Helgesen på epost: thomas.helgesen@ntnu.no

Hvis du har spørsmål knyttet til vurderingen av prosjektet som er gjort av Sikts personverntjenester ta kontakt på:

- Epost: personverntjenester@sikt.no eller telefon: 53 21 15 00.

Med vennlig hilsen

Ole Jonny Klakegg
(Forsker/veileder)

Ole Kristian Haus
(Student)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Hva slags innvirkning har 3D-skanning av bygg på BAE-næringens ombrukspotensial?*» og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i intervju

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

