

Øystein Nordaas

# Sirkulære anskaffelser av ombrukstegl i byggeprosjekter

Tiltak for optimaliserte anskaffelsesmetoder

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Frode Drevland

Januar 2024





Øystein Nordaas

# Sirkulære anskaffelser av ombrukstegl i byggeprosjekter

Tiltak for optimaliserte anskaffelsesmetoder

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk  
Veileder: Frode Drevland  
Januar 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden



## Forord

Denne masteroppgaven er en individuell oppgave som er en del av det avsluttende arbeidet på sivilingeniørutdanningen på Bygg- og miljøteknikk ved NTNU. Masteroppgaven gir 30 studiepoeng. Studenten har for denne oppgaven gjort eget forskningsarbeid i samarbeid med NTNU.

Studenten har valgt byggeprosess som hovedprofil på Bygg- og miljøteknikk og tematikken i oppgaven er rettet mot ledelse av forsyningskjeder i den norske byggebransjen. Denne oppgaven har gitt studenten bedre innsikt i tema, samt hvordan skrive individuell oppgave og gjøre eget forskningsarbeid. Studenten har opparbeidet seg evner til å gjengi kunnskap om forsyningskjeder fra litteratur og intervjuer, og gjøre gode sammenlikninger og vise egen refleksjon.

Jeg ønsker å takke min veileder, Frode Drevland, for god støtte og konkrete tilbakemeldinger under arbeidet med oppgaven.

Jeg ønsker også å rette en stor takk til alle som har deltatt i intervjuene for å dele sine erfaringer og kunnskap innenfor området. Videre vil jeg takke samarbeidspartnere på prosjektene som har vært åpne og delt sine tanker og meninger om dagens og fremtidens anskaffelse av ombrukstegl.

Til slutt vil jeg takke venner og familie for god støtte og oppmuntring gjennom hele masterskrivingen. Lunsjer, kaffepauser og juleferie har vært til stor glede og inspirasjon under skrivingen.

Trondheim, 2023



Øystein Nordaas

## Sammendrag

Oppgaven undersøker anskaffelsesmetoder for ombrukstegl i byggeprosjekter med fokus på forsyningskjedehåndtering, utfordringer i forsyningskjeden, og tiltak for å fremme en sirkulær økonomi. Gjennom casestudier og intervjuer identifiseres anskaffelsesmetoder og praksis for ombrukstegl, og sammenhengen med eksisterende litteratur.

Oppgavens problemstilling er som følger: Hvordan gjennomføre bedre sirkulære anskaffelser av ombrukstegl i byggeprosjekter? For å besvare problemstillingen, ble det valgt å studere gjennomføringen ved tre prosjekter som alle hadde anskaffet ombrukstegl på ulike måter. Deretter ble det gjennomført intervjuer for å fange opp utfordringer knyttet til kostnad, tid og kvalitet, samt hvilke tiltak som måtte til for å forbedre forsyningskjedene mot en grønn fremtid.

Anskaffelse av ombrukstegl involverer komplekse prosesser, inkludert kartlegging av donorbygg, samarbeid mellom ulike aktører i forsyningskjeden, og håndtering av variasjoner i materialkvalitet. Casestudiene viser variasjoner i anskaffelsesmetoder, der noen prosjekter importerer ombrukstegl fra etablerte produsenter i utlandet, mens andre bearbeider stein lokalt gjennom rive- og rensesprosesser.

Utfordringer i forsyningskjeden inkluderer mangel på veletablerte løsninger for kartlegging av donorbygg, utfordringer knyttet til lagring, overbestillinger, og variasjon i materialsammensetning. Økonomiske barrierer, strenge regelverk, og høye kostnader ved bruk av ombrukstegl er også utfordringer som ble identifisert.

Tiltak for å optimalisere anskaffelsesmetoder og støtte en sirkulær økonomi inkluderer etablering av nettverk for kunnskapsdeling, optimalisering av lagringsprosesser, og analyse av økonomiske insentiver og reguleringer. Oppgaven fremhever betydningen av sirkulære forretningsmodeller, teknologiske innovasjoner, og tidlig samarbeid mellom aktører i anskaffelsesprosessen.

Konklusjonen peker på et behov for å håndtere nåværende utfordringer og utforske nye muligheter for anskaffelse av ombrukstegl. Videre forskning bør fokusere på alternative produksjonsmetoder, optimalisering av lagringsprosesser, økonomiske insentiver, sirkulære forretningsmodeller, digitale verktøy, og internasjonale sammenligninger for å bidra til en mer omfattende forståelse av temaet.

## Abstract

The thesis investigates procurement methods for reused bricks (reclaimed bricks) in construction projects with a focus on supply chain management, challenges in the supply chain, and measures to promote a circular economy. Through case studies and interviews, procurement methods and practices for reused bricks are identified and compared with existing literature.

The research question of the thesis is as follows: How to implement better circular procurement of reused bricks in construction projects? To answer this question, three projects, each having acquired reused bricks in different ways, were studied. Subsequently, interviews were conducted to capture challenges related to cost, time, and quality, as well as the measures required to improve supply chains toward a sustainable future.

Procuring reused bricks involves complex processes, including the mapping of donor buildings, collaboration among various stakeholders in the supply chain, and handling variations in material quality. The case studies reveal differences in procurement methods, where some projects import reused bricks from established manufacturers abroad, while others process the stone locally through demolition and cleaning processes.

Challenges in the supply chain include a lack of established solutions for mapping donor buildings, issues related to storage, overordering, and variations in material composition. Economic barriers, complex regulations, and high costs associated with reused bricks were also identified as challenges.

Measures to optimize procurement methods and support a circular economy include establishing networks for knowledge sharing, optimizing storage processes, and analyzing economic incentives and regulations. The thesis highlights the importance of circular business models, technological innovations, and early collaboration among stakeholders in the procurement process.

The conclusion points to the need to address current challenges and explore new opportunities for the procurement of reused bricks. Further research should focus on alternative production methods, optimization of storage processes, economic incentives, circular business models, digital tools, and international comparisons to contribute to a more comprehensive understanding of the subject.

# Innhold

Forord .....	i
Sammendrag .....	ii
Abstract .....	iii
Figurliste.....	vii
Tabelliste .....	viii
1 Innledning.....	1
1.1    Bakgrunn for oppgaven .....	1
1.2    Oppgavens hensikt .....	2
1.3    Avgrensninger .....	3
1.4    Begrepsforklaringer.....	4
1.5    Oppgavens struktur .....	5
2 Teori.....	6
2.1 Ombruk av teglstein.....	6
2.1.1 Teglstein og mørtel.....	6
2.1.2 Tidligere erfaringer .....	8
2.1.3 Ombruksmetoder i bransjen .....	9
2.1.4 Regelverk for ombruk .....	10
2.1.5 Oppsummering.....	12
2.2 Forsyningskjeder .....	13
2.2.1 Forsyningskjedehåndtering i byggebransjen.....	13
2.2.2 Lean Construction .....	15
2.2.3 Byggeprosessen som anskaffelsesprosess.....	16
2.2.4 Anskaffelsesmetoder og konkurransedyktighet .....	17
2.2.5 Transport og lagring .....	18
2.2.6 Sirkularitet i forsyningskjeden .....	19
2.2.7 Oppsummering.....	22



2.3	Verktøy for forsyningskjedehåndtering .....	22
2.3.1	Flytdiagram .....	22
2.3.2	Verdistrømkartlegging.....	23
3	Metode.....	24
3.1	Kvalitative og kvantitative metoder .....	24
3.2	Valg av metode .....	25
3.3	Litteraturstudie.....	25
3.3.1	Valg av litteratur.....	25
3.4	Intervju.....	27
3.4.1	Valg av intervjuobjekter .....	27
3.4.2	Forberedelser og tekniske hjelpemidler .....	28
3.4.3	Struktur og gjennomføring.....	28
3.5	Datainnsamling .....	29
3.5.1	Valg av data .....	29
3.5.2	Registrering og måling av data .....	29
3.6	Validitet og reliabilitet .....	30
4	Resultater.....	32
4.1	Datainnsamling fra casestudier.....	32
4.1.1	Prosjekt A.....	32
4.1.2	Prosjekt B.....	35
4.1.3	Prosjekt C.....	37
4.2	Intervjuer .....	38
4.2.1	Utfordringer ved bruk av ombrukstegl.....	38
4.2.2	Tiltak til forbedring av forsyningskjeden.....	43
5	Diskusjon.....	45
5.1	Hvordan gjennomføres anskaffelsen av ombrukstegl i byggeprosjekter? .....	45

5.2 Hvilke utfordringer står forsyningskjedene for ombrukstegl ovenfor i byggeprosjekter med hensyn på kostnad, tid og kvalitet? .....	47
5.3 Hvilke tiltak må til for å optimalisere anskaffelsesmetoder av ombrukstegl i byggeprosjekter mot en sirkulær økonomi? .....	49
5.4 Forslag til forbedring .....	49
6 Konklusjon .....	52
7 Videre arbeid .....	53
Referanser.....	54
Vedlegg.....	57

## Figurliste

Figur 1: Oversikt over mengder avfall (per tonn) fra byggeaktivitet i 2021 målt etter ulike avfallsfraksjoner fra nybygg, rehabilitering og riving (SSB, 2022).....	6
Figur 2: Forsyningskjede i produksjon (Vrijhoef & Koskela, 2000, s.170).....	13
Figur 3: De fire rollene i forsyningskjedehåndtering i byggeprosjekter (Vrijhoef & Koskela, 2000, s.171).....	14
Figur 4: Byggeprosessens delprosesser (Eikeland, 1998).....	16
Figur 5: Anskaffelser som ledd i byggeprosessen (Eikeland, 1998).....	17
Figur 6: Transport er involvert mellom hvert ledd i forsyningskjeden (Tseng, Yue, & Taylor, 2005).....	18
Figur 7: Tradisjonelle, bærekraftige og sirkulære forsyningskjeder (Angelisa, Howardb, & Miemczy, 2018).....	21
Figur 8: Validitet og reliabilitet (Varmdal, 2017).....	30
Figur 9: Flytdiagram som representerer samhandlingen i Prosjekt A under anskaffelsen av ombrukstegl.....	33
Figur 10: Nåværende verdistrømkart Prosjekt A.....	34
Figur 11: Flytdiagram som representerer samhandlingen i Prosjekt B under anskaffelsen av ombrukstegl.....	36
Figur 12: Nåværende verdistrømkart Prosjekt B.....	36
Figur 13: Flytdiagram som representerer samhandlingen i Prosjekt C under anskaffelsen av nyproduisert teglstein.....	37
Figur 14: Nåværende verdistrømkart Prosjekt C.....	38
Figur 15: Fremtidig verdistrømkart Prosjekt A.....	50
Figur 16: Fremtidig verdistrømkart Prosjekt B.....	51
Figur 17: Fremtidig verdistrømkart Prosjekt C.....	51

## Tabelliste

Tabell 1: Estimering av klimagassutslipp for ulike strategier for ombruk. A1 – råvarer, A2 – transport til fabrikk, A3 – produksjon, A4 – transport til byggeplass (Resirqel AS, 2019) .....	9
Tabell 2: Metodikk .....	25
Tabell 3: Antall treff for ulike søkestrenger .....	26
Tabell 4: Intervjuobjektene og deres rolle i prosjektene .....	27
Tabell 5: Kilde for innhenting av informasjon .....	29

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for oppgaven

I 2021 produserte den norske bygg- og anleggsbransjen 1,8 millioner tonn avfall (SSB, 2022). Dette er en nedgang på ca. 15 prosent sammenlignet med året før, men kan til dels skyldes prisøkning på byggematerialer og begrenset tilgang på arbeidskraft etter pandemien. Den største andelen av dette avfallet består av lite forurensede materialer, som kan brukes om uten spesielle hensyn til miljøet. Tyngre materialer inneholder imidlertid miljøgifter og andre farlige avfallstyper som bør håndteres på en sikker måte. Dette inkluderer betong, asfalt, metaller og tegl. Sammen utgjør de om lag 62 prosent av byggavfallet.

I 2015 vedtok EU-kommisjonen en handlingsplan for sirkulær økonomi (SSB, 2019). Den skal stimulere Europas overgang til en sirkulær økonomi, fremme bærekraftig vekst, og skape en konkurransedyktig europeisk industri. Norge tok tidlig del i klimatilpasningen gjennom Parisavtalen, og har i den forbindelse satt ren produksjonsteknologi og utvikling av lavutslippsteknologi som en av sine prioriteringer for denne avtalen.

Bygg- og anleggsbransjen er en av verstingene når det kommer til utslipp (Benachio, Freitas, & Tavares, 2020). Bakgrunnen for dette er den mye brukte lineære operasjonsmodellen (ta, lag, kvitte seg med). Det har lenge vært standard praksis å benytte seg av materialer, for så å kvitte seg med de på enden av deres livssyklus. De har mistet sitt potensiale for ombruk. På tross av dette har det gjennom de siste tiårene skjedd et paradigmeskifte i industrien som har adoptert den sirkulære økonomi - modellen. Denne har som mål å maksimere verdiene ut av et materiale, for å kunne bruke det på nytt over lengst mulig tid. Dette vil i retur redusere avfallsgenerering og ressursutnyttelse i industrien.

Sirkulær økonomi og forsyningskjedehåndtering har vært viktige forskningsområder de siste ti årene, hovedsakelig på grunn av økt oppmerksomhet rettet mot gjenbruk og Lean Construction. Et sentralt funn i en studie gjort på sammenhengen mellom disse to områdene, var ikke bare mangelen på litteratur som koblet de to områdene opp mot hverandre, men også begrenset med informasjon på praksis når det kommer til sirkulære forsyningskjeder (Angelisa, Howardb, & Miemczy, 2018). Det eksisterer derfor ingen storskalert adaptasjon av sirkulær økonomi, noe som gjør området åpent for videre forskning. Studiet, som ble gjennomført i Storbritannia, konkluderte med at konseptet for sirkulære forsyningskjeder gir et teoretisk grunnlag for å forske på de praktiske sidene ved implementering av et slikt system. Dette har siden blitt mer relevant etter EU-kommisjonen annonserte sin handlingsplan for sirkulær økonomi.

Ombruk, også kjent som de 3 R'ene «reduce, reuse, recycle», er i produksjon sett på som restaurering og utnyttelse av utslitte produkter (Cooper & G., 2015). Gjennom en industriell prosess blir produktene restaurert til en kvalitet som tilsvarer «som ny». Dette gjøres gjennom dekonstruering av produktene, rensing og restaurering. Disse prosessene er kjent for å være arbeidsintensive, noe som gjør at de oftest lønner seg i områder med potensiale for høy verdiskapning. Ombruk blir derfor sett på som et risikofylt område å satse på med tanke på faktorer som kostnad og logistikk. Fra et økonomisk perspektiv kan det være vanskelig å se nytten i en slik prosess (Sirken, 2023). Det bør derfor utvikles bedre insentiver og løsninger for å gjøre ombruk mer attraktivt. For å stimulere til mindre avfall og økt ombruk blant bygg- og anleggsnæringen, har det offentlige allerede økt avfallskostnadene og dannet strengere regelverk. Dette vil med stor sannsynlighet bli strengere i tiden fremover.

Bygg- og anleggsbransjen har et stort ansvar når det kommer til kutt i de ikke-kvotepliktige klimagassutslippene, og ombruk av materialer vil være en viktig bidragsyter for å kutte disse (Slapø, 2021). Bransjen står for en fjerdedel av råvareforbruket og avfallet i Norge, hvor blant annet tegl står for brorparten av dette avfallet i rivingsprosjekter. Det er fordelaktig for miljøet å rehabilitere bygg i stedet for å bygge nytt. Tegl egner seg godt til gjenbruk, men ligger ofte igjen som avfall. EU godkjente i 2020 en standard for dokumentasjon av produkttegenskaper for ombrukstegl (*European Assessment Document for Re-cycled clay masonry units*). Det har gjort ombrukstegl til den første byggevaren som kan CE-merkes, en tillatelse for lovlig markedsføring og omsetning av materialer i EU og EØS.

Det går frem fra kjent litteratur og nyhetsartikler at ombruk av materialer i bygg- og anleggsbransjen er viktig for at prosjekter skal kutte utslipp og nå de ambisiøse klimamålene satt av EU-kommisjonen. Felles for disse artiklene er at ombruk er en risikofylt prosess hvor det er mangel på kunnskap og standardiserte prosesser. Det er begrenset med norsk litteratur på området, og ser man det i sammenheng med ressurser som går til anskaffelse av materialer og ombruksløsninger, er det behov for mer kunnskap på området.

## 1.2 Oppgavens hensikt

Oppgaven har som hensikt å bidra til økt kunnskap om forsyningskjeder for ombruk av tegl i byggeprosjekter, i tillegg til å identifisere behov for forbedring. Gjennom litteraturgjennomgang og metoder, vil innhentet informasjon analyseres og drøftes. Målet for oppgaven er å finne metoder for optimalisering av eksisterende forsyningskjeder for ombruk av

tegl til norske byggeprosjekter. Oppgaven vil begrense seg til entreprenørens muligheter for påvirkning. Problemstillingen er formulert på følgende måte:

**«Hvordan gjennomføre bedre sirkulære anskaffelser av ombrukstegl i byggeprosjekter?»**

For å besvare problemstillingen er det formulert tre forskningsspørsmål:

- Hvordan gjennomføres anskaffelsen av ombrukstegl i byggeprosjekter?
- Hvilke utfordringer står forsyningskjedene for ombrukstegl ovenfor i byggeprosjekter med hensyn på kostnad, tid og kvalitet?
- Hvilke tiltak må til for å optimalisere anskaffelsesmetoder av ombrukstegl i byggeprosjekter mot en sirkulær økonomi?

For å besvare forskningsspørsmålene er det gjennomført intervjuer med relevante informanter i bransjen og gjort en kvalitativ analyse i betraktning av hensyn i problemstillingen.

### 1.3 Avgrensninger

Oppgaven vil se på forsyningskjeden relevant for entreprenøren, fra bestilling av materialet til levering på et byggeprosjekt. Forsyningskjeden vil ikke inkludere montasje av materialet, ettersom dette gjøres etter frist for innlevering av oppgaven og ikke vil kunne måles. Relevante data vil være dager forbundet med tid fra bestilling til levering, kostnad med tanke på pris per teglstein, og kvalitet med tanke på ombruk. Tall presentert vil være basert på estimater, og er ikke nødvendigvis hundre prosent nøyaktig da de rundes av til nærmeste dag eller måned basert på innsamlet data. Målet for oppgaven vil være å sammenligne de ulike formene for anskaffelse av ombrukstegl for å finne den anskaffelsesmetoden som lønner seg med hensyn til kostnad, tid og kvalitet.

Det vil kun bli gjort studie på ombruk av tegl, og ikke tas hensyn til andre materialer. Dette gjøres for å begrense oppgavens omfang, da ombruk av materialer generelt var den originale hensikten til oppgaven. Det forventes likevel at kunnskap fra denne oppgaven vil kunne bidra i forbedringer ved ombruk, samt gjenbruk, av andre materialer. Data vil måles ut fra den informasjonen som blir delt av informantene, da alle steg i valgte forsyningskjeder allerede er gjennomført og ikke kan måles fysisk.

Ombruk av materialer er som tidligere nevnt en risikofylt prosess med formål om verdiskapning gjennom restaurering og utnyttelse av utslitte produkter. Forsyningskjeder har alltid et potensiale for forbedring, og dette bør tas i betraktning når resultatene presenteres. Oppgaven

har som hensikt å fremstille den mest praktiske løsningen for forsyningskjeder i dag og gjennom fremtidige tiltak, men det behøver ikke begrense andre muligheter for forbedring. Det kan kontinuerlig gjøres endringer i en prosess, og videre forskning vil derfor kunne bygge videre på de funnene som er gjort i oppgaven.

## 1.4 Begrepsforklaringer

Begrepene er definert og relatert til byggebransjen.

<b>Forsyningskjede</b>	En sekvens av aktiviteter og ressurser involvert i produksjon, distribusjon og levering av varer eller tjenester fra leverandør til sluttbruker.
<b>Forsyningskjedehåndtering</b>	Praksis der en gruppe selskaper samarbeider i et nettverk av gjensidig relaterte prosesser designet for å best tilfredsstille sluttbrukerens behov samtidig som alle nettverkets samarbeidspartnere blir belønnet (P2SL, 2023).
<b>Sirkulær økonomi</b>	En bærekraftig økonomisk modell der ressurser brukes, gjenvinnes og omformes i et lukket kretsløp. Reduserer avfall og fremmer langsiktighet.
<b>Sirkler forsyningskjede</b>	En tilnærming til forsyningskjedehåndtering som bruker prinsippene ved sirkulær økonomi. Materialer og produkter blir designet, brukt og gjenvunnet for å redusere avfall og fremme langsiktighet gjennom hele forsyningskjeden.
<b>Ombruk</b>	Bruk av en gjenstand eller et produkt flere ganger på samme måte som det var ment å brukes (Sirken, 2023)
<b>Gjenbruk</b>	Bruk av en gjenstand eller et produkt flere ganger på en <u>annen</u> måte enn det var ment for (Sirken, 2023)
<b>Teglstein</b>	En type byggemateriale laget av brent leire (også kjent som murstein).
<b>Vertikal integrasjon</b>	En strategi hvor et selskap vokser ved å kjøpe opp andre aktører i forsyningskjeden med mål om å styrke sin egen forsyningskjede, redusere produksjonskostnader eller få tilgang til nye distribusjonskanaler (Investopedia, 2023)



## 1.5 Oppgavens struktur

### Kap. 1 Innledning

- Beskriver oppgavens bakgrunn, hensikt, avgrensninger, begrepsavklaring og oppbygning.

### Kap. 2 Teori

- En oversikt over litteratur teorier. Beskriver dagens praksis og videre teorier som oppgaven bygger på.

### Kap. 3 Metode

- Beskriver valg av metoder og hvordan de har blitt brukt i oppgaven.
- Valgte metoder er litteratursøk, kvalitative dybdeintervjuer og casestudie.

### Kap. 4 Resultater

- Presenterer funn fra de kvalitative intervjuer gjennom diagrammer og kart. Denne delen inneholder informantenes begrunnelse for utfordringer, deres egne forslag for forbedring, og svar på forsyningskjedestrategi.

### Kap.5 Diskusjon

- Diskuterer resultatene fra dybdeintervju og casestudie. Resultatene sammenliknes mot kjent litteratur.

### Kap. 6 Konklusjon

- Presenterer oppgavens konklusjoner.

### Kap. 7 Videre arbeid

- Gir en beskrivelse for videreføring av de funnene som er gjort i oppgaven.

### Referanser

- Presenterer referanser brukt i oppgaven.

### Vedlegg

- Inneholder relevante vedlegg som er benyttet og referert i oppgaven.

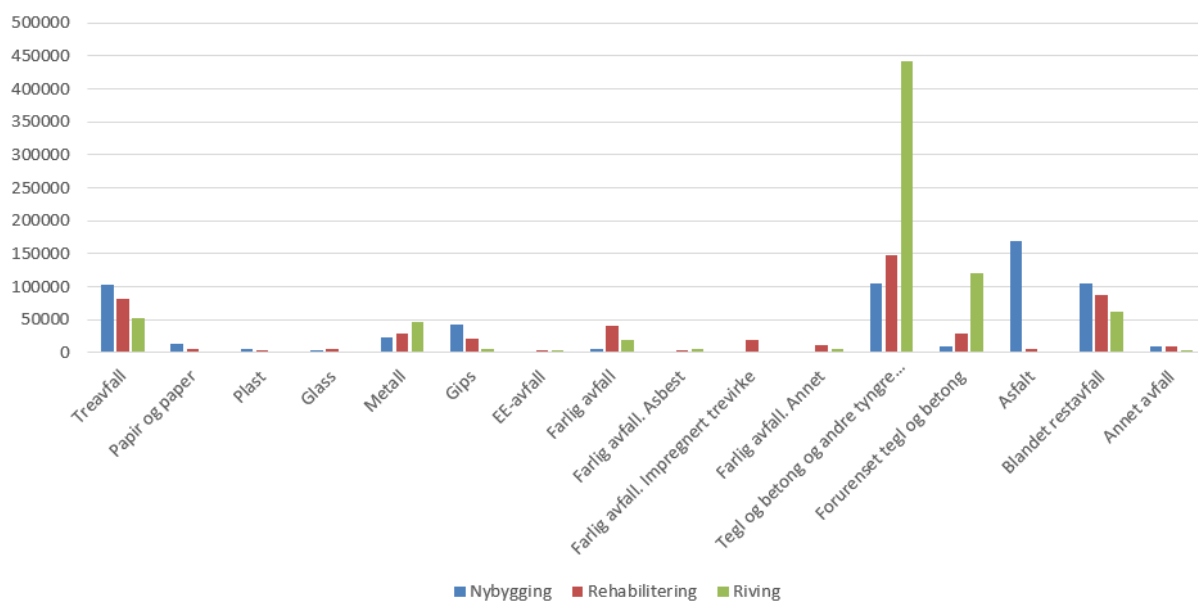
## 2 Teori

Dette kapittelet danner det teoretiske grunnlaget for resten av oppgaven. Først utforskes ombruk av teglstein som vil se på erfaringer, regelverk og anskaffelsesmetoder som eksisterer i dag. Deretter vil det presenteres teori om forsyningskjeder, metodikk og sirkularitet. Til slutt presenteres verktøy for forsyningskjedehåndtering, og hvorfor disse brukes videre i diskusjonskapittelet.

### 2.1 Ombruk av teglstein

#### 2.1.1 Teglstein og mørtel

Teglstein er et byggemateriale, som sammen med betong, står for brorparten av det totale avfallet i byggebransjen (Rambøll, 2013). For at Norge og resten av Europa skal nå målene satt i Parisavtalen, krever det en grønn omstilling. Byggematerialer står for mesteparten av prosjektkostnadene og inneholder en stor mengde bundet energi. Bundet energi er summen av energien bundet i et produkt. Dette inkluderer energi regnet fra råvareutvinning, transport og energibruk i bruksfasen. Kort fortalt er det veien materialet tar fra vugge til grav. Det er estimert at rundt 2.5 milliarder teglstein i Storbritannia knuses årlig, hvor mindre enn 5% av disse blir levert for ombruk (Hopkinson, Chen, Zhou, Wang, & Lam, 2019). Flertallet av disse steinene knuses før de har nådd enden av sitt livsløp, og taper derfor en betydelig andel av sin bundet energi. Rundt 50% av denne andelen går til gjenbruk som fyllmasse, som veifyllinger.



Figur 1: Oversikt over mengder avfall (per tonn) fra byggeaktivitet i 2021 målt etter ulike avfallsfraksjoner fra nybygg, rehabilitering og riving (SSB, 2022)

Teglstein er laget av leire eller skifer som er formet, tørket og brent til et sterkt bestandig keramisk produkt (The Brick Industry Association, 2006). Leire blir hentet fra gruver og naturlige forekomster. Deretter blir den formet og tørket for å fjerne fukt, før den får sin holdbarhet og styrke gjennom brenning. Til slutt kjøles steinen ned. Denne prosessen krever en stor mengde energi og ressurser. I snitt slippes det ut 0,5 kilo CO<sub>2</sub> per teglstein som blir produsert (Gamle Mursten, u.d.). Denne andelen kuttes nesten fullstendig ved ombruk. 98% av energien som kreves for å brenne nye steiner blir spart ved ombruk av gamle teglsteiner. 2000 teglstein som går til ombruk sparer derfor miljøet for rundt ett tonn CO<sub>2</sub>. Dette gir teglstein et stort potensial for utslippskutt. Hver stein har en holdbarhet på flere hundre år, noe som gjør det mulig å repetere prosessen. Ombruk av teglstein kan derfor virke som en klar løsning for å kutte de totale utslippene i byggebransjen. Utfordringen ligger i mørtelen. Murvegger er vanligvis satt sammen av teglstein bundet sammen med mørtel (Hopkinson, Chen, Zhou, Wang, & Lam, 2019). De to typene mørtel som finnes er kalkbasert mørtel og vanlig Portlandsement (OPC). Kalkbasert mørtel mister bindingsevnen over tid, noe som gjør det relativt enkelt å separere teglsteinen fra mørtelen i gamle bygg. Dette er en tidkrevende prosess med bruk av verktøy som hamre, meisel eller enkle rensesmaskiner. Disse metodene er ikke ideelle ved rensing av Portlandsement hvor mørtelen holder på bindingsevnen over tid og er mye vanskeligere å fjerne. Det forskes likevel på metoder for å gjøre fjerning av OPC mulig uten å ødelegge teglsteinen.

Det Danske Teknologisk Institut har tidligere sett etter metoder for å smadre bindingene med mikrobølgeoppvarming opp til 1000 grader (Teknisk Ukeblad, 2017). Dette ødelegger sementbindingene og vil i teorien gjøre det lettere å fjerne sementbasert mørtel fra teglsteinen. En av utfordringene ligger likevel i å beholde steinens kvalitet etter oppvarmingen. Det er ikke gjort funn på at dette fungerer, men et nyere studie viser at felt av murvegger bundet med OPC kan sages eller «slås ut» uten oppvarming (Zhou, et al., 2020). Metoden viste seg i tillegg å være mer tids- og kostnadseffektiv ved bruk av automasjon. Et prosjekt fra 2019 (Resirqel AS, 2019) fant at tiden tidspunktet det originale bygget ble oppført hadde mye å si for ombruk av teglsteinen. Teglkonstruksjoner fra før ca. 1925 er påført kalkmørtel, som gjør at teglstein er enkle å rense. Fra 1925-1955 ble det tatt i bruk våtlesket kalk. Denne typen mørtel er ikke godt nok dokumentert, og det anbefales prøveuttak og kontroll av dens fasthet. Fra 1955 fram til i dag er de fleste bygg oppført med OPC.

## 2.1.2 Tidligere erfaringer

### **KA13, Oslo**

Våren 2021 ble ombruksbygget Kristian Augusts gate 13 (KA13) i Oslo ferdigstilt (Nordby, Lunke, & Andersen, 2021). Prosjektet er kjent som Norges første bygg hvor ombruk av byggematerialer og sirkulære løsninger er benyttet i stor skala. Dette krevde en god mengde improviserte løsninger og kartlegging. Blant disse var en egen brannvegg i tegl. Totalt 30 000 teglstein ble anskaffet fra fire riveprosjekter i regionen, hvor 20 000 ble anvendt i KA13. De fleste riveprosjektene var fra perioden før 1955. Mengden tegl ble redusert pga. for stor total vekt i veggen. Etersom teglveggen var selvbærende og grenset mot oppvarmet areal, var det ikke like strengt rundt de tekniske kvalitetene til steinen.

Teglsteinen ble plukket fra hauger etter riving, ristet i sikteverk for å få vekk det groveste av mørtel, og deretter finrenset med hammer før stabling på pall. Prosedyrer for kvalitetssjekk (KS) ble utarbeidet underveis, og inkluderte blant annet testing hos SINTEF (trykkprøving og minuttug). Det ble utført KS for skader av hver enkelt stein etter rensing. Muring av teglveggen ble utført med hydraulisk kalkmørtel. Dette gjør veggen demonterbar ved ny ombruk, og er et av tiltakene som må til for å gjøre teglsteinen ombrukbar for flere generasjoner.

Pris per stein var i utgangspunktet 9 kroner/stk for ferdig sortert og stablet på pall etter riving og grovrensing. Dette gjenspeilet likevel ikke den totale kostnaden, da pris for lagerleie, ekstra rensing, KS inspeksjoner og SINTEF kom i tillegg. Murerjobben kostet tilsvarende som oppføring med ny teglstein hadde gjort. Ferdig murt vegg i 1 steins tykkelse ble ca. 7500 kr/m<sup>2</sup>.

Rapporten konkluderte at det trengs en oppskalering av markedet for rensing og salg av brukt tegl. Dette vil blant annet kreve investeringer i produksjonsutstyr for mer industrielle prosesser. Et forslag til forbedring var bedre rutiner for KS, samt tid til å undersøke regelverk, krav, og dokumentasjon ved ombruk. Her ble det anbefalt et tett samarbeid med eksterne materiale eksperter og bransjeforeninger, i tillegg til utførende og prosjekterende i prosjektet. Det ble også opplevd som krevende å dokumentere steinens alder fra riveprosjektene.

### **Eikeli VGS, Bærum**

I 2022 ble et nytt tilbygg til Eikelig videregående skole i Bærum overlevert med gammel dansk teglstein som fasade (PEAB, 2022). Den største utfordringen for prosjektet var å finne en leverandør som kunne levere nok mengder CE-sertifisert ombruksstein. De tok i bruk Høine

AS, som importerer ombrukstegl fra sin samarbeidspartner Gjenbrukssten i Danmark. De opplevde det som krevende å skaffe nok ombrukstegl av dokumentert kvalitet. I tillegg var steinen mer arbeidskrevende, og dermed dyrere å bruke. PEAB, som leverte bygget, mente det var viktig å gjøre grundige undersøkelser og hente inn folk med kunnskap og erfaring om ombrukstegl tidlig. Det var også viktig å være tidlig ute for å avklare byggherrens ønsker.

## Andre erfaringer

Resirqel utviklet i 2019 en omfattende rapport om forsvarlig ombruk på oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) (Resirqel AS, 2019). Denne inneholder en mengde funn for ombrukstegl fra et prosjekt på Lilleborg, intervjuer med Gamle Mursten og Lendager Group. Det ble dokumentert at 3-4 personer på prosjektet hadde ansvar for utsortering, rensing og pallplassering av ombrukstegl. Rensingen foregikk manuelt i knesittende stilling ved hjelp av murhammer. Arbeidsforholdene var preget av støvbelastet luft pga. oppvirvling av mørtelstøv fra rivemassene. Prosessen opplevdes som ikke gjennomførbar iht. dagens arbeidsmiljølov.

### 2.1.3 Ombruksmetoder i bransjen

I teglbransjen finnes det allerede flere typer aktører innen ulike kategorier av rensing og bearbeiding av teglstein. De vanligste variantene er fullautomatiserte renseanlegg hvor steinen enten importeres til eller fra renseanlegget, og deretter eksporteres steinen til byggeplass. En annen variant er å rense steinen selv, enten på byggeplass eller et eksternt renseanlegg. Tabellen under viser akkumulert samt fordelt klimagassutslipp på de ulike livsløpsfasene (Resirqel AS, 2019):

	Ny tegl - import	Ombruk ved import fra Danmark	Ombruk ved ombrenning i Danmark	Ombruk internt i Norge uten ombrenning
	kg CO <sub>2</sub> ekv./kg murstein	kg CO <sub>2</sub> ekv./kg murstein	kg CO <sub>2</sub> ekv./kg murstein	kg CO <sub>2</sub> ekv./kg murstein
A1	-	0,000	0,003 <sup>78</sup>	0,000
A2	-	0,000	0,043	0,000
A3	-	0,000	0,122	0,000
<b>A1-A3</b>	<b>0,244<sup>79</sup></b>	<b>0,003<sup>80</sup></b>	<b>0,168</b>	<b>0,003<sup>81</sup></b>
A4	0,043 <sup>82</sup>	0,043 <sup>83</sup>	0,043 <sup>84</sup>	0,000
<b>A1-A4</b>	<b>0,287</b>	<b>0,046</b>	<b>0,211</b>	<b>0,003</b>
Reduksjon av klimagassutslipp sammenlignet med nyproduksjon		84 %	27 %	99 %

Tabell 1: Estimering av klimagassutslipp for ulike strategier for ombruk. A1 – råvarer, A2 – transport til fabrikk, A3 – produksjon, A4 – transport til byggeplass (Resirqel AS, 2019)

Det kommer tydelig fram at ombruk internt i Norge er klimavinneren med sitt lave utslipp. I Norge eksisterer det likevel ingen veletablerte aktører med automatiserte renseanlegg. Mye av grunnen til dette er at rensing av ombrukstegl har vært hindret i Norge, er en streng fortolkning av regelverket. De siste årene har dette endret seg, og ombruk er på vei oppover. Den vanligste formen for rensing i Norge i dag skjer ved manuelt arbeid. Dette foregår gjerne med enkle redskap hvor steinen renses for hånd.

Gamle Mursten er en aktør i Danmark som har spesialisert seg på gjenbruk av byggeavfall (Layman's Report, 2014). De renses om lag ca. 2 millioner teglstein i året. I 2011 startet de opp Rebrick, et prosjekt som dannet den første markedsaksepten for automatisert teknologi innen avfallshåndtering og gjenbruk av teglstein i Europa. Gjennom dette prosjektet ønsket de å utvikle teknologi for rensing av teglstein og utforske markedsmulighetene i Europa. De ønsket å skape en løsning som renses teglsteinen uten bruk av vann og kjemikalier for å bevare de tekniske egenskapene til steinen. De har derfor utviklet en patentert teknologi for å renses teglstein. Denne rensesprosessen sender gammel teglstein via transportorbånd, til en separator som skiller vekk mørtel og andre materialer. Et automatisert system fordeler deretter hele teglstein fra skadet stein. Deretter sendes den sendes videre til det patenterte vibrasjonssystemet, før det sendes til manuell rengjøring og inspeksjon av kvalitet og egenskaper. Til slutt stables steinen og pakkes inn av robotarmer. Rebrick teknologien er skapt for å kunne demonteres og omplasseres på noen få uker. Dette gjør det mulig å rigge opp renseanlegg i områder klar for rivning, og deretter flytte de til et nytt område.

#### 2.1.4 Regelverk for ombruk

Teglstein er et byggemateriale med lang holdbarhet, men det gjennomgår likevel endringer i egenskaper over tid. Dette kan være påvirket av byggets alder, miljø og klima. Frostskafer oppstår ofte i områder med harde vinterforhold, eksempelvis Norge. Da trenger vann inn i porene i steinen og kan fryse og utvide seg, noe som kan føre til sprekker og skade. Det er også vanlig med endringer i farge, kalksammensetning og andre mekaniske skader. Ytre endringer gjør teglstein til et materiale som endrer sin visuelle formidling og tekniske egenskaper over tid. Ombruksmaterialer må kunne omsettes i et marked (DiBK, 2023). Teglstein har lenge måtte kunnet CE-merkes for å oppfylle kravet til markedsføring. Dette endret seg i 2021. Da fjernet Regjeringen krav om CE-merking fra ombruksmaterialer. Bakgrunnen for endringen er at krav til dokumentasjon for ombruksmaterialer har vært tilsvarende nye produkter. Mangel på dokumentasjon fra eldre rivingsprosjekt har gjort det vanskelig å måle de tekniske egenskapene til teglsteinen, og det har derfor vært behov for omfattende testing for å lovlig kunne omsette

og bruke materialet. Den nye ordningen gjør det lettere å bruke om byggematerialer igjen. Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) har utviklet en veileder for å gjøre det lettere å kategorisere gamle byggevarer og svare på spørsmål om krav til dokumentasjon. Dette avhenger blant annet av alderen på byggevaren, tidligere dokumentasjon, sertifisering og opplysninger fra rivingsprosessen.

EU-kommisjonen lanserte i 2020 en handlingsplan for sirkulær økonomi med fokus på bærekraftige produkter og designkrav. Dette initiativet har som mål å redusere miljøpåvirkning gjennom hele livssyklusen til produkter. De prioriterte områdene for sirkulær økonomi inkluderer bygg og anlegg. Det har blant annet kommet krav om bruk av sekundær råvare og nye materialgjenvinningsmål for å fremme sirkularitet i byggebransjen (Miljødirektoratet, 2023). Det samme året ble en standard for dokumentasjon av produktegenskaper for ombrukstegl godkjent av EU. Dette gjorde ombrukstegl til det første materialet som kunne CE-merkes for lovlig markedsføring i EU og EØS.

SINTEF har vært en viktig bidragsyter i testing og kartlegging av hele gjenbrukspotensialet til tegl, og har ofte blitt leid inn for testing av teglstein på pilotprosjekter i Norge (Slapø, 2021). De mener regelverket må tilpasses gjenbruk og sirkulærøkonomi. Hvis ombrukstegl skal skaleres til det norske markedet kreves det ordninger for å dokumentere materialegenskapene før bruk.

I 2022 la EU-kommisjonen fram forslag til revidert byggevareforordning (Regjeringen, 2022). Forslaget skal sikre bærekraft og redusere klimapåvirkning gjennom et styrket indre marked for byggevarer. Dagens ordning (endring av EU 2019/1020, oppheving av EU 305/2011) har som mål å sikre en fri flyt av byggevarer i EU/EØS området og krever CE-merking og ytelseserklæring. Dette stiller blant annet krav til å følge harmoniserte produktstandarder og et system for bruk av tekniske kontrollorgan. Det er et ønske om å endre modellen på grunn av høye kostnader knyttet til utarbeiding av dokumentasjon, som testing av materialkvalitet for CE-merking. Formålet ved den nye forordningen er å styrke og forbedre det europeiske markedet for byggevarer. Det er et ønske om å gjøre byggesektoren mer bærekraftig, og det vil derfor være nødvendig med økt fleksibilitet knyttet til utformingen av dokumentasjonen for å møte informasjonsbehovet til bestillere. Det diskuteres også mellom enkelte medlemsland et ønske om å regulere enkelte egenskaper, som å åpne opp for nasjonal regulering av byggevarer i større grad. Et amputert standardiseringssystem og treg utvikling av mandater er også en grunn til endring. I EØS er forslaget til ny byggevareforordning fortsatt ikke gjennomført. Bakgrunnen for dette er at forordninger gjennomføres ord for ord, noe som skaper lite nasjonalt

handlingsrom. Forordningen er også et forslag fra EU-kommisjonen. Endelig forordning vil kunne se annerledes ut. Forslaget har kun kommet frem til et foreløpig posisjonsnotat, og er under vurdering i EØS

### 2.1.5 Oppsummering

Delkapittelet over gir en beskrivelse av utfordringer og muligheter knyttet til ombruk av teglstein i byggebransjen, med vekt på norske og europeiske regelverk. Teglstein, i likhet med betong, utgjør en betydelig andel av byggeavfallet. For å nå målene satt i Parisavtalen kreves det en grønn omstilling i byggebransjen. Diskusjonen rundt energiforbruket og CO<sub>2</sub>-utslippene forbundet med produksjonen av nye teglstein understreker potensialet for utslippsreduksjoner gjennom ombruk.

Det gjenstår fortsatt å løse utfordringer knyttet til mørtelbindinger av teglstein, spesielt ved bruk av moderne Portlandsement. Dette etterlyser behovet for effektive rensingsmetoder. Tradisjonelle metoder, som manuell rensing med hammer og meisel, er i dag vanlig praksis. Det forskes likevel på alternative metoder for fjerning av mørtel, som mikrobølgeoppvarming og automatiserte systemer.

To prosjektexempler, KA13 i Oslo og Eikeli VGS i Bærum, påpeker utfordringene og suksesskriteriene ved implementering av ombruksstein. KA13-prosjektet involverte manuell rensing av teglstein fra riveprosjekter før bruk, mens Eikeli VGS importerte ombrukstegl fra Danmark. Begge prosjektene gir innsikt som kan påvirke kostnader og arbeidsprosesser. Regelverk og standarder for ombruk, inkludert CE-merking og endringer i byggevareforordningen, er også beskrevet. EU-kommisjonens handlingsplan for sirkulær økonomi og regelverksendringer i Norge, som fjerningen av CE-merking for ombruksmaterialer, har hatt en positiv effekt på ombruksmarkedet.

Avslutningsvis diskuteres behovet for å utvide markedet for rensing og salg av brukt teglstein, samt investeringer i mer industrielle prosesser. SINTEFs mener regelverkstilpasninger må til, og EU-kommisjonens forslag til revidert byggevareforordning indikerer riktig kurs mot økt bærekraft og redusert klimapåvirkning i byggebransjen.



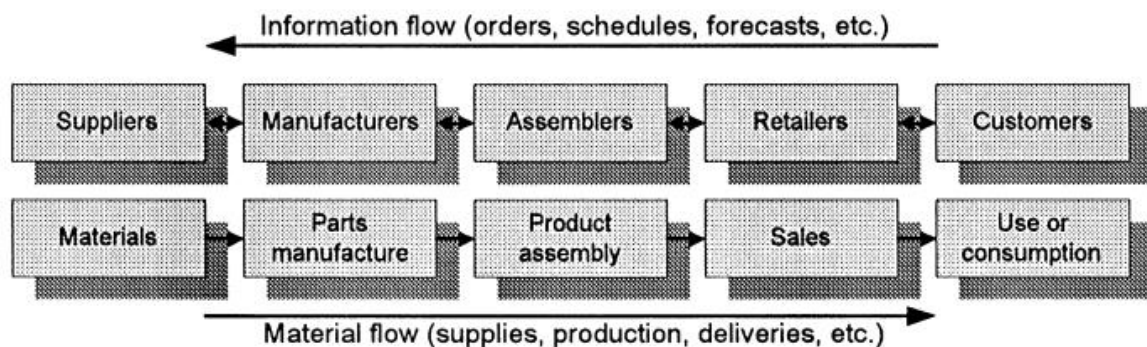
## 2.2 Forsyningskjeder

### 2.2.1 Forsyningskjedehåndtering i byggebransjen

Byggebransjen blir ofte sett på som en bransje med liten fremgang og utvikling (Segerstedt & Olofsson, 2010). Ett hvert prosjekt er unikt, noe som gjør det vanskelig å standardisere et bygg. Et bygg tar form gjennom et samarbeid som inkluderer flere leverandører og underentreprenører. Anskaffelsen av materialer og utstyr som trengs fra disse samarbeidspartnerne, gjør byggeprosjekt unike. Dette gjør det samtidig vanskelig å overføre teknologi og løsninger fra andre produksjonsområder hvor standardisering er vanlig praksis.

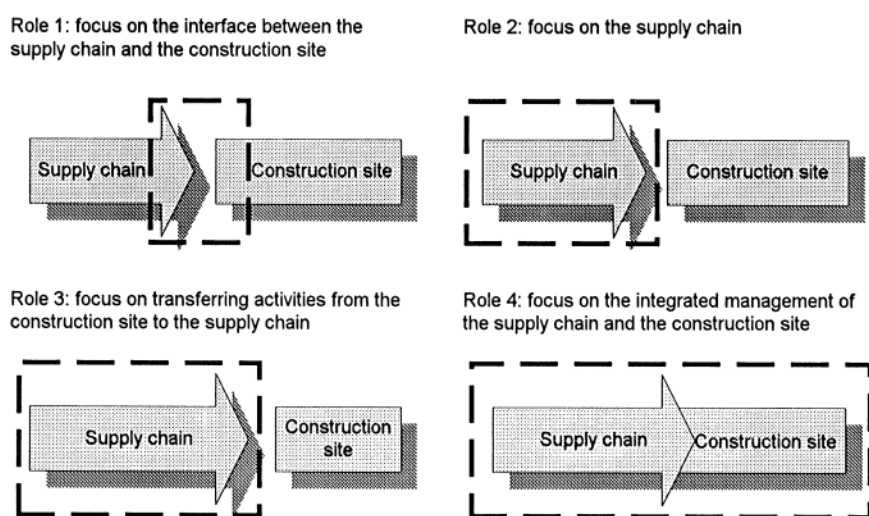
Christopher (2011) beskriver forsyningskjeder som et nettverk av organisasjoner, sammensatt via oppstrøms og nedstrøms forbindelser, som gjennom ulike prosesser og aktiviteter skaper verdi i form av produkter og tjenester for en sluttbruker. Forsyningskjedehåndtering omhandler styringen av disse oppstrøms- og nedstrømsrelasjonene mellom leverandørene og brukerne for å skape verdi for brukeren, samtidig som det opprettholdes lave kostnader for forsyningskjeden som en helhet. Hovedfokus ved forsyningskjedehåndtering er samarbeid, tillit og anerkjennelsen om at «helheten er større enn summen av alle delene». Det kan derfor sies at fokuset ved forsyningskjedehåndtering er relasjoner.

Vrijhoef og Koskela (2000) kjenner tegner forsyningskjeden i byggebransjen med tre punkter. For det første konvergerer forsyningskjeden til byggeplassen, hvor ulike materialer samles opp for å brukes til bygget. Dette understreker viktigheten av god samordning mellom aktørene. For det andre er produksjonen midlertidig og unik. Hvert byggeprosjekt representerer en ny produksjon eller prototype. Til slutt opererer forsyningskjeden som et produksjonssystem hvor produktene bestilles for produksjon (make-to-order). Et hvert prosjekt utgjør et nytt produkt som skal spesialbestilles for det gitte prosjektet. Disse punktene gjenspeiler kompleksiteten forsyningskjedene i byggeprosjekter står ovenfor.



Figur 2: Forsyningskjede i produksjon (Vrijhoef & Koskela, 2000, s.170)

I byggebransjen kan fire roller innenfor forsyningskjedehåndtering defineres, avhengig av om fokuset er rettet mot forsyningskjeden, byggeplassen eller begge deler (Vrijhoef & Koskela, 2000). Den første rollen handler om å analysere forsyningskjedens påvirkning på aktivitetene på byggeplassen, med mål om å redusere kostnader og tidsbruk. Dette oppnås ved å sikre stabil flyt av materialer og arbeidskraft til byggeplassen, slik at forstyrrelser unngås. Den andre rollen fokuserer på selve forsyningskjeden, med mål om å redusere kostnader knyttet til logistikk, ledetid og lagring. Den tredje rollen handler om å flytte aktiviteter fra byggeplassen til tidligere stadier av forsyningskjeden. Dette kan gjøres for å unngå utfordrende forhold på byggeplassen eller for å oppnå bedre synkronitet mellom aktiviteter. Den fjerde rollen innebærer en helhetlig styring og forbedring av både forsyningskjeden og produksjonen på byggeplassen. Her blir byggeplassen en integrert del av forsyningskjedehåndteringen, og fokuset ligger på å optimalisere samspillet mellom alle leddene. Det bør likevel bemerkes at disse rollene ofte blir brukt om hverandre.



Figur 3: De fire rollene i forsyningskjedehåndtering i byggeprosjekter (Vrijhoef & Koskela, 2000, s.171)

Små og mellomstore bedrifter står for en betydelig andel av samarbeidspartnerne i byggebransjen (Donyavi & Flanagan, 2009). Der store bedrifter har kapasiteten til å følge den teknologiske utviklingen, sliter de mindre med å implementere systemer for håndtering av arbeidskraft og materialer. Det eksisterer likevel tiltak for forbedring gjennom diverse

strategiske grep. I en studie gjort på statlige prosjekter (Tommelein, Walsh, & Hershauer, 2003) ble det gjort funn på at god forsyningskjedehåndtering også kan gjennomføres av mindre aktører. I en forsyningskjede handler det om å plassere seg strategisk i forhold til konkurransen, forstå sårbarheter og muligheter i forsyningskjeden, og være åpen for omstrukturering av kjernekompetanse for å oppnå god ytelse i forsyningskjeden.

### 2.2.2 Lean Construction

Lean, eller Lean Construction, er et samlebegrep på verktøy og metoder som har til hensikt å maksimere kundens verdi og samtidig minimere ressursbruk (Staats, Brunner, & Upton, 2010). Taiichi Ohno definerer sløsing som overproduksjon, unødvendig transport, oppbevaring av materialer, unødvendig arbeidsbevegelser, feil, unødvendig overbehandling og venting.

Lean stammer opprinnelig fra bilproduksjonen til Toyota (Womack, Jones, & Roos, 2007). Rundt 1950 tallet var Toyota kun en liten bilprodusent. Selskapet kunne ikke konkurrere mot den vestlige bilproduksjonen, og så seg nødt til å effektivisere måten de utnyttet ressurser og mannskap på. Ingeniøren Ohno mente Toyota hadde et behov for strengere koordinering mellom avdelingene, tydeligere språk og fokus på material- og tidsbruk. Tidligere var det kun ledelsen som kunne stoppe produksjonslinjen. Dette endret Ohno på, og ga alle produksjonsledd mulighet til å stoppe linjen når de fant feil. På den måten ble alle ansatte inkludert, og ledelsen trengte ikke bruke tid på å fikse noe som alle ansatte kunne gjøre.

Verktøyene som ble tatt i bruk hos Toyotas implementering av Lean viste seg raskt å være effektive. Ohno så en mulighet til å unytte minst mulig ressurser på en effektiv måte. Han flyttet fokuset vekk fra masseproduksjon, og ønsket heller å produsere biler etter kundens verdi. Etter hvert som Ohno's definisjon av sløsing spredte seg, utvidet Lean seg til nye områder. Den nye modellen hadde som hensikt å skape et produksjonssystem som kunne levere produktet direkte til kunden, uten mellomliggende lagringsplasser. Det nye konseptet introduserte følgende aspekter:

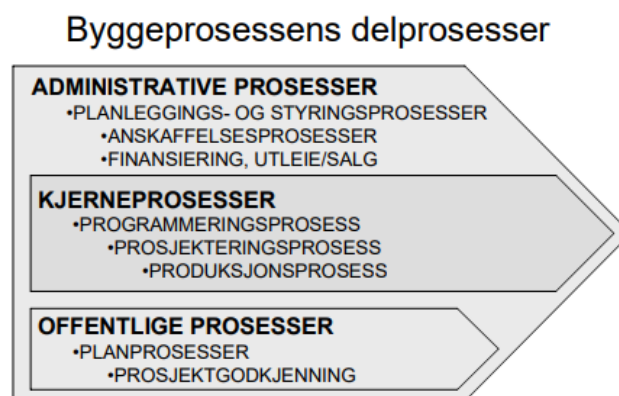
- Identifisere og levere verdi til kunden og eliminere alt som ikke tilfører verdi for kunden
- Organisere produksjon som en kontinuerlig flyt
- God distribusjon av informasjon og beslutningstaking
- Tilstrebe perfektjon ved å levere et produkt som fyller kundens behov uten oppbevaringslager

Byggebransjen anerkjente Ohno sitt produksjonssystem som fullkomment og så positivt på den nye metodikken (Howell, 1999). Bransjen var likevel skeptisk til hvordan Lean kunne

implementeres i prosjektledelsen i byggeprosjekter. Til forskjell fra produksjon var prosjekter unike og komplekse, og ofte gjennomført under stort tidspress. Likevel finnes det flere likhetstrekk mellom en produksjonslinje og byggeprosjekter. Begge har som mål å levere et produkt som oppfyller kundes behov på kortest mulig tid, med minst mulig sløsing.

### 2.2.3 Byggeprosessen som anskaffelsesprosess

Byggeprosessen består av planlegging, styring, anskaffelser, finansiering og flere andre deler. En gruppering av disse deler byggeprosessens delprosesser inn i tre områder (figur 4):



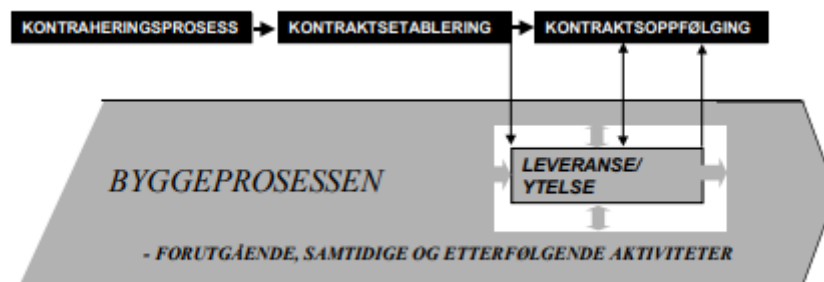
Figur 4: Byggeprosessens delprosesser (Eikeland, 1998)

Et byggeprosjekt kan fra prosjekteiers perspektiv betraktes som en innkjøps- og anskaffelsesprosess, en del av den administrative prosessen (Eikeland, 1998). Offentlige anskaffelser inneholder krav som sikrer at anskaffelser skjer etter konkurranse. Anbudskonkurranser og kontrahering skal skje etter objektive og ikke-diskriminerende kriterier. Dette skal sikre forutberegnelighet og gjennomsiktighet i konkurranser.

En byggeprosess har som formål å produsere en bygning etter gitte formål på en kostnadseffektiv måte. Andre interesser og verdier knyttet opp til prosjekteiers adferd i forhold til markedet blir kritiske nok til at byggeprosessens formål risikerer skade. Tidligere regelverk om offentlige anskaffelser la vekt på hvor stor betydning anskaffelsene har for samfunnsøkonomien gjennom effektiv ressursbruk.

Eikeland (1998) deler anskaffelsesprosessen inn i tre deler:

- **Kontraheringsprosessen.** Her gjøres markedsanalyse, forespørsel, prekvalifisering, evaluering og forhandlinger.
- **Kontraktetablering.** Endelige kontraktsforhandlinger og inngåelser.
- **Kontraktoppfølging.** Inneholder kvalitetssikring og kontroll, tillegg og fradrag, endringer, oppgjør og reklamasjoner.



Figur 5: Anskaffelser som ledd i byggeprosessen (Eikeland, 1998)

Anskaffelsesprosesser etablerer betingelsene for hver leveranse i byggeprosessen. Denne er påvirket av forutgående, samtidige og etterfølgende aktiviteter. Selve anskaffelsesprosessen avgjør hvilke aktører som ivaretar de ulike aktivitetene og oppgavene i byggeprosessen. Dette inkluderer kompetanse, verdier, prioritering og interesser de kan tilby byggeprosessen. Samspillet i en byggeprosess styres hovedsakelig etter de tre delene i en anskaffelsesprosess, men påvirkes også av prosjektbeskrivelser, arbeidsplaner og kommunikasjon mellom aktører i prosjektorganisasjonen og omgivelsene.

#### 2.2.4 Anskaffelsesmetoder og konkurransedyktighet

Innkjøp av materialer er kjøpet av goder (Procure, 2022). I byggebransjen blir materialer valgt ut fra en mengde kriterier. Blant disse er leveringstid, kostnad, kvalitet, risiko, finansiering og begrensninger i prosjektet. I senere tid har bærekraft også blitt en viktig faktor hvor det tas betraktning i materialets opprinnelse, ombrukspotensiale og bruk. Valg av leverandør gjøres på bakgrunn av at kriteriene over blir oppfylt, men disse kan vektes ulikt fra prosjekt til prosjekt (Christopher, 2011). Innkjøper tar i betraktning det valget som vil skape høyest verdi for brukeren av produktet. I et åpent marked er det derfor vanlig at de firmaene med høyest

konkurransedyktighet også skaper mest kunde verdi. Kunde verdi kan måles ved bruk av en matematisk formel:

$$Kunde\ verdi = \frac{kvalitet \times service}{kostnader \times tid}$$

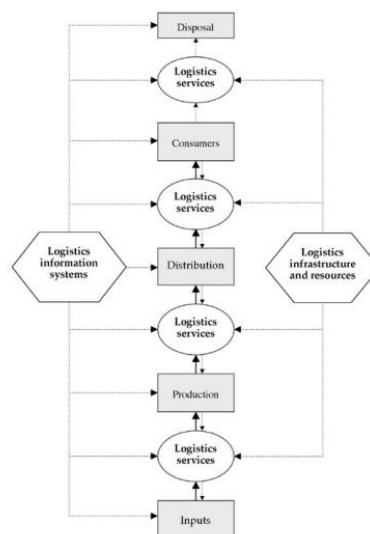
Hvert element i formelen representerer en funksjon som kan forbedres over tid. Et produkts kvalitet regnes ut fra funksjonsevnen og oppfyllelse av de tekniske spesifikasjonene. Service handler om støtten og tilgjengeligheten gitt til kunden. Kostnad er knyttet til pris ved innkjøp og livssyklus, og tid er tiden knyttet til leveransen av produktet. Det er derfor ønskelig med høy kvalitet på produktet gjennom god service, mens kostnadene og leveringstid bør holdes nede. Formelen kan også tolkes på følgende måte:

$$Kunde\ verdi = \frac{Fordelsoppfatninger}{Total\ kostnad\ av\ eierskap}$$

Suksess måles i mer enn bare kjøpspris. Det er derfor flere faktorer som bør tas i betraktning før en gjennomfører et innkjøp.

### 2.2.5 Transport og lagring

Transport spiller en viktig rolle i forsyningskjeden og effektiviteten ved flytting av produkt (Tseng, Yue, & Taylor, 2005). Det har stadig vært en utvikling av denne rollen i kjeden, og den har en stor innflytelse på forsyningskjeden. Utviklingen av teknologi har forbedret leveringstid, service, vedlikeholdskostnader og energisparing.



Figur 6: Transport er involvert mellom hvert ledd i forsyningskjeden (Tseng, Yue, & Taylor, 2005)

Sammen med innkjøp og produksjon, betraktes det som en av hovedkomponentene i forsyningskjedehåndtering. Effektiv transport sikrer at varer kommer til og fra destinasjoner i tide. Transport er likevel betraktet som den delen i forsyningskjeden med de største driftskostnadene. Forbedringer i transporteffektivitet har derfor store påvirkningsmuligheter for hele forsyningskjeden.

I byggebransjen er transport del av en lineær prosess hvor et enkelt avbrudd kan føre til en kjedereaksjon av forsinkelser i prosessen (Ansah, Sorooshian, & Mustafa, 2016). Uforutsette hendelser, arbeidsmiljø på byggeplass eller dårlige tilstander er en av flere faktorer som kan bidra til stopp i prosessen. Ettersom transport bærer store driftskostnader, bør transport kun benyttes om nødvendig. En byggeplass er travel og har ofte flere leveringer over en kort periode. Riktig organisering av leveringer er viktig for å redusere unødvendig ventetid og flytting av materialer.

Et av målene ved forsyningskjedehåndtering er å sikre en uavbrutt flyt av goder fra råvareanskaffelse, til ferdig produkt (American Warehouses, u.d.). Lagring spiller en avgjørende rolle i forsyningskjedestyring ved å fungere som et bindende ledd mellom produksjon og distribusjon. Riktig lagring av varer er viktig for å opprettholde jevne leveringstider. Ved å ha riktig mengde varer på lager, kan selskaper møte etterspørsel og unngå forsinkelser. Optimalisering av lagerbeholdningen bidrar til å minimere kostnader knyttet til overflødig lager og unngår situasjoner der etterspørselen ikke kan møtes på grunn av mangel på varer.

Lagring kan likevel betraktes som unødvendig (Angelisa, Howardb, & Miemczy, 2018). Ifølge Lean metodologien er lagring assosiert med unødvendig eller overdrevne mengde varer som fører til tap på grunn av materielt svinn (hærverk, tap pga. dårlige forhold, tyveri), samt økonomiske tap ettersom kapital er bundet opp i det lagrede produktet. Det anses som bortkastet siden det ikke er en verdiskapende aktivitet. Det tar også opp plass. Problemene knyttet til lagring kan med andre ord skyldes problemer i produksjonsprosessen som følge av mangel på ressurser eller arbeidskapasitet.

### 2.2.6 Sirkularitet i forsyningskjeden

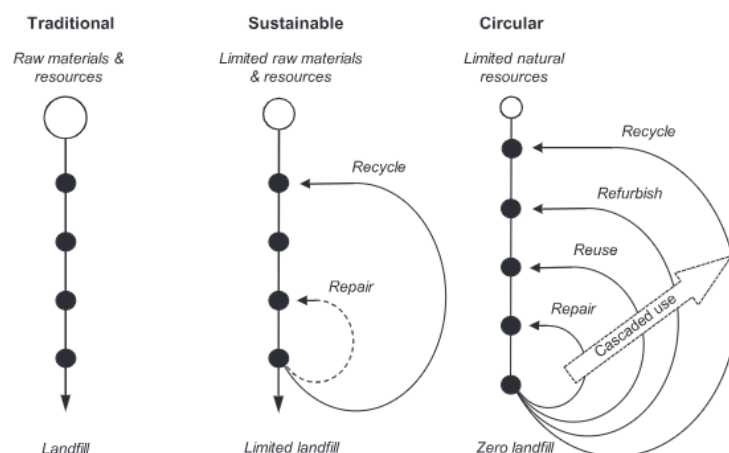
Sirkularitet defineres i ordboken som en rundgang (NAOB, 2023). En rundgang hvor det handler om å ivareta og bruke om igjen. Uten sirkularitet, finnes ingen reel bærekraft. Sirkularitet handler om hele verdikjeden til fysiske varer (McKinsey, 2023). Fra råvareprosessering og

produksjon, til bruk, sortering og resirkulering. Hovedmålet ved sirkularitet er å redusere forbruket, samtidig som vi beholder en tilfredsstillende levestandard. McKinsey Norge publiserte i 2023 en rapport med tittelen «Norge i morgen – fra kraftunderskudd til bærekraft». Rapporten fokuserer på kraftunderskuddet i Norge, men trekker frem noen viktige punkter relatert til nordmenns samfunnsinteresser: bevaring av norsk natur, maksimering av antall grønne arbeidsplasser og maksimere direkte verdiskapning fra fornybare ressurser. Problemet er at hver av interessene går på bekostning av minst en av de andre samfunnsinteressene, og vi står igjen med en etisk problemstilling.

Sirkulær økonomi er inntektsgrunnlaget som gjør sirkularitet til en fremtidsnæring (McKinsey, 2023). Sirkularitet i seg selv er ikke en næring, men et økonomisk tankesett på tvers av sektorer. Dette tankesettet gjør det mulig å reinvestere besparelser i næringslivet gjennom lavere forbruk, samt tjene på økt etterspørsel etter sirkulære produkt og tjenester. Omstillingen til en sirkulær økonomi innebærer endringer i produksjonsmetoder og forbruk (Miljødirektoratet, 2023). Det hjelper ikke å komme med bærekraftige løsninger hvis ikke forbrukerne tar de miljøriktige valgene. Det offentlig kan også bidra gjennom sine innkjøp. Norge har implementert nasjonale strategier for sirkulær økonomi, og dette arbeidet er også knyttet til EUs initiativer.

Angelisa et al. (2018) definerer sirkulære forsyningskjeder som en inkarnasjon av prinsippene innen sirkulær økonomi i forsyningskjeder. Fokuset ved sirkulære forsyningskjeder er å forlenge produktets levetid og optimalisere materialbruk gjennom prinsipper som indre sirkler og kaskader. Tradisjonelle forsyningskjeder er lineære og tar ofte kortsiktige valg. Verdiskapningen i sirkulære forsyningskjeder kommer fra bevaring av produktets energi, arbeidskraft og materialoppbygning. Det settes derfor et stort fokus på ulike behandlingsstrategier som vedlikehold, ombruk og gjenbruk. Sammen danner disse strategiene et hierarki, rangert etter bevaringsgrad. Teknologi er et viktig verktøy som gir bedrifter muligheten til å forstå kundepreferanser. Gjennom innsamling av data og analyser, kan teknologi være med på å maksimere fordelene av sirkulær praksis og øke verdiskapningen. Sammenligner en sirkulære forsyningskjeder med tradisjonelle og bærekraftige løsninger (figur 7), er det tydelige forskjeller på fokusområder. Dette gir en tydelig indikasjon på hvordan sirkulære prinsipper kan transformere grunnleggende prinsipp i forsyningskjedehåndtering.





	Traditional supply chains	Sustainable supply chains	Circular supply chains
<b>Strategy</b>	Component price	Cost of ownership	Leasing and service outcome
<b>Structure</b>	Linear and open	Partially closed	Closed, short and cascaded loops
<b>Flow</b>	Input-output	Mixed throughput	Biological and technical cycles
<b>Focus</b>	Efficiency	Customer effective	Collaborative value capture
<b>Scale</b>	High volume	High-medium volume	Medium-low volume
<b>Scope</b>	Global	Global and regional	Regional and local

Figur 7: Tradisjonelle, bærekraftige og sirkulære forsyningskjeder (Angelisa, Howardb, & Miemczy, 2018)

De siste årene har sirkulær forsyningskjedehåndtering vist seg å være en viktig metode for forsyningskjeder. På tross av dette har det vært lite konkret informasjon på anskaffelsesperspektiv mot en forsyningskjede. En systematisk studie fra 2022 (Qazi & Appolloni) kartlegget disse perspektivene, og fant ulike hindringer og fremmere ved sirkulære anskaffelser. De kom frem til flere tiltak som må iverksettes om en skal se en betydelig endring i dagens anskaffelsespraksis. Et stort problem ved anskaffelsen av ombruksmaterialer er usikkerhet knyttet til forsyningskjeder, kostnader og kvalitet. Det finnes få økonomiske insentiver ved ombruk, og det bør derfor igangsettes nye forsyningskanaler og samarbeid der det deles kunnskap, ressurser og felles fordeler på tvers av industrier. Dagens modell viser seg å være ustrukturert og belager seg på at bedrifter er proaktive i bruken av ombruksmaterialer. Dette viser seg å være lite økonomisk gunstig. Bransjenormen er å anskaffe råvarematerialer fremfor ombruksmaterialer. Det trekkes frem at myndighetene har en viktig rolle når det kommer til sirkulære anskaffelser ved å dekke de store kostnadene knyttet til investering av returkanaler. Dette kan være kanaler for håndtering av defekte produkter, overflødig lagring eller andre grunner. Myndighetene har også stor påvirkningskraft når det kommer til støtte,

avgifter og skatteutt ved ombruk. Studiet trekker også frem en mangel på fokus og koordinasjon når det kommer til transaksjoner og forpliktelser ved kjøp.

### 2.2.7 Oppsummering

Forsyningskjedehåndtering i byggebransjen står overfor utfordringer på grunn av kompleksiteten i prosjekter, hvor samarbeid mellom flere leverandører og underentreprenører er nødvendig. Tradisjonelle metoder som Lean Construction har blitt introdusert for å maksimere kunde verdi og minimere ressursbruk. I tillegg har forsyningskjeden i byggebransjen fire definerte roller, avhengig av fokus på forsyningskjeden, byggeplassen eller begge deler.

En viktig del av forsyningskjedehåndteringen er anskaffelsesprosessen, som definerer betingelsene for hver leveranse i byggeprosessen. Anskaffelsesprosessen påvirker aktører, kompetanse, verdier og samspillet i prosessen.

Transport og lagring spiller vesentlige roller i forsyningskjedehåndtering, med effektiv transport som sikrer tidnok levering og optimalisering av lagerbeholdninger for å unngå forsinkelser. Sirkularitet i forsyningskjeden blir stadig viktigere for å minimere forbruket og optimalisere materialbruk gjennom prinsipper som indre sirkler og kaskader. Til tross for betydningen av sirkulær forsyningskjedehåndtering, er det identifisert hindringer som usikkerhet, mangel på økonomiske insentiver og ustrukturerte anskaffelsespraksiser.

## 2.3 Verktøy for forsyningskjedehåndtering

### 2.3.1 Flytdiagram

Flytdiagram er et verktøy som gir en visuell representasjon av trinnene involvert i styringen av strømmen for varer og tjenester fra leverandør til kunder (Visual Paradigm, u.d.). Den skisserer trinnene i en prosess fra mottak av bestilling til levering. Diagrammet inkluderer flere steg knyttet til håndtering av lagerbeholdningen, mottak av forsendelser, og tildeling av lagerbeholdning.

Første steg i et flytdiagram er å motta bestillingen fra kunden, fulgt av kontroller underveis for å avgjøre om en vare er på lager. Hvis varene ikke er på lager, er neste steg å plassere en bestilling hos leverandøren. Når bestillingen er plassert, mottas forsendelsen, og lageret tildeles bestillingen. Neste trinn er å sende bestillingen til kunden og kommunisere status. Fordelen ved denne type håndtering og kommunikasjon, er effektiv håndtering og oppfylle bestillingen. Dette bidrar til kundetilfredshet og hjelper å identifisere mulige flaskehals i forsyningskjeden. Den

kan også bygge sterkere bånd mellom leverandør og kunde ved hjelp av tydelig kommunikasjon.

### 2.3.2 Verdistrømkartlegging

Verdistrømkartlegging (VSM) er et verktøy som identifiserer hvert steg ved prosessen involvert i anskaffelsen av et materiale fra bestilling til levering (Lean Enterprise Institute, u.d.). Verktøyet er utviklet av Toyota og fokuserer på kontinuerlig forbedring for å identifisere og eliminere sløsing. En verdistrøm representerer alle handlinger, verdiskapende og ikke-verdiskapende, som er nødvendige for å levere et produkt fra råvare til kunde.

I en verdistrømkartlegging begynner man vanligvis med en nåværende tilstandskartlegging for å fange opp den faktiske tilstanden av material og informasjonsflyt. Deretter utvikles et fremtidig tilstandskart. Denne fungerer som et optimalisert tiltak for å optimalisere verdistrømmen. Dette faller inn under Lean Construction. Verdistrømkartet måles etter syklustiden, en sum av alle handlinger i prosessen.

## 3 Metode

I dette kapitlet beskrives oppgavens kvalitative og kvantitative forskningsmetoder gjennom bruk av datainnsamling- og analyse. Det vil gis en begrunnelse for valg av metodene, samt en beskrivelse av hvordan de ble brukt i praksis. Til slutt vil oppgaven gå gjennom strategi for innhenting av litteratur, samt en vurdering av metodenes styrker og svakheter.

### 3.1 Kvalitative og kvantitative metoder

Kvalitativ forskning er en metode for innsikt i underliggende årsaker, meninger og motivasjoner (Denzin & Lincoln, 2018). Den gir innsikt i et problem, eller hjelper med å utvikle ideer eller hypoteser for mulig kvantitativ forskning. Til forskjell fra kvantitativ forskning, som fokuserer på data og analyse, handler kvalitativ forskning om å tolke og forstå komplekse fenomener. Det gjør den relevant innen utforskning av menneskelig atferd, erfaring og interaksjoner. Kvalitative forskningsmetoder er nyttige når det kommer til detaljerte beskrivelser av disse komplekse fenomenene (Sofaer, 1999). Det gjør dem verdifulle når det kommer til utvikling av hypoteser. Metodene kan også brukes for å finjustere teorier og hypoteser gjennom innledende testing. Et viktig poeng innen kvalitativ forskning er iverksetting av tiltak for å hindre partiskhet. Ved kvalitativ forskning og tolkning av en hypotese, er det lett å se etter et mønster for å bekrefte hypotesen. I et slikt tilfelle bør en heller jobbe for å motbevise hypotesen. Dette gjøres for å holde en form for disiplin under forskningen.

Kvantitativ forskning handler om analyse og fortolkning av kvantitative data i form av tall (Kaiser, 2015). Kvantitative metoder innebærer at data knyttes til spesifikke variabler lagt inn av brukeren, hvor det benyttes standardiserte metoder for datainnsamling, inkludert observasjoner, intervjuer og testing. Metoden er åpen for fleksibilitet, noe som gjør det mulig å kombinere kvalitative og kvantitative data i samme design. Forskningsmetoden stiller høye krav til de som benytter seg av den i form av troverdighet og pålitelighet. Det forventes at den som forsker tar hensyn til etisk standard. Forskningen skal blant annet være tilgjengelig for innsyn, med tanke på behovet for kontroll og oppfølging. Skulle forskerens interesse komme foran faglig evidens, kan resultatet tolkes som misvisende. Når forskningsarbeid brukes for å underbygge eget budskap, kan dette skape konflikt. Dette er også kjent som tilsiktede feil. Utilsiktede feil er en konsekvens av manglende kompetanse. Det forventes at den som utøver metoden har de kvalitetene som skal til for å presentere meningsfulle data.

## 3.2 Valg av metode

For å besvare problemstillingen i oppgaven er det valgt å kombinere kvantitativ og kvalitativ metode gjennom bruk av metodetriangulering. En kombinasjon av de to metodene gjør det mulig å skape en kvalitativ tilnærming for å utvikle nye kunnskaper og antakelser om sammenhenger i data (Jacobsen, 2015). Denne informasjonen vil bli brukt for å danne grunnlaget for det kvantitative studiet. Trianguleringen inneholder semistrukturerte intervjuer. Dataen som blir samlet inn fra intervjuene vil bli brukt i kartlegging av forsyningskjedene. Formålet med dette er å analysere årsaker og konsekvenser av forsinkelser i forsyningskjedene. Funnene fra intervju og testing av forsyningskjedene vil bli vurdert opp mot eksisterende forskning under teorikapittelet.

Metodene har som hensikt å danne et grunnlag for å besvare forskningsspørsmålene i oppgaven. Dette vil gi kunnskapen som trengs for løse problemstillingen, og gi økt kompetanse innen anskaffelsesprosessen og forsyningskjedene i byggebransjen.

Teoretisk grunnlag	Resultat	Diskusjon
<ul style="list-style-type: none"><li>• Litteraturstudie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Intervjuer</li><li>• Casestudier</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdering av resultat mot teoretisk grunnlag</li></ul>

Tabell 2: Metodikk

## 3.3 Litteraturstudie

For denne oppgaven har det blitt gjennomført et systematisk litteratursøk i kjente databaser. Hensikten med søket var å finne gode kilder om forsyningskjedehåndtering i ombruksprosesser. Relevante studier ble brukt for å sammenligne og drøfte resultatene som kommer frem i denne oppgaven. I delkapitlene under blir metodene for litteraturstudiet beskrevet og begrunnet.

### 3.3.1 Valg av litteratur

Et systematisk litteratursøk kan beskrives som et omfattende søk der informasjonshenting er planlagt og begrunnet (Gregersen, Ødegaard, & Skagen, 2016). Dette gjøres ved omfattende

søk i databaser og utstrakt bruk av søkeord. Valg av forskningslitteratur deles inn enkeltstudier (primærforskning) og oppsummert forskning (sekundærforskning). For å finne relevant litteratur, er det gjort søk på internett med bestemte søkeord. Fordelen med presise søk er at man utelater de fleste irrelevante publikasjoner. På en annen side risikerer man å utelate mye relevant informasjon (Kirkehei & Ormstad, 2013).

For å finne gode kilder for forsyningskjedehåndtering i ombruksprosesser, ble det gjort søk på sammensatte søkeord relevante for problemstillingen:

Søkeord	Database	Treff
Lean Construction AND Supply Chain Management	Google Scholar	350 000
Circular Economy AND Supply Chain Management	Google Scholar	582 000
Reused Bricks AND Supply Chain Management	Google Scholar	26 900
Lean Construction AND Supply Chain Management	Mendeley	334
Circular Economy AND Supply Chain Management	Mendeley	4 885

*Tabell 3: Antall treff for ulike søkestrenger*

Mendeley er en egen søkemotor eid av Elsevier, som har et mer begrenset utvalg resultater enn Google Scholar. Denne ble brukt for å sammenligne søkeresultat med Google Scholar og finne fram til relevante fagartikler. Mendeley er effektiv på å finne andre artikler relatert til den man akkurat leste. Dette gjør det lettere å undersøke andre artikler innenfor samme tema. Litmaps er et annet gratis verktøy som gjør det lettere for brukeren å finne andre relevante artikler relatert til den man akkurat fant fram til. Nettsiden tillater brukeren å lage visuelle «seed» kart etter en gitt artikkel. Deretter dannes et kart som viser artikler gitt ut før og etter, som artikkelen enten er basert på, eller har inspirert. Filteret kan også justeres til å sortere artikkelen etter de som flest ganger er sitert eller satt som referanse.

### 3.4 Intervju

For å oppnå en dypere forståelse av oppgavens tema og forskningsspørsmål, ble det gjennomført semistrukturerte intervjuer ved hjelp av en veiledende intervjuguide (se vedlegg 1). Denne tilnærmingen åpner for fleksibilitet under intervjuet, slik at viktige punkter kan utforskes grundigere (Denzin & Lincoln, 2018). Selv om det er utarbeidet en forhåndsdefinert rekkefølge på spørsmålene, tillater denne metoden at intervjuet naturlig tilpasser seg intervjuobjektets erfaringer og perspektiver. Dette gir rom for å stille oppfølgingsspørsmål og dykke dypere inn i relevante emner. Selv om denne tilnærmingen gir et rikere bilde av intervjuobjektene oppfatninger, kan det skape utfordringer når det gjelder sammenlikning av dataene. Hvert intervju kan utforske ulike temaer i varierende grad. Til tross for denne utfordringen ble denne tilnærmingen ansett som den mest hensiktsmessige.

#### 3.4.1 Valg av intervjuobjekter

Ved kvalitative datainnsamlinger er det vanlig å velge intervjuobjekter på bakgrunn av tema, fenomen og kontekst. Utvalget av enheter vil ha stor betydning for undersøkelsens pålitelighet og troverdighet (Jacobsen, 2015). For denne oppgaven var det relevant å samle informanter som sitter på tall og informasjon om forsyningskjedene. Det ble ikke satt kriterier for innhenting av intervjuobjekter. De ble kontaktet direkte på bakgrunn av casestudiene for oppgaven. Målet var å kontakte en informant hos entreprenøren for hvert prosjekt, og utførende eller innkjøpsansvarlig. Dette ble gjort for å sammenlikne svarene opp mot hverandre.

Prosjekt A	Prosjekt B	Prosjekt C
Entreprenør	Entreprenør	Entreprenør
Underentreprenør (oppfølging og utførelse)	Leverandør (ordrebestilling og oppfølging)	Underentreprenør (ordrebestilling, oppfølging og utførelse)
Byggherre		
Produsent (rensing tegl)		

Tabell 4: Intervjuobjektene og deres rolle i prosjektene

Casestudiene startet med Prosjekt A, ettersom det var et prosjekt studenten tidligere hadde hatt kontakt med og inspirasjon for oppgavens tema. I oppstartsfasen av prosjektet ble det

gjennomført ustrukturerte intervjuer med byggherre og produsent på Prosjekt A for å få en helhetlig oversikt over temaet det skulle skrives om i oppgaven. Oppgaven hadde også en annen retning på dette tidspunktet. Informasjonen fra byggherren og produsenten opplevdes likevel som relevant for oppgaven. Etter gjennomføring av de to ustrukturerte intervjuene fulgte skriving av teorikapittelet, før studenten selv oppdaget og tok kontakt med alle tre prosjektene. Det ble bestemt å intervju en informant per prosjekt. Denne informanten skulle være innkjøpsansvarlig, eller sitte på mest informasjon ved anskaffelsesprosessen. Det ble også tatt kontakt med innkjøpesansvarlig eller utførende for hvert av prosjektene. Ved Prosjekt B var det tatt i bruk en ekstern leverandør som et mellomledd for bestilling. Underentreprenøren, eller utførende, på dette prosjektet ble ikke kontaktet. Totalt ble det gjennomført 7 intervjuer, hvor 3 av disse var semistrukturerte. Underentreprenøren på Prosjekt C var de samme som på Prosjekt A.

#### 3.4.2 Forberedelser og tekniske hjelpemidler

Før intervjuene ble det laget en strukturert intervjuguide. Denne ble sendt til informantene på forhånd (se vedlegg 1). Dette gjorde intervjuene produktive, ettersom hver av informantene fikk tid til å forbedre svar før selve intervjuet. Selve gangen i intervjuet ble derfor tilsvarende for begge parter. Intervjuguiden inneholdt overordnede spørsmål, samt oppfølgingsspørsmål. Intervjuene ble gjennomført over telefon eller fysisk med tanke på lokasjon. Med samtykke fra informantene ble det tatt opptak og transkribert data fra intervjuene. Dette gjorde det lettere å analysere dataen i ettertid.

Underentreprenørene for Prosjekt A og C og leverandør for Prosjekt B ble kontaktet direkte over telefon etter intervjuene med entreprenørene var gjennomført. Dette ble gjort etter datainnsamling fra de semistrukturerte intervjuene. Retningen i de ustrukturerte intervjuene var tilsvarende den første intervjurunden, men den sto mer fritt i forhold til hvilken retning intervjuobjektene tok. Dette opplevdes som fordelaktig for datainnsamlingen da informantene var åpne rundt sine tanker og meninger om bransjepraksis.

#### 3.4.3 Struktur og gjennomføring

Kvalitative forskningsintervju tar utgangspunkt i samtalen. Formålet med metoden er å skaffe nok kunnskap om et bestemt tema med utgangspunkt i informantens liv eller gjennom et standardisert spørreskjema (Jacobsen, 2015). I de fleste intervjustudier, er målet å samle inn konkret informasjon ovenfor abstrakte refleksjoner eller teorier. Et godt planlagt intervju spør derfor intervjuobjekter om beskrivelser for å komme fram til noe spesifikt. Abstrakte spørsmål kan sammenlignes med oppfølgingsspørsmål senere i et intervju om en ønsker mer beskrivende



svar (Denzin & Lincoln, 2018). Alle intervju med entreprenører ble gjennomført fysisk på byggeplass eller hovedkontor. Det ble med intervjuobjektens tillatelse tatt lydopptak av intervjuet underveis. Oppfølgingsintervjuene ble gjort over telefon, uten lydopptak.

### 3.5 Datainnsamling

#### 3.5.1 Valg av data

For innsamling av resultater ble det gjennomført casestudier av tre nybyggsprosjekter hvor teglstein er blitt brukt, eller skal brukes, som en del av fasaden. To av prosjektene var pågående, mens det siste var et avsluttet prosjekt. De to pågående prosjektene betegnes som Prosjekt A og Prosjekt B. Det avsluttede prosjektet betegnes som Prosjekt C. Valg av prosjekt ble gjort på bakgrunn av anskaffelsesmetode, tilgang på informasjon og mulighet for sammenligning av anskaffelsesmetodene. Innhenting av informasjon ble gjort i form av intervjuer med relevante informanter og observasjoner. Intervjuene ble delt opp i to deler. Første del av intervjuprosessen (Del 1) ble gjort i form av semistrukturerte intervjuer med entreprenørene på hvert prosjekt. Andre del av intervjuprosessen (Del 2) bestod av oppfølgingsspørsmål til underentreprenører (UE) og relevante samarbeidspartnere. Fokus under Del 1 var gjennomføringen av selve anskaffelsen, forsyningskjeden, og hvordan utfordringer i prosessen påvirket kostnad, leveringstid og kvalitet på produktene. For Del 2 var fokuset å besvare eventuelle mangler fra Del 1, da noen UE/samarbeidspartnere ble kontrahert og gitt ansvar for anskaffelsen. Direkte observasjoner ble kun gjort på Prosjekt A. Tabell 5 viser hvordan informasjonsinnhenting og oppfølging ble gjennomført for de ulike prosjektene.

Prosjekt	Kilde
Prosjekt A	Prosjektintervju, oppfølgingsintervju, observasjoner
Prosjekt B	Prosjektintervju, oppfølgingsintervju
Prosjekt C	Prosjektintervju, oppfølgingsintervju

Tabell 5: Kilde for innhenting av informasjon

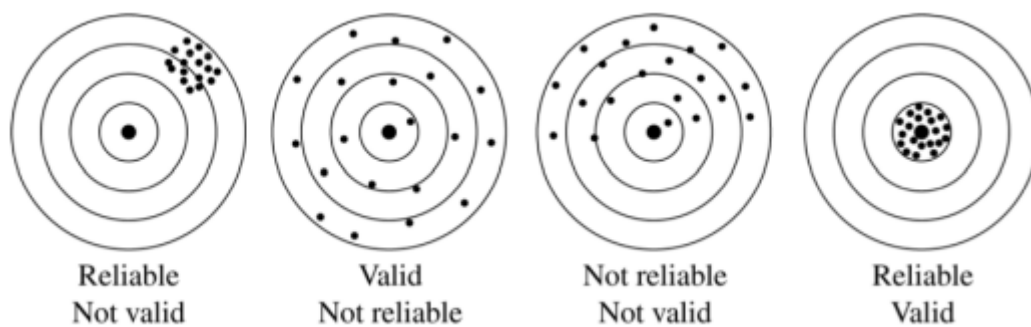
#### 3.5.2 Registrering og måling av data

Data ble samlet inn i form av tall for dager det tok å bestille teglsteinen. Tiden ble målt i dager, og ble hentet fra intervjuobjektene før, under og etter intervjuene. Det var variasjon i hvilken

tilgang informantene hadde tilgang på ved hvert prosjekt. Flere av informantene prøvde å hente informasjon fra tidligere e-poster mellom dem og leverandøren. Datoene var ofte uklare, og det var ofte lagt inn fleksibilitet ved tidspunktene. Dette gjorde at to av prosjektene ble målt per måned, ettersom informantene manglet spesifikke datoer for oppgitte måneder. Kun ett av prosjektene hadde data nøyaktige nok til at det var mulig å danne et nøyaktig verdistrømkart. Dette prosjektet hadde også fremdriftsplanen til produsenten tilgjengelig, noe som styrket troverdighetene til data fra informanten hos entreprenøren.

### 3.6 Validitet og reliabilitet

Validitet og reliabilitet benyttes for å undersøke hvorvidt en studie er presis og pålitelig. Reliabiliteten er en måling på presisjon og nøyaktighet, mens validitet oppgir gyldighetsgraden av studiet (Cooper & Schindler, 2014).



Figur 8: Validitet og reliabilitet (Varmdal, 2017)

Cooper & Schindler (2014) benyttet blinker for å illustrere validitet og reliabilitet. Ved høy validitet og reliabilitet vil en treffe blinken ved hvert forsøk. For en studie vil det si at undersøkelsens resultater både er nøyaktige og riktige. I andre tilfeller hvor validiteten, eller reliabiliteten, er lav vil undersøkelsen kontinuerlig bomme på målet, eller stedvis få inn blinkskudd. Dette er ikke et ønskelig resultat for en studie da det impliserer at undersøkelsen enten mangler representativitet, eller er av lav nøyaktighetsgrad. Manglende reliabilitet eller validitet vil dermed ikke gi stabilt gode resultater. Det er derfor ønskelig med høy reliabilitet og validitet i akademiske studier.

En kvalitativ forskningsmetode ble valgt for å få inn ulike erfaringer og meninger rundt problemstillingen. Studenten var interessert i å finne ut hvordan anskaffelsesmetoder for

teglstein foregår i praksis, samt lære mer innkjøp og utfordringene dette medfører. Semistrukturerte intervjuer ble brukt på tvers av prosjektene for at informantene skulle besvare de samme spørsmålene slik at den som intervjuet kunne sammenligne svarende opp mot hverandre. Målet for oppgaven var å snakke med relevante informanter på ulike prosjekter for å sammenligne resultatene opp mot hverandre. Dette ville brukes til å validere resultatene fra oppgaven.

Ved måling av kvantitative data for anskaffelsesprosessene, var det stor variasjon i informasjon som ble gitt blant informantene. Dette gir noen av verdistrømkartene lavere reliabilitet i nåværende situasjon. Prosjekt A oppleves som meget treffsikker takket være bekreftende data fra andre aktører i samme verdikjede.

## 4 Resultater

I dette kapittelet presenteres datainnsamlingen fra casestudiene og resultatene fra intervjuene. Disse danner grunnlaget for videre diskusjon i kapittel 5. Først ble det gjennomført en flercasestudie som ga innsikt i anskaffelsesprosessen i hvert av prosjektene. Videre ble det gjort intervjuer med fagpersoner på prosjektene, samt oppfølgingsintervjuer med relevante samarbeidspartnere i hvert prosjekt. Alle prosjektene er plassert i Trondheim.

### 4.1 Datainnsamling fra casestudier

#### 4.1.1 Prosjekt A

Prosjekt A skal bli en ny skole og defineres som et miljøprosjekt. Byggherren har satt mål om at nybygget skal bli et nullutslippsbygg. Dette gjøres gjennom flere innovative løsninger, blant annet norsk lokalrenset ombrukstegl. Prosjektet er priset til nesten en milliard kroner. Prosjektet holdt på med betongarbeider da denne oppgaven ble skrevet. Ingen fasadearbeider med tegl var påbegynt.

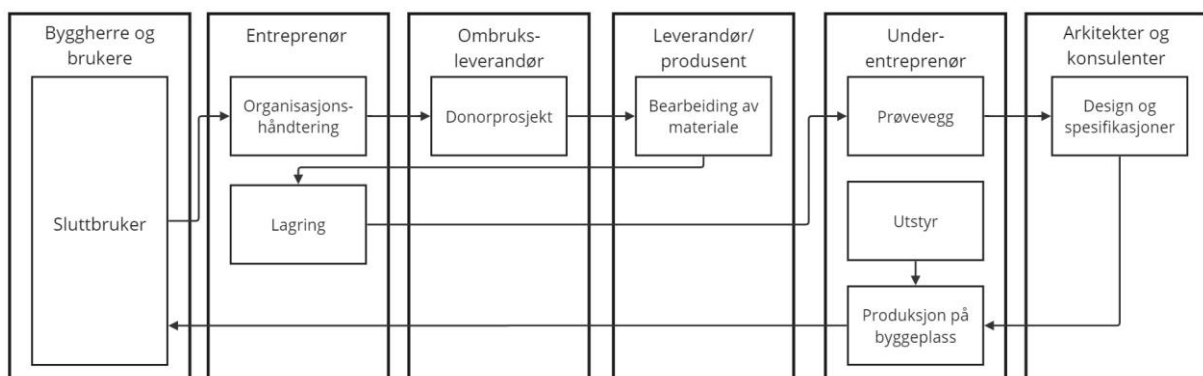
Ombrukstegl ble valgt på grunn av sine miljøvennlige egenskaper. Byggherren hadde et ønske om at en betydelig del av reduksjonen i klimagassregnskapet på bygget skulle komme gjennom ombruk av materialer. Klimaregnskapet regnes ut fra CO<sub>2</sub> utslipp per tonn. Teglet ble derfor attraktivt som materialvalg på grunn av sin tyngde. Det er planlagt bruk for hele fasaden i første etasje. Anskaffelsen av materialet gikk likevel ikke lett for seg.

Entreprenøren oppdaget teglet fra en gammel fabrikk under befaring i tidligfasen av prosjektet. Rivning ble utført av en riveentreprenør på oppdrag fra en annen byggherre. En stor mengde teglstein ble derfor ødelagt under riveprosessen, ettersom det ikke var kommunisert noen bruksområder for teglsteinen på forhånd. Etter hvert som entreprenøren vurderte teglsteinen for bruk, ble det tatt prøver og sendt ut hurtigtester for frostbestandighet og miljøgifter til teglsteinen fra fabrikk. Etter testene ble godkjent, ble riveentreprenør varslet. Gjennom en avtale med fylkeskommunen, fikk entreprenøren eierskap til teglsteinen. Teglet ble sendt til midlertidig lagring i påvente av bearbeiding. Det tok ca. et halvt år før en aktuell produsent tok på seg oppdraget med å rense teglsteinen. Denne prosessen tok noen måneder, før teglsteinen ble transportert til byggeplassen noen måneder senere.

Prosjekt A gjøres på oppdrag fra byggherre. De er derfor sluttbruker på prosjektet. De bestemte ikke fasademateriale, men hadde innflytelse gjennom godkjenning av materiale. Teglet ble vurdert etter oppdagelsen av donorprosjektet. Riveentreprenøren (RE) sto for selve rivningen. Entreprenøren utførte kartlegging og testing av teglsteinen underveis for å vurdere kvaliteten

til steinen før den ble klarert for bruk. Parallelt med testingen av teglprøver, pågikk rivingen av donorprosjektet. Rivingen pågikk uvitende om at testen potensielt skulle brukes for ombruk. Etter RE ble varslet om å ta hensyn under rivingen med tanke på ombruk av teglsteinen, ble hele og halvsteiner sendt til mellomlagring. Under mellomlagringen var byggherren på utkikk etter en lokal produsent som kunne ta på seg oppdraget med å rense steinen for ny bruk. Etter bearbeiding, sortering og plassering på paller, ble steinen levert til byggeplass av produsenten. Entreprenøren sto for logistikkhåndtering av steinen, og sorterte pallene etter type stein, fra hel til delvis stein. Entreprenøren kontraherte egen underentreprenør (UE) for muringen. UE har ikke hatt noen form for innflytelse på selve anskaffelsen av teglsteinen, men sto for prøveveggen som ble brukt til valg av mørtel og design for fasaden. Under anskaffelse, kommuniserte entreprenøren med arkitekten og rådgiver angående bæring og design ved valget av teglstein. Endelig valg av design ble ikke bestemt før prøveveggen sto ferdig. Etter valg av mørtel, design og spesifikasjoner, sto teglsteinen klar for muring og produksjon på byggeplass. Denne går deretter tilbake til sluttbruker som mottar ferdig produkt.

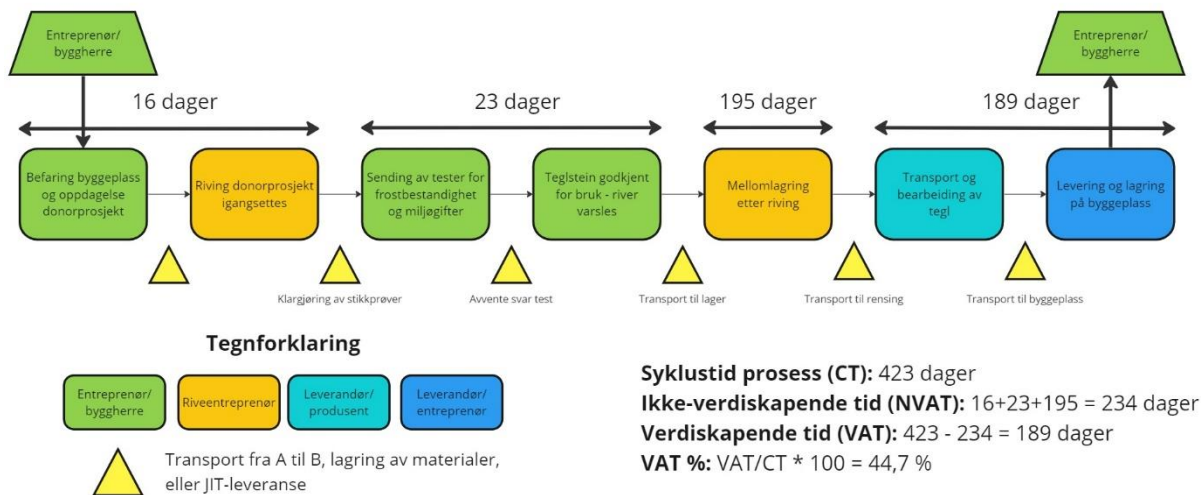
Oppsummert er det entreprenøren og byggherren som oppdager donorprosjektet på befaring. Entreprenøren kom med et ønske om å bruke teglsteinen, og byggherren sender ut et anbud for å finne en produsent for bearbeiding av steinen. På grunn av mangel på CE-merking og dokumentasjon, blir stikkprøver sendt for testing av bestandighet og miljøgifter. Entreprenøren er ikke villig til å ta et valg på bruken av teglsteinen før disse er godkjent. Etter godkjenning gis det signal om å bevare teglsteinen under rivingen. Steinen ble deretter sendt til mellomlagring, før produsent tok på seg bearbeiding og levering av ferdig renset teglstein til byggeplass. Steinen ble sortert på byggeplass som helstein eller halvstein.



Figur 9: Flyttdiagram som representerer samhandlingen i Prosjekt A under anskaffelsen av ombrukstegl

Verdistrømkartet i Prosjekt A ser på gjennomføringen av anskaffelse, rensing, og levering med mål om å redusere ledetid ved å promotere samarbeid mellom de utførende i forsyningskjeden. På grunn av mangel på samarbeid under selve anskaffelsesprosessen, er det valgt å bruke et verdistrømkart på makronivå for å identifisere forbedringspotensialer.

Verdistrømkartet starter med oppdagelsen av donorprosjektet og vurdering av teglsteinen som fasademateriale. Kartet avsluttes med ferdig levert og bearbeidet teglstein på byggeplassen. Nåværende tilstand er visualisert i figur 10. Prosessen startet med befaring på byggeplass, hvor den aktuelle teglsteinen for første gang ble oppdaget. Riveentreprenøren startet rivningen av bygget ca. 2 uker etterpå. Under rivningen ble det gjort estimater for mulige mengder stein på byggeplassen, og om det var nok til å brukes som fasade. Flere tester ble sendt for å teste frostbestandighet og miljøgifter i steinene. Da siste kritiske prøve var mottatt, ble steinen godkjent til bruk. Riveentreprenøren ble varslet med en gang. Etter ferdig utført rivning ble steinen sendt til mellomlagring før det ble bestemt hva som skulle gjøres med den. Her sto den i over 6 måneder før den ble transportert til bearbeiding for ombruk. Selve bearbeidingsprosessen bestod av tungt, manuelt, arbeid. På grunn av dårlige lagringsforhold hadde flere av teglsteinene blitt påført frost. Dette gjorde det vanskeligere å bearbeide steinen. Etter steinen var sortert og klargjort for transport, ble den sendt til lagring på byggeplassen.



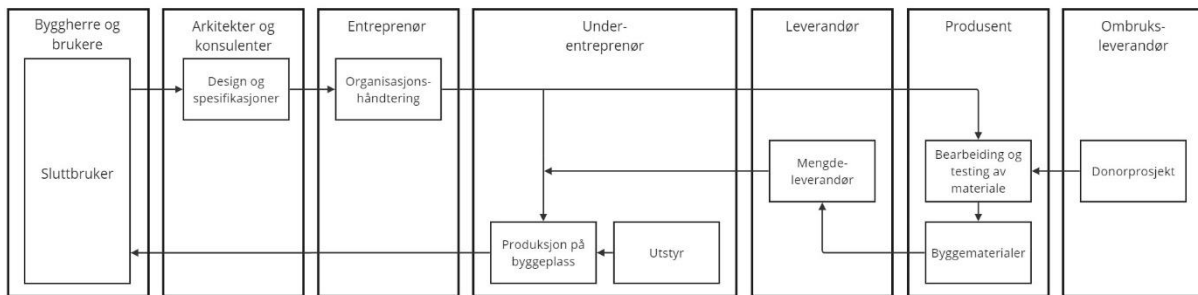
Figur 10: Nåværende verdistrømkart Prosjekt A

#### 4.1.2 Prosjekt B

Prosjekt B skal bli et nytt kontorbygg som en del av en bærekraftstrategi fra byggherre. Bygget har også tatt i bruk ombrukstegl. Til forskjell fra Prosjekt A var fasadearbeider for dette prosjektet ferdigstilt, hvor tegl er brukt over hele byggets fasade. Kun innvendige arbeider gjensto da denne oppgaven ble skrevet.

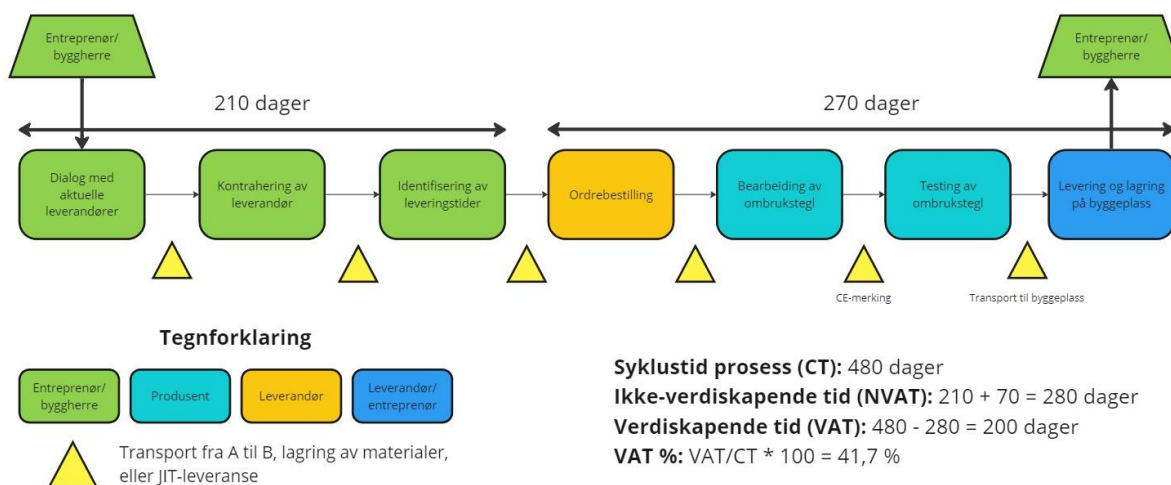
Valg av ombrukstegl kom som et ønske fra byggherren som foretrakk tegl på grunn av sin lange levetid som fasademateriale. Bærekraftsansvarlig på prosjektet så fordelene med ombrukstegl som et bærekraftig tiltak. Det var heller ikke brukt mye tegl i stor skala i Norge tidligere. Entreprenøren bestilte ombrukstegl gjennom en leverandør i Norge som spesialiserte seg på ombrukstegl. Leverandøren har en eksklusiv samarbeidsavtale med et dansk firma som bearbeider og eksporterer tegl for ombruk. For entreprenøren holdt det derfor å bestille via leverandøren, som fikk sin ordre gjennom den danske produsenten. Leveransen kom senere via ukentlige leveranser fra Danmark. Dette foregikk under murerarbeidet, samme praksis som ved bestilling av nyprodusert tegl. Da fasaden nærmet seg ferdigstilling, viste det seg å være en betydelig mengde ombrukstegl til overs. På grunn av den store mengden som var bestilt, tok entreprenøren på seg risikoen med å beholde det ekstra som var igjen av tegl. Byggherren eier de ubebygde tomtene ved siden av bygget. Planen er å bruke det videre på andre nybygg i dette området fremover.

Entreprenøren i Prosjekt B faller under samme eierskap som byggherren på prosjektet. Fordelen ved en vertikal integrert enhet som på dette prosjektet, er mer effektiv koordinering mellom de to partene. Bærekraftsansvarlig hos entreprenøren tok tidlig kontakt med en leverandør i Norge som spesialiserte seg på ombrukstegl. Leverandøren tilbyr flere ulike tjenester innen ombrukstegl, men for dette prosjektet tok de kun på seg bestilling og levering. Leverandørens samarbeidspartner er lokalisert i Danmark, og benytter seg av en automatisert løsning innen rensing og bearbeiding av teglstein for ombruk. Teglsteinen i dette tilfellet kommer fra en spesifikk type donortegl i Danmark. Etter ferdig bearbeiding og CE-merking av materialet i Danmark, importeres ferdig teglstein til Norge for levering på prosjektet. Leverandøren har ansvar for å følge opp bestillingen og møte entreprenøren sin fremdriftsplan. Leveringene blir gjort ukentlig over en lengre periode i takt med muring på byggeplassen. Til slutt mottar byggherren ferdig produkt i form av ferdigmontert fasade.



Figur 11: Flyttdiagram som representerer samhandlingen i Prosjekt B under anskaffelsen av ombrukstegl

Verdistrømkartet i Prosjekt B (figur 12) fokuserer på samarbeidet mellom entreprenør og byggherre, og hvordan de samhandler med leverandøren for å importere utenlandsk ombrukstegl til prosjektet. Prosessen starter med en dialog med aktuelle leverandører. Entreprenør og byggherre kontraherte deretter leverandør etter beste pristilbud i tillegg til et ønske om å bruke en norsk leverandør ovenfor direkte kjøp fra Danmark. Etter kontrahering starter planleggingsprosessen, før det legges inn en bestilling. Entreprenøren ble gitt et bindende tilbud fra leverandøren om å legge inn en fullstendig bestilling for alt de trengte av ombrukstegl. De hadde ikke mulighet til å dele ordren opp i enkelte bestillinger. Etter avtale er inngått og bestilling er lagt inn, sendes ordre til produsenten som bearbeider teglsteinen for ombruk. Produsenten sørger for at steinen oppnår nødvendige godkjenninger for å kunne brukes i prosjektet. Leveringen av ombrukstegl ble gjort ukentlig til byggeplass. De mottok en trailer i uken som ble lagret ved byggeplass.



Figur 12: Nåværende verdistrømkart Prosjekt B

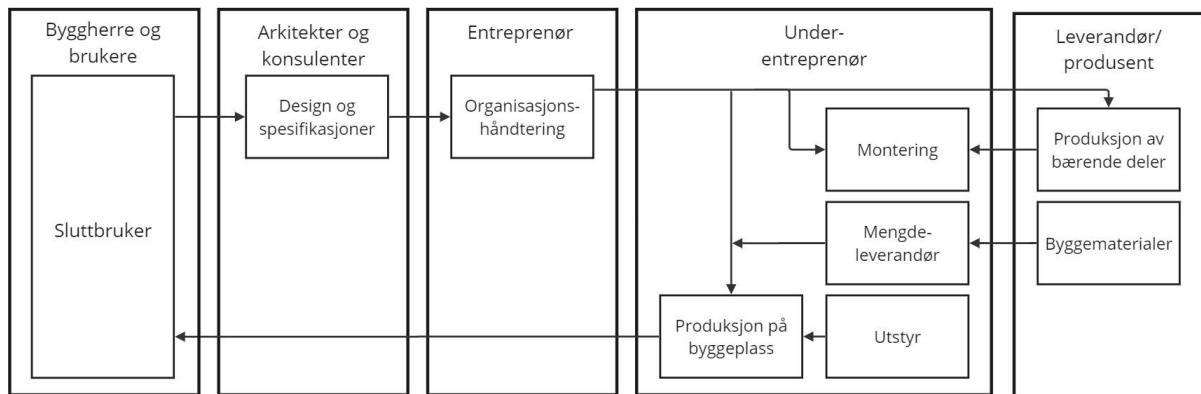


### 4.1.3 Prosjekt C

Prosjekt C er et kontorbygg som ble overlevert i 2023. Til forskjell fra de to andre prosjektene, har dette bygget tatt i bruk nyprodusert tegl som en del av sin fasade. Prosjektet var priset til litt under en halv milliard kroner. Den nyproduserte teglsteinen ble levert av en stor internasjonal produsent og leverandør innen teglstein. Alt nyprodusert tegl produseres i utlandet, så steinen måtte importeres inn til Norge. Til forskjell fra annet tegl bestående av råmaterialer, var denne steinen brent på biogass for CO<sub>2</sub>-reduksjon. Steinens design reduserer også materialforbruket med 15 %.

Entreprenøren og miljøansvarlig på Prosjekt C valgte teglstein med bærekraftsegenskaper for å redusere det totale utslippet fra produksjon. Steinen ble brukt til fasadekledning. Selve bestillingen ble gjort av mureren, som ble kontrahert med ansvar for bestilling og utførelse.

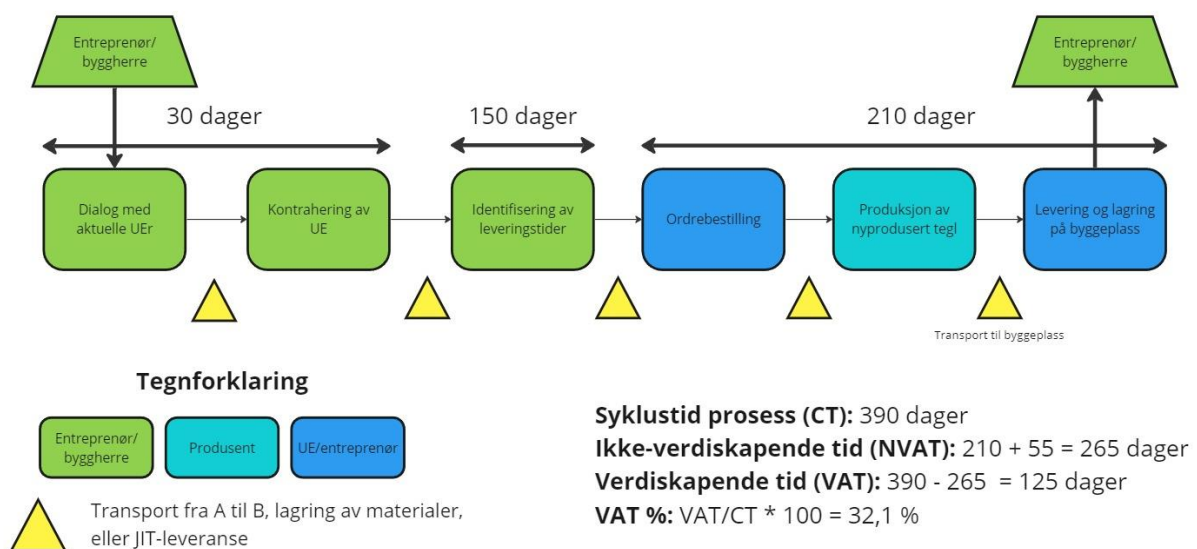
Prosjekt C valgte en annen løsning innen utslippsbesparelser. De gikk for nyprodusert teglstein produsert på en mer miljøvennlig måte. Etter kontrahering av utførende underentreprenør (UE), tok entreprenør direkte kontakt med UE for å legge inn bestilling. Entreprenøren var tidlig ute med selve bestillingen, men ga UE fullt ansvar for å følge den opp. Den nyproduserte teglsteinen produseres og importeres deretter fra utlandet. Samme leverandør leverer bjelker som er med på å bære en teglvegg. Mørtelen leveres av en annen ekstern leverandør. Leveringene gjøres ukentlig tilsvarende Prosjekt B i takt med utførelsen.



Figur 13: Flytdiagram som representerer samhandlingen i Prosjekt C under anskaffelsen av nyprodusert teglstein

Verdistrømkartet i Prosjekt C (figur 14) er tilsvarende kartet i Prosjekt B, men uten ekstern leverandør. Prosessen startet med en anbuds konkurranse fra entreprenøren til underentreprenørene (UE) som driver med tegl og muring. Entreprenøren får pris fra de aktuelle kandidatene når det kommer til innkjøp og muring av teglsteinen. Entreprenøren

kommer med et ønske om type teglstein de ønsker pris på iht. arkitektens beskrivelser, og etter planlagt oppstart på prosjektet. Etter UE er kontrahert, er det opp til UE å ha riktig tegl på plass til riktig tid. Kontrahert UE diskuterer mengde med entreprenøren for å komme fram til en teoretisk mengde. Denne mengden skal ta hensyn til pilastere for forsterkning av muren, og en mulig mangel på teglstein under utførelse. Nyprodusert tegl masseproduseres i større grad enn ombrukstegl, noe som gir UE større frihet til å justere ordren underveis i prosjektet. Produksjonen foregår i utlandet, og teglsteinen leveres ukentlig på byggeplass i takt med byggingen.



Figur 14: Nåværende verdistrømkart Prosjekt C

## 4.2 Intervjuer

I dette kapittelet presenteres resultatene fra intervjuene. Det ble totalt gjennomført 7 intervjuer, hvor 3 av disse var semistrukturerte (tabell 4). Kapittelet inneholder uttalelser og erfaringer innhentet fra intervjuene. Resultatene er fordelt etter forskningsspørsmålene ved oppgaven knyttet til utfordringer og tiltak til forbedring ved bruk av ombrukstegl.

### 4.2.1 Utfordringer ved bruk av ombrukstegl

Kartlegging av donorbygg foregår vanligvis i tidligfasen av prosjektet. Det er en systematisk undersøkelse av gamle byggs tilstand, og tilgjengelighet på materialer for ombruk. Denne fasen

hjelper entreprenør med å identifisere donorbygg. Ifølge intervjuobjektene kreves det en grundig kartlegging av nærliggende donorbygg for å identifisere mulige kandidater. Kartleggingsfasen ble beskrevet som en kritisk fase for å lykkes med ombruk. I dag finnes det ingen veletablerte systemer for å lokalisere donorbygg. En er heller avhengig av et eget nettverk for å komme i kontakt med eventuelle prosjekter som skal rives rundt samme tid som prosjektet. Det ble trukket frem at en god dialog med riveentreprenør var viktig, for å unngå unødvendig tap av det som kunne blitt ombrukstegl. En annen informant mente det var viktig å effektivisere riveren etter riving for å hindre at ekstra tegl går til deponi eller brukes som fyllmasse. Det er viktig å få teglsteinen til rensing så fort som mulig. Logistikken som følger, er enklere å håndtere.

Lagring er et ikke-verdiskapende steg i verdikjeden som ikke alltid kan unngås. Donorbygg produseres ikke på samlebånd som nyproduserte materialer. Med mindre et prosjekt går helt etter planen, uten forsinkelser og tidlig planlagt, er det vanskelig å tilrettelegge for levering uten at noen tar på seg lagring av produktet. I Danmark produseres ombrukstegl fra prosjekt til prosjekt. De tar derfor ikke på seg langsiktig lagring av teglsteinen. En av informantene forklarte komplikasjonen som oppsto når prosjektet opplevde forsinkelser under muring, og hvordan dette påvirket produsenten:

*Vi kom i gang med muringen litt seint. Da ble utfordringen at leverandøren ikke har et lager av varer. Da de begynte å produsere til oss i tro om at de skulle begynne å levere, så ble det utfordring å få plass til steinen der. Så til slutt måtte de begynne å levere. Heldigvis hadde vi uendelig med lagringsplass her.*

Unødvendig mellomlagring ble trukket frem som et problem når det kom til kvaliteten på steinen. Før det ble bestemt hvem som skulle rense og bruke teglsteinen på et av prosjektene, ble steinen lagret utvendig i vente på bruk. Dette utsatte steinen for hardt vær og vind. Teglsteinen var ikke tildekket, noe som sørget for problemer under rensing og kvaliteten på steinen. Det viste seg at steinen ble vanskeligere å jobbe med, og flere av teglsteinene gikk i oppløsning da de skulle renses.

I tråd med kartlegging og lagring er det viktig med kommunikasjon. Dette ble trukket frem av flere informanter som et viktig verktøy for å sikre god informasjonsflyt angående kvalitet og

bruk av revet teglstein. En informant forklarte hvordan byggherren trengte mer informasjon for å føle seg trygg før de kunne ta i bruk ombrukstegl. I tillegg forespurte riveentreprenøren dokumentasjon for å sette en stopper for riveprosessen. De var kontrahert av en annen byggherre om å rive donorbygget til en viss dato. Dette satte i gang et tidskritisk løp for entreprenøren for å få steinen ferdig testet og dokumentert for bruk. Informanten på dette prosjektet forklarte hvordan tidligere inngrep i riveprosessen kunne reddet flere teglstein for ombruk:

*Det ble revet med maskin for å være fyllmasse, ikke tatt noe hensyn. I tillegg ble den lagt i dyngje, kjørt litt over. Det tok litt tid før vi fikk besluttet at det er denne vi skal ha, og da blir det også tatt med maskin og dumpet opp i bil. Og så blir den tatt fra bil igjen og dumpet opp i dyngje.*

En annen informant forklarte hvordan overbestilling var et problem som resultat av dårlig kommunikasjon med kontrahert leverandør. Bestillingen ble gjort tidlig, men mengden ble for stor. Entreprenøren trodde de kunne stoppe leveransen, noe som viste seg å være umulig. Ombrukstegl må i de fleste tilfeller bestilles i en og samme ordre. En produsent har ikke lager med råvarematerialer som andre nyproduserende leverandører. De er avhengig av å rense steinen når den først er tilgjengelig. Dette gjør det vanskelig å endre en bestilling underveis.

Under bearbeiding og rensing av teglsteinen i Prosjekt A, opplevdes det som unødvendig tungt arbeid. Begrunnelsen bak dette var de dårlige lagringsforholdene, men også dårlig etablerte aktører i regionen. I Norge er det ingen som tar på seg rensing av tegl på stor skala ved bruk av automatiserte løsninger. Resultatet av dette er en lang og ineffektiv prosess som ikke går prosjektene økonomisk til gode. De må derfor beregne på seg et tap med tanke på den ekstra kostnaden knyttet til hver stein. Mellom 680-700 tonn teglsteinsmasser ble kjørt til mellomlagring hvor det ble stående i 6 mnd. Da det skulle flyttes til rensaneanlegget, hadde masse økt til 880 tonn. Noen av disse tonnene beregnes å ha vært snø og is. Informanten for bearbeiding forklarte hvordan lagring av teglstein i minusgrader er en stor utfordring med tanke på fukt i bakken. Dette gjør at teglsteindyngen fryser sammen til klumper. Disse klumpene må fraktes inn til tining før de kan bearbeides. En stor risiko ved frossen teglstein er at den har større mulighet for å gå i oppløsning. Den er i tillegg vanskeligere å jobbe med.

Flere av intervjuobjektene trakk fram hvor viktig hvilken form for lagring av steinen er i en anskaffelsesprosess. I Prosjekt A var flere steiner lagret på både murer- og europaller. Mureren er avhengig av murerpall når de skal utføre jobben, noe som krever et ekstra steg i å få flyttet teglstein fra europallene over til murerpallene. En av informantene forklarte at denne kunne vært unngått hadde de inkludert en fagekspert tidligere i prosessen. Informanten konkluderte med at tidligere involvering av murer kunne fått ned tid og kostnad med tanke på rensing og stabling av teglsteinen. Bakgrunnen for valgt stablingsmetode var at produsenten at steinen fra donorbygget var større enn den type stein som vanligvis står på murerpall. Informanten nevnte også at kontraheringsformen (fastpris) hadde en effekt. De ønsket å utføre rensingen mest mulig effektivt, og stabling på europaller var mer praktisk enn murerpaller. Resten av forsyningskjeden dro ikke fordel av dette tiltaket.

Flere av informantene opplevde det som vanskelig å få deler til å passe sammen. Gammel teglstein er ikke alltid like lett kompatibel med moderne mørtelløsninger, noe som krever spesialbestillinger fra eksterne leverandører eller nye løsninger. En av informantene fortalte hvordan mørtel tilpasset en type stien kan være en utfordring med tanke på muren som skal opp. En murer må dokumentere at mørtel og stein har nok veheft (horisontal lastoverføring). Dette gjøres ofte i form av en prøvevegg på prosjektet. Informanten fortalte at teglstein brennes ulike steder i ovnen, noe som dokumenteres ved nyprodusert tegl og sorteres i egne hauger. Revet ombrukstegl er vanskeligere å plassere. En annen informant informerte om komplikasjonene ved bæring i murveggen. Veggen trengte en egen tegldrager for bæring ved åpne felt (f.eks. vindusfelt), men det var ingen leverandører som produserte dragere for den typen ombrukstegl. De benyttet seg derfor av en stålbærer i stedet.

Utseende og estetikk er viktige faktorer ved valg av materiale, men ved ombruk må en tåle en større variasjon i utseende. En informant trakk frem hvor viktig det var at ombruksmaterialer tilpasses prosjektet:

*Du må tilpasse det du skal bygge, eller fasaden, til det du finner. Du kan ikke sitte der og se for deg hvordan bygget skal se ut, og finne materialer. Det her er det vi har, og sånn skal bygget bli. Du er veldig avhengig av en arkitekt som er tilpasningsdyktig, og som ser muligheter. Og en byggherre som ikke minst er villig til å bruke det og.*

Flere av informantene trakk frem levering som en utfordring i forhold til planlegging og utførelse av muringen. Ombrukstegl er ikke lagervare. Dette krever at entreprenøren er fleksibel med tanke på levering. De kan ikke forventes Just-In-Time levering for hver forsendelse, og mellomlagring må nesten forventes mellom produksjon og levering. Ombrukstegl er ikke et lett tilgjengelig materiale og må brukes når det først er tilgjengelig. Dette skapte utfordringer for flere av informantenes prosjekter med tanke på levering og lagring av teglsteinen.

Ombruksbransjen består av mange oppstartsbedrifter og gründervirksomheter. Dette byr på problemer knyttet til betaling og tilgang på kapital ved større ordre. En informant dro frem byggeprosjekt som en stor utfordring i seg selv. De er langvarige, og man vet ikke når man kan hente pengene. Dette krever at en stiller strengere krav til dato og leveranser. Forsinkelser i prosjekt er kritiske for levering. Utsatt produksjon påvirker også de andre aktørene nedstrøms i forsyningskjeden. Informanten nevnte hvor viktig det var at større aktører som gjerne har store bankgarantier, tar på seg risikoen i slike tilfeller.

En utfordring som ikke ble nevnt ofte var kompliserte regelverk. Den hadde likevel stor betydning for prosjektene. På grunn av de omfattende kravene knyttet til fasthet og miljøgifter, må entreprenøren ofte ta på seg kostnaden ved testing av materialet. En informant forklarte hvordan dette skapte forsinkelser i prosessen. Personen forklarte hvordan regelverk for testing av konstruksjonsdeler gjør det komplisert for andre aktører å ta i bruk ombrukstegl. Når insentivene for ombrukstegl ikke er der, er det vanskelig å få med seg andre mot en sirkulær fremtid.

Et viktig insentiv for å ta i bruk ombrukstegl er lavere kostnader. Blant noen av informantene ble påslag trukket frem som en viktig faktor med tanke på kostnad for muringen. En stor utfordring for entreprenører som ønsker å ta i bruk ombrukstegl, er de store kostnadene per stein. Denne er som regel større for ombruksmaterialer. En informant fortalte hvordan prisen per ombrukstegl ofte ble dobbelt så dyr som nyprodusert på grunn av det ekstra påslaget som legges på for arbeidet. Som følge av dette blir ombruksmaterialer ofte priset ut fra anbudskonkurranser. Materialer som tilfører bygg en høy verdi foredler prosjektet. Dette tilfører en ny verdi som gjør at en murer kan ta mer betalt per time ved å legge på en ekstra takst.

#### 4.2.2 Tiltak til forbedring av forsyningskjeden

I intervjuene ble det stilt spørsmål om hvilke systemer som ble satt i gang for å bedre håndtere utfordringene som dukket opp underveis i anskaffelsesprosessen. Flere av informantene trakk frem at tidlig kommunikasjon med eksperter og andre erfarne aktører var viktig for å unngå ubehagelige opplevelser senere i prosjektet. En informant nevnte at tidligere kontakt med murer og riveentreprenør kunne redusert mengden tapt teglstein i riveprosessen. Det de valgte å gjøre i stedet var å tilpasse seg den nedsatte mengden som var å forventes fra rivingen. Fikk de mindre stein etter rivingen hadde de prosjektert dette inn. Hadde dette ikke vært nok, kunne de erstattet felt med andre materialer. De hadde ingen ønsker om å erstatte teglsteinen med tegl fra andre prosjekter. Informanten forklarte at det ikke er lett å prosjektere akkurat ønsket mengde fra riveprosjekt. De la inn en plan B for selve muringen med tanke på usikkerhet ved kvaliteten til flere av steinene, men de var usikre på omfanget. En annen komplikasjon ved udokumentert teglstein er bæringsevnen. På grunn av mangelen på leverandører av riktig bæringssystem (tegldrager) ble det valgt å bruke en stålbærer i stedet.

Det er et felles ønske om at mørtel skal ha størst mulig kalkinnhold for at teglsteinen skal kunne brukes om igjen ved enden av byggets livssyklus på en best mulig måte. Mørtelen er en masse som må tilpasses hvert prosjekt. Nyprodusert tegl har fordelen av god dokumentasjon og forhåndsdefinerte mørteltyper, mens ombrukstegl må gjennom en prøving og feilings – fase for å komme fram til riktig type mørtel. Mørtel med kalkinnhold er ikke alltid like sterk som sementbasert, og en av informantene fortalte at de måtte gå over til en mer sementbasert variant for at den kunne brukes.

Et av intervjuobjektene nevnte nettverk som en viktig faktor for vellykket ombruk. De forklarte hvordan fylkeskommunen jobber med å lage en database for kartlegging av eksisterende donorbygg for å danne en materialbank. Ettersom entreprenøren jobbet med innkjøp, hadde de ikke noen form for system eller lager for ombruksmaterialer. De er avhengig av at andre leverer produkter hvor de kjøper dem opp. Det ble også nevnt hvor viktig det var å komme tidlig inn i prosjekter for å gi mer tid til planlegging og innkjøp.

Samme informant opplevde samarbeidet i hele forsyningskjeden som veldig bra:

*Alle hadde veldig lyst til å få det til. Det var et historisk bygg, og man ble nesten litt lei seg når det skulle begynne å rives. Vi så også at steinen var ganske flott. Tror alle hadde lyst til å få det til. Det var et genuint ønske om å lykkes.*

Andre aktører i forsyningskjeden la inn fleksibilitet i sin del av kjeden for å redde flest mulig teglstein. Dette ga entreprenøren bedre tid til å planlegge og teste teglsteinen. Riveentreprenøren kunne vært hard på egen fremdriftsplan, men valgte heller å legge inn en buffer for å tilrettelegge for ombruk. Informanten opplevde det gode samarbeidet blant samarbeidspartnerne som kritisk for at de lykkes med anskaffelsen.

I Prosjekt B, hvor ombrukstegl ble importert fra Danmark, var avtalen at den norske leverandøren skulle betale for steinen. Da prosjektet ble forsinket, og bestillingen utsatt, krevde produsenten at leverandøren betalte. Som en ny aktør i bransjen sitter ikke de på like mye egenkapital som andre leverandører. Det ble derfor et problem å betale regningen. Dette løste de ved at entreprenøren tok på seg risikoen ved å betale hele regningen for bestillingen før bestillingen var mottatt. Entreprenøren betaler ordren som regel etter den er mottatt, men i dette tilfellet så de seg nødvendig å støtte leverandøren for at ordren skulle gå gjennom.

*Da sa vi det er greit, det er bare å fakturere, så tar vi på oss risikoen i stedet slik at de kommer seg gjennom det. Da vi tilbake til det at det er viktig å være nøye når en inngår avtaler så det ikke blir noen diskusjon der.*

Forsinkelsene i Prosjekt B oppsto på grunn av forsinkelser fra andre underentreprenørers arbeid. Informanten på prosjektet forklarte at dette kunne vært håndtert, hadde de bestilt tegl i bedre tid. Hendelser som dette oppstår og påvirker andre. Det ble trukket frem at fremdriftsplanlegging er kritisk som entreprenør for å lykkes med planlagt arbeid, noe som gjøres gjennom en godt utarbeid fremdriftsplan.

Flere av intervjuobjektene la til at samspillsentreprise var viktig for å lykkes. Ved å involvere andre aktører tidlig i prosessen, får man tilgang til innsikt og ekspertise tidlig. Dette bidrar til bedre planlegging, risikohåndtering og beslutninger som eliminerer «waste» nedstrøms i prosjektet. Det var enighet om at økt forståelse for byggherrens behov, fleksibilitet underveis og bedre kommunikasjon underveis bidro til at prosessene gikk så bra som de gjorde. På tross av utfordringer som dukket opp, var tidlig planlegging en viktig del av suksessen blant prosjektene.



## 5 Diskusjon

I dette kapitlet er forskningsspørsmålene i oppgaven diskutert basert på teori i kapittel 2 og resultat i kapittel 4. Forskningsspørsmålene skal bidra til å svare på problemstillingen. Ved å sette funn fra intervju opp mot relevant litteratur, kan sammenhenger bedre undersøkes. Sammen med egne observasjoner og tall fra casestudier, kan denne sammenhengen gi en større oversikt over forbedringspotensialet i forsyningskjeden. Til slutt presenteres forslag til forbedring av forsyningskjeden i form av fremtidige verdistrømkart.

### 5.1 Hvordan gjennomføres anskaffelsen av ombrukstegl i byggeprosjekter?

Informantene ga detaljerte beskrivelser av hvordan de gjennomfører anskaffelser av ombrukstegl med de andre aktørene i forsyningskjeden. Denne prosessen kan sammenlignes med tidligere erfaringer beskrevet fra prosjektet KA13 i kapittel 2.1.2. KA13 i Oslo var en pioner innen rensing av tegl i Norge. På samme vis som i Prosjekt A, ble teglsteinen hentet fra hauger og renses for hånd. Fordelen ved dette prosjektet var at de hadde hentet teglsteinen direkte fra prosjektene etter riveprosessen. De sto ikke mellomlagret over lengre tid i kulden, noe som gjorde steinen enklere å jobbe med. Rapporten konkluderte også med at det er et behov for oppskalering av markedet for salg av brukt tegl. Dette var også erfaringen på Prosjekt A, hvor en lokal leverandør og produsent ble kontrahert for å ta på seg et nytt prosjekt for første gang. Det fantes ingen eksisterende rutiner for hvordan steinen skulle renses, men de hadde fått rådgivning fra en erfaren aktør på hvordan det kunne gjøres. Arbeidet bestod likevel av tungt manuelt arbeid. Rapporten fra KA13 konkluderte med at investeringer i produksjonsutstyr for mer industrielle prosesser var viktige for å effektivisere selve bearbeidingen av steinen. Fra rapporten kom det frem at bedre rutiner for kvalitetssikring (KS), krav og dokumentasjon var viktige for å lykkes med ombruk. Samarbeid med eksperter og bransjeforeninger ble anbefalt. Informanten ved Prosjekt A forklarte hvordan de dro nytte av det eksisterende nettverket de hadde, men hvor fordelaktig det hadde vært å involvere underentreprenøren tidligere. Et godt system med erfarne aktører og åpen kommunikasjon kom frem som viktige suksesskriterier.

Kartleggingen av teglsteinen på Prosjekt A ble gjort på en tidlig befaring av tomter nærliggende byggeplassområdet for den nye skolen. Informanten på prosjektet forklarte hvordan mangel på oversikt over eksisterende donorbbygg er en utfordring med tanke på videre bruk av materialet. Mangelen på egne lagringsområder gjør det også vanskelig for større aktører å ta i bruk tegl på prosjektene sine. Det eksisterer allerede mindre leverandører innen ombrukstegl, men disse mengdene er ofte for små til å kunne tilpasses et større byggeprosjekt. KA13 var et stort prosjekt

og hadde fordelene av et bredt samarbeid mellom andre aktører som gjorde det mulig å kartlegge og anskaffe tegl fire ulike riveprosjekter i regionen. I tillegg antas det å være større mengder med tegl og donorbygg i Oslo-regionen sammenlignet med Trondheim.

Eikeli VGS kan sammenlignes med Prosjekt B. Begge brukte en ekstern leverandør for anskaffelse av teglstein fra Danmark. På Eikeli-prosjektet var den største utfordringen å finne noen som kunne levere nok mengder CE-merket ombrukstegl. De erfarte det som viktig å gjøre undersøkelser på forhånd, og hente inn folk med kunnskap. Prosjekt B opplevde ikke mengden stein som et problem. De fikk heller inn for mye. Det kan derfor tolkes at prosessene hos den veletablerte produsenten i Danmark har blitt bedre i løpet av året som har gått. I tillegg er det usikkert hvilken entreprisemodell og hvor i planleggingen prosjektet i Bærum var når de startet sin anskaffelse av ombrukstegl.

Prosjekt C ble valgt i casestudiet for å se sammenhengene mellom en veletablert produsent av nyere tegl, og hvilke lærdommer som kan brukes i de to andre formene for prosjekt (hhv. Prosjekt A og B). Leverandøren i Prosjekt B nevnte hvor gode systemer de og produsenten hadde for levering av teglsteinen. Ombrukstegl transporteres på samme måte som nyprodusert tegl. Fra Danmark ble det levert i løpet av samme dag. Det er derfor ikke her flaskehalsen ligger. Transport er likevel en viktig faktor med tanke på kostnadene. Tegl er et tungt materiale, og når det importeres fra utlandet byr det på større kostnader for prosjektet. Leverandøren dro likevel frem innpakning som et eksisterende problem. Forseglingen av pallene brukte unødvendig store mengder plast. Det er ikke særlig bærekraft, og den tar opp stor plass under transport.

Christopher (2011) forklarte hvordan forsyningskjeder er som et nettverk av organisasjoner som jobber som ett. Flere av informantene opplevde samspillsentreprise som en viktig faktor for å kunne planlegge i god tid sammen med de andre aktørene. I tillegg kan byggherren dele risikoen knyttet til ombruket av tegl. Det kom fram i Prosjekt A hvor viktig det var å ha en plan B, og som erfart i resultatkapittelet, forsvinner store mengder stein i løpet av renseprosessen på grunn av dårlige lagringsforhold og tap av fasthet over årene.

Kun nylig ble det bestemt at ombrukstegl ikke lenger må CE-merkes for å brukes i Norge. Det gjorde det mulig å rense tegl i Norge, så lenge en sendte inn prøver fra teglmassene for frostbestandighet og miljøgifter. Regelverkene oppleves fortsatt som strenge, og andre aktører jobber med å forenkle inngangsbilletten for å ta i bruk ombrukstegl. SINTEF (Slapø, 2021) mener regelverket fortsatt bør tilpasses det norske markedet gjennom egne ordninger for dokumentasjon av materialeegenskaper før bruk. Informanten på Prosjekt A opplevde alle

testforsendelsene som nødvendig, men et tungvint steg for å sikre materialegenskapene før bruk.

Kostnader er fortsatt en stor ulempe ved bruken av ombrukstegl. Som det kom frem i resultatkapittelet, ender ombrukstegl ofte opp med å være to ganger så dyr som nyproduisert stein. Det finnes ordninger og bonuser fra statlige organisasjoner for å ta i bruk ombruksløsninger, men insentivene er ikke nok til at en entreprenør med fordel kan dra nytte av det økonomisk. En stor grunn til dette er ifølge en informant påslaget murere tar for å utføre arbeidet. Små endringer i påslag er med på å gjøre prisforskjellene store. Ombruk blir ofte priset ut som et resultat av dette. Det krever at utførende og andre aktører som tar påslag, er villige til å dele kostnaden med entreprenør for å få et billigere produkt. I tillegg kan staten komme med større insentiver for å støtte prosjekter som tar i bruk ombruksløsninger.

Segerstedt & Olofsson (2010) beskriver byggebransjen som en bransje med liten fremgang og utvikling. Fra resultatene kommer det frem at noen utfordringer ved gjennomføringen fortsatt er de samme som for et par år siden. Det har lenge vært kjennskap til teknologi og løsninger som brukes i Danmark, men det tar fortsatt tid å få en tilsvarende løsning til Norge. For øyeblikket importeres fortsatt en stor mengde stein fra Danmark, noe som bidrar til store utslipp. For å kutte ned på kostnadene, og få kvalitetsstein levert innenlands, er det behov for et veletablert renseanlegg i Norge som tar i bruk automatiserte løsninger som i Danmark.

## 5.2 Hvilke utfordringer står forsyningskjedene for ombrukstegl ovenfor i byggeprosjekter med hensyn på kostnad, tid og kvalitet?

En stor utfordring ved anskaffelse av ombrukstegl i dag er at det ikke finnes veletablerte løsninger for kartlegging av donorbygg. En av informantene forklarte hvordan fylkeskommunen jobber med å lage et system som kan brukes for å lettere finne aktuelle bygg for riving. Som nevnt i kapittel 4.1.3 er kartleggingen av donorbygg kritisk for å lykkes med ombruk, og et eget system vil være nyttig når det kommer til planlegging av riveprosessen i sammenheng med byggestart. Et godt planlagt prosjekt vil minimere tiden for mellomlagring og ha steinen transportert på en trygg måte som bevarer flest mulig stein. Tegl til overs kan også lagres på egne områder for senere bruk, tilsvarende løsninger mindre gjenbrukssentraler benytter i dag. Dette krever insentiver og støtte fra statlige ledd og fylkeskommuner.

Lagring er en annen utfordring ved prosjekter som ikke bidrar til verdiskapning i prosjekter. Et av målene ved forsyningskjedehåndtering er en uavbrutt flyt av goder fra råvare til produkt (American Warehouses, u.d.). Det er nesten umulig å unngå noen form for lagring, men den må

kun brukes der det er nødvendig. Som et bindende ledd mellom produksjon og distribusjon. Det koster å lagre varer, men mangel på å tilfredsstille etterspørsel er et like stort problem. Prosjekt B løste dette godt ved å bruke tilgjengelige, tomme, nabotomter til lagring. Dette er ikke alltid tilfelle. Det er kjent fra resultatkapittelet at produsenten i Danmark ikke var villig til å ta på seg lagringen av ombrukstegl etter Prosjekt B opplevde forsinkelser. Dette kunne vært løst ved å ha hatt en egen stasjon for lagring lokalt. Dette er noe entreprenørene kan gå sammen om, men også et tiltak kommunen bør bidra til. Skal det brukes ombruksmaterialer i større skala, må det tilrettelegges løsninger som tilpasser seg denne endringen. Prosjekt A opplevde også lagringen som unødvendig. Dårlige lagringsforhold gjorde at flere steiner gikk i oppløsning når de skulle renses.

Overbestilling var et problem hos en av intervjuobjektene som resultat av dårlig kommunikasjon med kontrahert leverandør. Her burde de tre delene ved anskaffelsesprosessen vært tatt i bruk på en bedre måte (Eikeland, 1998). Entreprenøren har et ansvar ved å følge opp leverandøren under kontraheringsprosessen. Det opplevdes at leverandøren var pålitelig, men de hadde mangel på egenkapital for størrelsen på bestillingen. Entreprenørens informant forklarte hvordan god kontraktsetablering gjorde det enklere å ta på seg risikoen ved å dekke for innkjøpet før varen var mottatt. Eikeland forklarer hvordan samspillet i en byggeprosess styres av de tre delene. Interesser og kompetanse er en viktig del av anskaffelsesprosessen. Entreprenørens troverdighet til leverandørens kompetanse, og interesse for å se prosjektet gå gjennom, gjorde ordren gikk gjennom uten store problemer. Informantene for hver av partene opplevde samarbeidet som givende og suksessrikt.

En annen utfordring ved ombrukstegl er den store variasjonen i materialsammensetning. Her kom det frem at en forståelsesfull byggherre var viktig for å akseptere ombruksløsningen. Ingen ønsker en murvegg som ikke ser ut, men det må tilrettelegges for variasjon i form og fasong.

Et viktig insentiv for å ta i bruk ombrukstegl er knyttet til de store kostnadene. Ombrukbransjen består av flere mindre aktører som sitter på mindre kapital. De har som mål å bidra til økt bruk av ombruksmaterialer, men dette krever at entreprenører er villige til å ta på seg noe av regningen. Som nevnt over er det også fordelaktig at statlige ledd setter inn økonomiske insentiver som ikke kun dekker entreprenørens utgifter ved ombruk og CO<sub>2</sub>-besparelser, men også mindre aktører ved innkjøp (som sett i Prosjekt B).

### 5.3 Hvilke tiltak må til for å optimalisere anskaffelsesmetoder av ombrukstegl i byggeprosjekter mot en sirkulær økonomi?

For å optimalisere anskaffelsesmetoder for ombrukstegl i byggeprosjekter mot en sirkulær økonomi, bør det iverksettes flere tiltak. Mange av disse ble poengtert av informantene under intervjuene.

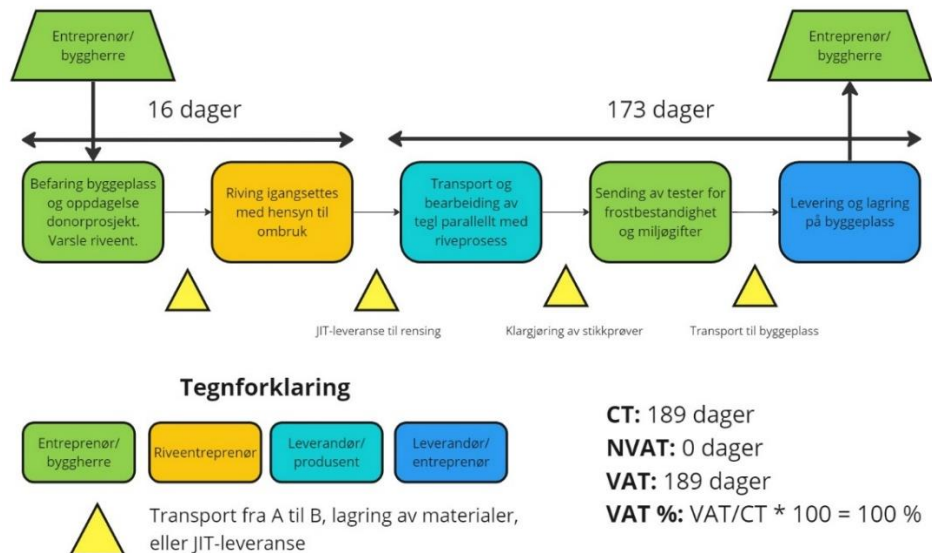
Angelisa et al. (2018) poengterte hvor viktig sirkulære forsyningskjeder er for å lykkes med prinsippene innen sirkulær økonomi i forsyningskjeder. En ønsker å forlenge produktets levetid og optimalisere materialbruk. Et stort problem ved anskaffelsen av ombruksmaterialer er usikkerhet knyttet til forsyningskjeder, kostnader og kvalitet. Mangel på økonomiske insentiver ved ombruk er en av mange grunner til at ombruksbransjen ikke har skutt full fart de siste årene. Angelisa et al. anbefaler derfor at det opprettes forsyningskanaler og samarbeid der kunnskap deles på tvers av industrier, sammen med ressurser og andre fordeler. Dette kan gjøres gjennom et eget nettverk for ombruk. Dette vil være med på å skape en felles plattform for deling og utveksling av erfaringer. I tillegg kan et nettverk brukes til å inngå partnerskap med leverandører og produsenter for tettere samarbeid. Dette kan bidra til økt samhold og oppfyllelse av egne interesser på tvers av verdikjeden. Studiet trekker også frem en mangel på koordinasjon når det kommer til transaksjoner og forpliktelser. Ved å danne et nettverk mellom aktører oppstrøms og nedstrøms i forsyningskjeden, dannes det egne insentiver mellom aktører som kan brukes for å lykkes med et prosjekt. Erfaringen forteller oss også at samspill er en viktig entrepriseform for å lykkes med denne typen nettverk. Som nevnt i Prosjekt A, var det en felles forståelse om å redde flest mulig stein for å brukes om på nytt. Utførende entreprenør opplevde det også som interessant å jobbe med eldre stein.

Blant de fire rollene ved forsyningskjedehåndtering (Vrijhoef & Koskela, 2000), vil hele forsyningskjeden se seg best tjent ved å fokusere på den fjerde rollen for forsyningskjedehåndtering. En helhetlig styring og forbedring av forsyningskjeden og produksjon på byggeplassen og andre ledd av forsyningskjeden, sørger for at byggeplassen (her hele forsyningskjeden) blir en integrert del av forsyningskjedehåndteringen. Fokuset vil ligge på å optimalisere samspillet mellom de ulike leddene eller aktørene.

### 5.4 Forslag til forbedring

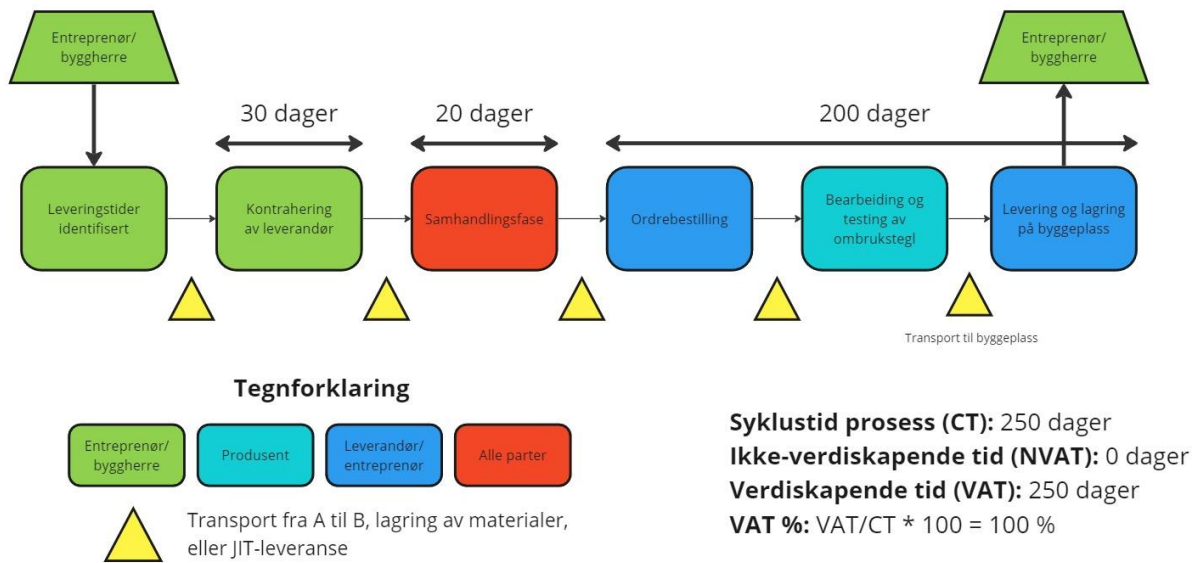
Nåværende tilstand i Prosjekt A består av flere unødvendige steg som påvirker syklustiden, men også kvaliteten til teglsteinen. Endringer i VSM bør derfor inkludere steg som eliminerer den ikke-verdiskapende tiden (NVAT) for å redusere total syklustid. Fremtidig tilstand (figur 15)

fokuserer på tidlig samarbeid mellom entreprenøren og riveentreprenøren. Ved tidlig kommunikasjon kan mellomlagring kuttes ned, og tester for frostbestandighet sendes ut tidlig under rensing av steinen. Hvis befaring gjøres med erfarne og eksperter til stede, kan noen blikk og fysisk håndtering av steinen fort fortelle om steinen er brukenes eller ikke. På denne måten kutter man NVAT knyttet til testing. Bedre lagringsforhold og en effektivisert prosess kuttes også selve rensesprosessen ned fra 189 til 173 dager (ca. 25 % reduksjon).

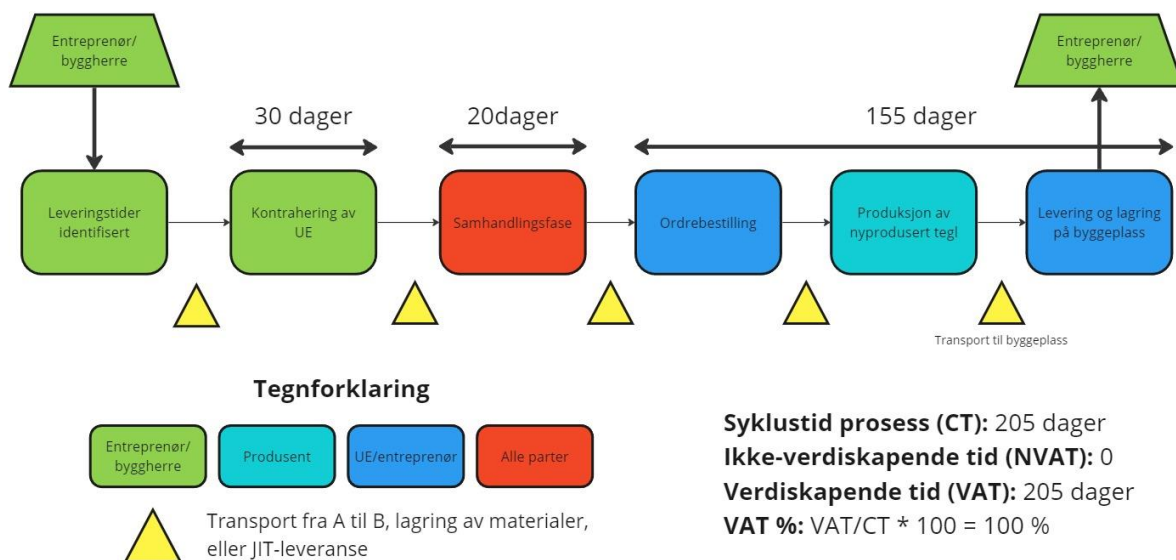


Figur 15: Fremtidig verdistrømskart Prosjekt A

Prosjekt B og C hadde begge en lang periode fra kontrahering til innkjøp og levering. Ved å tidlig identifisere leveringstidene i verdikjeden, kan syklustiden reduseres. Det foreslås løsninger hvor samarbeid mellom byggherre, leverandør, entreprenør, arkitekt og underentreprenør prioriteres over en egen samhandlingsperiode på 3 uker. I dette samarbeidet kan ulike løsninger presenteres, og dette vil betydelig redusere prosessens syklustid ved å eliminere varighetene av dokumentgodkjenninger og andre ineffektiviteter ved kommunikasjon. Til slutt foreslås det at bestillinger produseres i partier som samsvarer med underentreprenørens praksis for materialstyring. Dette eliminerer eventuelle behov for å matche teglstein fra andre donorbygg under rensesprosessen, og sende dem i sorterte ordre etter type stein (halv og hel) på underentreprenørens egne anlegg før forsendelse til byggeplass. Mindre håndtering og matching kan redusere avfall, da underentreprenøren kan risikere å skade tegl under sorteringen av ordrene. Se figurene under for forslag. Tilsvarende Prosjekt A forventes det en effektivisering av selve rensesprosessen på ca. 25 %.



Figur 16: Fremtidig verdistrømkart Prosjekt B



Figur 17: Fremtidig verdistrømkart Prosjekt C

## 6 Konklusjon

Denne vitenskapelige oppgaven har hatt som formål å undersøke og analysere anskaffelsesmetoder for ombrukstegl i byggeprosjekter med fokus på forsyningskjeder, kostnad, tid og kvalitet. Gjennom en grundig gjennomgang av teori, casestudier og intervjuer med relevante aktører, har oppgaven utforsket utfordringer og muligheter knyttet til implementeringen av ombrukstegl i byggebransjen med mål om å bidra til en sirkulær økonomi.

I kapittel 2 ble teoretiske rammeverk presentert, inkludert prinsippene ved sirkulær økonomi, forsyningskjedehåndtering, og viktige faktorer i anskaffelsesprosesser. Dette dannet grunnlaget for å analysere og tolke resultatene fra casestudiene.

Casestudiene ga innsikt i forskjellige tilnærminger og utfordringer i anskaffelsen av ombrukstegl. Sentrale funn inkluderte behovet for bedre kartlegging av donorbygg, utfordringer knyttet til lagring, betydelige kostnader forbundet med ombruk, og variasjon i materialsammensetning. Samarbeid gjennom hele forsyningskjeden, tidlig identifisering av leveringstider, og etablering av et ombruksnettverk ble identifisert som potensielle løsninger.

I kapittel 5 ble funnene diskutert med utgangspunkt i forskningsspørsmålene. Diskusjonen fokuserte på sammenhenger mellom teori og empiriske data, og ga en helhetlig forståelse av kompleksiteten i anskaffelsesmetoder for ombrukstegl. Tiltak som kunne optimalisere prosessene ble diskutert, inkludert forbedringer i verdikjeder, bedre samarbeid, og etablering av et ombruksnettverk.

Denne vitenskapelige oppgaven konkluderer med at anskaffelsen av ombrukstegl i byggeprosjekter står overfor betydelige utfordringer, men samtidig presenterer muligheter for forbedring. Det er nødvendig med tverrfaglig samarbeid gjennom hele forsyningskjeden, inkludert bedre kommunikasjon mellom aktørene og tidlig involvering av relevante parter. Forslagene til forbedringer, som presentert i kapittel 5, gir nye retningslinjer for hvordan man kan optimalisere prosessene mot en mer sirkulær økonomi.

Denne oppgaven håper å bidra til det økende forskningsfeltet innen bærekraft og sirkulær økonomi i byggebransjen ved å gi innsikt, identifisere utfordringer og foreslå konkrete tiltak for å fremme bruken av ombrukstegl.



## 7 Videre arbeid

Videre forskning innen anskaffelsesmetoder for ombrukstegl i byggeprosjekter vil være avgjørende for å utvide kunnskapen og adressere nåværende utfordringer. Fremtidig forskning kan utforske alternative produksjonsmetoder for ombrukstegl, med større fokus på bærekraft. Dette kan omfatte en analyse av energiforbruk, utslipp og generell miljøpåvirkning til sammenligning med vanlige produksjonsmetoder. I tillegg vil en egen studie på kun den økonomiske delen av anskaffelsen også være interessant.

Optimalisering av lagringsprosesser for ombrukstegl er også et felt som bør studeres nærmere. Studier bør rette seg mot å redusere materialtap, bevare kvalitet og minimere ytre miljøpåvirkninger. Temaer som lagringskapasitet og kostnadseffektivitet bør også vurderes.

En annen retning for videre forskning er analysen av økonomiske insentiver og reguleringer knyttet til bruken av ombrukstegl. Det er viktig å identifisere hvilke insentiver som skal til for å støtte bruken av ombruksmaterialer og tilpasse regelverk for å gjøre integrasjonen av ombrukstegl i byggeprosjekter lettere.

Sirkulære forretningsmodeller bør også være et fokusområde for videre forskning. Studier som utforsker sirkulære forsyningskjeder og partnerskap mellom ulike aktører vil gi innsikt i hvordan slike modeller kan fremme ombrukstegl i byggebransjen.

Potensialet for teknologiske innovasjoner, som automatisering og digitalisering, bør studeres nærmere for å forbedre effektiviteten i produksjon og anskaffelsesprosesser for ombrukstegl.

Til slutt bør internasjonale sammenligninger gjennomføres for å evaluere anskaffelsen av ombrukstegl i ulike land. Studier om hvordan ulike reguleringer, kulturer og markedsforhold påvirker bruken av ombrukstegl i byggeprosjekter vil gi ny innsikt i hva som er beste praksis internasjonalt.

Videre forskning innen disse områdene vil bidra til å utvide horisonten for anskaffelsen av ombrukstegl, adressere nåværende utfordringer og identifisere nye muligheter for å fremme en sirkulær økonomi innen byggebransjen.

## Referanser

- American Warehouses. (u.d.). *American Warehouses*. Hentet November 3, 2023 fra The Role of Warehousing in Supply Chain Management: <https://www.americanwarehouses.com/blog/the-role-of-warehousing-in-supply-chain-management>
- Angelisa, R. D., Howardb, M., & Miemczy, J. (2018). Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. doi:10.1080/09537287.2018.1449244
- Ansah, R. H., Sorooshian, S., & Mustafa, S. B. (2016). *LEAN CONSTRUCTION: AN EFFECTIVE APPROACH FOR*.
- Benachio, G. L., Freitas, M. d., & Tavares, S. F. (2020, July 1). Circular economy in the construction industry: A systematic literature. Brazil: Elsevier. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121046
- Christopher, M. (2011). *Logistics and Supply Chain Management 4th Edition*. Pearson Education Limited 2011.
- Cooper, D. R., & G., G. T. (2015, December 28). The Environmental Impacts of Reuse: A Review. *Journal of Industrial Ecology*. doi:10.1111/jiec.12388
- Cooper, D. R., & Schindler, P. (2014). *Business research methods*. McGraw-Hill.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The SAGE Handbook of Qualitative Research 5th Edition*. California: SAGE Publications, Inc.
- DiBK. (2023, November 14). *Direktoratet for byggkvalitet*. Hentet November 14, 2023 fra Veiviser for ombruk av byggevarer: <https://www.dibk.no/byggevarer/veileder-for-ombruk-av-byggevarer>
- Donyavi, S., & Flanagan, R. (2009, September). The impact of effective material management on construction site performance for small and medium sized construction enterprises. Nottingham, UK.
- Eikeland, P. T. (1998). *TEORETISK ANALYSE AV BYGGEPROSESSER*.
- Gamle Mursten. (u.d.). *Gamle Mursten*. Hentet Oktober 31, 2023 fra Rebrick: <http://www.gamlemursten.eu/>
- Gregersen, M. H., Ødegaard, M., & Skagen, T. (2016, August). *Systematiske litteratursøk: Status og fremtidig arbeid ved UB*. Universitetet i Oslo. Hentet fra <https://www.ub.uio.no/om/prosjekter/avsluttet/fagbibliotek-og-systematiske-oversikter/systematiske-litteratursok-ub.pdf>
- Hopkinson, P., Chen, H.-M., Zhou, K., Wang, Y., & Lam, D. (2019). *Recovery and reuse of structural products from end-of-life buildings. Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Engineering Sustainability*172(3): 119–128. doi:10.1680/jensu.18.00007
- Howell, G. A. (1999). *What is Lean Construction*.
- Investopedia*. (2023, 04 18). Hentet 01 01, 2024 fra Horizontal Integration vs. Vertical Integration: Key Differences: <https://www.investopedia.com/ask/answers/051315/what-difference-between-horizontal-integration-and-vertical-integration.asp>

- Jacobsen, D. I. (2015). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? : innføring i samfunnsvitenskapelig metode (3. utg., p. 432)*. Cappelen Damm.
- Kaiser, M. (2015, April 27). *De nasjonale forskningsetiske komiteene*. Hentet fra Kvantitativ metode: <https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/metoder/kvantitativ-metode/>
- Kirkehei, I., & Ormstad, S. S. (2013). *Litteratursøk*. Nasjonalt kunnskapssenter for helsetjenesten.
- Layman's Report. (2014). *REBRICK: Market Uptake of an automated technology for reusing old bricks*.
- Lean Enterprise Institute. (u.d.). *Lean Enterprise Institute*. Hentet 01 01, 2024 fra Value Stream Mapping: <https://www.lean.org/lexicon-terms/value-stream-mapping/>
- McKinsey. (2023). *Norge i morgen*. Oslo: McKinsey & Company.
- Miljødirektoratet. (2023, November 14). *Miljødirektoratet*. Hentet November 14, 2023 fra Sirkulær økonomi: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>
- NAOB. (2023, November 14). *NAOB: Det norske akademis ordbok*. Hentet fra sirkularitet: <https://naob.no/ordbok/sirkularitet>
- Nordby, A. S., Lunke, R., & Andersen, R. (2021). *Erfaringsrapport ombruk: KA13*. Entra ASA.
- P2SL. (2023, Oktober 23). *P2SL*. Hentet Oktober 23, 2023 fra Glossary A to Z: <https://p2sl.berkeley.edu/glossary/knowledge-center-glossaryatoz/>
- PEAB. (2022, Mars 9). *NTB Kommunikasjon*. Hentet November 2, 2023 fra Peabs første store prosjekt med ombrukstegl: <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemedling/17928314/peabs-forste-store-prosjekt-med-ombrukstegl?publisherId=17847279>
- Procure*. (2022, Mai 23). Hentet fra Material procurement: <https://www.hudsonprocure.co.uk/material-procurement/>
- Qazi, A. A., & Appolloni, A. (2022, Juli 14). *Sustainable Production and Consumption 33 (2022). A systematic review on barriers and enablers toward circular*, ss. 343-359.
- Rambøll. (2013). *NESTEN NULLENERGIBYGG FORSLAG TIL NASJONAL DEFINISJON*. Rambøll.
- Regjeringen. (2022, September 09). *Regjeringen.no*. Hentet 11 15, 2023 fra EØS-notatbasen: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2022/juni/forslag-til-ny-byggvareforordning/id2925250/>
- Resirqel AS. (2019). *Forsvarlig ombruk av byggevarer: DiBK FoU-prosjekt 2019*. Direktoratet for byggkvalitet.
- Segerstedt, A., & Olofsson, T. (2010). *Supply chains in the construction industry Vol.15(5)*, p.347-353. doi:10.1108/13598541011068260
- SINTEF. (1999). *Byggforsk*. Hentet fra 220.010 Programmering av byggeprosjekter: [https://www.byggforsk.no/dokument/2766/programmering\\_av\\_byggeprosjekter?version=1.0](https://www.byggforsk.no/dokument/2766/programmering_av_byggeprosjekter?version=1.0)

- Sirken. (2023, Februar 23). *Sirken*. Hentet Oktober 23, 2023 fra Hva er ombruk?: <https://sirken.no/node/76>
- Sirken. (2023, Mars 8). *Sirken*. Hentet fra Hva er forskjellen mellom ombruk og gjenbruk?: <https://sirken.no/node/77>
- Slapø, F. (2021, Mars 21). *SINTEF*. Hentet Oktober 23, 2023 fra Gammel murstein lever videre i nye bygg: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/gammel-murstein-lever-videre-i-nye-bygg/>
- Sofaer, S. (1999). Qualitative methods: what are they and why use them?. *Health services research*, 34(5 Pt 2), 1101–1118. Hentet Oktober 24, 2023 fra <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1089055/>
- SSB. (2019, August 1). *Klima- og miljøutfordringer*. Hentet Oktober 20, 2023 fra SSB: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/gront-skifte-og-andre-endringer>
- SSB. (2022, Desember 13). *Avfall fra byggeaktivitet*. Hentet Oktober 20, 2023 fra SSB: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-byggeaktivitet>
- Staats, B. R., Brunner, D. J., & Upton, D. M. (2010). *Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider*.
- Teknisk Ukeblad. (2017, Desember 12). *Teknisk Ukeblad*. Hentet November 2, 2023 fra En tur i mikrobølgeovnen gjør gamle mursteiner klare til gjenbruk: <https://www.tu.no/artikler/en-tur-i-mikrobølgeovnen-gjor-gamle-mursteiner-klare-til-gjenbruk/414271>
- The Brick Industry Association. (2006). *Manufacturing of Brick*. Virginia: The Brick Industry Association.
- Tommelein, I. D., Walsh, K. D., & Hershauer, J. C. (2003). *Improving capital projects supply chain performance*. Construction Industry Institute.
- Tseng, Y.-y., Yue, W. L., & Taylor, M. A. (2005). *THE ROLE OF TRANSPORTATION IN LOGISTICS CHAIN*.
- Varmdal, T. (2017). *Nasjonalt Servicemiljø for Medisinske Kvalitetsregistre*. Hentet 01 01, 2024 fra Datakvalitet: [https://www.kvalitetsregistre.no/sites/default/files/workshop\\_statistiknettverk\\_datakvalitet1.pdf](https://www.kvalitetsregistre.no/sites/default/files/workshop_statistiknettverk_datakvalitet1.pdf)
- VisualParadigm. (u.d.). *VisualParadigm*. Hentet 01 01, 2024 fra Supply Chain Management Flowchart: <https://online.visual-paradigm.com/diagrams/templates/flowchart/supply-chain-management-flowchart/>
- Vrijhoef, R., & Koskela, L. (2000). The four roles of supply chain management in construction.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Free Press; Reprint edition (March 13, 2007).
- Zhou, K., Chen, H.-M., Wang, Y., Lam, D., Ajayebi, A., & Hopkinson, P. (2020). *Developing advanced techniques to reclaim existing end of service life (EoSL) bricks – An assessment of reuse technical viability*. doi:10.1016/j.dibe.2020.100006

## INTERVJUGUIDE

### Formål

Formålet med intervjuet er å gi den som intervjuer mer innsikt i følgende:

- Hvilke metoder som ble benyttet for anskaffelsen av ombrukstegl
- Hvordan forsyningskjeden for ombrukstegl så ut
- Hvordan utfordringer i anskaffelsesprosessen av ombrukstegl påvirket kostnad, leveringstid og kvalitet på produktet

Intervjuet gjennomføres i forbindelse med en masteroppgave innenfor bygg- og miljøteknikk på NTNU, med retningen byggeprosess. Svarene i intervjuet benyttes til å besvare problemstillingen for oppgaven:

**«Hvordan gjennomføre bedre sirkulære anskaffelser av ombrukstegl i byggeprosjekter?»**

For å besvare problemstillingen er det formulert tre forskningsspørsmål:

- Hvordan gjennomføres anskaffelsen av ombrukstegl i byggeprosjekter?
- Hvilke utfordringer står forsyningskjedene for ombrukstegl ovenfor i byggeprosjekter med hensyn på kostnad, tid og kvalitet?
- Hvilke tiltak må til for å optimalisere anskaffelsesmetoder av ombrukstegl i byggeprosjekter mot en sirkulær økonomi?

## Spørsmål

1. Hvilke tidligere erfaringer har du med anskaffelsen av ombruksmaterialer?
2. Hvordan planlegget dere anskaffelsen av ombrukstegl?
  - a. Hvilke metoder og suksesskriterier ser du på som mest relevante for anskaffelsen av ombrukstegl (med hensyn på kostnad, leveringstid og kvalitet på produkt)?
3. Hva skiller anskaffelsen av ombruksmaterialer fra råvarematerialer? Kan du komme med noen hovedpunkter?
  - a. Med hensyn på kostnad, leveringstid og kvalitet på produkt?
4. Hvordan følget dere opp forsyningskjeden for ombrukstegl?
5. Hvordan tok dere hensyn til utfordringer i anskaffelsen av ombrukstegl?
6. Hvordan jobbes det med å implementere bedre prosesser for anskaffelsen av ombrukstegl eller ombruksmaterialer generelt?
  - a. Hvilke steg i forsyningskjeden jobbes det med?
7. Hvilke samarbeidspartnere og leverandører ble brukt ved anskaffelsen av ombrukstegl?
  - a. Hvordan fungerte dette samarbeidet?
8. Hvem ble engasjert i fremdriftsmøtene for anskaffelsen av ombrukstegl?
  - a. Prosjekteringsfasen
  - b. Selve innkjøpet/gjennomføringsfasen
9. Hvordan følges fremdriften opp i disse møtene?
  - a. Metoder
10. Hvilke utfordringer har inntruffet i anskaffelser du tidligere har vært en del av?
  - a. Hvilken konsekvens hadde de på forsyningskjeden?
  - b. Hvilke tiltak ble gjort når utfordringene dukket opp?
  - c. Hva kunne vært gjort annerledes for å oppdage og håndtere disse på et tidligere tidspunkt?

