

Kjetil Sydow

Avfallsfrie byggeplasser

Et casestudie om avfallshåndtering på byggeplassen

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Lizhen Huang

Medveileder: Eilif Hjelseth

Juni 2021

Kjetil Sydow

Avfallsfrie byggeplasser

Et casestudie om avfallshåndtering på byggeplassen

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Lizhen Huang
Medveileder: Eilif Hjelseth
Juni 2021

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



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Utvikling den siste tiden har medført at man stadig blir mer bevisst på den negative påvirkningen menneskelig aktivitet og levesett har på naturen og dyrelivet. Den negative påvirkningen skjer på mange områder blant annet ved forurensning og at man forbruker ressurser på en måte som ikke er bærekraftig. Bygg- og anleggsbransjen (heretter omtalt som BA-bransjen) er sentral i begge disse kategoriene og i 2019 stod BA-bransjen for 24 % av avfallet fra norsk sektor. Som en målbar faktor på problemene er hovedfokuset i denne oppgaven avfall fra nybygg i BA-bransjen.

Oppgaven undersøker flere aspekter rundt avfallsgenerering og håndtering på byggeplassen. Det gjøres blant annet ved besvarelse på disse tre forskningsspørsmålene:

- Hvordan påvirker byggemetoden avfallsmengden?
- Kan digitalisering bidra til avfallsreduksjon?
- Hvordan arbeides det mot avfallsfrie byggeplasser?

Informasjonsinnhenting er gjort både ved tradisjonell litteraturstudie samt gjennomføring av en konseptdel. I konseptdelen inngår blant annet innhenting av informasjon fra et pågående pilotprosjekt innenfor avfallsfrie byggeplasser og sammenligning av ulike byggemetoder. Gjennomføringen bygger på kontakt med bransjen og inneholder oppdatert informasjon.

Avfallsfrie byggeplasser er et relativt nytt begrep som har fått mye oppmerksomhet i BA-bransjen de siste årene. Konseptet blir promotert som løsningen for fjerning av alt avfall. I oppgaven konkluderes det med at produksjon i tråd med definisjonen til Avfallsfrie Byggeplasser-gruppen har et for høyt ambisjonsnivå som ikke er gjennomførbart i dagens byggeprosjekter. Konklusjonen bygger på dokumentert effekt fra ulike byggeprosjekter som er tilknyttet betegnelsen. Til tross for denne konklusjonen er undertegnede enig i at det er nødvendig med søkelys på avfallsreduksjon fra BA-bransjen, men settes ambisjonsnivået for høyt blir det urealistisk og kan være demotiverende.

Det er videre sett på hvilke krav som stilles til avfallshåndtering på byggeplassen. Funnene i oppgaven tilsier at de statlige kravene er lite ambisiøse, og kun dekker en enkelt del av avfallsbildet. Loven sier at minimum 60 vektprosent av avfallet skal sorteres. Alle respondentene ligger godt over det kravet. En økning av det statlige kravet vil derfor kunne være hensiktsmessig.

Abstract

Recent developments have led to an increasing awareness of the negative impact that human activity and lifestyles have on Earth's flora and fauna. The negative impact that we put on the environment, is mostly from overconsumption and gas emissions. The construction industry is central in both categories and in 2019 the BA industry accounted for 24% of the waste from the Norwegian sector. As a measurable factor on these challenges, the focus of this thesis is waste from new construction in the industry.

The thesis examines several aspects of waste generation as well as waste management on the construction site. This is, among other things, done by answering three research questions

- How does the construction method affect the amount of waste generated?
- Can digitalisation contribute to waste reduction?
- How may we move towards «waste free construction sites»?

Information for this thesis is collected both through traditional literature studies, as well as the implementation of a concept section. The concept section consists of obtaining information from an ongoing pilot project within «waste free construction sites», as well as comparing various construction methods. The implementation is based on contact with the industry, and consists of recent and updated information.

The concept of waste free construction sites is relatively new and has received a lot of attention in the construction industry in recent years. The concept is being promoted as the solution to rid of all waste. However, this thesis concludes that production in accordance with the definition of «waste free construction sites» has too high a level of ambition that is not feasible in current construction projects. This claim is based on documented effects from various construction projects linked to the designation. Despite this conclusion, the undersigned agree that it is necessary to shed light on waste reduction from the construction industry. But if the level of ambition is set too high, it becomes unrealistic and can be demotivating.

The thesis also looks into what requirements are set for waste management on construction sites. Findings indicate that the requirements made by the government are unambitious, and only covers one part of the waste dilemma. The law requires that a minimum of 60 % of all waste must be sorted. All respondents are well above this requirement. An increase in government requirements may therefore be appropriate.

Forord

Masteroppgaven er skrevet våren 2021 og er et avsluttende ledd i masterutdanningen «Master i Bygg- og miljøteknikk», med studieretning «Digitale byggeprosesser» ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, avdeling Gjøvik. Oppgaven bygger på prosjektoppgaven, med samme tema skrevet høsten 2020, og er et arbeid med fokus på miljø, i likhet med undertegnedes bacheloroppgave, «Miljøvurdering av Mjøstårnet» (Madsen og Sydow, 2019).

Jeg vil takke veiledere fra NTNU, Lizhen Huang og Eilif Hjelseth, samt alle som har bidratt med sine kunnskaper og erfaringer.

Innhold

Figurer	xi
Tabeller	xi
Forkortelser/symboler	xi
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Avgrensning	2
1.3 Formål	2
1.4 Oppgavens oppbygning	2
2 Metode	3
2.1 Generelt	3
2.2 Kvalitativ og kvantitativ metode	3
2.3 Litteraturstudium	3
2.4 Konseptdel	4
2.5 Rammeverk og organisering	5
3 Litteraturstudie	6
3.1 Avfallshåndtering	6
3.1.1 Avfallsforebygging	6
3.1.2 Ombruk	7
3.2 Byggemetode	8
3.2.1 Prefabrikasjon	9
3.3 Kartlegging av avfall	9
3.3.1 BIM	9
3.3.1.1 Rammeverk	11
3.3.1.2 Dekonstruksjon	12
3.3.2 Sosiale forhold	12
3.4 Prosjekt mål	13
3.5 Effekter	13
3.5.1 Utslipp	14
3.5.2 Logistikk	14
3.5.3 Økonomi	14
3.5.4 Arbeidssikkerhet	16
4 Konsept	17
4.1 Landås	17
4.1.1 Gips og trevirke	18
4.1.2 Digitale prosesser	19

4.2	Byggemetoder	20
4.2.1	Prefabrikasjon	20
4.2.1.1	Avfall.....	20
4.2.1.2	Arbeidssikkerhet	21
4.2.2	Totalentreprenørens erfaringer	21
4.2.2.1	Avfall.....	21
4.2.2.2	Byggemetode	22
4.2.2.3	Arbeidssikkerhet	23
4.3	Avfallsfrie byggeplasser	24
4.3.1	Byggherre	24
4.3.2	Utførende.....	25
4.3.3	Produsent	25
5	Diskusjon.....	27
5.1	Plassbygd vs. elementer.....	27
5.1.1	Avfall.....	27
5.1.1.1	Elementer	28
5.1.1.2	Plassbygd.....	28
5.1.2	Arbeidssikkerhet	29
5.2	Avfallsfritt	29
5.2.1	Byggeplassen	30
5.2.2	Produsent	30
5.2.3	Landås.....	31
5.3	Sortering.....	31
5.4	Informasjon & digitalisering.....	32
6	Konklusjon	34
6.1	Konklusjon	34
6.2	Metode	35
6.3	Videre arbeid	36
7	Referanser	37
8	Vedlegg	43

Figurer

Figur 3-1: Avfallspyramiden (Miljøverndepartementet, 2013)	6
Figur 3-2 Prosess-sirkelen (egenprodusert).....	10
Figur 3-3 "Forhold mellom hovedbeslutning og informasjon fra en ledende leverandør" (Standard Norge, 2020b)	11
Figur 4-1 Sortering av avfall, Støren Treindustri	20

Tabeller

Tabell 3-1: Avfallspriser – Utdrag av avtale	15
Tabell 4-1: Svinn ved foredling av treverket.	18

Forkortelser/symboler

BA-bransjen	Bygg- og anleggsbransjen
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
BIM	Bygningsinformasjonsmodellering
TEK17	Forskrift om tekniske krav til byggverk - 2017
BO	Backe Oppland
BH	Byggherre

1 Introduksjon

Kapitlet tar for seg bakgrunnen for oppgaven, avgrensingen og formålet. Til sist vil videre oppbygning bli beskrevet.

1.1 Bakgrunn

Som følge av ny kunnskap og målbare endringer har miljøet og miljøutfordringer i dag et økende fokus i samfunnet (Revkin, 2019). Det er bred enighet om at mengden klimagasser som blir sluppet ut i atmosfæren påvirker klimaet og bidrar til global oppvarming. Blant annet vil utslipp kunne føre til havstigning, temperaturøkning og hetebølger (Haines *et al.*, 2006). I 2009 var mengden CO₂-utslipp fra BA-bransjen på verdensbasis totalt 5.7 milliarder tonn, det utgjorde 23 % av det totale utslippet det året (Huang *et al.*, 2018). Gode tiltak som fører til reduksjon av avfall og utslipp i BA-bransjen vil dermed påvirke det totale bildet vesentlig. Til sammenligning kom 3,8 % av utslippene fra EU-landene i 2017 fra flyvninger (European Commission, u.å). Sett i forhold til BA-bransjen har flybransjen kanskje fått et ufortjent fokus sett i forhold til utslippsmengde når det gjelder utslipp av klimagasser.

Et av de viktigste områdene for en mer bærekraftig byggebransje er reduksjon av materialbruk og avfall. Vi er omgitt av infrastruktur og bygninger til nesten enhver tid. Alt dette krever bygging, drift, vedlikehold og riving. Et av biproduktene fra alle de nevnte prosessene er byggeavfall. Nybygg, rehabilitering og riving stod i 2019 for 1 820 000 tonn. Det tilsvarer 24 % av det totale avfallet fra norsk sektor det året (Statistisk Sentralbyrå, 2020). Fordeling mellom de er henholdsvis 35,7 % fra nybygg, 24,8 % fra rehabilitering og 39,5 % fra riving. Det meste av avfallet fra byggeaktivitet består av treverk, betong og tegl. For EU-land ble hele 36 % av avfallet klassifisert som «construction and demolition waste» i samme periode (Eurostat, 2020). Utfordringen er dermed ikke begrenset til norsk sektor. I Storbritannia anses dårlig design, planlegging og drift av byggeplassen som grunnen til at 13 % av tiltransporterte materialer aldri blir benyttet (Richardson, 2013).

Won og Cheng (2017) har gjennomført en litteraturgjennomgang og funnet faktorer som fører til avfall. I sin tekst trekker de frem at følgende momenter fører til avfall:

- Uhensiktsmessig lagring på tomten
- Manglende planlegging i forkant
- Endringer
- Egenart på bygget og dårlig logistikk på byggeplassen

Begrepet «avfallsfrie byggeplasser» ble introdusert i 2017 av John R. Moen (2019; 2017) i et innlegg på bransjenettstedet Byggindustrien. Heretter vil begrepet bli benyttet uten anførselstegn. I innlegget tar Moen opp hvorfor han mener det er nødvendig med en omveltning i bransjen, og hvilke endringer som må iverksettes. Manglede føringer og oppfølging fra statlige organer er blant momentene som blir nevnt. Etter innlegget har flere tatt i bruk begrepet. 11 av Norges største byggherrer har gått sammen og skal stille krav om avfallsfrie byggeplasser fra 2022, eller så snart det er oppnåelig (Lotherington, 2019). Interessen er dermed klart til stede i bransjen.

Bygg- og anleggsavfall er definert i byggeteknisk forskrift, kap. 9 ytre miljø. § 9-5 pkt. avfall: «Med bygg- og anleggsavfall menes materialer og gjenstander fra bygging, rehabilitering, bygging av bygninger, konstruksjoner og anlegg. Avfall som består av gravemasser fra byggevirksomheter er ikke omfattet.»

1.2 Avgrensning

Oppgaven er i all vesentlighet rettet mot bygninger, og ikke mot anlegg. Uavhengig av avgrensningen vil sentrale poeng likevel være viktige for hele BA-bransjen. Beslutningen om fokusområde bygger på hvilken del av næringen undertegnede skal ta del i ved endt studie, og nåværende fokus fra samfunnet. Videre viste forprosjektet at det var naturlig å legge hovedvekten på prosjektering og oppsetting av nybygg, fremfor rehabilitering og riving. Den mest fremtredende grunnen er at arbeidet i tidlig fase ikke er låst til hva som er gjort tidligere. Et annet viktig moment er dagens korte levetid for bygninger. I 2008, basert på datidens situasjon, sa Bente Nuth Leland (2008) at halvparten av alle bygninger i USA ville være fra inneværende årtusen i år 2030. Situasjonen er lignende i Sverige der ¼ av leilighetsbygg som ble revet mellom 2000 og 2007 hadde stått i mindre enn 30 år. Samtidig vil valget om spissing av oppgaven mot en type konstruksjon muliggjøre bedre struktur og dypere dykk inn i informasjonen.

1.3 Formål

Som tidligere nevnt er det økende interesse med hensyn til avfallsreduksjon i BA-bransjen, særlig har begrepet avfallsfrie byggeplasser fått mye publisitet. I bransjen er det ikke en omforent entydig definisjon på hva begrepet betyr, eller hvordan man skal komme dit. Hovedmomentet i oppgaven vil derfor være kartlegging av:

- Hvilke virkemidler man kan innføre for å oppnå en reduksjon av avfallsmengden.

Et sentralt moment når det kommer til kravet vil være en undersøkelse av muligheten for og verdien av økt standardisering. Standardisering av bygg blir vanskeliggjort på grunn av store variasjoner på type bygg, byggemetode, materialer, størrelse og geografisk lokalisering. Videre er det ønskelig med en variasjon, for eksempel for å oppnå gode bokkvaliteter for boligprosjekter. Variasjonen gjør det vanskeligere å kvantifisere krav. Kravene må bygge på hva som er rasjonell og faktisk gjennomførbart i det enkelte prosjektet. Det er viktig for å redusere faren for at det stilles krav som er enten uoppnåelig eller på andre enden, for lite ambisiøse. Gjennom studiet har det digitale perspektivet stått i fokus. Med bakgrunn i kunnskap som er tilegnet gjennom studiet antar undertegnede det naturlig at digitale verktøy vil være en del av løsningen. For videre strukturering ved besvarelse av hovedspørsmålet, er det definert tre forskningsspørsmål:

- Hvordan påvirker byggemetoden avfallsmengden?
- Kan digitalisering bidra til avfallsreduksjon?
- Hvordan arbeides det mot målet om avfallsfrie byggeplasser?

1.4 Oppgavens oppbygning

Formateringen i oppgaven bygger på «Mal for å skrive masteroppgave i Microsoft Word» (u,å) lagt ut på NTNUs temaside for masteroppgave. Strukturen bygger i utgangspunktet på IMRoD - introduksjon, metode, resultat og diskusjon. I tråd med malen og føringer fra NTNU er det gjort endringer tilpasset oppgaven.

2 Metode

«Methodos - Det å følge en bestemt vei mot et mål» (Tranøy, 2019). Hvilken vei man velger å følge vil påvirke den videre prosessen så vel som de endelige resultatene. Gjennom kapittelet skal derfor valgt metode gjennomgås og begrunnes.

2.1 Generelt

Implisitt forstår man ut fra betydningen av ordet «metode» at det finnes flere ulike veier. Valget om hvilken metode som skal benyttes bygger på problemet man skal undersøke, ønsket slutttilstand og hvilke ressurser man har til disposisjon. Med ressurser menes tilgang til data, tilgjengelig tid, nærhet til spesifikk informasjon og egen kompetanse. Et riktig valg av metode vil gjøre det lettere å belyse problemstillingen på en faglig god måte.

2.2 Kvalitativ og kvantitativ metode

Det skilles gjerne mellom to typer metoder; kvalitativ og kvantitativ. Metodene kan brukes hver for seg eller i kombinasjon, kalt metodetriangulering. Kvalitativ metode brukes gjerne på data som foreligger som tekst, fremfor kvantitativ som fremkommer som tall eller mengder (Grønmo, 2020). Den kvalitative metoden går med andre ord mer i dybden og dataen blir hentet inn av forskeren gjennom en interaksjon mellom forskeren og forskningsobjektet. Lars Frers (2017) påpeker at ved en interaksjon vil informasjonen som blir registrert alltid være påvirket i en viss grad. Eksempel på kvalitativ metode er gjennomføring av dybdeintervju. I denne oppgaven er kvalitativ metode benyttet under konseptdelen av oppgaven.

Kvantitative undersøkelser bygger på målbare enheter. Det blir derfor mindre behov for tolkning fra forskeren. Svarene kjennetegnes derfor ved å være mer etterprøvbare og at de har høyere presisjon enn kvalitative undersøkelser (Dalland, 2012). Metoden benyttes ved undersøkelse av store mengder data. Eksempel på kvantitativ metode er spørreundersøkelse, hvor man ut fra svarene kan trekke ut antall, prosenter eller andre målbare enheter. I oppgaven er det benyttet tall som er innhentet ved kvalitativ metode. For eksempel avfallsmengder.

2.3 Litteraturstudium

I gjennomføringen av litteraturstudiet var Oria den mest benyttede søkemotoren. Gjennom gjeldene og tidligere studier ved NTNU er det oftest referert til Oria som søkemotor, og det har derfor foregått en indoktrinering for bruken. Oria er en portal til informasjon fra de fleste norske fag- og forskningsbibliotekene (UNIT, 2020). Ved ufiltrerte søk får man opp resultater tilknyttet blant annet bøker, tidsskrifter og artikler. Grunnet den pågående pandemien og oppfordring om ikke å oppsøke universitet, har undertegnede holdt seg borte fra universitets lokaler gjennom hele oppgaveperioden. Det har derfor ikke vært mulig å låne bøker fra universitetsbiblioteket, noe som har medført at det var nødvendig med filtrering av søket til kun visning av informasjon som var tilgjengelig på internett. Filtreringen gjorde søket tidsbesparende og at funnene var godt tilgjengelig. Samtidig kan potensielle gode treff ha uteblitt. Der det var mulig ble fagfelleverderte tekster prioritert.

Gjennom portalen ble det søkt med både norske og engelske søkeord. Norske søk ble benyttet i ønsket om spesifikk informasjon om situasjonen i Norge. For å finne konkret informasjon var det også nødvendig med bruk av andre søkemotorer enn Ori. Mye forskning blir publisert på engelsk, selv om forfatterne ikke er engelske, ettersom det når et større publikum. Søk på engelsk gjør derfor at man som regel får opp mer informasjon enn ved å benytte norske søk.

I litteraturdelen er det gitt henvisning til de kildene som er benyttet. Reliabiliteten til oppgaven er dermed intakt som følge av at informasjonen og kildene kan etterprøves. Samtidig er flere av kildene skrevet på engelsk. Det kan ha medført at undertegnede kan ha tolket informasjonen og oversatt avvikende fra hva forfatteren i utgangspunktet ønsket å formidle. Engelskkunnskapen til undertegnede er derimot god nok til at det vurderes som lite sannsynlig at informasjonen er mistolket i nevneverdig grad.

2.4 Konseptdel

I tillegg til nevnte litteraturstudie, inkluderer oppgaven egeninnhenting av informasjon. Det er gjort ved hjelp av veiledernes og eget kontaktnettverk. I hovedsak stammer informasjonen fra tre selskaper, Betonmast, Støren Treindustri og Backe. Betonmast ble valgt grunnet deres fremtredende posisjon når det gjelder avfallsfrie byggeplasser med pilotprosjektet på Landås i Asker. Fra sommeren 2020 har undertegnede hatt et ansettelsesforhold hos Backe Oppland. Det er hovedsakelig benyttet skriftlig kommunikasjon for innhenting av informasjon. Valget ble gjort både fordi pandemisituasjonen gjorde det uhensiktsmessig med fysiske møter, samt at informasjonen ble bevart.

Egen innhentning av spesifikk informasjon har gitt flere fordeler. Den fremste fordel er muligheten for å kunne utfylle hull som står igjen etter litteraturgjennomgangen. Ved direkte kontakt kan man også kartlegge hvordan bedriften og bransjen arbeider på et mer spesifikt nivå enn hva generalisert forskning har mulighet til. Personene som er kontaktet i denne oppgaven har forskjellige roller og stillinger, og det har derfor ikke vært hensiktsmessig med utarbeidelse av en ferdig spørreundersøkelse. Spørsmålene har derimot blitt tilpasset den enkelte situasjonen og etter hvem som har vært respondenten, og er gjort gjennom dybdeintervjuer. Direkte kontakt med bransjen bidrar også med kartlegging av nåværende situasjon, fremfor utgitt forskning som ofte er gjennomført flere år tilbake i tid.

Samtidig som det finnes fordeler med egen informasjonsinnhenting, finnes det også flere ulemper. Den største ulempen for oppgaven er at valget om intervju av et lavt antall personer for å avdekke deres metoder og situasjon. Valget har påvirkning på troverdigheten som følge av at den enkeltes personlige opplevelse får en større plass enn den ville gjort ved å benytte et større antall intervjuobjekter. Ved å be om begrunnelser og støtte seg på tallbaserte verdier der det er mulig, ble konklusjonen at påvirkningen av få respondenter var akseptabel. Videre er det referert til hvem de ulike informasjonskildene er. Unntaket er anonymisering av byggherren som er kontaktet i oppgaven. Informasjonen som er hentet i konseptdelen er videre sammenlignet med informasjon utgitt av andre.

Validiteten dekkes inn ved at relevante personer er forespurt om informasjon fra deres egen organisasjon og fagfelt. I arbeidet med oppgaven ble betydningen av besvarelse fra personer med riktig bakgrunn, kompetanse og interesser tydeliggjort. Eksemplet på betydningen er gjengitt i konseptdelen. Reliabiliteten er videre ivaretatt ved at

undertegnede i størst mulig grad har benyttet verifisert informasjon, påstander som ikke kan bevises eller som kan motbevises, er ikke inkludert. Ved et eksempel sluttet et intervjuobjekt å svare når det ble bedt om dokumentasjon på en påstand. Personlige meninger er ved flere anledninger tatt med, men det kommer da frem at det er en personlig mening.

2.5 Rammeverk og organisering

På grunn av fokuset i oppgaven, vist ved forskningsspørsmålene, har det ikke vært naturlig å låse seg med en avtale til ett enkelt selskap. Det er heller valgt å undersøke situasjonen hos flere bedrifter og personer med ulike roller i byggeprosessen. For å komme i kontakt med relevante bedrifter, ble undertegnedes kontaktnett i bransjen ansett å være tilstrekkelig for oppstart av oppgaven. Bedriftene har henvist videre til sine kontakter der det har vært hensiktsmessig.

Deltakelse på ulike seminarer, foredrag og møter har også bidratt til funn av relevant informasjon. I oppgaveperioden har undertegnede blant annet deltatt i «Digital transition towards circular built environment» som er en del av «World Summit on Digital Built Environment», samt seminarer avholdt av Avfall Norge og Tekna. Det er ikke tatt ut informasjon direkte fra arrangementene, men har blitt benyttet som inspirasjon og innføring i ulike temaer.

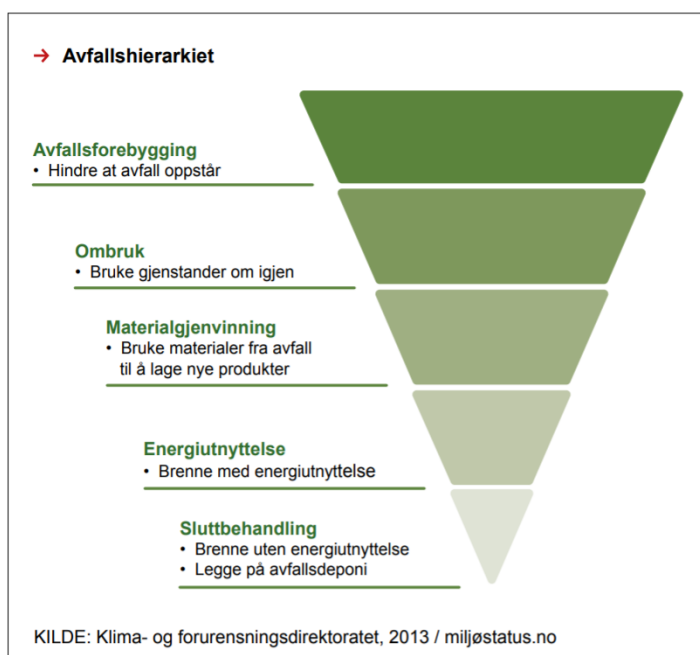
3 Litteraturstudie

I kapittelet vil informasjonen innhentet fra litteraturstudiet bli presentert.

3.1 Avfallshåndtering

Ifølge Faniran og Caban (1998), er de fem vanligste grunnene til at det oppstår byggeavfall endringer fra opprinnelig plan, avkapp, restprodukter etter tildekning, feil og dårlig vær. Mengden byggeavfall medfører at man får et betydelig avfallsproblem. Tidligere anså man at nedgravning, dumping i havet eller innsjøer og brenning var gode løsninger for å bli kvitt avfallet. Deponering anser man i dag som den mest miljøfiendtlige håndteringen av avfall, og i 2009 ble det lagt ned forbud mot deponering av nedbrytbart avfall (Miljødirektoratet, 2020).

Gamle søppeldeponier har senere ført til problemer, blant annet når utbyggere har bygd boliger oppå avfallsdeponier (Aasdalen, Gustavsén og Mikalsen, 2019). Nedbrytingen av avfallet har medført setninger på boligene, samt at miljøgasser har sivet inn i boligene. Fremfor deponering benyttes det i dag andre metoder. Metodene er listet opp i avfallspyramiden vist i figuren under (Miljøverndepartementet, 2013). Ettersom målet er et avfallsfritt samfunn, er det lagt vekt på de to første kategoriene.



Figur 3-1: Avfallspyramiden (Miljøverndepartementet, 2013)

3.1.1 Avfallsforebygging

Øverst i pyramiden troner «avfallsforebygging». Avfall som ikke oppstår blir heller ikke et problem man må håndtere senere (Miljøverndepartementet, 2013). Avfallsforebygging handler i stor grad om gode valg og god prosjektering ved oppstart. Ved gode prosesser før fysisk bygging kan man jobbe med virtuelt avfall og ikke faktisk avfall (Zhen *et al.*, 2011). Med virtuelt avfall menes avfall som ikke har oppstått, men som vil oppstå

dersom prosessene ikke endres. Charles Bert (2016) har konkludert med at god prosjektering kan redusere avfallsmengden med opptil 50 %.

Blant tiltakene som kan settes inn for reduksjon av avfall er mer bruk av prefabrikasjon, bedre planlegging, endrede prosesser og salg av eventuelle overskuddsmaterialer (Ibenholt *et al.*, 2020). Bergli og Thormodsen (2020) har gjennomgått sluttrapporten til 10 leilighetsprosjekter utført av entreprenøren Backe Oppland. Prosjektene varierte i størrelse og det var benyttet to ulike byggemetoder; plassbygde og prefabrikkert. Gjennomgangen viste at de prosjektene som var kun plassbygde i snitt produserte 30 % mer avfall enn de som hadde en kombinasjon av de to ulike metodene. Avfall som følge av produksjon av prefabrikkerte elementer er ikke tatt med i sammenligningen. Senere i oppgaven er det sett mer på forskjellen mellom de to byggemetodene.

3.1.2 Ombruk

Det er i dag et økende fokus på ombruk i samfunnet. Ved inngangen til 2021 rettet NRK fokuset på avfall og ombruk ved programmet «Sløsesjokket» (NRK, 2021), sammen med tilhørende artikler på NRK.no. Programmet ser på den manglende utnyttelsen av ulike produkter i dagens samfunn, hvor ett av programmene omhandlet møbler. Artikler som viser konkrete eksempler bidrar også til økt fokus på tematikken (Blakstad, 2021; Fjeld, 2020). I artikkelen gjengir Fjeld uttalelsen til Grønn Byggallianse om at det er svært vanskelig med ombruk med dagens regelverk. Regelverket førte blant annet til at prosjektet ikke kunne benytte tilbudte materialer som ikke tilfredsstillte dagens TEK eller sertifiseringsordning for materialbruk.

Selv om bransjen oppnår avfallsfrie nybygg, består bygget av mange komponenter som blir avfall ved endret bruk. Som nevnt i innledningen er nærmere ¼ av avfallet fra bransjen et resultat av rehabilitering. Det beste tiltaket som kan redusere avfallet fra rehabilitering, er gjenbruk av elementene (King *et al.*, 2006). Ombruk er i dag lite benyttet. TEK17 § 9-5 stiller krav om at «Det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning» (Direktoratet for byggkvalitet, u,å). Avgjørende forutsetninger for om en gjenstand kan bli brukt på nytt blir bestemt allerede ved prosjektering av et bygg. For å tilrettelegge for ombruk av brukte gjenstander i en annen sammenheng, må man blant annet ha tilgang og mulighet for demontering av elementet (Solli *et al.*, u,å).

Akinade *et al* (2015) har etter en litteraturgjennomgang kommet frem til følgende punkter som viktige for muligheten til ombruk

- Holdbarheten til materialene
- Unngå påføring av ny overflate
- Bruke mekaniske forbindelser fremfor kjemiske
- Unngå giftige materialer
- Benytte prefabrikasjon
- Unngå bruk av mange ulike materialer i samme produkt

Ønsket om økning av ombruk er også grunnlaget for en helt ny prosjekteringsmåte. «Design for disassembly», prosjektering for demontering, er en prosjekteringsmetode hvor hovedfokuset er at produktet kan tas fra hverandre ved endret eller endt bruk. Guldager Jensen og Sommer (2016) har skrevet boken «Building a circular future». Her oppsummerer de følgende positive effekter som prosjekteringsmetoden kan ha

- Raskere og enklere oppsetning

- Optimaliserte prosesser og vedlikehold
- Mindre avfall
- Gjør det lettere med oppsirkulering, resirkulering og ombruk
- Redusert behov for ressurser
- Benytte bygninger som materialbanker

I rapporten «Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer» fra SINTEF (Sørnes *et al.*, 2004) listes det opp mulig og ikke mulig ombruk av enkelte materialgrupper. I denne rapporten blir det tydeliggjort at tilgang til materialene er vesentlig. Dersom det ikke er mulig å ta fra hverandre materialene uten ødeleggelse, er det heller ikke mulig med gjenbruk. I rapporten vises det til at miljøgevinsten ved ombruk av vinylbelegg kan være betydelig, men dersom belegget er limt til underlaget får man det ikke av uten at det blir ødelagt. Dermed forsvinner muligheten til gjenbruk. Ved siden av tilgang til materialer kan det i tillegg være aktuelt med krav til informasjon. Informasjon om produktet kan blant annet være bæreevne, stoffkartotek, tidligere belastning, fuktopptak og tilstand. Kravet til informasjon har blitt tolket strengt, og har sannsynligvis redusert muligheten for ombruk. Det skal derfor komme en ny veileder for ombruk av byggematerialer (Brekkehus, 2021). Innhentning av manglende informasjon i etterkant kan bli gjort ved gjennomføring av tester på de aktuelle objektene. Testingen er imidlertid kostbart og krever mange like komponenter for at det skal være hensiktsmessig.

Selv om ombruk er den beste formen for håndtering ved endt brukstid for eksisterende produkter, blir ofte de økonomiske forholdene styrende. Det er ofte billigere, og ikke minst mindre krevende, å levere produkter inn som avfall enn det er å gjenbruke dem. Lønnsnivået i Norge er en viktig faktor her. Er gjenbruk arbeidskrevende blir ofte kjøp av nye materialer rimeligere. Eventuelle fordeler som reduksjon av avfall, mindre utslipp av klimagasser og redusert forbruk av råmaterialer kommer i annen rekke. Klinge *et al.* (2019) konkluderte i sin rapport med at økte kostnader for avfallshåndtering, transport og materialer kunne øke ombruksprosenten. Videre påpekte forfatterne at flertallet av eksisterende bygninger ikke er designet for dekomponering, noe som bidrar til økte utgifter ved ombruk. Dersom nye bygg blir designet og bygget med en bedre mulighet for ombruk, vil dette bli lettere i fremtiden.

3.2 Byggemetode

Dagens lave effektivitet av både tid og øvrige ressurser i BA-bransjen må tas tak i. Lauri Koskela (1992) påstår at bransjen må implementere nye byggemetoder og fjerne uproduktive aktiviteter slik som venting, lagring og flytting av materialer for å øke effektiviteten. Undersøkelser gjort viser at opp mot 60 % av arbeidsdagen på byggeplassen er uproduktiv (Forbes og Ahmed, 2011). Basert på erfaringene fra andre bransjer mener Koskela at nye arbeidsmetoder vil kunne ha bedre effekt enn en forbedring av eksisterende metoder. Med nye arbeidsmetoder menes blant annet standardisering av komponenter, modulbasert bygging og prefabrikasjon. Ett av virkemidlene man ønsker er en utbygning av nåværende prosjekttilnærming, med mye tilpasninger og produksjon på byggeplassen, til «industriell» produksjon og ferdige løsninger. Overgangen kan ses på som BA-bransjens industrielle revolusjon ved at man går fra håndverk til fabrikkproduksjon. Samtidig vil stedlige omgivelser kunne påvirke krav til bygget, og full standardisering er derfor vanskelig (Ballard og Howell, 2011). Vindkrefter, lydbilde, snølaste, grunnforhold, topografi og ulike lovverk er blant lokale forhold som vil påvirke kravene.

3.2.1 Prefabrikasjon

Det finnes flere definisjoner av prefabrikasjon som byggemetode. Tatum, Vanegas og Williams (1987) benyttet i sin rapport følgende definisjon: «Prefabrikasjon er en produksjonsmetode, som hovedsakelig foregår i tilpassede omgivelser, hvor flere materialer settes sammen til et ferdig produkt klar for installasjon.»

Torer Berg (2008) sin rapport omhandler behovet og fremgangsmåten for systematisering og standardisering av BA-næringens veivalg. Det opplevde behovet for nye byggemetoder i norsk sektor, ble forsterket i 2005. Det norske entreprenørmarkedet var da preget av høyt kostnadsnivå, høy etterspørsel, manglende arbeidskraft, materialforsyning og kvalitetsproblemer. Bransjen mente at en løsning på problemene ville være tenke mer som industrien.

Ved industrialisering av prosessene er målet lavere pris, bedre effektivitet og mer konsekvent resultat. Prefabrikasjon er en samling produksjonsprosesser hvor man i tilrettelagte fabrikker setter sammen ulike materialer og skaper et ferdig element klart til bruk utenfor fabrikken. Bruken av standardiserte og optimaliserte prosesser vil muliggjøre utarbeidelse av gode løsninger, gode innkjøp og færre kvalitetsproblemer. Ved oppnåelse av nevnte punkter vil man kunne oppnå både bedre utnyttelse og mindre materialforbruk. Dermed reduseres klimapåvirkningen. Behovet for standardisering av leveransen og kjøperens ønske om valgfrihet står nødvendigvis i kontrast til hverandre (Berg, 2008). For reduksjon av utfordringen ble det i rapporten foreslått en variantbegrensning på nødvendige områder for sikring av rasjonell produksjon.

«Aim to build as much of the building as possible under cover, out of the rain» (Anthony, 1945)

Ved siden av redusert materialforbruk pekes det også på andre fordeler ved bruk av prefabrikkerte produkter. Li, Shen og Alshawi (2014) har sett på effekten av prefabrikasjon av konstruksjonselementer. Her trekker de særlig frem virkningen prefabrikasjon har på både avfallsreduksjon, økt sorteringsgrad på avfallet og gjenbruk. Benyttelsen av ferdige elementer vil også kunne påvirke logistikken på byggeplassen positivt, ved at det blir færre leveranser og dermed mindre venting på levering og lossing. Det blir i tillegg pekt på bedring av effektivitet gjennom muligheten for prosessoptimalisering, repeterende oppgaver, kun behov for spesifikk opplæring av ansatte og mindre avhengighet av andre parter (Gibb, 1999).

3.3 Kartlegging av avfall

Kompleksiteten i byggeprosjekter gjør at god informasjon blir vesentlig (Crotty, 2011). I dette delkapittelet skal det derfor ses på ulike metoder for innhentning, lagring og anvendelse av informasjonen. Mål om reduksjon av mengden avfall vil øke behovet for innhentning og lagring av informasjon. Flere ulike aktører mener at de har funnet den beste metoden. Delkapittelet tar for seg noen av de foreslåtte løsningene.

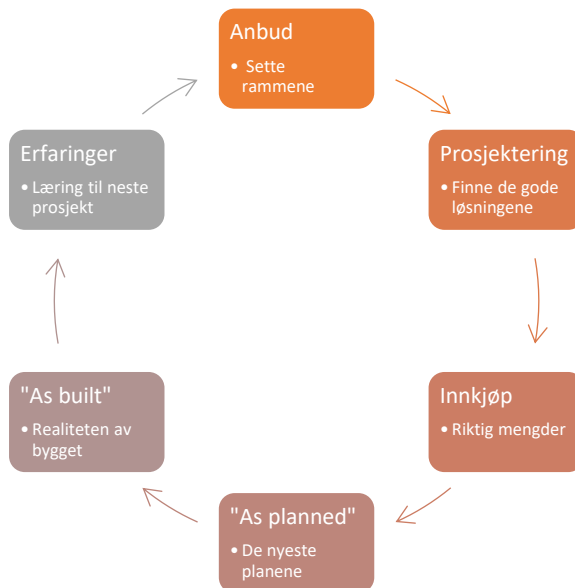
3.3.1 BIM

Bruken av bygningsinformasjonsmodellering (BIM) har økt de siste årene. Hovedfordelen ved benyttelse av BIM, er overgangen fra plantegninger til 3D, og systematisering av informasjonen. I dag anses BIM som det fremste verktøyet for bransjen (GhaffarianHoseini *et al.*, 2017), og nødvendig for understøtting av industrialisering (Berg, 2008). IT-verktøy blir først og fremst benyttet for økt effektivitet (Svensøy, 1998). BIM er både en arbeidsmåte og et verktøy i forbindelse med innsalg, design og

konstruksjon (Azhar, Khalfan og Maqsood, 2012). Andre har påpekt allsidigheten ved oppdeling av de relevante bruksområdene i ulike modeller. Jiao et al. (2013) skriver at «... there are seven categories of BIMs: as-required, as-designed, as-planned, as-built, as-used, as-altered and as-demolished.» Bruken av BIM-verktøy vil under hele dets levetid være avhengig av type byggverk, størrelse, kompleksitet og graden av samarbeid (Berg, 2008).

Til tross for en økning i bruken har en del av funksjonalitetene forblitt ubrukt. Etter en gjennomgang av over 500 artikler om bruken av BIM slo Lu et al (2017) fast at det «grønne» perspektivet hadde blitt uteglemt. I rapporten er det «grønne» perspektivet synonymt med bærekraft. De uteglemt mulighetene er ifølge gjennomgangen analyser av energi, temperatur, CO₂-utslipp, vannforbruk, avfall, lys, ventilasjon og lyd.

BIM øker også kommunikasjonen og samarbeidet, og skaper en felles forståelse, noe som vil være essensielt for et bærekraftig produkt (Grilo og Jardim-Goncalves, 2010). I sin egenart vil benyttelse av BIM øke effektivitet og redusere feil i prosjektet. En av virkningene vil være mindre avfall (Zhen et al., 2011). Ved bruk av BIM og egnet fildelingsprogram, LubanWay, genererte byggingen av skyskraperen Shanghai Center 4 % avfall, mot over 10 % som er vanlig i Kina (Jiao et al., 2013).



Figur 3-2 Prosess-sirkelen (egenprodusert)

Prosess-sirkelen tar utgangspunkt i entreprenørens deltakelse og starter med anbudsprosessen. Figuren viser en forenklet oversikt over byggeprosessen og skal symbolisere at det er en kontinuerlig prosess. Anbudsprosessen setter rammene for prosjektet og man finner ut hvem man skal samarbeide med i de resterende delene av prosjektet. Senere kommer prosjektering, innkjøp, selve byggeprosessen og ferdig bygg. Den virkelige verdien til BIM kommer når man benytter BIM til alle prosessene gjennom en helhetlig tankegang og rendyrkning av stadiene. I anbudsfasen settes rammene for hva bygget skal inneholde. Under prosjektering finner man de gode løsningene for oppnåelse av ønsker og behov for bygget, og oppdaterer modellen med løsningene. Presist uttak gir bedre grunnlag for gode innkjøp. En oppdatert modell under bygging og vedlikehold støtter opp under de fysiske operasjonene.

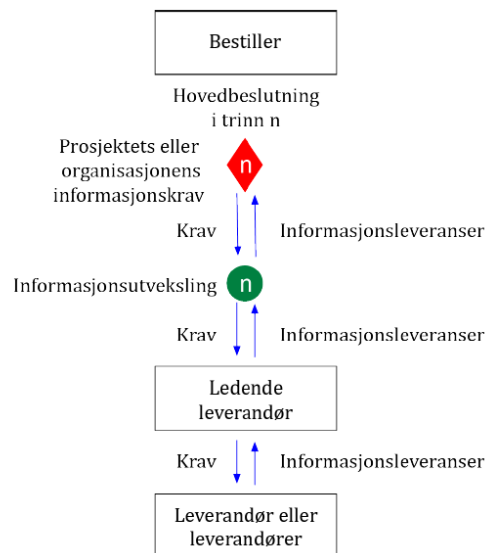
3.3.1.1 Rammeverk

BIM-verktøy som Revit og ArchiCad lar brukeren arbeide fritt innenfor gitte rammer. Det gjør at mulighetene i programmet øker, men samtidig bidrar det til at resultatet er varierende. Varierende resultater vanskeliggjør automatisert behandling. Større forutsigbarhet av resultatet muliggjøres ved benyttelse av standarder. For BIM er det særlig tre standarder som er relevante; NS-EN ISO 19650, NS-EN ISO 23386 og NS-EN ISO 23387. Under gjengis sentrale momenter fra de tre standardene.

NS-EN ISO 19650 sitt fulle navn er «Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) - Informasjonsforvaltning med BIM.». Del 1: Begreper og prinsipper (Standard Norge, 2020b) og del 2: Prosjektfasen (Standard Norge, 2020c) er ansett som de mest relevante i denne sammenheng. 19650 vil heretter være ensbetydende med NS-EN ISO 19650 del 1 og del 2. Standarden legger vekt på nødvendigheten av formalisering av informasjonsutvekslingen. Formaliseringen må gjøres på flere områder, som krav til og validering av informasjonen og de involverte partene. Benyttelsen av standarden er basert på at alle involverte parter deltar i implementeringen.

Det er opp til bestilleren, mottakeren, å kartlegge og definere hvilke krav som skal stilles til den endelige leveransen. Det utnevnes personer i bestillerens organisasjon som ivaretar denne funksjonen. Oppgaven kan også settes bort til en tredjepart. Kravene settes for å understøtte organisasjonens- eller prosjektets målsetninger, og former den videre prosessen. Andre aktører i prosjektet har mulighet til å definere egne informasjonskrav til tjenester de kjøper inn. Figuren under viser disse prosessene.

NS-EN ISO 19650-1:2018



Figur 3-3 "Forhold mellom hovedbeslutning og informasjon fra en ledende leverandør" (Standard Norge, 2020b)

19650-2, punkt 5.1.6, tar videre opp viktigheten av deling av informasjon som er til nytte for andre. Delingen må foregå i et åpent format som mottakeren kan benytte. Det vil minske faren for feil og redusere dobbeltarbeid og interoperabilitetsproblemer. Informasjonen det henvises til er blant annet informasjon som bestiller har laget eller innhentet. Det kan være informasjon om nærliggende infrastruktur, kartunderlag og

gjennomføringsplaner. Bruken av felles datamiljø er viktig gjennom hele prosjektets tidsperiode.

NS-EN ISO 23386 (Standard Norge, 2020a) omhandler opprettelse, styring og vedlikehold av egenskaper. Egenskapene skal kunne leses av maskiner så vel som av mennesker, på tvers av ulike systemer. For å innfri kravet må det være et felles format/språk som tolkes entydig etter gitte parametere fra dataordbøker. Det er særlig viktig når informasjonen skal håndteres av ulike aktører og roller. Det vil muliggjøre automatisering og effektivisering av prosesser som for eksempel produktsøk, produktspesifikasjoner, varehandel og FDV-dokumentasjon (Standard Norge, 2020e).

NS-EN ISO 23387 – Datamaler for bygningsobjekter brukt gjennom livsløpet til byggverk (Standard Norge, 2020d). Standarden beskriver prinsipper og strukturer for datamaler for beskrivelse av egenskaper til bygningsobjekter. Hensikten er å støtte opp under digitale forretningsprosesser (Standard Norge, 2020e). Her blir det spesifisert at informasjonen skal kunne behandles ved maskinlesning. Målgruppen for dokumentet er programutviklere og ikke BA-bransjen direkte.

3.3.1.2 Dekonstruksjon

Med tiden er det flere som har fått øynene opp for hvordan BIM også kan brukes i forbindelse med analyser av muligheten til dekonstruksjon. Akinde *et al* (2015) har designet en rangering referert til som «BIM-based Deconstructability Assessment Score» (BIM-DAS). Verktøyet skal bidra til design av konstruksjoner som kan tas fra hverandre og brukes på nytt. En av de store fordelene med BIM-DAS er at det kan benyttes allerede under prosjektering. Konvensjonelle verktøy som NETWaste og SMARTWaste kan først benyttes etter at prosjekteringen er ferdig og mengdene foreligger. Ved benyttelse etter at prosjekteringen er ferdig er det ofte allerede for sent med store endringer (Akinade *et al.*, 2018).

Ma (2012) skriver i sin oppgave at avfall under bygging er lite i forhold til avfall som kommer ved avhending. I sitt arbeid lagde Ma et tillegg til BIM-programmet Revit. Systemet kan differensiere på ulike parametere, som materiale, komponenter og lokalisasjon. Verktøyet kan dermed øke bevisstheten rundt viktige ressurser som har en verdi, og kan være et steg mot betraktning av bygninger som materialbanker (Copeland og Bilec, 2020).

Andre har pekt på at BIM og 3D-printing av elementer eller hele bygninger vil føre til lavere materialforbruk og minimalt med avfall (Kvålshaugen, Kolbjørnsrud og Sannes, 2020).

3.3.2 Sosiale forhold

En metode for avfallsreduksjon på byggeplassen er innføring av motivasjonsprogrammer for ansatte. En rapport fra Hong Kong (Tam og Tam, 2008) viste at innføring av et slikt program, stegvis insentiv system (SIS), førte til en reduksjon på 23 % av avfallet. SIS handler i korte trekk om å motivere de utførende til mest mulig effektiv materialbruk. Det blir gjort ved at kostnaden til materialer ved faktisk bygning blir satt opp mot predikert kalkyle. Ved fortjeneste blir overskuddet fordelt ved hjelp av et gitt trinnsystem. Jo større fortjeneste - jo større prosentvis del får de utførende. Metoden inkluderer også straff dersom forbruket blir høyere enn beregnet.

Studier har også vist at menneskers atferd endres når man er klar over at man studeres. Det kalles Hawthorneeffekten (Halle og Tjora, 2014). I seg selv vil derfor bevisstgjøring

rundt avfall kunne bidra til at det generes mindre avfall. Bevisstgjøringen kan komme enten fra prosjektet selv eller utenfra.

3.4 Prosjektmål

BA-bransjen består av mange ulike forgreininger, med tilhørende roller, forventninger og krav. I Norge er den norske stat parten med mest makt, og kan komme med krav som gjelder hele næringen. Krav fra staten vil derfor ha størst sjanse for realisering. I dag er det blant annet utøvd gjennom miljøkrav i TEK17. Noen av kravene omhandler avfall, se § 9-5 til § 9-9 (Direktoratet for byggkvalitet, u.å.). Henholdsvis gjør § 9-6 og § 9-8 seg gjeldene for nybygg over 300 BRA, renovering og rivning over 100 BRA, eller der det genereres over 10 tonn avfall. De fleste forskriftene er kvalitative, mens noen er kvantitative. § 9-5 sier at avfallet skal reduseres til et minimum med gode løsninger. § 9-6 sier at det skal lages en vanlig avfallsplan, med avfallstyper og -volum. § 9-7 tar for seg farlig avfall. § 9-9 sier at det skal lages en sluttrapport for avfallet som er levert inn.

Dermed gjenstår § 9-8 som det eneste kvantitative kravet. Kravet er at minimum 60 vektprosent av avfallet skal sorteres i rene fraksjoner og leveres til gjenvinning. Kommuner og byggherrer kan selv sette egne miljøkrav som blir gjeldene i de aktuelle prosjektene. Eksempelvis har Lunner kommune et krav på 70 % og byggherren på Landås, Asker prosjektet har satt et krav om 76 %. I paragrafen er det ikke skilt mellom material- og energigjenvinning. § 33 i forurensningsloven (Klima- og miljødepartementet, 1981) fastsetter at det er forurensningsmyndigheten som har myndighet til fastsetting av hvordan avfallet skal behandles. Statens krav er ufravikelige. Dersom prosjektet har høyere miljøambisjoner finnes det også egne sertifiseringer som prosjektet kan klassifiseres etter, blant annet BREEAM NOR. På sitt høyeste nivå, «mønstergyldig», har BREEAM NOR krav om sortering av 90 vektprosent av avfallet (Grønn Byggallianse, 2016). Verken forskriften eller BREEAM NOR sier imidlertid noe om tillatt mengde avfall fra prosjektet.

Manglende målsetninger til avfallsmengden er i dag en barriere for reduksjon (Jernbanedirektoratet *et al.*, 2018; Fjeld, 2020). Det begrunnes med at manglende krav ikke gir det nødvendige incentivet til forandring, samt at gjeldene regelverk står i veien for forandring. Et alternativ det arbeides med, er innkjøp av tjenester fremfor produkter. Eksempelvis kjøp av tjenesten ett år med lys i gangen, og ikke kjøp av lyspærer. Målet er at produsenten og leverandøren skal være tjent med langvarige løsninger fremfor kort holdbarhet, bruk og kast.

En negativ virkning ved strenge mål er derimot at den utførende kan finne ulike utilsiktede løsninger for å skjule mengden avfall. Eksempler på tildekking av avfallet er underrapportering, dumping eller å sende avfallet med de ulike aktørene som er med i prosjektet. Prosjektet vil dermed fremgå som bedre enn hva det i realiteten er. Unntaket er produkter som kan være av verdi for enkeltpersonene som jobber på plassen, selv om de for byggeplassen er regnet som avfall. Kapp av treverk som kan brukes til ved kan for eksempel brukes av de ansatte privat, men har liten verdi på byggeplassen. Avfall fra byggeplassen må i dag kastes på byggeplassen og kan ikke benyttes privat.

3.5 Effekter

En reduksjon av avfallsmengden vil kunne gi flere effekter på prosjektet enn kun mindre avfall. Under følger en innføring av enkelte av de andre effektene som kan oppleves ved

avfallsreduksjon. Delkapittelet omhandler virkningen avfallsreduksjon vil ha på utslipp, logistikk, økonomi og arbeidssikkerhet. Arbeidssikkerhet er også omtalt i konseptdelen.

3.5.1 Utslipp

Den viktigste grunnen til reduksjon av avfallet er ifølge initiativtakerne en reduksjon i utslippet fra bransjen (John R. Moen, 2017). I følge Avfallsfrie Byggeplasser-gruppen (u,å) vil et bygg som produseres avfallsfritt innebære 30 % mindre karbonavtrykk sammenlignet med vanlige bygg. Avfallsfrie Byggeplasser-gruppen er etablert for å spre informasjon om betegnelsen avfallsfrie byggeplasser.

Det er ikke bare produksjon av materialer som bidrar til utslipp. Transport står årlig for rundt 30 % av det totale norske utslippet av klimagasser, og bidro i 2018 til 9,1 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (SSB, 2020). Transportsektoren er en stor sektor og deles derfor opp i vei-, rør-, sjø-, luft- og jernbanetransport. Veitransport er vanligst, og ofte det eneste reelle alternativet for transport av produkter til byggeplassen (Samferdselsdepartementet, 2017). I 2017 stammet 56 % av utslippene fra veitransport, med andre ord stod veitransport for rundt 16,8 % av Norges utslipp. I 2018 ble det transportert 261 millioner tonn med veitransport (SSB, u,å). Ved en reduksjon av både tilkjørte materialer og kjøring i forbindelse med avfallshåndtering vil man kunne redusere utslipp. Med en kombinasjon fra tallene fra 2018 og 2017 vil et forenklet regnestykke tilsi at transport av 1 kg vare gir et utslipp på 0,02 kg CO₂.

3.5.2 Logistikk

Rapporten «Muligheter og barrierer for fossilfrie anleggsplasser i transportsektoren» (Jernbanedirektoratet *et al.*, 2018) omtaler flere temaer, blant annet logistikk. Der omtales blant annet effekten av bedret logistikk gjennom mer informasjon om massedeponier. Informasjonen om deponier kan bli brukt for styring av ressursene til prosjekter der de er mest tjenlig. Det vises også til et prosjekt der transportarbeid ble redusert med 14 % ved bruk av utsprengte masser i linja, kontra frakt til et deponi. I tillegg vil det tilkomme kjøring for henting av nye masser. Det er i rapporten også sett på nødvendigheten av vedlikehold av maskinparken, og det vises til at godt vedlikeholdte maskiner gir bedre drift, mindre slitasje og mindre drivstofforbruk. Totalt vil klimagassutslippet reduseres med 10 % ved godt vedlikehold, sammenlignet med manglende vedlikehold.

Respondenter i denne oppgaven mener at redusert materiellinntak nødvendigvis vil ha en positiv verdi for logistikken på byggeplassen. Mindre leveranser, enklere logistikk og mindre plasskrav vil frigjøre områder og personell til andre arbeidsoppgaver. Redusert tilkjøring av materialer og henting av avfall vil redusere behovet for transport, og dermed redusere antall kjøretøy på veien.

3.5.3 Økonomi

Avfall fører til direkte så vel som indirekte kostnader. Med indirekte menes her arbeidstimene som går med til eksempelvis ryddig, sortering og bestilling av avfallstømming. Direkte kostnader knytter seg til kostnader for avfallshåndtering som lett lar seg dokumentere. Transport, leie og tømming av containere er tjenester som blir kjøpt inn. I tillegg kommer avgift for levering til mottaket. Kostnaden gir ikke en verdiskapning, men er kun en utgift. Videre er transport- og leieprisen fastsatt og upåvirkelig i det enkelte prosjektet.

Det som er lettest påvirkelig fra byggeplassen er kostnaden for levering av avfallet. Det påvirkes både av hvor mye avfall som skapes og hvor godt den sorteres. Under er det gjengitt deler av en eksisterende avtale for avfallshåndtering. Avtalen er mellom en entreprenør og en leverandør av avfallshåndtering. Prisen er gitt i antall tonn med type avfall. Prisen per tonn med avfall varierer med 500 % fra billigst til dyrest, sett bort fra avfall uten kostnad. Sorteringen av avfallet vil dermed påvirke kostnaden.

Tabell 3-1: Avfallspriser – Utdrag av avtale

Avfall			
Trevirke materialgjenvinning	1	Tonn	505
Trevirke rent, ubehandlet	1	Tonn	405
Trevirke blandet	1	Tonn	405
Restavfall	1	Tonn	1 050
Restavfall med gips og eller isolasjon	1	Tonn	1 450
Papp/papir	1	Tonn	0
Komplekst jern* etter celsa 1. nov. 2020	1	Tonn	Celsa 200
Blandet EEavfall andre	1	Tonn	0
Rene masser	1	Tonn	290
Ren Betong med armering	1	Tonn	385
Tegl og takstein	1	Tonn	310
Gips	1	Tonn	640
Steinull/mineralull	1	Tonn	768
Klar plastfolie	1	Tonn	0
Farget plastfolie	1	Tonn	0
Energiplast (emballasje)	1	Tonn	1 050
EPS (isopor), annen	1	Tonn	1 050

Et forenklet regnestykke som kan symbolisere kostnadsreduksjonen ved god sortering er to måter å håndtere henholdsvis 1 tonn treverk og 1 tonn gips. Dersom det kastes i samme container vil det bli priset som «restavfall med gips og/eller treverk» og koste 2 900 kr. Mens det sortert, ville ha kostet 1 045 kr totalt.

Sorteringsgraden vil også kunne påvirke dersom prosjektet ikke tilfredsstiller kravet i TEK 17. Ved manglende oppnåelse vil det tilkomme et gebyr fra kommunen. For unngivelse av gebyret har enkelte av respondentene vurdert ulike tiltak. Løsningene ble kun sett på som en siste løsning, og er etter det undertegnede kjenner til ikke utført i virkeligheten.

En løsning som flere respondenter har beskrevet er kjøp av avfall. Ett av de konkrete eksemplene som ble nevnt var innkjøp av rene betongkonstruksjoner, kun til levering som avfall. En annen løsning som ble beskrevet er leveranse av rene masser fra utgravning på tomten som ellers kunne blitt brukt på tomten. Begge disse handlingene vil føre til at andelen sortert avfall øker, og prosjektet kan nå et fastsatt mål om sortering. Mengden vil justeres etter hvor langt unna sorteringskravet det aktuelle prosjektet er. Løsningene er økonomisk mest hensiktsmessige der prosjektet ligger rett under grenseverdien for hva som blir godkjent.

3.5.4 Arbeidssikkerhet

I 2019 kom Arbeidstilsynet ut med rapporten «Ulykker i bygg og anlegg – Rapport 2019» (2019). Her kommer det frem at det ble registrert 2 670 ikke-dødelige arbeidsskader og 6 dødsfall i BA-næringen i 2019. Antall skadde er ti per 1 000 ansatte. Gjennomsnittlig i Norge er det 8,7 skader per 1 000 arbeidstagende. Arbeidstilsynet konkluderte i etterkant av dødsfallene at fem av de seks bedriftene hadde brutt HMS-arbeidet. Det handlet i hovedsak om manglende kartlegging og risikovurdering, og påfølgende gjennomføringsplan og utføring av risikoreduserende tiltak.

Rapporten har også sett på hvilke typer skader som hyppigst forekommer. I respektiv rekkefølge kom de frem til at henholdsvis fall, støt/treff av gjenstander og stukket/kuttet av skarp/spiss gjenstand var de vanligste ulykkestypene. I et flertall av de undersøkte fallulykkene ble det konkludert med at det ble utført farlig arbeid uten tilstrekkelig sikring mot disse mulige farene. Ansatte i BA-bransjen er også blant de med flest skader som følge av kjemiske og biologiske stoffer, vibrasjoner, mekaniske/ergonomiske eksponeringer og arbeid i kalde og varme omgivelser (Arbeidstilsynet, 2018). Årsakene til noen av skadene er tungt fysisk arbeid, ugunstige arbeidsstillinger og gjentatte prosesser.

Videre konkluderer rapporten med at det er en klar sammenheng, og en nødvendighet, med god prosjektstyring for oppnåelse av et sterkt sikkerhetsresultat. Det kreves aktive og engasjerte roller i prosjektene under både planlegning og utførelse. Fysisk planlegning med klart definerte faresoner, traseer og lagringsområder er også trukket frem som et viktig kjennetegn på trygge byggeplasser. De var ryddigere og hadde færre iboende farer.

Dong *et al.* (2015) har publisert en analyse om arbeidsskader i BA-bransjen. Analysen er basert på tallgrunnlag fra USA, men hovedtrekkene er antatt like for norske forhold. I rapporten har de konkludert med flere effekter av arbeidsskader. Personer med utdanning tilsvarende videregående skole eller mindre, hadde større sannsynlighet for skader som ga fravær. Personer med fravær som var skadebetinget arbeidet lenger ute med manuelt arbeid enn de som ikke fikk skader. De hadde i tillegg svekket fysisk og psykisk helse ti år etter hendelsen sammenlignet med personer som ikke hadde skader med fravær.

For omtale av HMS-statistikk på en tydelig måte trengs det entydige og felles definisjoner. De vanligste SHA-/HMS-indikatorerne er H1-, H2- og F-verdier (EBA, u,å). Hyppigheten av hendelser defineres som antall arbeidsulykker pr. 1 000 000 arbeidstime. H1-verdien inneholder arbeidsrelaterte personskader som gir fravær. H2-verdien inneholder arbeidsrelaterte personskader, med og uten fravær, der det enten er gitt tilrettelagt arbeid eller utført behandling av medisinsk personell. F-verdien viser fraværsomfanget pga. skader pr. 1 000 000 arbeidede timer.

4 Konsept

Litteraturgjennomgangen av fagfelleverderte artikler vil i sin natur henge noe etter de faktiske forholdene i bransjen. Det er derfor innhentet egen informasjon for kartlegging av hvordan bransjen jobber i dag. Funnene er formidlet i dette kapitlet.

4.1 Landås

I 2020 ble første spadetak tatt i byggeprosjektet ved Landås, Asker. Totalt innebærer prosjektet 187 leiligheter fordelt på 14 leilighetsblokker, inndelt i ulike byggetrinn. Prosjektet er en totalentreprise. Totalentreprenøren, Betonmast, benytter prosjektet som et pilotprosjekt innenfor avfallsfrie byggeplasser. Avfallsfri bygging var ved oppstart nytt for Betonmast, så de allierte seg derfor med blant annet BAdigital. BAdigital ledes av tidligere omtalt John R. Moen som introduserte betegnelsen avfallsfrie byggeplasser. Prosjektet blir nå referert til som en pilot på avfallsfrie byggeplasser med god suksess. Grunnlaget for at Betonmast ønsket en gjennomføring av prosjektet som et pilotprosjekt på avfallsfrie byggeplasser er at Oslo kommune vil innføre et krav om avfallsfrie byggeplasser i 2022. Ved å benytte denne anledningen kunne de være med på utviklingen av avfallsfrie byggeplasser, heller enn å få tredd kravene over seg.

Opprinnelig måtte prosjektet overholde byggherrens økte krav til 76 % avfallssortering fremfor TEK17 kravet på 60 %. Når prosjektet knyttet seg opp mot avfallsfrie byggeplasser måtte det defineres nye mål. Det ble valgt å følge definisjonen gitt av Avfallsfrie Byggeplasser-gruppen (u,å). Definisjonene er listet opp under:

- Avfallsfri produksjon på byggeplass
«Avfallsfri produksjon på byggeplass er en produksjon som gir null avfall på byggeplass. Det vil medføre til at man går fra å «bygge» til å «montere» på byggeplassen..»
- Avfallsfri produksjon hos produsent
«Avfallsfri produksjon hos produsent betyr at en må produsere materialer helt presist slik disse kan utnyttes i sin helhet på byggeplassen. I en slik produksjonen har man to muligheter. Man må enten produsere slik at avfall ikke oppstår, eller at alt avkapp føres tilbake som ressurs i produksjonen uten transport.»
- Avkapp skal tilbake som ressurs i produksjonen uten transport
«Det at «avkapp skal tilbake som ressurs i produksjonen uten transport,» gir en tydelig føring for avfallsfrie byggeplasser. Det å generere avfall som skal transporteres for gjenvinning er en løsning som krever store ressurser til blant annet transport, gjenvinning eller forbrenning. Dette kravet stenger derfor døren for tradisjonelle gjenvinningsløsninger.»
- Foredlede materialer skal ikke brukes til noe formål hvor mindre foredlede materialer kunne gjort samme nytten
«Foredlede materialer skal ikke benyttes til bruksområder der de tilførte ressursene som har gått med til foredlingen, ikke har en verdi. For eksempel skal ikke en sagd og høvlet planke brukes til fyring eller flis. For da har den blitt tilført ressurser som ikke har noen verdi i forhold til det den faktisk ble brukt til.»

Begge de forespurte representantene i prosjektet mener at hovedutfordringen når man skal bygge avfallsfritt er holdninger, i alle ledd. Mange tror at det ikke er mulig med et avfallsfritt prosjekt, og setter seg derfor på "bakbeina" og fortsetter som før. For

prosjektlederen gjør den manglende troen hos andre at det er ekstra spennende å jobbe med å finne nye løsninger.

4.1.1 Gips og trevirke

Første delmål i prosjektet var reduksjon av avfallet av gips og treverk. Valget av de to avfallstypene har sin bakgrunn i at gips og treverk tradisjonelt utgjør ca. 50 % av avfallet i Betonmast sine byggeprosjekter. Effekten av de innførte tiltakene skulle bli synliggjort ved at man byde to bygg samtidig. Ett av byggene ble bygd med tradisjonelle metoder og ett med nye. I første runde var tiltakene konsentrert rundt ytterveggene i byggene. Gjeldene definisjon av avfallsfri byggeplass betyr at alle produkter må brukes til tiltenkt formål, uten svinn. Det betyr blant annet at alt som kommer inn på byggeplassen skal benyttes. Richardson (2013) konkluderte i sin rapport med at det ville bety 13 % mindre materialer inn på byggeplassene i Storbritannia. Betonmast ser for seg avfallsfrie byggeplass kan gi en reduksjon på mellom 15-25 % av materialer.

Et viktig grep i den nye byggemetoden er gode innkjøp, og det har derfor vært et tettere samarbeid med leverandører enn normalt. Trelastleverandøren i prosjektet er Bergene Holm. Bedriften ønsker å være markedsledende på produktutvikling og har som motto at de skal bli «bedre hver dag». De har den siste tiden sett at kundene deres ikke kun er opptatt av det økonomiske bildet, men også hva som er «riktig» med tanke på miljø. I fremtiden tror Bergene Holm at det å kunne vise til gode prosesser vil bli en forutsetning for å levere produktene sine. De ønsker derfor i likhet med Betonmast å være med i utviklingen mot mindre avfall.

Dersom treverket blir levert til byggeplassen som fallende lengder eller fotlengder, vil det med all sannsynlighet bli kapp på byggeplassen som ikke kan brukes. Tilpasningen må derfor flyttes til produksjonsstadiet og leveres som prekapp. Men heller ikke på produksjonsstadiet skal det produseres avfall. For oppfyllelse av kravene har Bergene Holm funnet ulike muligheter. Noe er benyttet i prosjektet, og noe vil være mulig etter at den nye produksjonslinjen deres er tatt i bruk. Tiltakene handler om best mulig utnyttelse av råstoff, samtidig som man nyttiggjør seg av restproduktet. For som Bergene Holm påpeker, gir bearbeiding av naturlige materialer unngåelig noe avskjær. Det kommer blant annet av kvist i treverket, som må fjernes for å få et solid materiale.

Tømmeret ankommer sagbruket til Bergene Holm i lengder fra 3 til 5,5 meter. De fleste er over 4 meter. Kvalitetssortering er første prosess for alt trevirke. Ved kvalitetssortering av skurlast er det et svinn på ca. 5 %. Der vil treverket gå gjennom ulike prosesser avhengig av hvilket sluttprodukt man ønsker. De neste prosessene vil også føre til svinn. Avkapp som ikke kan brukes til andre formål går til lokal forbrenning for å tørke nytt tømmer.

Sluttprodukt	Ca. %-svinn
Fallende lengder	5
Fotkappende lengder	8
Fingerskjøting	9
Tilpassede lengder	6,5

Tabell 4-1: Svinn ved foredling av treverket.

Fallende lengder vil si at lengden varierer. Lengden følger av tømmeret og varierer mellom 3,5 og 5 meter. Det er lite som blir kappet av, og det gir dermed en god utnyttelse av tømmerstokken hos produsenten. Når treverket havner ute på en byggeplass blir det opp til utførende aktør å finne egnet oppdeling av treverket. For en

høyere forutsigbarhet for den utførende, kan treverket videreføres fra fallende - til fotkappede lengder. Det vil si at treverket skjæres ned til nærmeste fastsatte lengde. Lengdene har intervaller på 30 cm, ca. en fot. Forutsigbarheten gjør at den utførende i større grad kan lage seg et system som kan følges slavisk ved behov for gjentatte lengder. Ulempen med fotkappet er at det selv om det kappes hos produsenten må det uansett kappes på nytt på byggeplassen.

Fingerskjøting blir av enkelte trukket frem som en metode for utnyttelse av alle rester fra treverket (John R. Moen, 2017). Tankesettet blir ikke støttet av Bergene Holm.

Fingerskjøting er ikke en ny prosess, den har vært benyttet i flere år. Utfordringen er at det er en fordyrende og tidkrevende prosess. Hos Bergene Holm blir metoden i dag benyttet ved større prosjekter der det trengs mange planker med faste lengder som det er vanskelig å skaffe tilstrekkelig råstoff til. Det stilles strenge krav til treverket som skal skjøtes. Fuktinnholdet må være mellom 14-18 %, og det kreves feilfrie ender. Om endene ikke er tilstrekkelige må de endeskjæres, og det skaper mer avfall.

Den siste metoden er tilpassede lengder. Det er denne metoden som er benyttet på Landåsprosjektet. Her ankommer treverket ferdig tilpasset, og kan ses på som et byggesett som må monteres på plassen. Avfallsprosenten på 6,5 % er med nåværende produksjonslinje. En av målsetningene for den nye produksjonslinjen er å minske svinnet relatert til tilpassede lengder. Det skal muliggjøres ved at treverket vurderes før kapping. Treverk som vil gi mye avfall vil bli lagt til side og benyttet ved en annen anledning der det kan gi mindre svinn.

4.1.2 Digitale prosesser

BIM-teknikeren i prosjektet har beskrevet hvordan man jobbet digitalt i prosjektet. Ett av de sentrale momentene ved prosjektet er detaljeringsnivået de valgte for prosjektet. Ytterveggene, som var et fokusområde ved det første byggetrinnet, har en høyere detaljering enn normalt. Det vanlige er at tømreren benytter underlag fra arkitekten og selv finner ut hvordan veggen skal bygges. I prosjektet ble ytterveggen detaljprosjektert i sin helhet. Basert på gjennomgangen ble plasseringen av vinduer justert med noen cm, hjørner ble beregnet, senteravstand på stenderverk ble optimalisert for minst mulig kapp av isolasjon og gips under vinduer ble bestilt ferdig tilpasset.

I prosjektet merket de også nytten av en digital modell for å fremme tverrfaglig koordinering. Sprinkler- og ventilasjonsanlegget ble tilpasset og sikret byggbart i modellen. Kravik påpeker videre mulighetene til eksportering av informasjon direkte til sagbruket. Sagen kan da kappe nødvendige lengder samt merke de ulike delene. Nåværende produksjonslinje ved valgte sagbruk støtter ikke denne muligheten. Det er benyttet tidsplanlegging i modell, 4D, i undersøkelser av rigg og byggerekkefølge. Utenom 4D er det ikke benyttet verktøy for beregning av avfallsmengden, verken før eller underveis i byggeperioden. Mengden avfall kommer derfor først frem etter sluttrapport fra avfallsmottak.

Et underliggende mål i prosjektet har vært at det ikke skal være noen papirtegninger på byggeplassen. Som et alternativ til papirtegningene har derfor modellen og arbeidstegninger vært tilgjengelig på et prosjekthotell. Prosjekthotellet er tilgjengelig fra pc-er, nettbrett og telefoner. Egne håndverkerne forholdt seg til hotellet og brukte ikke papirtegninger. Noen underentreprenører har selv skrevet ut tegninger.

4.2 Byggemetoder

Som tidligere nevnt finnes det finnes to hovedgrupperinger innenfor byggemetode, prefabrikasjon og plassbygd. Produksjon av elementer kan lett omtales for seg selv, men som det fremkommer senere i teksten er det ikke like lett å omtale plassbygd separat. Kommende tekst er derfor delt opp i prefabrikasjon og erfaringer fra byggeplass.

4.2.1 Prefabrikasjon

Som en representant for den norske prefabrikasjonen ble Støren Treindustri kontaktet. Bedriften ble etablert i 1969 og er i dag en av landets ledende produsenter innen elementer, takstoler og precuthus. Driftsinntektene har de siste årene variert mellom 282 og 297 millioner og de har rundt 140 ansatte (Proff.no, u,å). De kan ha rollen som underleverandør eller underentreprenør i prosjekter. Formålet med henvendelsen til bedriften var kartlegging av avfallsmengdene og arbeidssikkerheten produksjonsprosessene deres medfører. Anledningen ble også benyttet til å foreta en undersøkelse av hvilken oppfattelse de hadde av bransjen.

4.2.1.1 Avfall

Sortert/ usortert	Varegruppe	01.12.2020	Perioden	31.12.2020	01.01.2020	HiÅ	31.12.2020
		Omregnet tonnasje (KG)	Avfallsandel	Ant tømninger	Omregnet tonnasje (KG)	Avfallsandel	Ant tømninger
USORTERT VOLUM	9912 Bl. næringsavfall	3 480	9,2%	1	14 580	4,7%	4
	Total	3 480	9,2%	1	14 580	4,7%	4
SORTERT VOLUM	1149 Bl. bearb. trevirke	1 320	3,5%	1	128 180	41,1%	22
	1447 Rent magn. metall	0	0,0%	0	0	0,0%	1
	1599 Blandet EE-avfall	189	0,5%	1	189	0,1%	1
	1615 Gips	18 680	49,6%	2	142 040	45,5%	16
	1617 Mineralull	5 840	15,5%	1	11 220	3,6%	2
	1711 Folieplast, emball.	8 120	21,6%	1	15 880	5,1%	2
	7086 Lysstoffrør og spare	30	0,1%	0	30	0,0%	0
	Total	34 179	90,8%	6	297 539	95,3%	44
TOTALT VOLUM		37 659	100,0%	7	312 119	100,0%	48

Figur 4-1 Sortering av avfall, Støren Treindustri

Figuren ovenfor viser avfallsmengden og sorteringsgraden for henholdsvis desember 2020 og hele 2020. Som vist i figuren endte sorteringsgraden i 2020 på 95,3 %. Støren Treindustri ligger i et normalår på mellom 95 – 97 %. Samtidig opplyses det at sorteringsgraden i 1. kvartal 2021 var 100 %. Som tidligere nevnt er myndighetenes sorteringskrav på byggeplassen 60 %. Videre blir restene av gips og isolasjon sendt tilbake til produsenten, mens trevirke blir brent lokalt for oppvarming. Avfallet fra gips stammer hovedsakelig fra utskjæringen til dør- og vindusåpninger. Totalt er det rundt 3-4 % svinn i deres produksjonslinjer.

Som litteraturgjennomgangen også viste opplyser de at hovedutfordringen i arbeidet med reduksjon av mengden avfall er hvilken løsning kunden velger. Jo lenger de beveger seg bort fra sine standardløsninger, jo mer kapp og avfall blir det. Når kunden kommer med en løsning, jobber de vanligvis ikke med forslag på hvordan avfallet kan reduseres. Sorteringsgraden kan også bli påvirket når kunden velger produkter utenom deres sortiment og i perioder der de må leie inn ekstra arbeidskraft. Nyansatte produserer som regel mer svinn enn erfarne arbeidstakere. I sum fordrer det at kunden selv tenker på avfallsproblematikken. Opplevelsen deres er at kundene ikke vektlegger mengden avfall i noen særlig grad.

4.2.1.2 Arbeidssikkerhet

Støren Treindustri opplever også at elementproduksjon vil medføre flere fordeler i tillegg til avfallsreduksjon og høy sorteringsgrad under produksjon. Benyttelsen av elementer gjør at det kommer lite avfall ut på byggeplassen. I hovedsak stammer avfallet på byggeplassen fra trevirke og plast som benyttes til pakking og beskyttelse av elementene under transport. Med lite avfall på byggeplassen blir det også lettere å holde den ryddig. Deres opplevelse er at en ryddigere byggeplass også er sikrere.

Arbeidssikkerheten er også høyere i fabrikken der elementene produseres enn forholdene er ute på byggeplassen. Støren Treindustri har en nullskadevisjon i fabrikk og ute på byggeplassen. I 2020 oppnådde de henholdsvis H1: 4,5, H2: 13,5 og F: 0,000026.

I tråd med litteraturgjennomgangen opplever de at timeforbruket i prosjektet går ned ved bruk av elementer. På deres hjemmesider står det at elementbygg gir nesten en halvering av tømretimer på byggeplassen. I tillegg oppgir de at effektiviteten er langt høyere på arbeidet som foregår i fabrikken sett opp mot hva det ville vært på byggeplassen, ca. 40 %. Som Li, Shen og Alshawi (2014) trekker de fram at logistikken blir enklere med bruk av elementer.

Underveis i oppgaveperioden har undertegnede fått en omvisning på to produksjonslinjer hos en modulprodusent. På besøksdatoen var det produksjon av brakker og hybler. Produsenten benytter trevirke i stenderverket. Produksjonen av vegger, dekker og tak gikk simultant i ulike operasjoner før de til slutt ble satt sammen. De ulike delene lå på transportbånd og ble heist og vendt etter behov. Dette muliggjorde bedre arbeidsstillinger, samtidig som mengden arbeid i høyden ble minimert. Ved en planlagt modernisering av linjen skulle gipsing av veggene gjøres maskinelt.

Etter at produksjonen er ferdig, blir modulene lagret utendørs i påvente av transport til byggeplassen. Moduler som ikke er konstruert for å stå i ytterkonstruksjonen må derfor dekkes til for å hindre ødeleggelse. Tildekkingen fjernes når de blir montert. Når byggeplassen er klar for modulene blir de heist på plass på et ferdig underlag. På byggeplassen gjenstår kun ferdigstilling i form av tilkobling for tekniske fag og komplementering av skjøter mellom modulene.

Produksjonslinjen bidro med en ny risikofaktor sett i perspektiv fra byggeplassen. Alle elementene blir ført opp på gulvet langs et transportbånd, og ettersom båndet ligger på gulvnivå blir inngangen til alle modulene liggende ett trinn opp etter at modulveggene er montert på modulgulvet. Fall og overtråkk blir dermed en risiko.

4.2.2 Totalentreprenørens erfaringer

For innhenting av erfaringer ute fra byggeplassen er det valgt å bruke informasjon hovedsakelig fra Backe Oppland (heretter omtalt som BO). Selskapet er en del av Backe gruppen. I følge nettsiden deres har Backe Oppland 68 egne ansatte og forventet produksjon i 2020 var 270 millioner (Backe, u,å-b). De ansatte er fordelt på funksjonærer og fagarbeidere. I tillegg til egne ansatte vil det være personelle fra underentreprenører ute på byggeplassen.

4.2.2.1 Avfall

Miljøpolitikken for BO blir bestemt sentralt fra Backe Entreprenør (Backe, 2019). I sin miljøpolitikk erkjenner Backe at byggeaktiviteten både tilfører en verdi, og har en negativ påvirkning ved energibruk, forurensning, avfallsgenerering og ressursbruk. For reduksjon av de negative påvirkningene er det satt opp ulike delmål. De mest sentrale delmålene er

- Minst 85 % av avfallet på byggeplassen skal kildesorteres
10 % årlig redusert (reduksjon av) avfallsmengde og energiforbruk
- Ingen brudd på nasjonale eller lokale miljøkrav
- Internt krav om maks 25 kg/m² avfall for boligprosjekter

Kravene er strengere enn de statlige kravene. Grunnen til at mengdekravet ikke gjelder alle typer prosjekter, er de store ulikhetene mellom prosjektene Backe påtar seg. Avfallsmengdene pr. m² ved f.eks. nybygg av produksjonslokaler og rehabilitering av bygg er stor i forhold til andre typer prosjekter.

For ytterligere innhenting av informasjon har personer i ledelsen til Backe blitt kontaktet. De kunne opplyse om at delmålene ble satt for at selskapet skulle ha noe å strekke seg mot. Kravet om 85 % kildesortering ble satt ettersom daværende prosentandel lå på 82 %. Ettersom sorteringsgraden har økt siden den tid, vurderes nå en økning av kravet til 90 %. I BO lå den gjennomsnittlige sorteringsgraden i februar på 89,9 %. I likhet med avfallsmengden er det også en sammenheng mellom sorteringsgraden og type prosjekt. Det blir blant annet vist at et rehabiliteringsprosjekt hadde en sorteringsgrad på 64 %, mens et nybygg i samme periode hadde 94,5 %.

Kravene til maks kg/m² og minimum prosentandel til sortering er interne krav satt av Backe. Manglende oppfyllelse vil derfor ikke påvirke prosjektet økonomisk. Resultatene blir derimot videreformidlet i organisasjon og fungerer som en indikasjon på hvor godt prosjektet blir styrt. Samtidig kan en vedvarende situasjon med manglende oppfyllelse påvirke ISO 9001-sertifiseringen og synet som byggherren har av entreprenøren.

Sentralt i Backe jobbes det mye mot leverandører der man ønsker en reduksjon av mengden avfall. Arbeidet gjøres i to parallelle prosesser der det både jobbes med reduksjon av mengden emballasje samt økt presisjon under prosjektering. For håndteringen av emballasje er utfordringen å finne riktig mengde og bruk av emballasjen. Erfaringene til Backe tilsier at levering uten emballasje er vanskelig da materialer blir lagret utendørs og fort kan bli ødelagt. Det jobbes med etablering av en returordning for emballasje og isolasjon med byggevareleverandøren som Backe benytter.

I forbindelse med prosjektering anser Backe at bruken av precut, forhåndskuttet, og prefabrikasjon kan minske avfallsmengden. En av utfordringene med bruk av ferdige elementer er uforutsigbarhet på prosjektene og dårlige digitale verktøy. Ikke minst påpekes viktigheten av å bygge riktig første gang, noe som er sentralt for lav avfallsmengden. Når det først har blitt avfall jobbes det også mot å øke graden av materialgjenvinning til EU kravet på 70 %.

For økt bevisstgjøring rundt avfallssortering gjennomførte Backe Vestfold Telemark en øvelse i mai 2021. Restavfallscontaineren som skulle bli hentet ble istedenfor tømt ut på plassen. Innholdet ble deretter sortert og kastet i riktig container. Øvelsen skulle belyse at det var mulig å sortere avfallet som var kastet som restavfall. Prosjektet opprettholdt samtidig sin sorteringsgrad på 100 %. Øvelsen kan tolkes i flere retninger. Ved synliggjøringen og den klare instruksjonen kan man ha opplevd Hawthorneeffekten. Uavhengig viser den at mengden restavfall kan bli redusert.

4.2.2.2 Byggemetode

I BO benyttes både ferdige elementer og produksjon på plassen. Valget av produksjonsmetode blir bestemt som følge av flere faktorer enn kun avfallsmengden. Det

finnes fordeler med både element- og plassbygdproduksjon. En av de store fordelene ved bruk av elementer er at det gir kortere byggetid, og dermed er også perioden konstruksjonen står eksponert for vær og vind kortere. Prefabrikasjon er med på å beholde kvalitetene som er i bygget. Særlig elementproduksjon gir kort byggetid og konstruksjonen blir raskt tett. Samtidig kan det oppstå skader selv ved bruk av elementer. Det fikk en annen entreprenør erfare ved at det kom fuktighet inn i konstruksjonen, som senere utviklet seg til fuktskader og muggsopp (Byggeindustrien, 2020).

Som følge av at produksjonen foregår et annet sted beslaglegger byggingen mindre områder på plassen enn hva tradisjonell bygging gjør. Det er særlig hensiktsmessig på byggeprosjekter der det er lite tilgjengelig plass. Det kreves også færre egne ansatte på plassen. Sistnevnte kan passe godt i perioder der det foregår flere prosjekter og for å nedskalere bemanningstoppene. En bieffekt BO ser for seg av mange prosjekter med elementbruk er at kunnskapen om tradisjonell byggeteknikk vil forsvinne ettersom folk som vil arbeide med tradisjonell produksjon vil bytte arbeidssted og at nye medarbeidere ikke vil tilegne seg kunnskapen. Bygning på plassen blir også benyttet som sikring av sysselsetting av egne ansatte i perioder med få prosjekter.

4.2.2.3 Arbeidssikkerhet

Som et motstykke til informasjonen som er hentet fra Støren Treindustri er det også hentet inn informasjon om hendelser i Backe. Informasjonen er hentet fra avvikssystemet til BO, i tillegg har HMS-leder i BO bidratt med uthenting og forklaring.

I 2020 var det ingen skader som førte til fravær, H1-hendelser. Som følge av det ikke var noe fravær, er også F-verdien 0 i perioden. Få rapporterte hendelser er gjennomgående for underavdelingene i Backe. Av de åtte entreprenør-avdelingene viser seks til en H-/H1-verdi på 0 (Backe, u,å-f; u,å-e; u,å-d; u,å-g; u,å-a; u,å-c). Verdien som er publisert stammer fra ulike år og noen viser til flere år. En av de to gjenværende er BO som tidligere nevnt også oppnådde en H1-verdi på 0. Den siste avdelingen har ikke informasjon om H-verdi på sin hjemmeside.

I samme periode var det tre skader som faller under H2 kategorien i BO. Samtlige H2 skader var rettet mot underentreprenører. De tre hendelsene som oppstod var:

- Hånd i klem i forbindelse med gravearbeid – tilrettelagt arbeid påfølgende dag
- Person som fikk støv/sten i øyet – legevakt for å skylle øyet
- Hodeskade ved demontering av stillas – sydd og plastret skade

Selv om det ikke oppstod mange hendelser i 2020, ble mange potensielle situasjoner avverget. Totalt ble det gjort 1071 registreringer. Det ble registrert 9 merknader under kategorien «personskader», hvorav tre er de nevnte H2 hendelsene. Personskadene er fordelt under følgende kategorier:

- 3 klemskader
- 2 elektrisk spenning/støt
- 2 personlig verneutstyr
- 1 fallende/veltende utstyr
- 1 fall til samme nivå

Kun en av hendelsene førte til behov for tilrettelagt arbeid.

4.3 Avfallsfrie byggeplasser

Alle aktørene som er kontaktet har fått spørsmål om deres forhold til begrepet avfallsfrie byggeplasser. Formålet med spørsmålet var å undersøke hvordan begrepet blir oppfattet og om det blir benyttet i bransjen. Spørsmålet er stilt til alle ledd i et byggeprosjekt, utenom brukeren. Besvarelsene er delt inn etter respondentens rolle i prosjektet, og ikke etter bedrift.

4.3.1 Byggherre

For fortgang i arbeidet mot avfallsfrie byggeplasser ser det ut til at det er gjort et valg om å knytte til seg byggherrer. Det er synliggjort ved stadige henvisninger til at byggherrene skal sette dette som et krav. Dersom byggherrene velger innføring av kravet, skaper det en kjedereaksjon der resten av bransjen også må følge kravet. På grunnlag av dette ble det valgt å kontakte en av de 11 byggherrene som skal stille seg bak kravet (Aas, u,å). Valget av bedrift fra de 11 opplistede byggherrene var vilkårlig, og besvarelsen kom fra miljøsjefen i det aktuelle selskapet, heretter kalt BH (byggherren). Svarene fra BH viser at de ikke er så nære ved å stille krav til avfallsfrie byggeplasser som blant annet Harald Aas fremstiller. BH sin oppfatning er at avfallsfrie byggeplasser nesten er umulig å oppnå, og noe bransjen i dag er langt unna.

BH har ikke gjennomført noen pilotprosjekter på avfallsfrie byggeplasser, og har ikke noen umiddelbare planer om slik gjennomføring. Samtidig sier BH at en gjennomføring av et pilotprosjekt skal være gjort før et eventuelt krav stilles. Det begrunner de med at det er viktig med erfaringsbasert kunnskap i egen bedrift før de stiller krav. Erfaringen deres tilsier at det ikke alltid fungerer at entreprenøren finner løsningene selv. Ettersom aktøren ikke er i nærheten av å stille krav om avfallsfritt, har de heller ikke sett på om det vil mykne opp andre krav. De er allikevel bevisste på at det kan få påvirkning på kostnadsbildet.

Selv om de ikke har fokus på avfallsfrie byggeplasser påpeker BH at de jobber for å redusere avfall fra byggeplassen. Det gjør de blant annet med søkelys på sirkulære løsninger, som gjenvinning av materialer, ombruk av byggematerialer og rehabilitering av bygg, fremfor rivning og bygging av nytt med jomfruelige materialer. BH trekker frem særlig seks punkter som sentrale:

- Presis prosjektering
- Reduksjon av kapp
- God lagring - forhindre at materialer ødelegges under lagring
- Reduksjon av avfall fra emballasje – ingen, ombruk eller returmulighet
- Unngå engangs-paller
- En BH som er aktiv i målsetningen og setter konkrete krav

På spørsmål om hvilke utfordringer BH anser som størst mot avfallsreduksjon, trekker BH frem behov for et endret leverandørmarked. Igjen trekkes også emballasje frem. BH har tro på at alle involverte parter kan få positiv effekt av avfallsreduksjon. I dag fraktes det mye materialer rundt som kun ender som avfall.

To av de andre byggherrene, Stavanger og Sandnes, som har meldt seg bak kravet har valgt en tolkning av begrepet. De definerer prosjekter med 40 kg/m² avfall som avfallsfrie. Fra det gjennomsnittlige prosjektet betyr det en reduksjon på rundt 20 kg/m² eller 1/3 (Lotherington, 2019). Videre gjelder definisjonen for kun de store fraksjonene; trelast, gips, metall, papp og plast.

4.3.2 Utførende

En viktig premissgiver for utførelsen av avfallsfri byggeplass er entreprenørene i prosjektet. Spesielt når det kommer til totalentrepriser vil totalentreprenøren spille en vesentlig rolle. Det er funnet to prosjekter i Norge som har et uttalt mål om avfallsfri bygging, her referert til som prosjekt A og prosjekt B. Begge prosjektene kan regnes som pilotprosjekter innenfor avfall, men med to forskjellige mål. Noe av det som er felles for A og B er at prosjektene ikke var tiltenkt som pilotprosjekt av byggherren. Det er entreprenørene som selv har ønsket seg mer erfaring om konseptet. Det ene prosjektet inneholder leiligheter og det andre en skole, med hall.

Prosjekt A skal undersøke hvordan man kan minske avfallet og ha høy sorteringsgrad, henholdsvis ikke mer enn 20 kg/m² og minst 80 % sorteringsgrad. Når det gjenstod 4 måneder igjen av prosjektet lå prosjektet på 15 kg/m² og 91,7 % sorteringsgrad. Det har blant annet blitt muliggjort ved stor benyttelse av prefabrikkerte elementer. Yttervegger, dekker og tak var prefabrikkert. Samtidig opplyses det om at stor grad av prefabrikkerte elementer medførte spart produksjonstid på byggeplassen. Spart produksjonstid er i tråd med erfaringene til Støren Treindustri. Prosjektledelsen trekker frem at premisset om å bruke det som pilotprosjekt burde bli stadfestet allerede i forprosjektet. Ved tidligere stadfestning har man mulighet til påvirkning av beslutninger med relativ liten ulempe og kostnad, fremfor mer kompliserte løsninger senere.

Ved tidligere planlegging kunne det også vært brukt ferdige vegger innvendig. Det ble ikke brukt i prosjekt A da planleggingen allerede hadde kommet langt. Dersom også innerveggene hadde vært ferdige kunne avfallsmengden vært redusert betydelig. Tidlig og god planlegging med en helhetlig plan er derfor sentralt.

De uttalte målene for prosjekt B er mer i tråd med definisjonen til Avfallsfrie Byggeplasser-gruppen. I tillegg var det utpekt personell som hadde i oppgave å se på løsninger, konsekvenser og erfaringer rundt avfallsfrie byggeplasser. Personen fungerte som en pådriver for pilotprosjektet, men ble senere flyttet ut av prosjektet.

Det finnes ikke noen dokumentert effekt av pilotprosjektet. Det kommer av at kun deler av et større prosjekt har blitt utført som avfallsfritt, der man ikke har differensiert mellom delene som er med i pilotprosjektet og det som ikke er med. Blant annet er det ikke fulgt opp at avfall fra hvert bygg skulle kastes i egne containere. Avfallet og containertransporten har gått om hverandre på hele prosjektet. Resultatet av arbeidet så langt blir derfor kun en teoretisk tilnærming og ut fra de involvertes oppfatning. Effekten kan derfor ikke per dato dokumenteres. I kommende byggetrinn er det planlagt å dokumentere påvirkningen på montasjetid og HMS.

4.3.3 Produsent

Målet med avfallsfrie byggeplasser er ikke kun reduksjon av avfall fra byggeplassen, men fra hele prosessen. I den publiserte definisjonen er flertallet av kravene gjeldene for produsentene. Relevant krav er gjentatt under.

- Avfallsfri produksjon hos produsent
- Avkapp skal tilbake som ressurs i produksjonen uten transport
- Foredlede materialer skal ikke brukes til noe formål hvor mindre foredlede materialer kunne gjort samme nytten

Produsentene det er snakket med i forbindelse med denne oppgaven meddeler at deltakelse i avfallsfrie prosjekter vil kreve endring i deres produksjonslinje. I dag blir

mengden tillatt svinn kun bestemt ut fra økonomiske forhold. Svinnet ute på byggeplass bidrar også positivt for produsentene da de selger mer av sine varer. En av produsentene det er snakket med mener at eksaktleveranser kan medføre 20 % mindre varevolum ut til byggeplassen. Samtidig ser de effekten av å kunne fronte bedriften som avfallsfri, og mener at det kan utløse en større markedsposisjon, større betalingsvilje og mer bruk av sitt produkt. Dersom de 20 %-ene kan bli solgt til et nytt prosjekt er det vinn-vinn for bedriften.

Produsentene det er snakket med opplever begge at de i dag er et stykke fra dagens produksjon til avfallsfrie byggeplass. Samtidig er de motivert til å jobbe med dette, og ser positive effekter av arbeidet.

Pipelife er en av de produsentene som har valgt å knytte seg opp mot Avfallsfrie Byggeplasser-gruppen (Pipelife, u,å). Grunnen til at Pipelife velger å ta del i utviklingen er fordi de ser at marginene blir stadig mindre. Ifølge dem selv overstiger seks av ti prosjekter de gitte tids- og økonomirammene. De peker også på at en stor andel av arbeidsoppgavene går til spille, i form av gjentakelser av allerede utført arbeid og flytting materialer som er i veien. I ett av pilotprosjektene de er involvert i, har de levert en prefabrikkert bunnledning. I prosjektet har det vært et tettere samarbeid og mer bruk av BIM enn vanlig. Samtidig har de gjort en sammenligning over hva det ville betydd med vanlig levering av materiell, se vedlegg 1. Totalt var bunnledningen på 108 meter fordelt på 240 deler. Ved vanlig byggemetode ville det blitt 392 deler. Alle de nødvendige 120 kappene ble gjennomført på fabrikken. For materiellkjøpet var det en reduksjon på nærmere 33 %. Samtidig erfarte rørleggeren av det var tidsbesparende montering.

5 Diskusjon

Avfall og avfallsreduksjon har vært belyst i ulike sammenhenger gjennom teksten. I diskusjonskapittelet er hovedfunnene trukket frem. Det er også blitt gjort en sammenligning mellom teori og praksis der det er hensiktsmessig.

I dagens samfunn er man mer bevisst enn tidligere på at avfall kan medføre problemer, og at det ikke blir borte dersom man graver det ned. Denne bevisstgjøringen har medført en ny tankemåte rundt avfallet, og sentralt i tankegangen er avfallshierarkiet. Øverst i hierarkiet troner forebygging, det avfallet som ikke eksisterer må man heller ikke håndtere. Forebygging krever gode prosesser under planlegging og prosjektering, men anses som den enkleste og viktigste innsatsfaktoren for reduksjon av avfallsmengden. Gode prosesser i oppstarten blir trukket frem som et viktig punkt både i litteraturen og av respondentene. Samtidig finnes det ulike virkemidler for å minske avfallsmengden.

5.1 Plassbygd vs. elementer

Ett av momentene som er undersøkt i denne oppgaven er avfallsgenerering og håndtering med ulike produksjonsmetoder. Under følger det en diskusjon og oppsummering av de sentrale funnene.

5.1.1 Avfall

Både litteraturstudiet, kapittel 3, og egen innhentning av informasjon, kapittel 4, viser at bruk av ferdige elementer vil gi en avfallsreduksjon på byggeplassen. Det handler i hovedsak om at avfallet blir generert og registrert hos produsenten. Ved en høy andel ferdige elementer og moduler vil det på byggeplassen hovedsakelig foregå montasje, med unntak av noe komplementering. Ettersom man i dag kun registrer avfallet på byggeplassen som faktisk avfall på byggeplassen, vil det gi inntrykk av en avfallsreduksjon. Det vil være positivt for prosjektet, og dermed de involverte, særlig totalentreprenøren. I det langsiktige perspektivet kan aktørene markedsføre seg selv som en seriøs aktør som tar samfunnsansvar. Samtidig kan avfallsreduksjonen bidra med kortsiktige gevinster i prosjektet som:

- Mindre behov for rigg-mann ressurser som håndterer avfall
- Ryddigere byggeområde / bedret arbeidsmiljø
- Redusert behov for riggområde
- Mindre kostnader til leie og tømning av avfallscontainer
- Bidrar til å innfri eventuelle egne krav om maks kg/m²
- Færre skader på ansatte

For samfunnet er det derimot lite gevinst om avfallsproduksjonen kun flyttes fra ett sted til et annet. Det som er av betydning for samfunnet er hvor mye avfall som skapes, og hvordan det blir håndtert. I forbindelse med denne oppgaven var det derfor ønskelig å se nærmere på avfallsmengden og prosessene rundt avfall. Det viste seg å være vanskeligere enn ventet.

Både elementprodusenten og entreprenøren hadde ved forespørsel god oversikt over mengden og typen avfall som kommer fra deres prosesser. At informasjonen ligger tilgjengelig tyder på at det er et fokusområde. Entreprenøren bruker aktivt informasjonen

om mengden til å se hvor mye avfall som generes pr. m². Informasjonen blir brukt som en indikator på hvordan prosjektet blir driftet. Mengden avfall, sorteringsgraden og kg/m² i prosjektene blir månedlig distribuert til hele bedriften. Elementprodusenten brukte ikke indikatoren. På forespørsel kunne de heller ikke svare på hvor mye kg/m² avfall som kom fra deres produksjon, men opplyste om en omtrentlig svinnandel. Mengden avfall fra produsenten blir derfor ikke medregnet i avfallsbehandlingen i prosjektet.

5.1.1.1 Elementer

Produksjon av ferdige elementer er et skritt mot industriell produksjon. Bruken av samlebånd, maskiner og faste arbeidsplasser er noen av virkemidlene man har tatt i bruk. Samtidig skiller produksjon av elementer til byggenæringen seg fra konvensjonell vareproduksjon. Hovedforskjellen er antall repetisjoner og variasjoner. Til forskjell fra å skulle levere en standard vare, f.eks. en billykt, må produsenten lage det kunden ønsker og har behov for. Kundens løsninger oppgis av elementprodusenten å være hovedgrunnen til avfall. Både mengden avfall og sorteringsgraden kan bli påvirket av valgte løsninger. Samtidig sier de at å trekke kunden mot standardløsningene ikke er prioritert.

Reduksjon av avfallet vil være av interesse for både produsenten og kunden. Dersom mengden kapp kan minskes er det mindre ressurser som blir kastet. På en annen side kan kundens ønske om tilpasning øke effektiviteten av arealet. Arealbehovet blir dermed redusert og kan bidra til mindre avfall. Et bedre tilpasset bygg kan også redusere eller utsette behovet for fremtidige byggeprosjekter.

At det ikke er lagt mer arbeid i å undersøke hvilke prosesser som skaper avkapp virker underlig for undertegnede, som lever i den akademiske verden. Med et bedre informasjonsgrunnlag kan man lettere sette inn nødvendige tiltak for rasjonalisering av driften. Ved gjentakende prosesser, som hos en elementprodusent, vil det kunne gi gode resultater.

Selv om det ikke foreligger eksakte tall er det naturlig å anta at elementproduksjonen skaper mindre avfall enn produksjon på plassen. Antagelsen begrunnes med at forutsetningene til effektiv drift, rutiner, god lagerstyring, kontroll over klima og fremtidsplanlegging er høyere i produksjon enn ute på byggeplassen. Produsenten opplyste også at avfall av gips og isolasjon ble sendt tilbake til fabrikanten som et miljøtiltak. Dog var det ikke kjent hvordan det ble håndtert hos produsenten eller i hvilken grad det kunne bli benyttet i ny produksjon.

5.1.1.2 Plassbygd

Sammenlignet med de statlige kravene, er Backe en bedrift som ligger langt fremme i ansvarlighet ovenfor avfall og miljø. Backe sine nylig ferdigstilte og pågående prosjekter kan vise til innfrielse av statlige og interne krav. Profilerings rundt miljø og miljøansvar er felles for andre store entreprenører i Norge. Selv om det blir mindre avfall på byggeplassen ved bruk av elementer, er ikke det ensbetydende med at Backe alltid benytter elementer i sin produksjon. De bruker som regel en blanding av elementer og plassbygd.

Gjennom oppgaven er det referert til flere kilder som sier at elementproduksjon skaper mindre avfall. Noen av kildene har kun sett på avfallet som leveres fra byggeplassen. Det blir nødvendigvis feil tilnærming i og med at man kan skrive bort avfallet hos

produsenten. I dag bruker entreprenøren både plassbygging og ferdige elementer i den sammensetningen de i hvert enkelt tilfelle synes er hensiktsmessig.

5.1.2 Arbeidssikkerhet

Ved siden av avfallsmengden har oppgaven også omhandlet hvordan valget av byggemetode påvirket arbeidssikkerheten. Grunnen til at arbeidssikkerheten ble valgt er fordi fall fra høyder er den vanligste ulykkesårsaken i bransjen, og følgelig også et fokusområde for Arbeidstilsynet. Ved flytting av produksjonen ned fra høyden, og inn i en produksjonshall, var hypotesen at antall skader ville gå ned. Det er også vist en årsakssammenheng mellom tungt fysisk arbeid, ugunstige arbeidsstillinger og gjentatte prosesser og skader, plutselige- og slitasjes-. Ved å lage gode produksjonslinjer er det sannsynlig at skadefrekvensen vil gå ned. Skadene vil falle særlig ved robotisering av linjen.

For å undersøke skadefrekvensen ble det innhentet H- og F-verdien fra en totalentreprenør og elementprodusenten. Kontrært av hypotesen i oppgaven var det i denne oppgaven elementprodusenten som hadde flest skader. Samtidig må det trekkes frem at begge bedriftene hadde lite skader, og det er derfor ikke mulig å konkludere med om valget av byggemetode påvirker arbeidssikkerheten. I tillegg benytter totalentreprenøren begge byggemetodene i sine prosjekter. Samtidig er det interessant å se at bedriftene som er med i denne undersøkelsen både har lite skader og lite avfall. Det kan vise en sammenheng mellom seriøsitet, HMS og avfall.

I prosjektet som er fulgt, Landås, har prosjektledelsen en oppfatning om at avfallsfrie byggeplasser vil ha færre skader enn tradisjonelle byggeplasser. Om det er tilfelle skal måles i et senere byggetrinn. Påstanden om bedret arbeidsmiljø ved avfallsfrie byggeplasser er begrunnet med

- En ryddigere byggeplass
- Prosjektet vil være mer gjennomtenkt
- Mer montasje og mindre produksjon.

Dong et al. (2015) kom i sin analyse frem til at de med lavere utdanning hadde flere skader enn de med høyere utdanning. Det hører sammen med at det oftere er de med mindre og praktisk rettet utdanning som arbeider ute, mens de med høyere utdanning har funksjonærstillinger. De som setter rammebetingelsene, er dermed ikke de samme som potensielt er utsatt for skadene. Det kan skape en ubalanse mellom opplevd behov for god prosjektering i forkant.

5.2 Avfallsfritt

Ved oppstart av oppgaven var hensikten å se på inntoget av avfallsfrie byggeplasser i den norske bygg- og anleggsnæringen. Flere brer om seg med begrepet og det blir brukt i markedsføring av prosjekter og firmaer. Grunnene til at begrepet blir brukt er sannsynligvis flerdelt. Blant annet kan man ønske å belyse problematikken rundt avfall og dagens overforbruk. Samtidig er det klart at mottakeren skal forbinde bedriften med noe positivt. Begrepet blir derimot brukt forskjellig avhengig av hvem man snakker med. Det gjør det vanskelig å få tak i hva som menes i de ulike situasjonene. Hovedpunktene i den vedtatte definisjonen er (Avfallsfrie Byggeplasser, u,å):

- Avfallsfri produksjon på byggeplass
- Avfallsfri produksjon hos produsent

- Avkapp skal tilbake som ressurs i produksjonen uten transport
- Foredlede materialer skal ikke brukes til noe formål hvor mindre foredlede materialer kunne gjort samme nytten

De to første punktene har en ensbetydende mening. Det skal ikke produseres avfall. Verken på byggeplassen eller hos produsenten. Krav 3 og 4 er i motsetning noe vagere. Her er det behov for tydeliggjøring av hva som menes transport og foredling/nyttten.

5.2.1 Byggeplassen

Gjennom litteraturgjennomgangen og ved egen innhentning av informasjon er det trukket frem flere momenter som kan bidra til mindre avfall på byggeplassen. Punktet som har kommet opp flest ganger er god prosjektering. Prosjekteringen må foregå før den produksjonen slik at man kan utarbeide gode planer og vurdere hvilke tiltak som er mest hensiktsmessig. God informasjon i forkant muliggjør blant annet benyttelse av modulbygg, elementer og precut. Ute på byggeplassen vil man dermed gå fra produksjon, til montasje av ferdige produkter. Montasjen skaper lite avfall på byggeplassen. Noen elementer, som fundamentet, er vanskelig produsere eksternt fra byggeplassen.

En byggeplass helt avfallsfri byggeplass er usannsynlig. Ved produksjon og montasje er det blant annet behov for maskiner, verktøy og hjelpemateriell. Verktøy har en viss levetid før de må erstattes. Om ødelagte produksjonsmateriale ved endt levetid registreres på prosjektet blir det dermed tilfeldig om prosjektet oppfyller kravet til avfallsfrie byggeplasser

5.2.2 Produsent

Det hjelper ikke å flytte avfallsproduksjonen fra byggeplassen og inn i en produksjonshall. For å forhindre at det blir en løsning, sier punkt 2 i definisjonen at det også skal være avfallsfritt hos produsenten. I prosjektet som er fulgt i denne oppgaven er det benyttet stenderverk av tre, ferdig tilpasset hos leverandøren. Det er derfor valgt å se nærmere på produksjonsmetoden. Treverk er et naturlig produkt som må bearbeides før det kan benyttes. Behovet for bearbeiding gjør det vanskeligere å definere hva som er avfall, enn benyttelse av andre produkter. Det vil for eksempel være lettere å definere avkapp fra en stålbjelke som avfall.

Ferdig høvellast som blir benyttet som stenderverk har vært gjennom flere transformasjoner fra sin jomfruelige tilstand, tømmer. Transformasjonene vil gi rester, men i og med at restene er unngåelig anses det i denne sammenhengen ikke som avfall. Derimot er det vanskeligere å si hvordan kapp av foredlede materialer skal kunne benyttes. Trelastprodusentene det er snakket med opplyser at de bruker avkapp til oppvarming og tørking. Bruken er ikke i tråd med definisjonene til avfallsfrie byggeplasser. Avkapp skal tilbake i produksjon og avkapp av høvellast er mer foredlet enn ved. Med en streng tolkning strider det dermed med punkt 3 og 4. På en annen side må man anse verdien av avkapp. Små biter med avkapp har en lavere verdi enn lenger biter av det foredlede materialet.

I forbindelse med avfallsfrie byggeplasser blir fingerskjøting av treverk trukket frem som en mirakelkur som kan eliminere alt avfallet. Moen (2019) skriver at «... Eksempelvis kan trestendere fingerskjøtes og kappes til eksakte mål. Dette gir null avfall ...». Bruken av fingerskjøting for å benytte alt kapp igjen blir ikke støttet av trelastleverandøren. Fingerskjøting er en fordyrende prosess som er benyttet der det er mye faste lengder. På

grunn av krav til materialene og hvordan prosessen foregår er fingerskjøting i seg selv avfallsgenerende. Dermed kan benyttelse av kappet til oppvarming og tørking av nye materialer være det mest hensiktsmessige.

Også Pipelife sitt avfallsfrie byggeprosjekt som er omtalt i oppgaven viser at begrepet blir brukt diffust. I pilotprosjektet er deler av leveransen gjort hos produsenten og levert til byggeplassen som et ferdig byggesett. Leveransen stemte med behovet i prosjektet og det ble ingen overflødige deler på byggeplassen. Pilotprosjektet har dermed vist at det er mulig å levere bunnledningen avfallsfritt på byggeplassen, men hos produsenten er det avfall. Dersom avfallsmengden gikk ned, er det selvsagt et skritt i positiv retning. Det er derimot ikke gitt noen informasjon om avfallsmengden.

5.2.3 Landås

Som en eksemplifisering av avfallsfrie byggeplasser er prosjektet på Landås. Deler av prosjektet blir gjennomført som et pilotprosjekt med tanke på avfallsfrie byggeplasser. Prosjektet blir nå henvist til som et pilotprosjekt med god effekt og er benyttet i innsalg av konseptet. I denne oppgaven er derimot prosjektet gått mer i sømmene.

Pilotprosjektet er delt inn i flere faser, med en tenkt opptrapping. Første fase i prosjektet var å se på avfallsreduksjon i ytterveggene. Treverk og gips står i vanlige prosjekter for 50 % av avfallet til entreprenøren. Treverket til stenderverket ble bestilt ferdig tilpasset fra trelastleverandøren. Om produksjonen av treverket kan kalles avfallsfritt er nylig diskutert.

Øvrige komponenter av stenderverket ble satt opp som vanlig på byggeplassen, med de tidligere nevnte forbedringer som høyere detaljering, optimalisering og ferdig tilpasset gips under vinduer. Virkningen av disse tiltakene er derimot vanskelig å dokumentere i ettertid. Grunnen er den manglende differensiering av avfallet på prosjektet. Avfallet har blitt samlet i felles containere for referansebygget og pilotprosjekt-bygget. Ved å samle alt i én container har man gjort logistikken lettere på byggeplassen, men samtidig har man mistet den mest prekære indikatoren. Heller ikke hos produsenten finnes det prosjektspesifikk informasjon om avfallsmengden til treverket. Entreprenøren planlegger å måle effekten av tiltakene i senere byggetrinn.

5.3 Sortering

Gjennom oppgaven har det ved gjentatte anledninger blitt henvist til at det finnes krav til sorteringsgraden for byggeprosjekter. Kravet gjelder for prosjekter over en gitt størrelse, og manglende oppnåelse av kravet vil føre til gebyrer. Ettersom det ikke finnes noen krav for avfallsmengden, åpner det for bruk av utilsiktede løsninger for å slippe gebyret. Nevnte løsninger som å kjøpe avfall eller levere unødvendig avfall, viser at den gode intensjonen med krav til sortering kan føre til unødvendig avfall. Det anses at de fleste aktører setter inntjeningen på prosjektet høyere enn avfallsproblemet.

Entreprenørene som har bidratt til informasjon opplyser om at de har egne krav til sortering. Deres målsetninger til sorteringsgrad blir bestemt basert på tidligere erfaringer. Ved gjentagende oppnåelse vurderes det å sette kravet høyere. Backe vurderer nå å øke kravet til 90 %. Målsetningen ligger 30 % over det statlige kravet.

Kravet om en gitt prosentvis sortering kan videre svekke ønsket om og muligheten for andre løsninger for avfallsreduksjon. Både elementprodusenten og totalleverandøren i oppgaven anser at returordninger for avkapp er positivt og benyttes til en viss grad. Returen betinger at avkappet er ensartete produkter. Avfallet som leveres direkte tilbake

til produsenten for gjenbruk tas bort fra regnestykket og sorteringsgraden reduseres. Om prosjektet ligger på vippepunktet kan returen dermed medføre at prosjektet kommer under kravet, og aktøren må betale gebyr.

Å innføre et tilleggskrav om avfallsmengden, tilsvarende den omtalte entreprenøren, anses som et godt tiltak for å balansere de negative sidene ved sorteringsgraden. Krav om avfallsmengde kan imidlertid komme til å kreve mer av kravstilleren enn sorteringskravet. Det kommer av at avfallsmengden påvirkes av prosjekttypen, og derfor må tilpasses. Men tiltaket vil gi tilført verdi dersom bransjen får ned avfallsmengden. Ved et krav til avfallsmengden er det videre naturlig å medregne avfallet som foregår ved produksjon utenfor byggeplassen. Funnene i denne oppgaven indikerer videre at dagens statlige krav til avfallssortering er uambisiøst, og at det med fordel kan økes. Et høyere kostnadsbilde på avfallet, særlig usortert, vil påvirke prosjektledelsen til å øke sorteringsgraden og redusere svinnet.

5.4 Informasjon & digitalisering

Et byggeprosjekt i dag inneholder enorme mengder informasjon. Informasjon er sentral for beregninger, produksjon og registreringer. Oppgaven bygger på informasjonen fra faktiske prosjekter, enten hentet fra litteraturgjennomgang eller egne undersøkelser.

De siste årene har det kommet nye verktøy for å samordne informasjonen i prosjektene. Særlig BIM har fått en sentral posisjon i byggeprosessen. Samtidig er det gjennomgående at dagens bruk kun nyttiggjør seg av et begrenset repertoar av de egentlige mulighetene. Litteraturgjennomgangen viser at særlig verktøyene rettet mot det «grønne» perspektivet ikke har blitt implementert. Dermed mister man viktige analysepunkter som CO₂-utslipp og avfall. Det vises blant annet i teksten til dataverktøy for å redusere avfallsmengden, foreta livsløpsanalyser og støtte opp om fremtidig sirkulærøkonomi.

Søkelyset på det «grønne» perspektivet, og dermed bruken av verktøyene, forventes å øke de kommende årene. Endringen kommer som følge av et internt og eksternt press, hvor bransjen blir stadig mer klar over hvilke effekter deres handlinger har, særlig ved yngre ansatte som kommer inn med et nytt syn på miljø. Økt bevissthet og fokus kan ses i hele samfunnet. Reglene rundt utslipp blir stadig strengere. I denne sammenheng eksemplifisert ved byggherrenes kommende krav om avfallsfrie byggeplasser. Ved iverksettelse av kravet skal det ikke lenger bli lønnsomt å fortsette som før.

For å redusere avfallet er det nødvendig med informasjon. Som opplevd i arbeidet med denne oppgaven er det i dag vanskelig å få frem god og valid informasjon om avfallsgenerering. Ved et endt prosjekt har man i dag god oversikt over hvor mye avfall som er hentet fra byggeplassen, men ikke hvorfor avfallet oppstod. Mangelen på informasjon henger sammen med manglende bevissthet, registreringer og differensiering rundt avfallet.

Samtidig må bransjen ta tak i et sentralt problem, informasjonssiloene, for å utnytte informasjonen best mulig. Informasjonssiloene bransjen i dag benytter gjør at informasjonen ikke blir tilgjengeliggjort til kommende operasjoner, enten som følge av manglende fysisk tilgang eller at informasjonen er lagret på en slik måte at andre ikke kan nyttiggjøre seg informasjonen. Det fører til at informasjonsgrunnlaget mangler eller at man må utarbeide informasjonen på nytt. Fremtidige oppgaver blir dermed enten vanskeliggjort eller umuliggjort. Den mest effektive metoden for å sikre at alle kan

nyttiggjøre seg informasjonen er å benytte felles metoder for å opprette og vedlikeholde informasjonen. Tidligere i oppgaven er det derfor henvist til ulike standarder som tar for seg nettopp dette.

Et klart eksempel på manglende deling av informasjon er BIM modeller. Gjennom dagens anbuds-, prosjektering- og produksjonsprosesser blir det lagt mye arbeid inn i BIM-modeller av bygget. Ved totalentreprise er det totalentreprenøren som kjøper inn prosjekteringstjenestene, og dermed vanligvis får eierskap til modellen. Byggherren og brukerne, kan dermed ikke nyttiggjøre seg informasjonen dersom det ikke er eksplisitt nevnt i avtalen mellom byggherren og totalentreprenøren. Informasjon om bygget som nødvendigvis vært nyttig å ha ved drift, vedlikehold og avhending av bygget.

6 Konklusjon

Kapitelet brukes til å sammenfatte og avslutte oppgaven. Det blir blant annet gjort ved gjennomgang av forskningsspørsmålene. Avslutningsvis blir det gjennomført en evaluering av eget arbeid og forslag til videre arbeid.

6.1 Konklusjon

Hvordan påvirker byggemetoden avfallsmengden?

I oppgaven er det undersøkt hvilken effekt valgt byggemetode, bruk av prefabrikkerte elementer eller plassbygd, har på prosjektet. Først og fremst med tanke på avfall, men også påvirkningen på HMS. Konklusjonen fra arbeidet viser at det er en tydelig reduksjon på avfallsmengden ute på byggeplassen ved benyttelse av ferdige prefabrikkerte elementer. Det har sammenheng med at man ved bruk av elementer går fra produksjon til montasje på byggeplassen. Med tanke på bedre produksjonsomgivelser er det naturlig å anta at den totale avfallsmengden går ned ved bruk av elementer. På grunn av manglende sammenligningsgrunnlag er det derimot ikke mulig å konkludere. Lignende situasjon gjelder også for arbeidssikkerheten.

Kan digitalisering bidra til avfallsreduksjon?

Benyttelsen av BIM blir stadig mer utbredt, og er det viktigste skrittet i form av digitalisering av BA-bransjen. Den store fordelen med BIM er muligheten for å samordne og vise informasjonen på en lettfattelig måte. Muligheten for digitalisering bidrar også til effektivisering, sporbarhet og nøyaktighet. Alle de tre momentene vil kunne bidra til avfallsreduksjon. Med mer nøyaktig grunnlag, bedre og omforente prosjektering og nøyaktige bestillinger kan man få bedre utnyttelse av materialene som tilføres byggeplassen. Ved å ta inn «det grønne perspektivet» i prosjekteringen kan man også høste verdier som i dag forsvinner.

Hvordan arbeides det mot målet om avfallsfrie byggeplasser?

Oppgaven skulle rette seg mot avfallsfrie byggeplasser i en større grad enn resultatet av oppgaven viser. Avfallsfrie byggeplasser blir profilert som om kravet er rett rundt hjørnet. Til nå er det kun et fåtall aktører som har valgt å ta del i tiltaket, men flere sitter på gjerdet. Oppgaven hadde som formål å se på hvilke effekter man kunne vise til så langt, og hva man kunne vente seg fremover.

To av pilotprosjektene innenfor avfallsfrie byggeplasser ble derfor kontaktet og sentrale parter har bidratt med informasjon. Ett av de valgte pilotprosjektene blir nå omtalt som et prosjekt med god suksess og blir mye referert til i bransjen. Etter en grundigere gjennomgang av prosjektet deles ikke synet på at det er en ubetinget suksesshistorie. Pilotprosjektet er en del av et større boligprosjekt på samme byggeplass. Pilotprosjektet mangler sporbarhet for avfallet, og kan dermed ikke dokumentere hvor avfallet kommer fra. Eventuell innfrielse på byggeplassen er uansett ikke videreført til produsenten. Hos produsenten har prosjektet blitt gjennomført med ordinære prosesser og normal mengde svinn.

Det er så langt et fåtall prosjekter som har valgt å knytte seg til begrepet. De som har gjort det har gjennomført noen mindre pilotprosjekter og sett på isolerte bygningsdeler. Det medfører ikke at bransjen er klar for å gjennomføre fullskala avfallsfrie byggeplasser slik definisjonen er gitt i dag.

Gjennom oppgaven er det snakket med personer som både har og ikke har tro på at avfallsfrie byggeplasser vil bli en realitet. Definisjonen til Avfallsfrie Byggeplasser-gruppen er streng. Full oppnåelse virker i dag som et overambisiøst prosjekt som undertegnede ikke har tiltro til. Et for ambisiøst mål som ikke kan realiseres vil kunne gi redusert motivasjon hos de involverte i prosjektet. Samtidig må det påpekes at om forsøket på å oppnå en avfallsfri byggeplass fører til at avfallsmengden reduseres, er det uansett positivt.

Oppsummering

Avfallsmengden fra dagens byggeprosjekter er for stor. Som et ledd i oppgaven har det derfor blitt sett på hvordan man kan redusere mengden avfall. Løsningen alle involverte i denne oppgaven peker på, er prosjektering og bruk av BIM. Det er ved "tegnebrettet" at man enklest kan konfrontere avfallet, ikke når det allerede har oppstått. I seg selv vil økt fokus på avfall kunne gi redusert avfall, Hawthorneeffekten. Fokuset må i så tilfelle være omforent og tydelig for hele verdikjeden.

Strengere statlige krav rundt avfallet er også på sin plass. Dagens krav er kun rettet mot sorteringsgraden, i tillegg viser oppgaven at kravet er ikke er ambisiøst nok. Sorteringskravet kan også føre til utilsiktede løsninger og mer avfall for å unngå gebyrer. Et krav om maksimal avfallsmengde anses som et naturlig tillegg til et strengere sorteringskrav. Lovgivning burde videre inkludere produksjonslokalet ved bruk av ferdige elementer.

Uavhengig av statlige krav må alle prosjekter følge økonomiske krav. Økning av materialpriser og avfallspriser vil tvinge frem endringer etter hvert som det blir økonomisk fornuftig å bruke mer tid på å finne de gode løsningene.

6.2 Metode

I ettertid ser undertegnede at det er aspekter av oppgaven som kunne, og kanskje burde, vært gjort annerledes. Den viktigste lærdommen er faren ved å skulle følge et pågående prosjekt mens man skriver oppgaven. Uttalte planer og ideer for pilotprosjektet som var tenkt fulgt, oversteg realiteten. Det virker særlig å skyldes at den sentrale personen i prosjektledelsen ble overført til andre prosjekter. Overføringen av personell later til å ha endret drivkraften og oppfølging av målsetningen for pilotprosjektet. Det førte blant annet til at det ikke foreligger dokumenterte datagrunnlag for pilotprosjektet.

Som et resultat av manglende datagrunnlag ble det valgt å innlemme i hvilken grad byggemetode hadde påvirkning på avfallsmengden og arbeidssikkerheten (HMS) i prosjektet. Det ble sett på som en naturlig forlengelse av avfallsfrie byggeplasser ved at man med mindre produksjon og mer montering på byggeplassen vil redusere avfallsmengden. Igjen påvirket mangel på informasjon hvilke erfaringer man kunne trekke ut.

Grunnet en pågående pandemi gjennom oppgaveperiode har det ikke vært mulig å oppsøke respondentene personlig. Unntaket er personer undertegnede har hatt kontakt med i BO. Det kan ha påvirket til en svekket relasjonen mellom undertegnede og

respondentene. Dette kan igjen føre til at respondentene satte av mindre tid til å besvare spørsmålene, enn hva de ville ha gjort dersom man hadde satt av tid til et fysisk møte. Ved granskende spørsmål om utsagn har også enkelte respondenter unnlatt å svare. I et fysisk møte kan den hende respondentene hadde følt et større press på å svare på alle spørsmål. Samtidig kan det hatt en effekt ved at enkelte har videresendt informasjon, også etter samtale tidspunktet når de selv har fått ny informasjon. Det kan ha blitt gjort lettere ved at e-post-korrespondansen allerede var etablert.

6.3 Videre arbeid

Avfallsfrie byggeplasser er fortsatt i startgroen, til tross for at det snart skal settes som krav av enkelte byggherrer, for eksempel innen stat og kommune. Funnene i oppgaven tyder på at å benytte definisjonen under kravstilling er for tidlig. Før man stiller krav om avfallsfrie byggeplasser må man ha på det rene hva som menes med avfall, hvordan avfallsmengden skal dokumenteres og hva man skal gjøre med avkapp.

Selv om det er gjennomført noen mindre pilotprosjekter og sett på isolerte bygningsdeler er ikke bransjen klar for å gjennomføre fullskala avfallsfrie byggeplasser slik definisjonen er gitt i dag. Om flere prosjekter velger å knytte seg til definisjonen må det også ses nærmere på hvilke effekter det medbringer for prosjektet og samfunnet for øvrig.

7 Referanser

- Akinade, O. O. *et al.* (2015) Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS), *Resources, conservation and recycling*, 105, s. 167-176. doi: 10.1016/j.resconrec.2015.10.018.
- Akinade, O. O. *et al.* (2018) Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment, *Journal of Cleaner Production*, 180, s. 375-385. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.01.022.
- Anthony, H. (1945) *Houses : permanence and prefabrication*. London: Pleiades Books.
- Arbeidstilsynet (2018) *Helseproblemer og ulykker i bygg og anlegg – Rapport 2018* Tilgjengelig fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/globalassets/om-oss/forskning-og-rapporter/kompass-tema-rapporter/2018/kompass-tema-nr-2-2018-Helseproblemer-og-ulykker-i-bygge--og-anleggsbransjen.pdf> (Hentet: 21. mars 2021).
- Arbeidstilsynet (2019) *Ulykker i bygg og anlegg – Rapport 2019*. Tilgjengelig fra: <https://arbeidsmandsforbundet.no/wp-content/uploads/2019/11/Ulykker-i-bygg-og-anlegg-Rapport-2019.pdf> (Hentet: 19. mars 2021).
- Avfallsfrie Byggeplasser (u,å) *Avfallsfrie Byggeplasser*. Tilgjengelig fra: <https://avfallsfriebyggeplasser.no/> (Hentet: 22. januar 2021).
- Azhar, S., Khalfan, M. og Maqsood, T. (2012) Building Information Modeling (BIM): Now and beyond, *The Australasian journal of construction economics and building*, 12(4), s. 15-28. doi: 10.5130/AJCEB.v12i4.3032.
- Backe (2019) *Miljøpolitikk for Backe Entreprenør*. Tilgjengelig fra: <https://backeprojekt.no/file/8006/a-20-01-miljopolitikk-backe.pdf> (Hentet: 26. april 2021).
- Backe (u,å-a) *Backe Stor-Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://backe.no/selskaper/backe-stor-oslo> (Hentet: 03. mai 2021).
- Backe (u,å-b) *Backe Oppland*. Tilgjengelig fra: <https://www.backegruppen.no/selskaper/backe-oppland> (Hentet: 26. april 2021).
- Backe (u,å-c) *Marin M Bakken*. Tilgjengelig fra: <https://backe.no/selskaper/martin-m-bakken> (Hentet: 03. mai 2021).
- Backe (u,å-d) *Backe Bergen*. Tilgjengelig fra: <https://backe.no/selskaper/backe-bergen> (Hentet: 03. mai 2021).
- Backe (u,å-e) *Backe Østfold*. Tilgjengelig fra: <https://backe.no/selskaper/backe-ostfold> (Hentet: 03. mai 2021).
- Backe (u,å-f) *Backe Rogaland*. Tilgjengelig fra: <https://backe.no/selskaper/backe-rogaland> (Hentet: 03. mai 2021).
- Backe (u,å-g) *Backe Romerike*. Tilgjengelig fra: <https://backe.no/selskaper/backe-romerike> (Hentet: 03. mai 2021).
- Ballard, G. og Howell, G. (2011) What kind of production is construction. Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/228717039_What_kind_of_production_is_construction (Hentet: 09. april).
- Berg, T. F. (2008) *Industrialisering og systematisering av boligbyggproduksjon : er systematisering og standardisering BA-næringens veivalg? : rapportering av et samarbeid mellom OBOS, SINTEF og større utbyggere i Norge : Byggekostnadsprogrammet nr. 14285*. SINTEF byggforsk.
- Bergli, J. og Thormodsen, P. (2020) *Avfallshåndtering på byggeplass* (Hentet: 20. oktober 2020).
- Blakstad, S. (2021) *Innredet «nye» kontorlokaler med gammelt linoleumsbelegg og brukte møbler*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/article/1456438> (Hentet: 01. februar 2021).

- Brekhus, A. (2021) *Regjeringen vil gjøre det enklere å bruke brukte byggematerialer om igjen*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/article/1455055> (Hentet: 19. januar 2021).
- Byggeindustrien (2020) *Avdekket omfattende fuktskader i nybygd omsorgssenter*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/article/1436736> (Hentet: 26. april 2021).
- Copeland, S. og Bilec, M. (2020) Buildings as material banks using RFID and building information modeling in a circular economy, *Procedia CIRP*, 90, s. 143-147. doi: 10.1016/j.procir.2020.02.122.
- Crotty, R. (2011) *The impact of building information modelling transforming construction*. Abingdon, Oxon ; New York : .
- Dalland, O. (2012) *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 5. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Direktoratet for byggkvalitet (u,å) § 9-5. *Byggavfall*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-5/> (Hentet: 01. Desember 2020).
- Dong, X. S. et al. (2015) Long-term health outcomes of work-related injuries among construction workers—findings from the National Longitudinal Survey of Youth, *Am J Ind Med*, 58(3), s. 308-318. doi: 10.1002/ajim.22415.
- EBA (u,å) *Definisjon av H- og F-verdi for bruk i EBAs HMS-statistikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.eba.no/siteassets/bilder/hms/sykefravar/definisjon-av-h-verdi-i-byggenaringen.pdf> (Hentet: 20. april 2021).
- European Commission (u,å) *Reducing emissions from aviation*. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_en (Hentet: 03. februar 2021).
- Eurostat (2020) *Waste statistics*. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics#Total_waste_generation (Hentet: 06. November 2020).
- Faniran, O. O. og Caban, G. (1998) Minimizing waste on construction project sites, *Engineering, construction, and architectural management*, 5(2), s. 182-188. doi: 10.1108/eb021073.
- Fjeld, I. E. (2020) *Her gjenbrukes deler av regjeringskvartalet – men dagens regler gjør det vanskelig*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/norge/her-gjenbrukes-deler-av-regjeringskvartalet--men-dagens-regler-gjor-det-vanskelig-1.15104239> (Hentet: 01. februar 2021).
- Forbes, L. H. og Ahmed, S. M. (2011) *Modern construction : lean project delivery and integrated practices*. Boca Raton, Fla: CRC Press.
- Frers, L. (2017) *Metode mellom hverdagspraksis, læring og forskning*. Cappelen Damm Akademisk.
- GhaffarianHoseini, A. et al. (2017) Application of nD BIM Integrated Knowledge-based Building Management System (BIM-IKBMS) for inspecting post-construction energy efficiency, *Renewable & sustainable energy reviews*, 72, s. 935-949. doi: 10.1016/j.rser.2016.12.061.
- Gibb, A. G. E. (1999) *Off-site fabrication : prefabrication, pre-assembly and modularisation*. Whittles Publishing.
- Grilo, A. og Jardim-Goncalves, R. (2010) Building information modeling and collaborative working environments, *Automation in Construction*, 19(5), s. 521. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.002>.
- Grønmo, S. (2020) *Kvalitativ metode*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvalitativ_metode (Hentet: 13. januar 2021).
- Grønn Byggallianse (2016) *BREEAM-NOR 2016 for nybygg*. Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/12/KOPI-SD-5075NOR-BREEAM-NOR-2016-Nybygg-Versjon-1.2.pdf> (Hentet: 01. desember 2020).
- Guldager Jensen, K. og Sommer, J. (2016) *Building a circular future*. 2nd ed. København: GXN Innovation.

- Haines, A. *et al.* (2006) Climate change and human health: impacts, vulnerability, and mitigation, *The Lancet*, 367(9528), s. 2101-2109. doi: 10.1016/S0140-6736(06)68933-2.
- Halle, N. H. og Tjora, A. (2014) *Hawthorneeffekten*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Hawthorneeffekten> (Hentet: 06. juni 2021).
- Huang, L. *et al.* (2018) Carbon emission of global construction sector, *Renewable & sustainable energy reviews*, 81, s. 1906-1916. doi: 10.1016/j.rser.2017.06.001.
- Ibenholt, K. *et al.* (2020) *Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen*. Tilgjengelig fra: https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/samfunnsokonomisk-analyse-av-reduisert-avfall-i-byggebransjen_nibio-og-samfunnsokonomisk-analyse-2020.pdf (Hentet: 11. November 2020).
- Jernbanedirektoratet *et al.* (2018) *Muligheter og barrierer for fossilfrie anleggsplasser i transportsektoren*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasjonal-transportplan/nasjonal-transportplan-2022-2033/_attachment/2685765?_ts=16a8d2999f8&fast_title=Muligheter+og+barrierer+for+fossilfrie+anleggsplasser+i+transportsektoren.pdf (Hentet: 23. mars 2021).
- Jiao, Y. *et al.* (2013) A cloud approach to unified lifecycle data management in architecture, engineering, construction and facilities management: Integrating BIMs and SNS, *Advanced Engineering Informatics*, 27(2), s. 173-188. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2012.11.006>.
- John R. Moen (2017) *Innlegg: Avfallsfrie byggeplasser*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1325023> (Hentet: 27. januar 2021).
- Kibert, C. J. (2016) *Sustainable construction: green building design and delivery*. John Wiley & Sons.
- King, A. M. *et al.* (2006) Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?, *Sustainable development (Bradford, West Yorkshire, England)*, 14(4), s. 257-267. doi: 10.1002/sd.271.
- Klima- og miljødepartementet (1981) *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6> (Hentet: 01. Desember 2020).
- Klinge, A. *et al.* (2019) Strategies for circular, prefab buildings from waste wood *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* (b. 225, s. 12052): IOP Publishing. doi: 10.1088/1755-1315/225/1/012052.
- Koskela, L. (1992) *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Tilgjengelig fra: <https://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf> (Hentet: 06. april 2021).
- Kvålshaugen, R., Kolbjørnsrud, V. og Sannes, R. (2020) Strategiske gevinster ved robotisering i bygg- og anleggsnæringen, *Praktisk økonomi og finans*, (1), s. 18-32. doi: 10.18261/issn.1504-2871-2020-01-04.
- Leland, B. N. (2008) *Prosjektering for ombygging og gjenbruk*. (978-82-91510-87-3): RIF – Rådgivende Ingeniørers Forening. Tilgjengelig fra: https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/26_Prosjektering-for-Ombruk-og-Gjenvinning.pdf (Hentet: 10. November 2020).
- Li, Z., Shen, G. Q. og Alshawi, M. (2014) Measuring the impact of prefabrication on construction waste reduction: An empirical study in China, *Resources, conservation and recycling*, 91, s. 27-39. doi: 10.1016/j.resconrec.2014.07.013.
- Lotherington, P. B. (2019) *Treårig løp for Avfallsfrie byggeplasser*. Tilgjengelig fra: <https://byggmesteren.as/2019/04/09/trearing-lop-for-avfallsfrie-byggeplasser/> (Hentet: 01. Desember 2020).
- Lu, Y. *et al.* (2017) Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions, *Automation in Construction*, 83, s. 134-148. (Hentet: 28. januar 2021).
- Ma, Y. (2012) *A building information modeling framework for waste estimation and embodied carbon calculation of buildings*.

- Madsen, C. I. L. og Sydow, K. H. (2019) Miljøvurdering av Mjøstårnet, i Huang, L. (red.): NTNU.
- Miljødirektoratet (2020) *Avfall*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/> (Hentet: 10. November 2020).
- Miljøverndepartementet (2013) *Fra avfall til ressurs*. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/contentassets/27128ced39e74b0ba1213a09522de084/t-1531_web.pdf (Hentet: 10. November 2020).
- Moen, J. R. (2019) *Innlegg: Avfallsfrie byggeplasser*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1325023> (Hentet: 12. November 2020).
- NRK (2021) *Sløsesjokket*. Tilgjengelig fra: <https://tv.nrk.no/serie/sloesesjokket> (Hentet: 01. februar 2021).
- NTNU (u,å) *Mal for å skrive masteroppgave i Microsoft Word (.dotx)*. Tilgjengelig fra: https://innsida.ntnu.no/documents/10157/124399535/NTNU_Master_2018-12-17_NO.dotx/f5237b75-887e-40dd-9717-7b3733684b71 (Hentet: 05. januar 2021).
- Pipelife (u,å) *Presis prefabrikasjon og avfallsfrie byggeplasser er riktig vei å gå*. Tilgjengelig fra: <https://www.pipelife.no/aktuelt/Avfallsfri-byggeplass.html> (Hentet: 24. mai 2021).
- Proff.no (u,å) *Støren Treindustri*. Tilgjengelig fra: <https://www.proff.no/selskap/st%C3%B8ren-treindustri-as/st%C3%B8ren/produsenter/IFXLQSO016D/> (Hentet: 26. april 2021).
- Revkin, A. (2019) Most Americans now worry about climate change — and want to fix it. Tilgjengelig fra: <https://www.nationalgeographic.com/environment/2019/01/climate-change-awareness-polls-show-rising-concern-for-global-warming/>.
- Richardson, A. (2013) *Reuse of Materials and Byproducts in Construction: Waste Minimization and Recycling*. London: London: Springer London, Limited.
- Samferdselsdepartementet (2017) *Meld. St. 33 (2016–2017) - Nasjonal transportplan 2018–2029*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/7c52fd2938ca42209e4286fe86bb28bd/no/pdfs/stm201620170033000dddpdfs.pdf>.
- Solli, C. et al. (u,å) *BYGGEMATERIALER OG KLIMA - Hvordan påvirker forutsetninger i analysene resultatet?* Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/documents/1264930397/1265429912/2+-+sollie.pdf/7c4b196e-f306-40af-bc1d-fa9b0acfe2c3> (Hentet: 10. November 2020).
- SSB (2020) *Utslipp til luft*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn/aar> (Hentet: 19. mars 2021).
- SSB (u,å) *Fakta om - Bil og transport*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/faktaside/bil-og-transport> (Hentet: 19. mars 2021).
- Standard Norge (2020a) *Building information modelling and other digital processes used in construction — Methodology to describe, author and maintain properties in interconnected data dictionaries (ISO 23386:2020)*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1131109> (Hentet: 23. mars 2021).
- Standard Norge (2020b) *Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) — Informasjonsforvaltning med BIM — Del 1: Begreper og prinsipper (ISO 19650-1:2018)* (Hentet: 04. mars 2021).
- Standard Norge (2020c) *Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) — Informasjonsforvaltning med BIM — Del 2: Prosjektfasen (ISO 19650-2:2018)* (Hentet: 04. mars 2020).
- Standard Norge (2020d) *Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) — Datamaler for bygningsobjekter brukt gjennom livsløpet til byggverk — Konsepter og prinsipper (ISO 23387:2020)*. Tilgjengelig fra:

- <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1147126> (Hentet: 24. mars 2021).
- Standard Norge (2020e) *Mer pålitelig informasjon med nye BIM-standarder*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2020/mer-palitelig-informasjon-med-nye-bim-standarder/> (Hentet: 23. mars 2021).
- Statistisk Sentralbyrå (2020) *Avfallsregnskapet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfregno> (Hentet: 05. November 2020).
- Svensøy, J. (1998) *Logistikk*. Fellesspråklig utg. Oslo: Vett & viten.
- Sørnes, K. et al. (2004) *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintefbok.no/book/download/985> (Hentet: 20. januar 2021).
- Tam, V. W. Y. og Tam, C. M. (2008) Waste reduction through incentives: a case study, *Building research and information : the international journal of research, development and demonstration*, 36(1), s. 37-43. doi: 10.1080/09613210701417003.
- Tatum, C., Vanegas, J. A. og Williams, J. (1987) *Constructability improvement using prefabrication, preassembly, and modularization*. Bureau of Engineering Research, University of Texas at Austin Austin, TX, USA.
- Tranøy, K. E. (2019) *Metode*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/metode> (Hentet: 13. januar 2021).
- UNIT (2020) *Oria søketjeneste*. Tilgjengelig fra: <https://www.unit.no/tjenester/oria-soketjeneste> (Hentet: 14. januar 2021).
- Won, J. og Cheng, J. C. P. (2017) Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization, *Automation in Construction*, 79, s. 3-18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.02.002>.
- Zhen, L. et al. (2011) *The potential use of BIM to aid construction waste minimalisation*.
- Aas, H. (u,å) *Avfallsfrie byggeplasser*. Tilgjengelig fra: <https://innovativeanskaffelser.no/avfallsfrie-byggeplasser/> (Hentet: 07. mai 2021).
- Aasdalen, D., Gustavsen, Ø. og Mikalsen, K. S. (2019) *Boligfeltene på søppeldynga*. Tilgjengelig fra: <https://www.skup.no/sites/default/files/2019-03/boligfeltene-pa-dynga-skup.pdf> (Hentet: 14. januar 2021).

8 Vedlegg

Vedlegg 1: PDF-fil: Avfallsfrie byggeplasser - Betonmast

Vedlegg 1: PDF-fil: Avfallsfrie byggeplasser - Betonmast



Avfallsfri Byggeplass.

Pilotprosjekt utført sammen med Chr.M. Vesterheim

- ▶ Vi har samarbeid med Chr. M. Vestrheim AS som er en av de største VVS Entreprenørene i Bergensområdet. De har Norges første «Digital rørlegger» Christian Svendal. Christian er prosjektleder hos Vestrheim
- ▶ Vestrheim AS har et stort prosjekt for Helse Bergen, BUS 2: Et nytt barne- og ungdomssykehus har vært under planlegging på Haukeland helt siden slutten av 1990-tallet. I 2018 fikk sjukehuset navnet Glasblokkene. I 2016 vart første byggetrinn tatt bruk, og i 2023 er Glasblokkene komplett.
- ▶ Pipelife har levert en prefabrikkert bunnledning til dette prosjektet



Glasblokkene

Et nytt barne- og ungdomssykehus har vore under planlegging på Haukeland helt sidan slutten av 1990-tallet.

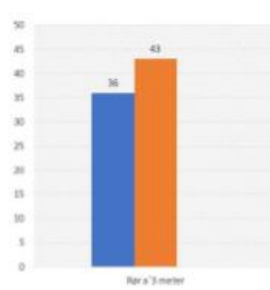
I 2016 vart første byggetrinn tatt i bruk. I 2023 vil andre byggetrinn så klart, og et komplett sjukehus for barn, unge, fødande og kvinner er ferdig.



→ Bli med inn i framtidens sjukehus



BETONMAST



Pilot BUS Bergen



Total 108 meter med tunnledning fordelt på 56 meter 110mm rør og 52 meter 75mm rør.

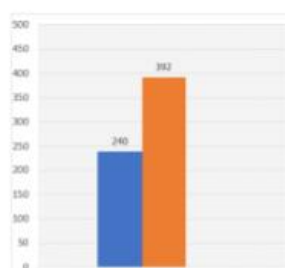
Det er ca 120 kipp totalt for dette strekket og alle ble utført på fabrikk.

36 lengder a 3 meter mot tradisjonelt 43 lengder. Helt uten kapp/bortkapp og tilpassinger ute på byggeplass

IBA nt



BETONMAST



Pilot BUS Bergen



Det ble levert 240 deler hvor alle ble montert på rør og eller i hverandre før de forst betong.

Om man måtte kasse deler i hele eker ble det totalt 392 deler

Riktig antall deler levert byggeplass, ingen retur eller lagerlagging

Utsik rask og effektiv montasje for Rørleger, tidbesparing JA

IBA nt



