



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2019 30 stp.

Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Miljømessige og økonomiske effekter ved reduksjon av restavfall fra byggeplasser i Oslo-området

The environmental and economic effects of
reducing the mixed waste fraction from construction
sites in the Oslo area

Tiril Susan Bratt

Fornybar Energi

Forord

Denne oppgaven representerer avslutningen av min mastergrad innen Fornybar Energi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet i Ås. Oppgaven er skrevet for Norsk Gjenvinning etter ønske om å finne ut av hva dagens restavfall består av, og om det er mulig med ytterligere utsortering for å minimere denne fraksjonen.

En stor takk rettes til min hovedveileder Ole Jørgen Hanssen for fantastisk oppfølging, konstruktive tilbakemeldinger og korrekturlesing gjennom hele masterprosessen. En stor takk rettes også til bi-veileder Jørn Frydenlund for informative og kreative innspill underveis. Jeg vil også rette en stor takk til Trine Rolstad som har bidratt med grundig korrekturlesing og motiverende tilbakemelding i innspurten av skriveprosessen. I tillegg vil jeg takke Monica Næss Breen, Tony Breirem-Randin, Tom Arne Sorknes og alle de andre i Norsk Gjenvinning som har fremskaffet diverse data slik at det var mulig å gjennomføre ulike beregninger. Jeg ønsker også å rette en stor takk til mine støttende og engasjerte foreldre, Espen Bratt og Eva Jæger, for gode tilbakemeldinger og motiverende ord underveis. Avslutningsvis ønsker jeg å takke min tålmodige kjæreste Glenn Nikolai Dahl, min støttende venninne Anne Marte Grøholt, og mine gode medstudenter Anna Emelie Fagerheim, Thomas Igelkjøn og Marthe Bjella som alle har bidratt med oppmuntrende og hyggelige ord gjennom hele skriveprosessen.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 13.desember 2019

Tiril Susan Bratt

Sammendrag

I 2017 sto bygg- og anleggsbransjen i Norge for 25% av den nasjonale avfallsgenereringen, men kun 34% av dette ble sendt til materialgjenvinning. For å nå EUs mål om 70% materialgjenvinning av dette avfallet, er det behov for bedre håndtering. Formålet med oppgaven har derfor vært å undersøke historisk og fremtidig avfallsgenerering i byggebransjen i Oslo-området, samt avdekke ulike motivasjonsfaktorer som bidrar til endret håndtering ute på byggeplass. I tillegg ble livsløps- og livssyklus kostnadsanalyse tatt i bruk for å analysere miljømessige og økonomiske effekter ved ytterligere utsortering av restavfallet.

For å få til en ytterligere utsortering av rene fraksjoner i restavfallet, er det avgjørende at man har et avfallsfokus helt fra planleggingsfasen. Tidligere forskning viser til tanker om at avfall er uunngåelig, og at avfallshåndtering derfor blir nedprioritert. Flere informanter fra dybdeintervjuene understreker videre at den generelle holdningen i bransjen har endret seg, men adferden henger fortsatt noe igjen i gamle vaner.

Resultatene i denne oppgaven indikerer derimot en nedadgående trend i både den totale avfallsgenereringen, restavfallsmengden og sorteringsgraden i byggeprosjekter i Oslo-området frem mot 2030. Framskrivningene bærer preg av noe usikkerhet, men trendens utvikling kan likevel indikere en endring i avfallshåndtering på byggeplasser. I tillegg indikerer resultatene, under de gitte forutsetningene, at det kan være en klimabesparelse på 3 tonn CO₂-eq per år og en reduksjon i livssyklus kostnader på 23,3% dersom det foreligger en ytterligere utsortering av de rene fraksjonene trevirke, plast, papp og papir fra restavfallet. Det er likevel anbefalt med videre undersøkelse av utvalgte variabler som påvirker resultatet i stor grad, for å gjøre funnene i oppgaven mer generaliserbare.

Abstract

In 2017 the Norwegian building and construction industry accounted for 25% of the total waste generation in Norway, however, only 34% was recycled. To be able to reach the EU's recovery target of 70% recycling of construction and demolition waste (CDW), it requires a better overall waste management. The purpose of the thesis has been to investigate historical and future amount of CWD in the Oslo area, and to reveal key motivators to change the waste management in the construction industry. Furthermore, a life cycle analysis and a life cycle cost analysis were conducted to assess the environmental and economic effects by further reduction of the mixed waste fraction.

To reach a higher recycling percentage during a construction project, it is important to include the waste management from the very beginning. Previous studies indicate that people in the building and construction industry believe that waste is unavoidable, which results in waste management receiving less attention. Several people that were interviewed, emphasized that the general attitude in the construction industry has changed, but the behavior still lingers somewhat in old habits.

In this study, the results indicate that the total waste generation, the amount of the mixed waste fraction, and the recycling percentage on construction sites in the Oslo area have a declining trend towards 2030. The projections are somewhat uncertain, but the evolution of the trends may indicate a certain change in the waste management. Based on various assumptions, the results indicate an annual reduction of 3 tons of CO₂-eq, and a 23.3% reduction in life cycle costs, given a further reduction in the amount of wood, plastic, cardboard and paper that occur in the mixed waste fraction. However, further investigation of some of the variables are recommended to increase the validity of the study.

Ordliste

BA-avfall = Bygg- og anleggsavfall

BA-bransjen = Bygg- og anleggsbransjen

BIM = Bygningsinformasjonsmodellering (*Building Information Modelling*)

BREEAM = Building Research Establishment Environment Assessment Method

LCA = Livsløpsanalyse (*Life Cycle Assessment*)

LCC = Livssyklus kostnad (*Life Cycle Cost*)

MFA = Materialstrømsanalyse (*Material Flow Analysis*)

SAP = Systems, Applications and Products in Data Processing

Innholdsfortegnelse

FORORD	I
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT	V
ORDLISTE	VII
LISTE OVER FIGURER	XIII
LISTE OVER TABELLER	XV
1. INNLEDNING OG BAKGRUNN FOR VALG AV TEMA	1
1.1 INTRODUKSJON.....	1
1.2 BYGG- OG ANLEGGSTRANSJON.....	1
1.3 SIRKULÆR ØKONOMI.....	2
1.4 BEHANDLING AV BYGG- OG ANLEGGSAVFALL.....	3
1.5 OPPGAVENS OPPBYGNING.....	4
2. MÅL OG PROBLEMSTILLING FOR OPPGAVEN	5
2.1 MÅLET MED OPPGAVEN.....	5
2.2 PROBLEMSTILLING OG FORSKNINGSSPØRSMÅL.....	5
3. KUNNSKAPSSTATUS	6
3.1 LITTERATURSØK.....	6
3.2 GENERELT OM BYGGAVFALL.....	7
3.2.1 Historisk utvikling.....	7
3.2.2 Ulike avfallsfraksjoner.....	7
3.3 BARRIERER I BYGGEBRANSJEN.....	9
3.3.1 Miljøpåvirkning.....	9
3.3.2 Kultur og holdninger.....	9
3.3.3 Data og statistikk.....	10
3.4 AVFALLSHÅNDTERING.....	11
3.4.1 Restavfall.....	11
3.4.2 Betong, tegl og andre tyngre bygningsmaterialer.....	12
3.4.3 Trevirke.....	13
3.4.4 Gips.....	13
3.4.5 Plast.....	14
3.4.6 Papp og papir.....	15
3.4.7 Potensiell sorteringsgrad.....	15
3.4.8 Gjenbruk.....	15
3.4.9 Transportavstand.....	17
3.5 SUKSESSFAKTORER KNYTTET TIL AVFALLSHÅNDTERING.....	17
3.5.1 Krav og reguleringer.....	17

3.5.2	<i>Planleggingsfasen</i>	18
3.5.3	<i>Avfallshåndteringssystemer</i>	19
3.5.4	<i>Teknologisk utvikling</i>	20
3.5.5	<i>Holdningsendringer</i>	21
3.5.6	<i>Økonomisk lønnsomhet</i>	22
4.	METODIKK OG DATAGRUNNLAG	23
4.1	GENERELL FORSKNINGSMETODE	23
4.2	DEL 1 – MATERIALSTRØMSANALYSE (MFA)	23
4.2.1	<i>Bakgrunn for valg av analysemetode</i>	23
4.2.2	<i>Innhenting av data</i>	23
4.2.3	<i>Vektrapper</i>	24
4.2.4	<i>Plukkanalyse</i>	25
4.2.5	<i>Offentlig avfallsstatistikk</i>	25
4.2.6	<i>Databehandling og klargjøring for analyse</i>	26
4.2.7	<i>Feilkilder i materialstrømsanalyse</i>	27
4.3	DEL 2 – ÅRSAKSANALYSE	28
4.3.1	<i>Bakgrunn for valg av analysemetode</i>	28
4.3.2	<i>Utforming av intervjuguide og klarsignal fra Norsk senter for forskningsdata</i>	29
4.3.3	<i>Rekruttering av informanter</i>	30
4.3.4	<i>Gjennomføring av dybdeintervjuer</i>	30
4.3.5	<i>Databehandling og klargjøring for analyse</i>	31
4.3.6	<i>Feilkilder i årsaksanalysen</i>	31
4.4	DEL 3 – MILJØMESSIGE OG ØKONOMISKE EFFEKTER	32
4.4.1	<i>Generelle forutsetninger</i>	32
4.4.2	<i>Hensikten med gjennomføring av livsløpsanalyse (LCA)</i>	32
4.4.3	<i>Beregning av livssyklus-kostnader (LCC)</i>	35
4.4.4	<i>Mulige feilkilder i LCA og LCC</i>	37
4.5	VURDERING AV METODE OG DATAINNSAMLING	37
5.	RESULTATER	38
5.1	HVILKE AVFALLSFRAKSJONER ER MOTTATT PÅ ANLEGGET TIL NORSK GJENVINNING? ...	38
5.1.1	<i>Hovedresultater</i>	38
5.1.2	<i>Oversikt over de store avfallsstrømmene</i>	39
5.1.3	<i>Oversikt over de mindre avfallsstrømmene</i>	40
5.1.4	<i>Endring i avfallsmengder fra 2012 til 2018</i>	41
5.1.5	<i>Oversikt over restavfall isolert sett</i>	41
5.2	SAMMENSETNING AV RESTAVFALLET I 2019	43
5.2.1	<i>Plukkanalyse av mottatt restavfall</i>	43
5.2.2	<i>Endring i avfallsmengde og -sammensetning fra 2012 til 2019</i>	43

5.3 HVORDAN SER AVFALLSBILDET FRA BYGGEBRANSJEN I OSLO-OMRÅDET UT I FREMTIDEN?	44
5.3.1 Framskrivning av total avfallsmengde	44
5.3.2 Framskrivning av sorteringsgrad	46
5.3.3 Framskrivning av restavfallsmengden	47
5.4 SYNSPUNKTER OM AVFALLSHÅNDTERING FRA INVOLVERTE I BYGGEBRANSJEN	47
5.4.1 Tema 1: Barrierer	47
5.4.2 Tema 2: Drivkrefter og motivasjonsfaktorer	49
5.4.3 Tema 3: Løsninger og tilhørende effekter	51
5.5 HVILKEN AVFALLSBEHANDLING GIR BEST MILJØMESSIG OG ØKONOMISK RESULTAT?	53
5.5.1 Livsløpsanalyse	54
5.5.2 Livssyklus-kostnadsanalyse	57
6. DISKUSJON	62
6.1 OPPSUMMERING AV RESULTATENE	62
6.1.1 Materialstrømsanalyse	62
6.1.2 Årsaksanalyse	62
6.1.3 Livsløpsanalyse og livssyklus-kostnadsanalyse	63
6.2 FORSKNINGSSPØRSMÅL SETT I LYS AV TIDLIGERE FORSKNING	64
6.2.1 Historisk og fremtidig utvikling	64
6.2.2 Barrierer og motivasjonsfaktorer	65
6.2.3 Fremtidens avfallshåndtering	67
6.3 HVORDAN KAN RESULTATENE BRUKES OG REALISERES?	68
6.3.1 Norsk Gjenvinning og andre avfallsselskap	68
6.3.2 Myndigheter	69
6.3.3 Entreprenører og underentreprenører	70
6.3.4 Byggherrer og andre bestillere	72
6.4 ROBUSTHET AV ANALYSER OG DATAGRUNNLAG	74
6.5 OVERFØRBARHET	75
6.6 VEIEN VIDERE	76
7. KONKLUSJON	78
8. REFERANSER	79
VEDLEGG	88
VEDLEGG 1: ILLUSTRASJONSUTDRAG FRA PROGNOSE AV TRENDLINJE I EXCEL	88
VEDLEGG 2: INTERVJUGUIDE TIL REGULERENDE I BYGGEBRANSJEN (GRUPPE 1)	89
VEDLEGG 3: INTERVJUGUIDE TIL UTØVENDE I BYGGEBRANSJEN (GRUPPE 2)	91
VEDLEGG 4: GODKJENNING FRA NSD	94
VEDLEGG 5: SAMTYKKESKJEMA SENDT UT TIL POTENSIELLE INFORMANTER	97

Liste over figurer

Figur 1 Illustrasjon av sirkulær økonomi i praksis med ulike leverandørledd som må koordineres (Norsk Gjenvinning, 2016).....	2
Figur 2 Avfallspyramiden som illustrerer ønsket behandlingsmetode av avfall (BIR, d.d.).	3
Figur 3 Illustrasjon over hvilke bærekraftsmål som blir direkte påvirket av BA-bransjen, og hva de kan gjøre for å hjelpe til å nå målene. Illustrasjon hentet fra World Green Building Council (2017).	4
Figur 4 Oversikt over historisk utvikling av avfallsmengder fordelt på ulike sektorer. Figuren er hentet fra SSB og viser at avfall fra BA-bransjen har økt med 21,3% siden toppen i 2012 og frem til 2017 (Skjerpen, 2019).	7
Figur 5 Oversikt over hvilke fraksjoner det ble generert mest av fra byggesektoren i Norge i 2017 (Chaudhary, 2019).....	8
Figur 6 Resultater fra Hjellnes Consult sin plukkanalyse gjennomført hos Norsk Gjenvinning på Alnabru. 30 blanda containere fra 29 ulike byggeplasser ble nøye gått igjennom (Hovland & Wærner, 2015).....	12
Figur 7 Andel tonn av tynge bygningsmaterialer med tilhørende behandlingsmetode i perioden 2013 til 2017 (SSB, d.d.-b).	13
Figur 8 Antall tonn plastavfall med tilhørende behandlingsmetode i perioden 2013 til 2017 (SSB, d.d.-b).....	14
Figur 9 Innkjøring til Norsk Gjenvinning sitt anlegg på Alnabru. Bildet hentet fra Google Maps (27.10.2019).	24
Figur 10 Bilder fra plukkanalyse hos Norsk Gjenvinning mars 2019. Bildet til venstre viser det representative avfallet spredt utover fast dekke før det er sortert. Bildet til høyre viser en sortert beholder med treavfall med en smarttelefon som representerer størrelsesorden.	25
Figur 11 Illustrasjon av steg inkludert i en livsløpsanalyse for avfallshåndtering. Hentet fra rapporten til Østfoldforskning (Raadal et al., 2009).	33
Figur 12 Oversikt over endring av total avfallsmengde fra byggeprosjekter i Oslo-området lever til Norsk Gjenvinning sitt avfallsanlegg på Alnabru i perioden 2012 til oktober 2019.	38
Figur 13 Oversikt over de store strømmene fra byggebransjen levert hos avfallsanlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru fra januar 2012 og frem til oktober 2019.....	39
Figur 14 Oversikt over de mindre strømmene fra byggebransjen levert hos avfallsanlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru fra januar 2012 og frem til oktober 2019.....	40
Figur 15 Oversikt over hvordan de ulike fraksjonene har endret seg fra 2012 til 2018.....	41
Figur 16 Endring av mengde restavfall i tonn fra januar 2012 til og med oktober 2019.	42
Figur 17 Endring av mengde restavfall levert av byggebransjen til anlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru i perioden 2012 til og med oktober 2019, samt bransjens produksjonsindeks, økonomiske omsetningen samt igangsatte og fullførte boliger og annet enn bolig.....	42
Figur 18 Gjennomsnittlig utplukk av ulike fraksjoner fra juli 2016 til og med juli 2019.....	43
Figur 19 Viser oversikt over gjennomsnittlige resultater basert på tall fra plukkanalyser gjennomført internt hos Norsk Gjenvinning på Alnabru i perioden juli 2016 til og med juli 2019 med tilhørende trendlinjer.	44

Figur 20 Framskrivning av avfall fra BA-bransjen basert på rapport skrevet av SSB (Skullerud & Eika, 2012).	45
Figur 21 Framskrivning av avfall fra BA-bransjen basert på faktiske tall fra 1995 til 2017 (Skullerud & Eika, 2012; SSB, d.d.-a).	45
Figur 22 Framskrivning av byggavfall i Oslo-området, basert på tall fra mottatt byggavfall hos Norsk Gjenvinning på Alnabru.	46
Figur 23 Framskrivning av sorteringsgraden i Oslo-området basert på sorteringsgraden på mottatt byggavfall hos Norsk Gjenvinning på Alnabru i perioden 2012 til 2019.	46
Figur 24 Framskrivning av restavfall i Oslo-området basert på mengde restavfall levert av byggebransjen hos Norsk Gjenvinning på Alnabru i perioden 2012 til 2019.	47
Figur 25 Andel informantene som hadde innspill knyttet til de barrierene som ble tatt opp under intervjuet.	47
Figur 26 Andel informanter som var enige i påstander som knyttet seg til drivkrefter og motivasjonsfaktorer som ble tatt opp under intervjuet.	50
Figur 27 Andel informanter som var enige i påstander som knyttet seg til løsninger som bidrar til ytterligere reduksjon av restavfallsfraksjonen og tilhørende effekter som ble tatt opp under intervjuet.	52
Figur 28 Brutto klimaregnskap av ulik avfallsbehandling av ulike fraksjoner oppgitt i kg CO ₂ -eq per kg avfall behandlet.	54
Figur 29 Netto klimagassutslipp oppgitt i kg CO ₂ -ekvivalenter per kg avfall behandlet, ved å flytte restavfall og trevirke fra deponi til energiutnyttelse, og de resterende tre fraksjonene fra energiutnyttelse til materialgjenvinning.	55
Figur 30 Totale utslipp over hele livsløpet basert på ulik håndtering og behandling av 9058,2 kg restavfall. Det er analysert endringer ved ulike sluttbehandling, samt ytterligere utsortering av ulike fraksjoner i restavfallet med tilhørende behandling.	56
Figur 31 Illustrasjon av hvordan netto klimapåvirkningen endrer seg ved å flytte behandlingen av alle fraksjonene opp ett trinn i avfallspyramiden og samtidig først halvere og deretter doble antall km i transportetappe 2.	57
Figur 32 Grafisk fremstilling av de prosentvise endringene i livssyklus kostnader sammenlignet med referansescenario som er å behandle alt som restavfall.	58
Figur 33 Analyse av henholdsvis halvering og doubling av kostnadene for de ulike fraksjonene i trinn 3 av LCC-analysen.	59
Figur 34 Prosentvis endring i livssyklus kostnader i de ulike scenariene ut fra referansescenario.	59
Figur 35 Prosentvis endring i livssyklus kostnader til de ulike scenariene ut fra referansescenario, ved å endre fyllingsgraden.	60
Figur 36 Prosentvis endring i livssyklus kostnader til de ulike scenariene ut fra referansescenario, ved å endre utsorteringsgraden av de ulike fraksjonene.	61
Figur 37 Illustrasjon av doubling av utsortering og fyllingsgrad til de ulike fraksjonene sammenlignet med referansescenario.	61

Liste over tabeller

Tabell 1 Oversikt over hvilke avfallsfraksjoner som oppstår i de ulike fasene i et byggeprosjekt. Illustrasjon hentet fra Byggmiljø.no utgave fra 2008 av Eirik Wærner (Ottesen & Milli, 2016).	8
Tabell 2 Avfall Norge sin antagelse angående hvor avfallsfokuset er i dag i løpet av et byggeprosjekt, og hvor det bør være i fremtiden for et best mulig avfallsregnskap.....	22
Tabell 3 Oversikt over valgte parametere for å presentere fremtidige prognoser av ulike scenarier.....	27
Tabell 4 Antagelser om transportavstander med lastebil for ulike fraksjoner til ulike behandlingsanlegg.....	34
Tabell 5 Oversikt over behandlingsmetoder med tilhørende CO ₂ -ekvivalenter per funksjonell enhet (FU), samt hva de ulike fraksjonene erstatter med tilhørende kg CO ₂ -ekvivalent per FU. Tallene er hentet direkte fra rapporten til Østfoldforskning (Raadal et al., 2009).	35
Tabell 6 Oversikt over antatt fyllingsgrad til de ulike fraksjonene (Frøid, 2015).....	36
Tabell 7 Oversikt over medberegnete kostnader som er basert på tall funnet i ulike rapporter.	36
Tabell 8 Oversikt over de store strømmene fra byggebransjen levert hos avfallsanlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru fra januar 2012 og frem til oktober 2019.....	39
Tabell 9 Oversikt over de mindre strømmene fra byggebransjen levert hos avfallsanlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru fra januar 2012 og frem til oktober 2019.....	40
Tabell 10 Oppsummering av de ulike scenariene som er analysert med tanke på miljø og økonomi.....	54
Tabell 11 Prosentvise endringer i behandlingkostnader i ulike trinn inkludert i LCC-analysen ut fra referansescenario som er behandling av restavfall.	58
Tabell 12 Oppsummering av resultatene av de ulike framskrivningene.....	62

1. Innledning og bakgrunn for valg av tema

1.1 Introduksjon

Tidligere ble avfall sett på som et problem og ble kalt «søppel». I Forurensningsloven (1981) kapittel 5, §27, er avfall definert som «*løsovergjenstander eller stoffer som noen har kassert, har til hensikt å kassere eller er forpliktet til å kassere*». Denne definisjonen understreker at det er snakk om gjenstander som ikke lenger har en verdi for innehaveren. Fra dette endret begrepet seg til «avfall», da man skjønnte at man blant annet kunne utnytte det som brensel i forbrenningsovner (energiutnyttelse). Nå har vi beveget oss over til å kalle avfall «sekundær ressurs», og Norsk Gjenvinning har blant annet sagt: «Det finnes ikke søppel mer!», nettopp for å vise at det som tidligere ble sett på som et problem, nå har en positiv verdi.

I 2016 ble det generert hele 2538 millioner tonn med avfall i Europa, hvor bygg- og anleggsbransjen (BA-bransjen) sto for 36,4% (Eurostat, 2019). Av det genererte bygg- og anleggsavfallet (BA-avfallet) i EUs 28 medlemsland blir 25 - 45% sendt til deponi (Townsend et al., 2017), og kun 46% blir gjenvunnet (European Commission, 2018; Monier et al., 2011; Sormunen & Kärki, 2019; Özalp et al., 2016). Dette avfallet har likevel et gjenvinningspotensial på mellom 50 - 95% dersom det blir håndtert riktig (Ulubeyli et al., 2017), noe som indikerer et massivt forbedringspotensial.

1.2 Bygg- og anleggsbransjen

BA-bransjen har lenge vært å anse som en strategisk viktig sektor både på grunn av antall ansatte, bidrag til direkte vekst i andre sektorer (del Río Merino et al., 2010), samt at de sto for hele 13% av den globale økonomien i 2013 (Global Construction Perspective, 2013). På den annen side sto denne sektoren for 40% av energibruken og klimagassutslippene i verden i 2015 (Nußholz et al., 2019; Rüter, 2015), i tillegg til at denne sektoren bruker hele 40% av råmaterialene som blir utvunnet globalt hvert år (Abergel et al., 2017; Schrör, 2011; Yuan et al., 2012).

Den første internasjonale konferansen om bærekraftig konstruksjon (Kibert, 1994), la frem at «*etablering og vedlikeholdet av et sunt, menneskeskapt miljø er basert på effektiv bruk av ressurser og økologiske prinsipper*». Dette var første gang noen presiserte at det burde være en link mellom byggebransjen og prinsippene om bærekraftig utvikling (del Río Merino et al.,

2010). Derfor er det viktig selv den dag i dag å få brukte materialer tilbake i produksjonsloopen, slik at man kan redusere uttaket av jomfruelige ressurser (Nußholz et al., 2019).

Avfallsmengden fra den norske BA-bransjen har økt fra 1,54 millioner tonn i 1998 (Rønningen, 2000) til 1,89 millioner tonn i 2017 (SSB, 2019a), og står for 25% av den totale avfallsgenereringen her til lands (SSB, 2019b). Bare fra 2016 til 2017 økte mengden med rundt 1% (SSB, 2019a). Samtidig gikk mengden avfall til materialgjenvinning fra 42% i 2016 (Skogesal, 2019), til 34% i 2017 (Chaudhary, 2019). At mengden avfall til materialgjenvinning går ned, indikerer at det er høyst nødvendig med nye materialer og løsninger som reduserer både energibruk, klimagassutslipp og avfall til sluttbehandling fra denne sektoren (Rüther, 2015).

1.3 Sirkulær økonomi

Med tanke på den raske nedgangen i primærressurser, er sirkulær økonomi et hyppig brukt begrep. SINTEF legger frem at «kjernen i en sirkulær økonomi er å utnytte planetens ressurser på best mulig måte for å sørge for bærekraft og verdiskaping også på lang sikt» (Benjaminsen, 2018). Avfall Norge understreker at «i en sirkulær økonomi er avfall først og fremst råstoff for ny produksjon. Dette medfører en betydelig reduksjon i mengden jomfruelige ressurser som brukes, mer effektiv utnyttelse, økt gjenbruk og reparasjon, og gjenvinning av det som fortsatt blir avfall» (Avfall Norge, 2016). Norsk Gjenvinning presiserer at det handler om «å la markedet sikre mindre avfall, mer gjenbruk og økt bruk av sekundære råvarer i produksjonen av nye varer. Det handler om nye forretningsmodeller som fører til gjenbruk, ombruk og reparasjon av råvarer i omløp» (Mørch, 2019).

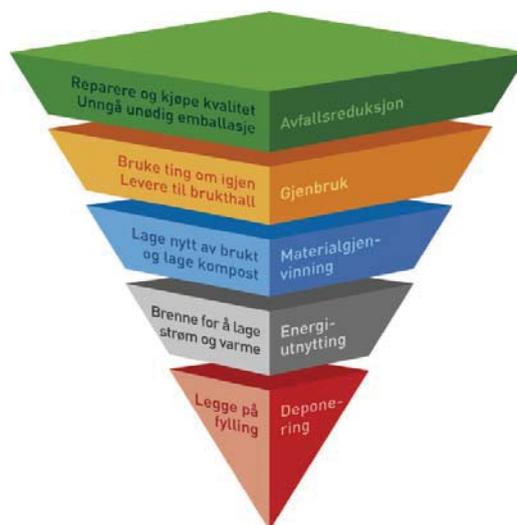


Figur 1 Illustrasjon av sirkulær økonomi i praksis med ulike leverandørledd som må koordineres (Norsk Gjenvinning, 2016).

Oppsummert handler sirkulær økonomi om et skifte fra den tradisjonelle lineære økonomien samfunnet har vært bygget på de siste tiårene, hvor man har både en start og en slutt, over til en sirkulær økonomi hvor ressursene som hentes ut aldri avslutter livet sitt som «avfall», men går i sirkel slik at de blir utnyttet til det maksimale. Figur 1 illustrerer at bransjen må stå sammen om et skifte. Det hjelper ikke at forbrukere leverer avfallet sitt i rene fraksjoner til et mottaksanlegg, hvis det ikke blir levert videre til materialgjenvinning, eller hvis forbrukerne i andre ender ikke er motiverte til å bruke produkter som er gjenvunnet.

1.4 Behandling av bygg- og anleggsavfall

I 2017 gikk hele 36% av det genererte BA-avfallet i Norge til deponi, 29% til energiutnyttelse og 34% til materialgjenvinning. Kun 1% gikk til gjenbruk eller andre uspesifiserte behandlingsmetoder (Chaudhary, 2019). Deponering er den minst ønskede behandlingsmetoden basert på avfallspyramiden nedenfor, etterfulgt av henholdsvis energiutnyttning, materialgjenvinning, gjenbruk med avfallsreduksjon helt på toppen. Målet med avfallspyramiden er å komme så langt opp som mulig, med så stor andel avfall som mulig (LOOP, 2018).



Figur 2 Avfallspyramiden som illustrerer ønsket behandlingsmetode av avfall (BIR, d.d.).

I 2008 kom EU med et «*Rammedirektiv for avfall*» (EØS-notat, 2008). Her kreves det at minst 70% av BA-avfallet skal materialgjenvinnnes eller gjenbrukes innen 2020 (European Commission, 2018). Dette ambisiøse målet ble satt på grunn av at mange av medlemslandene hadde relativt homogene avfallsstrømmer. Norge derimot har en mer kompleks avfallssammensetning grunnet det harde klimaet, som blant annet krever at veier og bygninger har tykkere isolasjon

og sterk maling (Gálvez-Martos et al., 2018). Med totalt 34% materialgjenvinning av norsk BA-avfall per dags dato (Chaudhary, 2019), er det en lang vei å gå mot EUs mål om 70% materialgjenvinning innen 2020.

I januar 2017 ble FNs 17 bærekraftsmål iverksatt for å skape en bedre og mer bærekraftig verden for alle (United Nations, d.d.). BA-bransjen kan bidra positivt til flere av målene, men det trengs en omstilling. Figur 3 illustrerer hva bransjen kan gjøre for å bidra til noen utvalgte mål.



Figur 3 Illustrasjon over hvilke bærekraftsmål som blir direkte påvirket av BA-bransjen, og hva de kan gjøre for å hjelpe til å nå målene. Illustrasjon hentet fra World Green Building Council (2017).

1.5 Oppgavens oppbygning

Oppgaven i sin helhet er tverrfaglig og ble gjennomført i tett samarbeid med Norsk Gjenvinning. Det ble tatt i bruk ulike metoder som materialstrømsanalyse, livsløpsanalyse, livsykluskostnader og intervjuer for å samle inn relevante data. I kapittel 2 blir hensikten med oppgaven og den valgte problemstilling med tilhørende forskningsspørsmål introdusert. I kapittel 3 blir kunnskapsstatus gjort opp for å finne tilgjengelig informasjon, samt forskning som allerede er innhentet på området. Kapittel 4 presenterer oppgavens metode med ovennevnte analyseverktøy. Resultatene fra simuleringene og intervjuene blir fremlagt i kapittel 5, mens funnene blir diskutert og analysert i kapittel 6 med en anbefaling om videre forskning. Avslutningsvis trekkes en konklusjon av funnene i kapittel 7.

2. Mål og problemstilling for oppgaven

2.1 Målet med oppgaven

I 2017 sto den norske BA-bransjen for 25% av den totale avfallsgenereringen (SSB, 2019b), og kun 34% av dette gikk til materialgjenvinning (Chaudhary, 2019). For å nå EUs mål om 70% materialgjenvinning av BA-avfall, er det behov for bedre håndtering av dette avfallet. Målet med oppgaven har derfor vært å analysere miljømessige og økonomiske effekter ved endret håndtering av restavfall fra byggeplasser i Oslo-området. Funnene i oppgaven kan brukes for å gi Norsk Gjenvinning og eventuelle andre avfallsselskaper oversikt over antatte mengder i fremtiden, samt at de kan brukes som grunnlag for å iverksette målrettet veiledning ute hos kunder for å sikre at mest mulig av de rene fraksjonene i restavfallet blir utsortert ved kilden. I tillegg kan funnene brukes av utøvende i BA-bransjen til å oppmuntre ansatte til god avfallshåndtering begrunnet av miljømessig og økonomisk gevinst, samt at de regulerende i BA-bransjen kan bruke funnene som inspirasjon til utarbeiding av fremtidig regelverk.

2.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Problemstillingen som har blitt analysert i oppgaven er som følger:

Hvordan antas restavfallsstrømmen fra byggebransjen i Oslo-området å utvikles frem mot 2030, basert på nåværende status og historisk utvikling av avfallsmengder og -sammensetning, og hvordan kan bygg- og avfallsbransjen sammen sikre en best mulig miljø- og ressurseffektiv håndtering i fremtiden?

For å svare på problemstillingen, ble følgende forskningsspørsmål utarbeidet:

1. Hvilken sammensetning har bygg- og anleggsavfall hatt de siste åtte årene i Oslo-området, og hvordan forventes sammensetningen og mengden å utvikles i fremtiden?
2. Hva er årsakene bak endringer i mengde og sammensetning av restavfall fra byggeprosjekter i Oslo-området, og hvilke drivkrefter og motivasjonsfaktorer kan bidra til en ytterligere reduksjon?
3. Hva er kost-nytte-faktoren, miljømessig og økonomisk, av tiltak som kan bidra til en mer ressurseffektiv håndtering av avfall fra byggeplass og nedstrøms hos behandlingsanlegg?

3. Kunnskapsstatus

3.1 Litteratursøk

BA-avfall er en sammensetning av mange forskjellige fraksjoner som må behandles på ulike måter. For å finne tidligere publikasjoner som omhandlet sortering og behandling av BA-avfall, ble flere databaser tatt i bruk. I Web of Science ble «Construction and Demolition» bruk som nøkkelord med «waste» som undertema. Søket ble i første omgang gjennomført med utgangspunkt i tidsrommet fra 1945 frem til i dag, og da dukket 1308 publikasjoner opp. Søket ble så begrenset til de siste fem årene, og 729 publikasjoner falt under disse kriteriene, og 122 av disse igjen var fra 2019. Et overblikk viste at mange av publikasjonene var case-studier gjennomført i Asia. Videre ble Science Direct brukt for å utvide søket. Her ble «Construction and Demolition Waste» brukt som nøkkelord, og det fantes hele 188 282 publikasjoner publisert mellom 1963 og 2019, og hele 45 515 av disse ble publisert i løpet av de siste fem årene. Også her var mange av publikasjonene case-studier fra Asia.

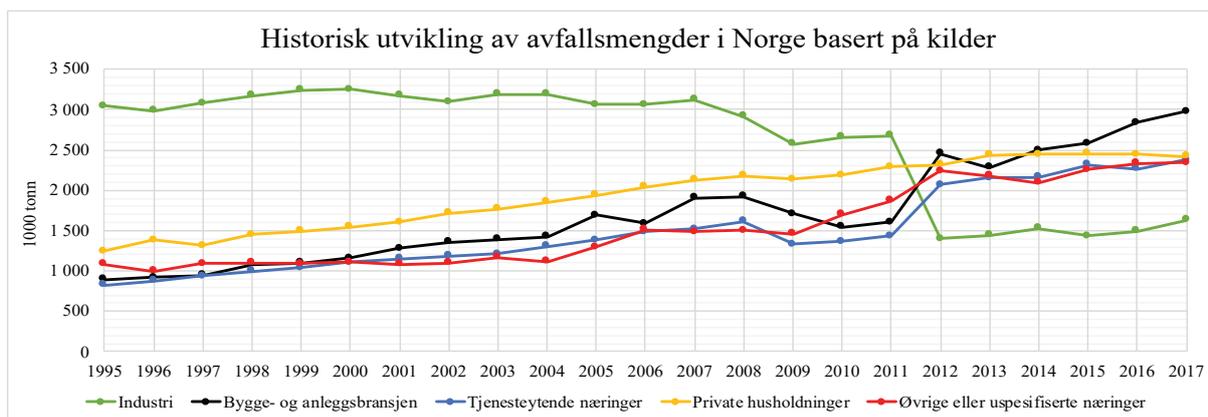
I søkeprosessen dukket det i tillegg opp litteraturstudier basert på publikasjoner om BA-avfall. Yuan og Shen (2011) gjennomførte en litteraturanalyse av artikler skrevet mellom 2000 og 2009. De fant ut at publikasjoner om BA-avfall sto for 1,1% av alle publikasjoner i de åtte internasjonale tidsskriftene som var plukket ut til litteraturanalysen. Antall årlige publikasjoner om temaet økte likevel fra fire stykker i 2000 til 16 stykker i 2009. Senere utførte Jin et al. (2019) en ny litteraturanalyse på samme tema for å se utviklingen fra 2009 frem til 2018. De analyserte hele 370 artikler fra 12 internasjonale tidsskrifter, og fant at forskningen på håndtering av BA-avfall ikke hadde utviklet seg like mye som Yuan og Shen (2011) antok i sin litteraturanalyse. Jin et al. (2019) uttrykte nødvendigheten av utvidet forskning på bruk av bygningsinformasjonsmodellering (BIM), prefabrikkerte materialer, Big Data og sirkulær økonomi retter direkte mot håndtering av BA-avfall.

Videre i oppgaven er det referert til generering av avfall fra byggeprosjekter, som handler om konstruksjon av bygninger. Dette betyr at generering av anleggsavfall er ekskludert i videre analyse, som omhandler avfall fra bygging av veier, infrastruktur, tunneller og bruer. Det er kun inkludert konstruksjon av infrastruktur og veier som er direkte i forbindelse med konstruksjon av bygninger. Grunnen er at det er antatt mer homogene avfallsstrømmer fra anleggsbransjen, og derfor mer interessant å analysere håndtering av byggavfall, som er mer kompleks.

3.2 Generelt om byggavfall

3.2.1 Historisk utvikling

Hele livsløpet til en bygning består av fire faser: planleggingsfasen, byggefasen, bruksfasen og avslutningsfasen. I planleggingsfasen styres avfallsgenereringen av ulike konsept og avgjørelser. I byggefasen oppstår det avfall grunnet overflod av materialer som følge av kapp, tilpasninger, emballasje, feilkapping eller feilmontering. I bruksfasen er det typisk avfallsgenerering ved vedlikehold, oppussing eller renovering, mens det i avslutningsfasen oppstår avfall ved riving (Ghisellini et al., 2018). Den stadig økende urbaniseringen og befolkningsveksten legger press på effektiv arealutnyttelse, og gamle bygninger blir revet eller rehabilitert for å tilfredsstillte moderne standarder (Bansal et al., 2016; Islam et al., 2019). En rapport fra EU anslår at 54% av verdensbefolkningen per dags dato bor i urbane områder, mens det forventes å øke til 66% innen 2050 (United Nations, 2015). I Norge ble det generert 1,9 millioner tonn står byggavfall i 2017, hvorav 34,7% kom fra nybygging, 25,3% fra rehabilitering og 40% fra riving (SSB, 2019a). Byggavfall kan i tillegg oppstå på grunn av miljøkatastrofer som jordskjelv, tornadoer, orkaner og flodbølger (Huang et al., 2002), som spesielt vil være gjeldende i klimautsatte områder. Historisk har industri stått for den høyeste generering av avfall i Norge, men Figur 4 viser at fra og med 2014 er det BA-bransjen som har generert mest avfall.

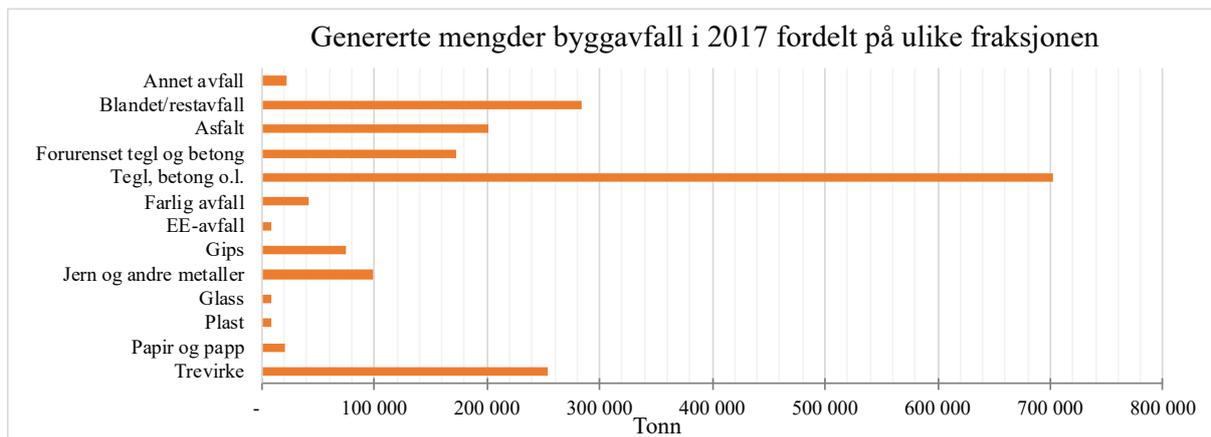


Figur 4 Oversikt over historisk utvikling av avfallsmengder fordelt på ulike sektorer. Figuren er hentet fra SSB og viser at avfall fra BA-bransjen har økt med 21,3% siden toppen i 2012 og frem til 2017 (Skjerpen, 2019).

3.2.2 Ulike avfallsfraksjoner

Byggavfall er ofte både mer voluminøse, tyngre og har høyere innhold av giftige stoffer enn annet avfall (Sapuay, 2016). Typiske avfallsfraksjoner som genereres fra byggeprosjekter er tre, gips, betong, metall, plast, papp, papir og farlig avfall (European Commission -

Environment, 2018). I europeiske land består byggavfall hovedsakelig av 80-83% mur og betong, mens de resterende 17-20% er pakningsemballasjerester som plast, tre og papp og (Ghisellini et al., 2018). Likevel varierer sammensetningen veldig fra land til land på grunn av ulik materialbruk og byggteknikk (Llatas, 2013). Figur 5 viser sammensetningen av norsk byggavfall i 2017.



Figur 5 Oversikt over hvilke fraksjoner det ble generert mest av fra byggesektoren i Norge i 2017 (Chaudhary, 2019).

Tabell 1 er hentet fra «Veileder for avfallshåndtering på byggeplass» (Ottesen & Milli, 2016) utarbeidet av Nettverk for gjennomføring av Nasjonal Handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (NHP-nettverket). Den illustrerer når de ulike fraksjonene oppstår i løpet av alle fasene til et byggeprosjekt. Helt fra start vil det typisk oppstå mye betong, metall og tre, på grunn av bærekonstruksjoner. Mot slutten av prosjektet vil det derimot oppstå mer emballasje knyttet til alt utstyr som skal være inne.

Tabell 1 Oversikt over hvilke avfallsfraksjoner som oppstår i de ulike fasene i et byggeprosjekt. Illustrasjon hentet fra Byggmiljø.no utgave fra 2008 av Eirik Wærner (Ottesen & Milli, 2016).

Utgraving	Grunnarbeid	Råbygg	Utvendig kledning	Innvendig kledning	Innredning
Jord og stein					
Farlig avfall					
	Betong				
	EPS/XPS				
	Metall				
	Tre				
		Takbelegg			
			Gips		
			Isolasjon		
			Plast		
			Glass		
				EE-avfall	
				Papp	

3.3 Barrierer i byggebransjen

3.3.1 Miljøpåvirkning

Byggavfall forårsaker negativ påvirkning på miljøet, blant annet uttømming av naturressurser, forurensning til luft og vann, samt landforringelse (Llatas, 2011; Rosenbaum et al., 2013; Wang et al., 2014). I tillegg påpeker Islam et al. (2019) at dårlig håndtering av byggavfall fører til offentlig irritasjon, misbruk av landarealer og ikke-fornybare ressurser, samt at det er en trussel mot bærekraftig utvikling og økologisk bevaring. Videre presiserer Oliveira et al. (2019) at dårlige avfallspraksiser kan gi negativ påvirkning på helsen til lokalbefolkning ved utslipp av miljøgifter og nanopartikler.

Byggebransjen søker hele tiden å tilfredsstille kundens behov innen begrensede budsjetter, ressurser og tidsperspektiv. Økning i avfallsmengder fra byggesektoren har den senere tid ført til økt motivasjon for å identifisere effektive metoder og strategier for fremtidig håndtering (del Río Merino et al., 2010). Med tanke på at avfallsstrømmen er så voluminøs, vil riktig håndtering av dette avfallet kunne redusere CO₂-utslipp og uttak av jomfruelig materiale, samt at det kan skape flere arbeidsplasser over hele kloden (Bansal et al., 2016; Islam et al., 2019). Ved å øke mengden som går til gjenbruk, vil man i tillegg kunne redusere mengden sommersmog og tungmetall fra byggavfall (McGee et al., 2003).

Miljømessig og ressurseffektiv håndtering av ulike fraksjoner kan likevel medføre negative helseeffekter. Suárez et al. (2016) fant ut at produksjonen med å gjenvinne gips kan forårsake luftveisproblemer grunnet svevestøvet som oppstår ved knusing. Den faktiske innåndingen av dette er fortsatt lite forsket på, men det er kjent at gips og kalsitt (CaCO₃) kan skape irritasjoner av slimhinnene i øynene og luftveiene, og innånding av høye doser kan derfor virke giftig (McGee et al., 2003). Suárez et al. (2016) konkluderer derfor med at gjenvinningsgraden må økes til over 90% dersom man skal se store, positive endringer i miljøpåvirkninger.

3.3.2 Kultur og holdninger

Avfallsgenereringen i byggebransjen slik vi ser den i dag, er en indirekte årsak av ulike holdninger og kulturelle verdier som ikke støtter ressurshåndtering og -minimering. Tidligere forskning viser til at det er utfordrende å implementere en god avfallshåndtering på grunn av oppfatningen om at 1) avfallshåndteringen forsinker nye byggeaktiviteter, og 2) at avfallshåndteringen må vike for andre prioriterte aktiviteter som deadline og

profittmaksimering (Bakchan et al., 2019). Det er også vist til at det er en generell oppfatning at avfall er unngåelig som en del av byggeprosessen, samt at det eksisterer en kultur for å skylde på andre, noe som igjen fører til ansvarsfraskrivelse og negative holdninger knyttet til avfallshåndtering. En kultur preget av mangel på samhandling resulterer i at man må gjøre ting på nytt, og vil på sikt bare bidra til økt avfallsgenerering (Ajayi et al., 2016).

Organisasjonskultur er et viktig begrep i byggebransjen, og er generelt beskrevet som hvordan medlemmer i en organisasjon arbeider sammen internt og eksternt (Ajayi et al., 2016). Organisasjonskulturen former måten en gruppe samhandler med andre grupper, samt at den fastslår strategier og handlinger for innovasjon. Siden kulturen påvirker de ansattes handlinger, kan den også påvirke om de aksepterer innovasjon som en fundamental verdi innad i en organisasjon eller ei. Byggebransjen har vært preget av konservatisme, hvor stabilitet og teamarbeid har blitt verdsatt høyere enn innovasjon og økt produktivitet. For å skape endringer på avfallsfronten er man avhengig av å endre tenkesettet i bransjen med tanke på innovasjon, men også for å effektivisere eksisterende strategier (Ajayi et al., 2016). Da er det nødvendig med gode ledere som iverksetter og følger opp ulike innovasjonsprosjekter.

3.3.3 Data og statistikk

En utfordring er mangel på data og statistikk knyttet til avfallsgenerering, mengder, håndtering og behandling (Gálvez-Martos et al., 2018; Li et al., 2016; Llatas, 2011). Lord Kelvin (1824-1907) sa: «*Å måle er å vite. Hvis du ikke kan måle det, så kan du ikke forbedre det*». Dette ordtaket kan beskrive viktigheten av gode målinger på avfallshåndtering og -minimering for å klare å jobbe mot konkrete mål. Ufullstendig kunnskap gjør det vanskelig å anslå mengder som blir generert, og dermed vanskelig å lage passende avfallsplaner for prosjekter på nye eller eksisterende byggeplasser (Lam et al., 2019).

For å anta mengder avfall fra byggeprosjekter, kan man enten ta utgangspunkt i det regionale nivået eller prosjektnivået. På regionalt nivå handler det om å estimere totalt byggavfall fra flere byggeprosjekter i en avgrenset region. Denne informasjonen blir så brukt som beslutningsgrunnlag for politikere slik at de kan legge frem mer realistiske reguleringer av avfallssektoren (Lam et al., 2019; Wu et al., 2014). På prosjektnivå derimot, handler det om å forutsi avfallsgenereringen i konkrete prosjekter. Avfallsmengder og -sammensetning på prosjektnivå kan estimeres gjennom direkte målinger og indirekte antagelser. Disse estimatene

brukes videre til å anslå antall kg avfall per m², og kan brukes av prosjektledere til å endre materialinnkjøp, arrangere lagring av materialer og planlegge mot riktig avfallshåndtering (Islam et al., 2019; Lam et al., 2019; Wu et al., 2014).

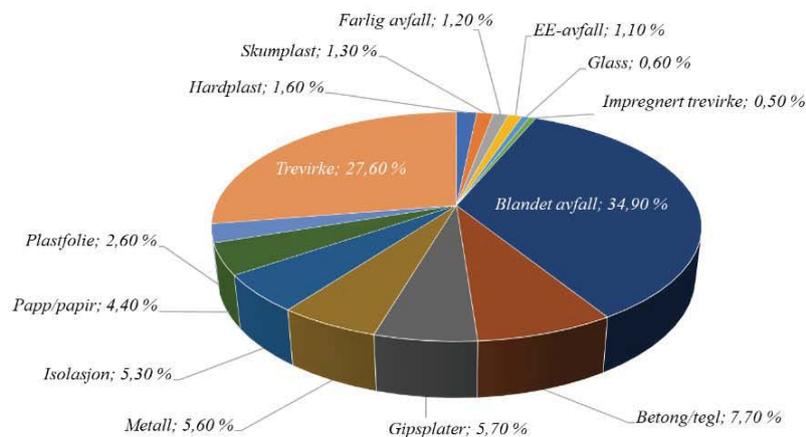
Dagens rammeverk gjelder kun for prosjekter som utløser krav om avfallsplan. Nybygg fra 300 m² bruksareal eller rive- og rehabiliteringsprosjekter over 100 m² bruttoareal, utløser krav til avfallsplan (TEK17, 2017). Små og mellomstore prosjekter faller derfor utenfor dette kravet, og avfall fra slike prosjekter blir gjerne levert direkte til kommunale og interkommunale avfallsselskaper hvor avfallet sorteres for hånd av kunden (Valde et al., 2018). På slike mottaksanlegg blir i prinsippet alt kunden leverer registrert som restavfall. Kunden kjører over en vekt på vei inn og på vei ut, og betaler kun en totalsum for antall kg levert på mottaksanlegget. Dette betyr at mye av dagens statistikk ikke er representativ for mindre prosjekter, og viser dermed ikke helheten av byggeprosjekter på landsbasis. Valde et al. (2018) antar i sin kalkulering at avfall fra mindre og mellomstore bygge-, rive- og rehabiliteringsprosjekter står for mellom én tredjedel og drøyt halvparten av den totale mengden byggavfall i Norge. Dette betyr at det er en stor andel mørketall i statistikken.

3.4 Avfallshåndtering

3.4.1 Restavfall

Bjerkli (2015) har anslått at restavfall står for omtrent 20% av alt byggavfall som blir generert i Norge, og hoveddelen av dette blir sendt til energiutnyttelse. I 2012 kom 23% av restavfallet fra nybygg, 26% fra rehabilitering og kun 8% fra rivingsprosjekter, men dette er kun basert på tall fra byggeprosjekter som var underlagt kravet i daværende TEK10 (Bjerkli, 2015). Våren 2014 gjennomførte Hjellnes Consult plukkanalyse av 10 usorterte containere fra byggeplasser levert hos Norsk Gjenvinning. Da var det totalt 37,5% av innholdet som ikke lot seg sortere (Wærner & Saxegaard, 2014). Høsten 2014 gjennomførte de en ny og mer omfattende plukkanalyse av 30 containere fra 29 ulike byggeplasser. Da var det 34,9% av innholdet som ikke lot seg sortere ytterligere (Hovland & Wærner, 2015), som vist i Figur 6.

Resultater fra plukkanalyse høsten 2014



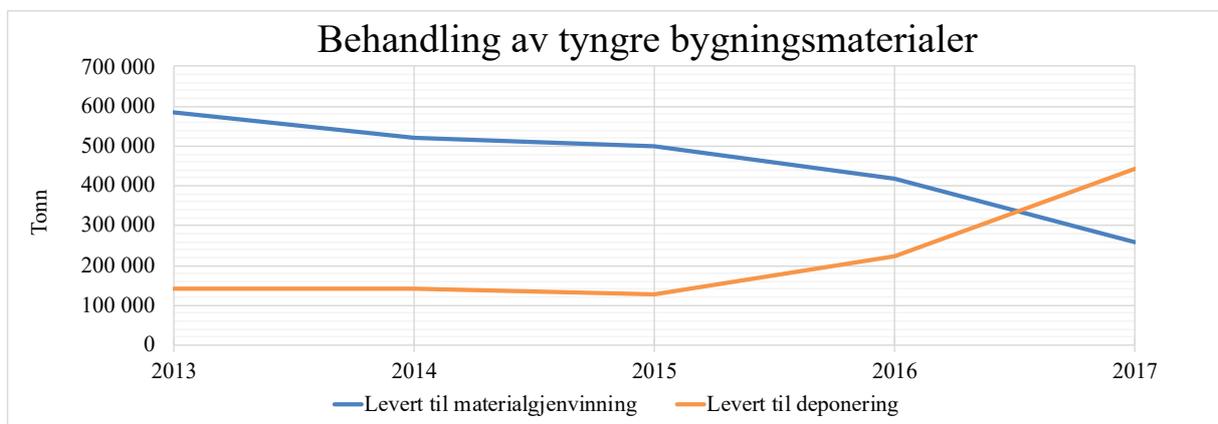
Figur 6 Resultater fra Hjellnes Consult sin plukkanalyse gjennomført hos Norsk Gjenvinning på Alnabru. 30 blanda containere fra 29 ulike byggeplasser ble nøye gått igjennom (Hovland & Wærner, 2015).

3.4.2 Betong, tegl og andre tyngre bygningsmaterialer

I 2017 ble det levert 1,1 million tonn betong, tegl og andre tyngre bygningsmaterialer til avfallsbehandling. Byggebransjen alene sto for 63,8% av dette, som tilsvarer 702 325 tonn (Chaudhary, 2019). Tidligere ble slikt avfall hovedsakelig brukt til nyttige formål som fyllmasser under anleggsveier, mindre veier, tilbakefylling, utfylling og tildekking både på og utenfor deponier (Rønning et al., 2016). I dialog med gjenvinningsbransjen fant Østfoldforskning ut at det er vanskelig å produsere gjenvunnet tilslag kostnadseffektivt, da det er stor tilgang på naturlig tilslag og det er strenge krav til dokumentasjon av kvaliteten. Det er derfor få tilfeller hvor blant annet betong brukes til ny betongproduksjon (Engelsen & Rise, 2019), eller knust betong brukes til veibygging og parkeringsplasser i Norge, selv om det er teknisk egnet (Rønning et al., 2016).

Betong er den største avfallsfraksjonen i Norge basert på vekt (Chaudhary, 2019). Som illustrert i Figur 7 havner hele 73% av betongavfallet på deponi i dag (Miljødirektoratet, 2019a). Dette kan skyldes Betongforskriften utarbeidet av Miljødirektoratet, som gjorde folk oppmerksomme på at kravene til konsentrasjon av krom 6 i betong brukt til nyttige formål ofte overskrides. Entreprenører er usikre på hvordan de skal håndtere såkalte lettforurensede masser, og velger derfor å være føre-var. I tillegg finnes det ikke tilstrekkelig kunnskap om påvirkningen krom 6 har på ytre miljø. Samlet har dette resultert i at gjenvinningsgraden har gått kraftig ned de siste 3-4 årene (Byggeindustrien, 2019; Chaudhary, 2019).

Det genereres mest betongavfall fra riveprosjekter. Da er det mest hensiktsmessig å behandle avfallet på stedet ved grovtygging og knusing. Ved nybygg og rehabilitering samles som regel avfallet i containere og leveres til godkjente gjenvinningsaktører. Betongavfall fra mindre prosjekter eller privatpersoner kjøres direkte til avfallsanlegg (Rønning et al., 2016). Det finnes derfor delstrømmer som faller utenfor den generelle statistikken som er forbundet med mindre rehabiliteringsprosjekter. Å innhente statistikk fra mindre prosjekter er krevende, men det er antatt at oppussing av badrom i Norge alene genererer mellom 20 000 - 50 000 tonn betongavfall hvert år (Rønning et al., 2016).



Figur 7 Andel tonn av tyngre bygningsmaterialer med tilhørende behandlingsmetode i perioden 2013 til 2017 (SSB, d.d.-b).

3.4.3 Trevirke

I 2017 ble det generert 778 000 tonn trevirke totalt i Norge, hvor hele 94% av dette ble sendt direkte til energiutnyttelse (Miljødirektoratet, 2019d). Byggebransjen sto for 32,5% av totalen som tilsvarer 253 529 tonn, og det er typisk gamle trebord, avkapp og flis (Chaudhary, 2019). I plukkanalysen gjennomført av Hjellnes Consult fant de ut at trevirke utgjorde 27,6% av restavfallet. Dette tyder på at trevirke er en fraksjon som blir feilsortert, og kunne vært unngått (Hovland & Wærner, 2015). EU har i tillegg satt krav til at 80% av treemballasjen skal gjenvinnes innen 2030, noe som betyr at det er viktig å få trevirket ut av restavfallet, og blant annet ta i bruk gjenvinnbare Europaller (Commission, 2014).

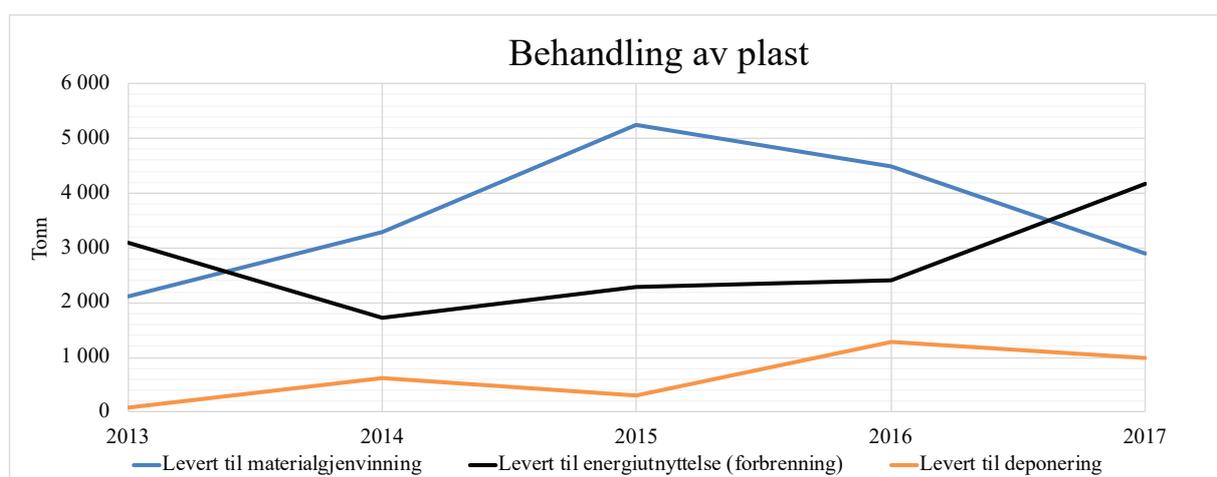
3.4.4 Gips

Mengden sortert gips i SSB sin statistikk er lav (Bjerkli, 2015), da mye av gipsen havner i restavfallet eller på deponi (Hovland & Wærner, 2015). Gips blir mye brukt i kontorbygg, og på grunn av høy utskiftning av leietakere og krav til tilpassede løsninger, øker mengden

gipsavfall. Dette forklarer hvorfor 96% av gipsavfallet genereres under nybygging og renovering (Rønning et al., 2016). I 2016 estimerte Østfoldforskning at det vil oppstå i størrelsesorden 125 000 tonn gipsavfall i 2020, men at rundt 80% av dette kan materialgjenvinnes (Rønning et al., 2016). Per 2017 materialgjenvinnes rundt 55% av gipsavfallet, mens de resterende 45% sendes til deponi (SSB, d.d.-b). I august 2018 åpnet Norsk Gjenvinning et nytt gjenvinningsanlegg for gipsavfall i Holmestrand, som er et 50/50 samarbeid med New West Gypsum Recycling. Gjenvinningsgraden på anlegget er over 90%, og anlegget har tillatelse til å ta imot 40 000 tonn gips per år. Anlegget tar imot gipsavfall fra både riveprosjekter, nybygg og produksjonsspill, og er dermed et viktig bidrag mot å nå gjenvinningsmålet på 70% innen 2020 (Norsk Gjenvinning, 2018).

3.4.5 Plast

Plastavfall er en fraksjon som skaper store problemer dersom det ikke blir forsvarlig håndtert. Per dags dato blir omtrent 39% av plasten materialgjenvunnet, men det er da kun det som defineres som emballasje. Andre plasttyper sendes hovedsakelig til energiutnyttelse, men myndighetene jobber med gjenvinningskrav til disse (Miljødirektoratet, 2019c). EU har satt mål om 60% materialgjenvinning av plastavfallet innen 2030 (Commission, 2014). Figur 8 viser at materialgjenvinning av plast var på det høyeste i 2015 (SSB, d.d.-b). Siden da har andelen til materialgjenvinning gått ned, mens andelen til energiutnyttelse har økt. Dette er motsatt utvikling av EU sine krav.



Figur 8 Antall tonn plastavfall med tilhørende behandlingsmetode i perioden 2013 til 2017 (SSB, d.d.-b).

3.4.6 Papp og papir

Samlebetegnelsen papp og papir inneholder flere ulike underfraksjoner, men består hovedsakelig av emballasje og trykksaker (Miljødirektoratet, 2019b). EU har som mål at 90% av papp og papir skal materialgjenvinnes inne 2025 (Commission, 2014). Per 2017 ble omtrent 85% av dette sendt til materialgjenvinning (Miljødirektoratet, 2019b). Materialgjenvinning av denne fraksjonen krever et fuktinnhold på maksimalt 10%. Dersom fuktinnholdet er over 10% er det vanskelig å materialgjenvinne fraksjonen, og det blir da sendt til energiutnyttelse (Bjerke, 2015).

3.4.7 Potensiell sorteringsgrad

Det er behov for teknologisk utvikling av gode nedstrømsløsninger for å øke andel til materialgjenvinning. I undersøkelsen gjennomført av Hjellnes Consult våren 2014 vises det til at den største hindringen til økt utsortering på avfallsmottaket er mangel på nedstrømsløsninger (Wærner & Saxegaard, 2014). COWI gjennomførte en analyse av tilgjengelig avfallsstatistikk per 2015, for å finne realistisk potensial for utsortering ved kombinasjon av kilde- og sentralsortering. Ut fra SSB sin statistikk om at 20% av levert avfall er usortert (Bjerkli, 2015) og Hjellnes Consult sine plukkanalyser som konkluderer med at 65% kan utsorteres sentralt (Hovland & Wærner, 2015; Wærner & Saxegaard, 2014), konkluderer COWI med at man kan sortere ut totalt 93% med en kombinasjon av kilde- og sentralsortering (Bjerkli, 2015).

Gjenvinning av materialer har lavere klimautslipp sammenlignet med utvinning av nye materialer fra jomfruelige råvarer. Ressursene i byggavfall som er forhåndssortert har i tillegg høyere kvalitet enn ressurser hentet ut fra byggavfall som ikke er forhåndssortert (Ghisellini et al., 2018). Separering på stedet er derfor nødvendig for å skape renere fraksjoner inn til behandlingsanlegg som gjør det mindre krevende å materialgjenvinne eller gjenbruke ulike materialer senere (Sormunen & Kärki, 2019). I tillegg er det viktig å få farlig avfall sortert ut på stedet, slik at man unngår at det blir værende i det sirkulære kretsløpet og spres unødvendig (Pettersen, 2019).

3.4.8 Gjenbruk

Produsenter av nye produkter kjenner til hvilke råstoffer som inngår og hvordan fremstillingen foregår. Når det gjelder gjenbruk av bygningsmaterialer er imidlertid en av hovedutfordringene nettopp mangelfull dokumentasjonen av egenskaper. Dette er grunnen til at få entreprenører og

utbyggere ønsker ta på seg ansvaret for å dokumentere produktinnhold dersom det skulle forekomme skader eller økonomisk tap for byggherre senere. Noen bygningsmaterialer kan tas i bruk uten store komplikasjoner, men det kreves likevel en kompetanseheving i hele bransjen både med tanke på utforming av produkter for fremtidig gjenbruk, riving med hensikt å gjenbruke, og nybygging hvor det tas i bruk gjenbruksmaterialer (Nordby, 2018).

Per dags dato er rammebetingelsene knyttet til bruk av nye og brukte byggevarer helt like, men de slår mer positivt ut for nye byggevarer (Pettersen, 2019). Regelverket er til for å sikre at bygg er forsvarlige med tanke på brannmotstand, vanngjennomtrengning, innholdet av helse- og miljøskadelige stoffer m.m. (CPR, 2017). Siden vi er et EØS-land, er vi forpliktet til å følge EUs byggevarerforordning om CE-merkede byggevarer. Denne forordningen stiller krav til at byggevarer trenger ytelseserklæring for å dokumentere vesentlige egenskaper, samt at varen må være CE-merket. Forordningen stiller derimot ikke krav til byggevarer som ikke omsettes, ved at de brukes om igjen i samme bygg eller av samme eier i et annet bygg. I tillegg blir det stilt nasjonale krav til dokumentasjon av byggevarer som ikke er nevnt i byggevarerforordningen (DOK, 2013).

Noen analyser viser at enkelte byggeprosjekter kan få betydelige lavere klimagassutslipp ved gjenbruk (Pettersen, 2019). Likevel er ikke miljøpotensialet knyttet til gjenbruk utslagsgivende. Med en andel på 10% gjenbruk, vil man kun klare å redusere klimagassutslippene med 2% sammenlignet med dagens utslipp fra produksjon, transport og avfallsbehandling av nye bygningsmaterialer (Nordby, 2018). Da er det betinget av at man faktisk klarer å bruke 10% av avfallsmengden fra nybygg og rehabilitering om igjen, og det er ikke gitt (Pettersen, 2019).

Tilgangen og etterspørselen etter gjenvunnet og gjenbrukte materialer er nærmest fraværende i byggebransjen, og kan derfor ses på som en essensiell barriere mot å redusere avfallsmengden. Firmaer som er klare for å gjøre store omstillinger med overordnet fokus på integrering av sirkulære prinsipper, har lettere for å ta i bruk gjenvunnet og gjenbrukte materialer og fjerne disse barrierene. Det må derfor legges til rette for gode systemer for gjenbruk for å få opp etterspørselen og ned klimagassutslippene (Pettersen, 2019). Her spiller byggherrer og entreprenører i byggesektoren en sentral rolle i å utvikle et marked hvor de både kan tilby og etterspørre gjenvunnet og gjenbrukte varer (Nußholz et al., 2019).

Obos, Betonmast og AF Gruppen er drivere av Byggenæringens nye kunnskapspark Construction City, som har mål om å bli et av verdens fremste kompetansesenter for bygg-, anleggs- og eiendomsbransjen (Construction City, d.d.). I tillegg har Obos og Entra startet opp prosjektet «*Ombruk*» i samarbeid med Norsk Gjenvinning, for å sikre høyere gjenvinningsgrad av tre- og betongavfall. Når slike store utbyggere går sammen om prosjekter, er det lettere å påvirke produsentene, og samtidig få andre mindre utbyggere og entreprenører til å tenke i samme baner (OBOS, 2019).

3.4.9 Transportavstand

Flere studier konkluderer med at lokaliseringen til behandlingsanlegg har mye å si for miljøregnskapet til byggeprosjekter, da transportavstand og transportmiddel er avgjørende for det totale miljøregnskapet (Bovea & Powell, 2016; Coelho & De Brito, 2012; Di Maria et al., 2018; Ghisellini et al., 2018; Sormunen & Kärki, 2019). Sormunen og Kärki (2019) påpeker blant annet at det ikke er bevist at sortering av byggavfall har signifikant påvirkning på miljø nettopp grunnet transportavstanden. Shi et al. (2019) mener videre at plassering av behandlingsanlegg er essensielt med tanke på økonomiske og miljømessige effekter.

På en annen side er det snakk om store volum som skal fraktes, og man må ta substitusjonseffekten i betraktning (*Engelsk: Avoiden Burden*) for å komme frem til om det er miljømessig lurt å bruke gjenvunnet materiale (Bovea & Powell, 2016; Di Maria et al., 2018; Ding et al., 2016; Hossain et al., 2016). Flere studier konkluderer med at miljønyttene ved gjenvunnet materiale er mye større enn de negative effektene knyttet til transport av avfallet (Coventry et al., 2016; Merrild et al., 2012; Rønning et al., 2016; Raadal et al., 2009; Raadal et al., 2016; Turk et al., 2015). Blant annet konkluderer Ortiz et al. (2010) med at det er bedre å gjenvinne avfallet enn å legge det på deponi på tross av lange transportavstander, da det er behandlingen og hva avfallet erstatter som er utslagsgivende for klimaregnskapet.

3.5 Suksessfaktorer knyttet til avfallshåndtering

3.5.1 Krav og reguleringer

Det er behov for strengere lovgivning dersom man ønsker å oppnå effektiv materialgjenbruk (Akinade et al., 2016). I en undersøkelse gjennomført av Hjellnes Consult i 2014 svarte 48% av entreprenørene at det å levere restavfall er for billig (Wærner & Saxegaard, 2014). Myndighetsregulering må derfor være med å drive gjennom endring ved å oppfordre til beste

praksis slik at en høyere andel avfall blir gjenbrukt eller gjenvunnet (del Río Merino et al., 2010). Dette handler om å sikre markedet gjennom at det både er nok mengder tilgjengelig, men også til riktig kvalitet og verdi. Gjenbrukt eller gjenvunnet materiale må være konkurransedyktig mot de nåværende materialene som brukes, og da trengs det støtte fra myndighetene (Huang et al., 2002; Nußholz et al., 2019). Mengden byggavfall som går til deponi kan blant annet reduseres gjennom høyere deponiavgifter, noe som virker som et insentiv for økt gjenbruk og gjenvinning (Hao et al., 2019).

Nußholz et al. (2019) legger frem at det finnes ulike politiske instrumenter både laget av EU og av medlemslandene selv. Dette for å sikre effektiv håndtering av avfallsressursene og fremme sirkulær økonomi. Videre finnes det ulike bygningskoder med bindende regler for hvordan man skal ta hensyn til offentlig helse, sikkerhet og materialstandard. Det finnes også ulike frivillige sertifiseringsordninger som blant annet BREEAM, som gir poeng knyttet til materialbruk og avfallshåndteringen, og disse ordningene har vært mer drivere enn selve myndighetsreguleringen av byggavfall (Nußholz et al., 2019). Likevel er det en manglende standardiseringsprosess knyttet til gjenvinning og gjenbruk av byggavfall, da alle land har egne teknologier og standarder siden sammensetningen av byggavfall varierer veldig. Manglende felles regelverk gjør kontrollprosedyre vanskelig å kontrollere (Bansal et al., 2016).

Byggherrer på bestillersiden må forstå viktigheten av å stille interne krav til god avfallshåndtering med fokus på sertifiseringsordninger, sorteringskrav, andel gjenbrukte materialer og avfallsreduksjon. At byggherrer stiller krav, kan virke som en driver og samtidig føre til en omstilling, da byggebransjen må kunne tilfredsstille byggherrers behov for å overleve konkurransen. Ved å kombinere ulike avfallsstrategier, kan håndteringen forbedres samtidig som nettoinntekten økes (Hao et al., 2019). På sikt vil mengden byggavfall kunne reduseres ved å samarbeide med underentreprenører som fokuserer på avfallsreduksjon og myndighetenes utvikling av incentivordninger knyttet til byggavfall (Nußholz et al., 2019).

3.5.2 Planleggingsfasen

I planleggingsfasen kan det legges føringer på avfallsgenerering i senere faser grunnet konsept og avgjørelser (Akinade et al., 2018; Bossink & Brouwers, 1996; Chandrakanthi et al., 2002; Ekanayake & Ofori, 2000; Faniran & Caban, 1998; Innes, 2004; Osmani et al., 2006; Osmani et al., 2008). I denne fasen er det nemlig fleksibelt og kostnadseffektivt å gjøre endringer som

direkte medfører avfallsreduksjon. Her har arkitekter et ansvar for å prioritere avfall like høyt som deadline og kostnader under selve prosjekteringen, ved blant annet å implementere muligheten for å ta i bruk gjenvunnet materiale uten at det går på bekostning av kvaliteten (Akinade et al., 2016; del Río Merino et al., 2010; Ingrao et al., 2018; Lam et al., 2019; Sapuay, 2016).

Det er viktig å fokusere på avfallshåndtering, demonterbare bygg og levedyktige materialer når man skal prosjektere byggene, da det er lettere å gjøre endringer under planleggingsfasen enn når bygget er ferdigstilt (Akinade et al., 2015; Akinade & Oyedele, 2019; Ekanayake & Ofori, 2004; Faniran & Caban, 1998; Osmani et al., 2008). Derfor må man ta i bruk materialer som tilfredsstiller behovet over hele bruksfasen til bygget, samt etter byggets levetid. Man skal både ha et sikkert bygg i løpet av dets levetid, og legge til rette for gjenvinning eller gjenbruk av materialene i etterkant (Akinade et al., 2015).

3.5.3 Avfallshåndteringssystemer

Det er avgjørende å inkludere avfallsplaner i de overordnede fremdriftsplanene (Batayneh et al., 2007; Jaillon et al., 2009). Her må noen ha ansvar for å informere om de økonomiske og miljømessige gevinstene ved å fokusere på god avfallshåndtering, lage gode planer, iverksette praksiser og følge opp aktiviteter (Akinade et al., 2018). Riktig avfallshåndtering og eventuelle konsekvenser ved feil håndtering, bør være nedfelt i alle kontrakter og arbeidsbeskrivelser. Videre må entreprenører følges opp av byggherre på at de har laget avfallsplaner som er overens med de overordnede målene, at underentreprenører organisere sine innkjøp slik at de unngår akkumulering av avfallsmateriale, og at leverandører henter emballasje og brukte varer som del av deres tilbud. Til slutt bør det oppmuntres til god sorteringspolitikk i ulike prosjekter, for å skape engasjement og forståelse (Sapuay, 2016).

Gjenbruk ved rehabilitering og riving krever profesjonelle «*demonterere*», da det trengs spesialkunnskap om hvordan man skal demontere verdifulle deler og håndtere dem slik at de kan gjenbrukes uten mye reparasjon (Akinade et al., 2016; Coelho & De Brito, 2012). Stål er et eksempel på godt gjenbruksmaterieell siden det lett kan kuttes og sveises sammen igjen slik man ønsker det. I tillegg er det nødvendig med profesjonelle «*demonterere*» med tanke på forsvarlig håndtering av farlig avfall (Sormunen & Kärki, 2019).

Bruken av prefabrikkert material reduserer avfallet fra byggeplassen som skyldes miksing, feilkutting og overskuddsmateriale (Lam et al., 2019). Gálvez-Martos et al. (2018) og Jaillon og Poon (2014) har antatt at bruken av prefabrikkert materiale kan redusere avfallsstrømmen med over 80%, noe som betyr at man potensielt kan spare 80-100 kg avfall per 100 m² gulvareal. Prefabrikkert materialer bidra til forenkling av kvalitetskontroll og oppfølging av miljø, helse og sikkerhet på byggeplasser, samt at det blir enklere å bygge (Jaillon & Poon, 2014). Bruken vil være noe begrenset av den høye kostnaden (Hsieh, 1997), selv om det påpekes at nytten totalt sett vil være høyere enn kostnaden i denne saken (Baldwin et al., 2008).

Demonterbare forbindelser gjør det lettere å bruke materialer på nytt senere, men det må da inkluderes allerede i planleggingsfasen dersom det skal ha størst mulig effekt (Akinade et al., 2015). Til tross for utfordringer knyttet til usikre kostnader og kompetanse knyttet til demonterbare bygninger, er fordelene ved gjenbruk av disse demonterbare materialene høyere enn kostnadene dersom de beholdes etter byggets endte levetid (Oyedele, 2013). Per dags dato er det likevel ikke noe lovverk som pålegger folk å bygge demonterbart eller bruke demonterbare materialer. Dermed er det både lav etterspørsel etter og lite av slike materialer. Akinade et al. (2016) anbefaler at prosjektering for enkel demontering bør gis høyere score i sertifiseringsprogram som blant annet BREEAM, for å gjøre det mer attraktivt. Vanligvis er ikke bygninger konstruert for å kunne demonteres, så det skal et skifte til i både tenkemåte og planleggingsprosess.

3.5.4 Teknologisk utvikling

I fremtiden må vi anta at teknologiske hjelpemidler spille en mer sentral rolle i byggeprosjekter enn det gjør per dags dato. Akinade et al. (2018) forklarer at BIM er et eksisterende hjelpemiddel som blant annet kan bidra til å forebygge avfall, men det er ikke hyppig brukt med tanke på avfallshåndtering per dags dato. Tidligere har BIM først og fremst blitt brukt som en 3D-presentasjon av bygget (Graphisoft, 2019; Poljansek, 2017). BIM-standarden (NS 8360) som nå er under utvikling, er standardisert typekoding og klassifikasjon av ulike objekter som kobler egenskaper og verdier til IFC-modellen som omhandler fri flyt av data (Cobuilder, 2016; Graphisoft, 2019; Poljansek, 2017; Standard Norge, 2017). Standardiseringen av dette verktøyet er med på å skape økt digital samhandling, samt at det gjør det lettere å håndtere avfallet riktig underveis i byggeprosjektet og materialene vil være sporbare etter endt levetid (Cobuilder, 2016; Graphisoft, 2019; Poljansek, 2017). Ved å skape en score i BIM som

objektivt måler graden av materialsammensetning, kan man bruke dette videre som sammenligningsgrunnlag når man skal velge mellom ulike byggematerialer, uten at det påvirker byggets form eller funksjon (Akinade et al., 2015).

3.5.5 Holdningsendringer

Resultatet av avfallshåndtering vil avhenge av hvordan man informerer de involverte, hvordan de inkluderes i planleggingsfasen, og hvordan de ulike prosessene er implementert i praksiser gjennom hele prosjektperioden. Det er vesentlig at alle involverte føler eierskap til avfallsplanen, er innforstått med målsettingen, negative konsekvenser ved eventuelle avvik og individuelle avfallstillatelser (del Río Merino et al., 2010; Lam et al., 2019; Saez et al., 2013). Ved å fokusere på «myke» endringer hvor man påvirker holdning og motivasjon knyttet til avfallshåndtering (Lu & Yuan, 2011), er det vesentlig å få frem at avfallshåndtering ikke påvirker fremdriften eller hindrer måloppnåelse. Det er derfor behov for en strategi som samkjører byggeprosjektets konkrete måloppnåelser med langsiktige planer (som bærekraft) for å minske gapet mellom slike mål (Bakchan et al., 2019).

Direkte kontakt med underentreprenører er nødvendig for å oppnå avfallsreduksjon (Tam et al., 2007). Planlegging og gode kontrakter med ulike leverandører må nemlig gå hånd i hånd (Lam et al., 2019). Her kan en holdningsendring mot en sirkulær økonomi gjøre det mulig for leverandører av materialer og tjenester til byggebransjen å kommunisere på en annen måte enn tidligere (Akinade & Oyedele, 2019). Leverandørkjeden er definert av Christopher (1998) som *«nettverket av organisasjoner som er involvert, gjennom oppstrøms- og nedstrømskoblinger, i de forskjellige prosessene og aktivitetene i form av produkter og tjenester i hendene på den endelige kunden»*. Denne definisjonen presiserer viktigheten av å inkludere både oppstrøms- (leverandører, underleverandører og spesialentreprenører) og nedstrømsleverandører (entreprenører og materialprodusent). Ineffektiv samhandling mellom disse to interessentene vil oftest føre til mislykkede prosjekter (Akinade & Oyedele, 2019).

Cecilie Lind (2019) fra Avfall Norge, la frem en oversikt over avfallsfokuset i løpet av et byggeprosjekt på Tekna Bygg sitt frokostmøte 19.september 2019. Deres antagelser, som vist i Tabell 2, er at avfallsfokuset først oppstår ute på byggeplassen. Likevel mener de at mye av avfallet kan minimeres dersom avfallsfokuset er tilstede helt fra starten av prosjektet.

Tabell 2 Avfall Norge sin antagelse angående hvor avfallsfokuset er i dag i løpet av et byggeprosjekt, og hvor det bør være i fremtiden for et best mulig avfallsregnskap.

Hvor i prosjektet?	I dag	Ideelt
Designerfasen (<i>planlegging</i>)	5 %	60 %
Innkjøpsfasen (<i>kravstillingene</i>)	15 %	30 %
På byggeplass (<i>sorteringsløsningen</i>)	79 %	15 %
Etterkontrollen (<i>byggherre</i>)	1 %	5 %

3.5.6 Økonomisk lønnsomhet

Den økonomiske lønnsomheten avhenger hovedsakelig av materialsammensetningen til avfallet (Sormunen & Kärki, 2019). Dette er igjen sterkt knyttet opp mot prosjektering, rivningsstrategier, bygningstyper, lokasjon, antall og størrelse på avfallsanlegg, samt egenskapene og markedet for gjenvunnet materiale, i tillegg til spesifisering i kontrakter mellom byggherre og underleverandør, samt regulering og lovverk (Huang et al., 2002; Sormunen & Kärki, 2019).

Økonomiske virkemidler har en stor påvirkningskraft på resultatet av avfallshåndteringen. Lave deponiavgifter motiverer nemlig forurensere til å kaste mesteparten av deres avfall på deponi, slik at samfunnet står igjen med miljøkostnadene. Økonomiske virkemidler kan derfor trekkes inn i avtaler med underleverandører. Det bør presiseres at de står økonomisk ansvarlig for sin egen forurensning i form av avfallsgenerering, mens unngått generering kan ses på som et insentiv. Likevel er det ikke helt rettferdig å straffe entreprenørene, da man kanskje heller bør gå til leverandører og kreve bedre materialer. Her er det viktig at hele bransjen samhandler (Lu & Yuan, 2011).

Avfallshåndtering kan være en sentral bidragsyter til den nasjonale økonomien når uttak av naturlige ressurser skal reduseres samtidig som man skal opprettholde materialkvaliteten i ulike byggeprosjekter (Islam et al., 2019). Mengden byggavfall vil likevel varierer i ulike økonomier, og direkte sammenligninger bør derfor gjøres med forsiktighet, siden prosentsatsen er påvirket av lokale forhold som økonomi, befolkning, område og holdninger (Lu & Yuan, 2011). Ingen standard metode kan heller innfri absolutt alle ønskede scenarier, men passende metode bør velges i henhold til faktiske kvantifiseringsmål og realistiske forhold på en konkret byggeplass (Wu et al., 2014).

4. Metodikk og datagrunnlag

4.1 Generell forskningsmetode

Datainnsamlingen i oppgaven har vært en kombinasjon av kvantitativ og semi-kvantitativ metode. Her ble den kvantitative metoden brukt til å gi en oversikt eller forklaring basert på informasjon fra et stort antall enheter som måles i tall (Dahlum & Tjernshaugen, 2019; Tjora, 2012), mens den semi-kvantitative metoden ble brukt til å oppnå forståelse eller innsikt i de analyserte temaene fra et mindre utvalg (Malt & Tjernshaugen, 2019; Silverman, 2015; Tjora, 2012). Videre har flere ulike analysemetoder blitt tatt i bruk for å besvare de ulike forskningsspørsmålene. Først ble det gjennomført en materialstrømsanalyse (MFA) basert på innhentet avfallsstatistikk. Deretter ble det gjennomført en årsaksanalyse for å undersøke hvorfor det har vært endringer i avfallsstatistikken. Avslutningsvis ble det gjennomført en livsløpsanalyse (LCA) og en livssyklus kostnadsanalyse (LCC) for å finne den beste behandlingsmetoden av utvalgte fraksjoner fra materialstrømsanalysen.

4.2 Del 1 – Materialstrømsanalyse (MFA)

4.2.1 Bakgrunn for valg av analysemetode

MFA er en systematisk vurdering av materialstrømmer i et system som er definert i tid og rom (Brunner & Rechberger, 2004). De dynamiske sidene av MFA-modellen gjør det mulig å se nærmere på endringer over tid og hvilke parameter som har de største påvirkningene på systemet (Bergsdal et al., 2007). Dette er en av grunnene til at modellen aktivt blir brukt som beslutningsverktøy innen miljø-, ressurs- og avfallshåndtering (Brunner & Rechberger, 2004). Resultatene blir gjort om til målbare enheter og gjør dataanalysen objektiv (Tjora, 2012). De miljømessige effektene man blir oppmerksom på ved bruk av MFA-modellen, kan senere analyseres nærmere ved å ta i bruk LCA og LCC (Turner et al., 2016), som blir nærmere beskrevet i kapittel 4.4.

4.2.2 Innhenting av data

Data til MFA i denne oppgaven ble hentet inn ved å ta i bruk vektrapporter og plukkanalyse fra Norsk Gjenvinnings interne systemer, samt offentlige avfallsstatistikker fra SSB. Bakgrunnen for hvordan vektrapporter og plukkanalyser genereres er nærmere beskrevet i henholdsvis kapittel 4.2.3 og 4.2.4. Tallene fra SSB ble funnet ved å gå inn på «Statistikk», deretter «Bolig, bygg og eiendom» og til slutt velge «Bygg og anlegg». Her finnes det både statistikk,

publikasjoner, artikler og faktasider. Bakgrunnen for SSB sin avfallsstatistikk, samt konkrete valg og avgrensinger er nærmere beskrevet i kapittel 4.2.5.

4.2.3 Vektrapporter

Hver gang avfall skal leveres hos Norsk Gjenvinning av kunden selv eller av en transportør fra Norsk Gjenvinning, må bilen med avfall kjøre over en vekt og informere om hvilken type avfall det er på bilen. Bruttovekten blir dermed registrert på bilen med riktig avfallskode, før de kjører over en ny vekt igjen på vei ut av anlegget og registrerer såkalt emballasjevekt. Differansen mellom disse to vektene blir oppgitt som nettovekt. Både store og små kunder kan levere avfall på denne måten. Store kunder har gjerne sjåfører med egne veikort slik at avfallet automatisk blir registrert på riktig prosjekt. Små kunder kan opprette egne kundenummer selv om de er privatpersoner, men registreringen foregår da hovedsakelig manuelt. Dersom systemet eller kortet ikke fungerer, vil registrering bli gjort manuelt. Det er derfor en egen kolonne som kalles «*manuell registrering*» slik at man hele tiden har oversikt over eventuell menneskelig svikt.



Figur 9 Innkjøring til Norsk Gjenvinning sitt anlegg på Alnabru. Bildet hentet fra Google Maps (27.10.2019).

Informasjonen fra innveingene lagres i et system som heter SAP. Dette er et verktøy som brukes for å holde oversikt over blant annet innveinger og fakturering (SAP, d.d.) gjort innad i Norsk Gjenvinning konsernet. Alt fra avfallsanlegg, materialkode, nettovekt, kunde og registreringsnummer på bilen til salgsdokumenttype, fakturanummer og fakturadato blir registrert her. Dette programmet er direkte koblet opp mot QlikView, som er et analyseverktøy som enkelt visualiserer data (QlikView, d.d.). Her kan man filtrere på ønskede kategorier og lage rapporter basert på de variablene man ønsker å ha med.

4.2.4 Plukkanalyse

Norsk Gjenvinning gjennomfører månedlige plukkanalyser av mottatt restavfall. Da fylles graveskuffen på en hjullaster med tilfeldig utvalg fra haugen med alt restavfall, før det så tippes over i en standard beholder som veies. Deretter spres avfallet utover på fast dekke på et område hvor man ikke blir forstyrret av annen drift på anlegget. Avfallet sorteres manuelt basert på en standard tabell for avfallsfraksjoner som er sendt ut på forhånd, og de sorterte fraksjonene puttes i en standard plastboks før den veies. Vektprosenten føres inn i et standard skjema for plukkanalyse sammen med bilder av fraksjonene i boksen, hvor størrelsesorden representeres av en smarttelefon. Skjemaet sendes til Compliance avdelingen i Norsk Gjenvinning Downstream, som fører dette inn i et Excel-dokument. Her er det plukkanalyser tilbake til juli 2016.



Figur 10 Bilder fra plukkanalyse hos Norsk Gjenvinning mars 2019. Bildet til venstre viser det representative avfallet spredt utover fast dekke før det er sortert. Bildet til høyre viser en sortert beholder med treavfall med en smarttelefon som representerer størrelsesorden.

4.2.5 Offentlig avfallsstatistikk

Avfallsstatistikken fra SSB har to års etterslep, så den nyeste informasjonen som ligger ute er tall fra 2017. I tillegg baserer de seg på statistikk hentet fra sluttrapporter tilknyttet søkepliktige utbyggingstiltak, noe som gjør at alt avfall generert fra små og mellomstore prosjekter faller utenfor (SSB, 2019a). Likevel er SSB den mest oppdaterte statistikkbanken tilgjengelig, og tallene herifra er derfor valgt å ta med videre som sammenligningsgrunnlag.

SSB sin statistikkbank ble aktivt brukt for å hente ut informasjon om blant annet genererte mengder avfall (SSB, d.d.-a), behandlingsmetoder (SSB, d.d.-b), igangsatte og ferdigstilte bygg i m² (SSB, d.d.-c; SSB, d.d.-d), økonomisk utvikling i byggebransjen (SSB, d.d.-e) og

produksjonsindeks for byggevirksomheten (SSB, d.d.-f). Da de ønskede variablene var valgt, ble de ulike tabellene eksportert til Excel for videre analyse.

4.2.6 Databehandling og klargjøring for analyse

Vektrapportene hentet ut fra QlikView blir oppgitt i kilo, så disse ble konvertert til tonn. Deretter ble avfallskategoriene ytterligere splittet opp, da kategorien «Masser og annet uorganisk materiale» inneholdt blant annet forurensede masser og gips, mens «Bioavfall og slam» inneholdt blant annet rent trevirke og matavfall fra brakkerigg.

Videre i denne oppgaven, ble det antatt at anleggsavfall sto for 15% av den leverte andelen under bransjekategorien «Bygg- og anlegg» hos Norsk Gjenvinning sitt anlegg på Alnabru. Dette var for å kompensere for den manglende delingen mellom byggavfall og anleggsavfall. De resterende 85% ble tatt med i videre beregning av byggavfall i Oslo-området. Deretter ble mengde per år per avfallskategori analysert og presentert for å se på endringen. Prosentvis endring fra 2012 til og med 2018 ble beregnet, hvor negativ prosent indikerte nedgang i avfallsmengde, og positiv prosent indikerte økning. Denne beregningen tok utgangspunkt i 2018 som siste oppdaterte år, da 2019 kun har tall frem til og med oktober. Det virket derfor mer representativt å ta utgangspunkt i et fullført år.

Excels trendlinjefunksjon ble tatt i bruk for å forutse hvordan total mengde byggavfall, sorteringsgrad og restavfall fra byggeprosjekter kan antas å se ut i fremtiden. Excel analyserer den generelle utviklingen til de eksisterende dataene for å beregne en modell og R^2 -verdi som best representerer de målte dataene bakover i tid, og framskrivningen blir deretter basert på de historiske variasjonene (Microsoft Office Support, 2019).

For å analysere framskrivningene ble både lineær og ikke-lineær regresjonsanalyse benyttet. Regresjonsanalyse er en statistisk analysemetode som ifølge Store norske leksikon brukes til å «beskrive sammenhengen mellom én eller flere uavhengige variabler og en avhengig variabel» (Braut & Dahlum, 2018). I lineær regresjon forklares sammenhengen med en rett linje, mens i ikke-lineær forklares sammenhengen med en kurvet linje (Braut & Dahlum, 2018). Dataene vi har fra før av er de uavhengige variablene, og resultatet vi ønsker å analysere er den avhengige variabelen. I regresjonsanalyse får man oppgitt en R^2 -verdi som sier noe om hvor stor del av variansen i de uavhengige variablene som kan bli forklart av den valgte modellen. Dersom R^2

er 0,95, vil det si at 95% av de faktiske observasjonene som er gjort kan forklares gjennom modellen som blir satt opp. Jo nærmere R^2 er 1, desto bedre er modellen (Bakken, u.å.).

Både lineære funksjoner og ikke-lineære funksjoner som eksponentiell, logaritmisk, 2.grads polynom og potens ble testet. I alle tilfellene ga en 2.grads polynomlinje høyest R^2 -verdi. Denne type trendlinje ble derfor tatt i bruk for å framskrive total mengde og sorteringsgrad. For å framskrive andel restavfall isolert sett, ble en potens-trendlinje tatt i bruk, da denne ga en mer realistisk framstilling av fremtidig mengde. Antall perioder trendlinjene ble framskrevet var avhengig av hvor langt tilbake datagrunnlaget strakk seg, samt hvilken oppløsning dataene hadde. Tabellen nedenfor er en oppsummering av de ulike situasjonene som er framskrevet. Utdrag av hvordan dette ser ut i Excel finnes i Vedlegg 1.

Tabell 3 Oversikt over valgte parametere for å presentere fremtidige prognoser av ulike scenarier.

Figurtittel	Figurnr.	Trendlinje	Framskrivning
Framskrivning av avfall fra bygg- og anleggsbransjen frem til 2030	21	2.grads polynom	15 perioder (tilsvarer antall år)
Framskrivning av avfall fra byggeprosjekter i Oslo-området frem mot 2030	22	2.grads polynom	15 perioder (tilsvarer antall år)
Framskrivning av sorteringsgrad i Oslo-området frem mot 2030	23	2.grads polynom	11 perioder (tilsvarer antall år)
Framskrivning av restavfall fra byggeprosjekter frem mot 2030	24	Potens	11 perioder (tilsvarer antall år)

4.2.7 Feilkilder i materialstrømsanalyse

Dataene som er hentet ut fra Norsk Gjenvinning og SSB bærer preg av at de er delt opp i samlebetegnelsen «Bygg- og anleggsavfall». Som flere presiserer, er det lite isolert statistikk over anlegg, noe som gjør det vanskelig å fordele dette avfallet mellom de to sektorene (Skogedal, 2019). Det er forholdsvis mye anleggsarbeid i Oslo-regionen, noe som betyr at statistikken fra Norsk Gjenvinning mest sannsynlig inneholder noe anleggsavfall.

Plukkanalysene som er gjennomført hos Norsk Gjenvinning har tatt utgangspunkt i fraksjonen restavfall. I restavfallshaugen skilles det ikke på hvor avfallet kommer fra, og dermed er det ikke utelukkende restavfall fra byggebransjen som er analysert. Dette medfører at utsortert avfall ikke representerer feilsorteringen av byggavfall direkte, men er en blanding av avfall fra

flere sektorer. Det meste av avfallet mottatt hos Norsk Gjenvinning på Alnabru kommer imidlertid fra byggebransjen, så dataene ble ansett som rimelig representative og tatt med videre i analysen.

SSB sin avfallsstatistikk har problemer med å fange opp avfallsmengder fra små- og mellomstore prosjekter, noe som gjør at avfallsmengdene ikke er fullstendige. I tillegg er det noe avfall som fortsatt dumpes ulovlig og havner utenfor den generelle statistikken. Dette gjør at bildet på avfallsmengdene ikke er helt korrekte, men de er de mest oppdaterte tilgjengelig.

Det er stor usikkerhet knyttet til det å ta i bruk ikke-lineær regresjon til å forutse fremtiden. En polynom-trendlinje av 2.grad gir riktig nok en bra tilpasning til mange punkter som ellers faller utenfor en rett linje. Likevel kan en eller to variabler som avviker veldig fra trenden påvirke trendlinjens tilpasning i stor grad, som vil si at polynomregresjon er veldig følsom for såkalte «outliners» (Pant, 2013). Dette gjelder også når man tar i bruk potensiell trendlinje. Dersom man i tillegg har en «mettet modell» med mange forklaringsvariabler, kan R^2 -verdien blir for høy. Derfor må man analysere modellen med et kritisk blikk ut fra hva som antas å kunne være et realistisk bilde i fremtiden (Bakken, u.å.).

4.3 Del 2 – Årsaksanalyse

4.3.1 Bakgrunn for valg av analysemetode

I denne analysen ble semistrukturert intervju, også kalt dybdeintervju, tatt i bruk for å analysere årsaken til endringer i mengde restavfall fra byggeprosjekter. Det var ønskelig å ta i bruk dybdeintervjuer for å finne subjektive forklaringer på holdninger knyttet til dagens avfallshåndtering og tilhørende regelverk, samt å finne motivasjonsfaktorer for fremtidig forbedring på området, som støttes av Kvale et al. (2015). Informantene fikk mulighet til å belyse eventuelle temaer som ikke var fastsatt på forhånd, noe både Tjora (2012) og Kvale et al. (2015) legger frem som en av fordelene ved bruk av dybdeintervju som metode.

Den kvalitative analysen av de innsamlede dataene har være preget av forskersubjektivitet og utvalgt teori. Justesen og Mik-Meyer (2012) og Tjora (2012) understreker at forskere prøver å analysere data basert på teoretisk inspirert tolkning. I denne oppgaven har derfor jeg som forsker en personlig påvirkning som det er viktig at jeg er klar over på forhånd, da det direkte påvirker datagrunnlaget. Før spørsmålene i intervjuguiden ble utformet, ble det derfor sett på

som nødvendig å gjennomføre en litteraturanalyse for å finne tidligere forskning innen temaet. Funnene ble fremlagt i kapittel 3. Kunnskapsstatus.

4.3.2 Utforming av intervjuguide og klarsignal fra Norsk senter for forskningsdata

Intervjuguiden ble utformet rundt en teori hentet fra Tjora (2012), som presiserer at det er hensiktsmessig å lage en slik guide for å klare å strukturere intervjuene. Spørsmålene i intervjuguiden var ikke like spesifikke som i en spørreundersøkelse, men hadde stikkordspregede hjelpespørsmål slik at informantene var noenlunde forberedt på ulike undertemaer.

Det var ønskelig å belyse både den regulerende siden og den utøvende siden av byggebransjen, og dette blir derfor videre referert til som henholdsvis gruppe 1 og gruppe 2 i denne oppgaven. Det ble utarbeidet to intervjuguider, da det virket hensiktsmessig å stille de to gruppene ulike spørsmål, mens temaene var gjennomgående like. Da intervjuguidene var ferdig utarbeidet, ble det sendt en søknad til Norsk senter for forskningsdata (NSD), for å få samtykke til å lagre sensitiv informasjon om informantene. Intervjuguidene og godkjenningen fra NSD ligger i sin helhet i Vedlegg 2, 3 og 4.

Intervjuguidene brukt i denne oppgaven hadde hver fem temaer. Den første delen var en innledning med generelle spørsmål til begge parter. Her ble det stilt spørsmål om hva informantene jobbet med og generelle tanker om avfallshåndtering. Overgangen til del to gikk på mer utfyllende informasjon om avfallshåndtering, fordeler og ulemper, miljømessige og økonomiske gevinster og generelle myndighetskrav. Den neste delen gikk på barrierer informantene møtte på ved sortering av avfall, og temaer de hadde hørt om i bransjen. Den fjerde delen gikk inn på løsninger og fremtidig arbeid mot en bedre avfallshåndtering. Her fikk informantene tenke fritt rundt fremtidige håndteringspraksiser og motivasjonsfaktorer som kunne tenkes å hjelpe dem på veien mot ytterligere reduksjon av restavfall. Den siste delen ga informantene rom for tilføyning og oppklaring. Intervjuene var imidlertid lagt opp til kommentarer og spørsmål underveis, og derfor var det mulighet for å tilføye ting andre steder i intervjuet også.

4.3.3 Rekruttering av informanter

Utvelgelsen av informanter til intervjuer går ut på å velge de som av ulike årsaker antas å ha reflekterte tanker om temaet. Denne oppgaven omhandler byggebransjen, og det var derfor ønskelig å finne informanter fra direktorater og organisasjoner på den ene siden, og informanter fra byggeplasser på den andre siden. Det var altså ikke en tilfeldig rekruttering, men heller en strategisk utvelgelse hvor målet var å finne relevante informanter.

Jørn Frydenlund hos Norsk Gjenvinning var biveileder under skriving av oppgaven. Han har direkte kontakt med kunder fra byggebransjen, og trakk frem fire informanter som kunne bidra med relevant informasjon til oppgaven. Hovedveileder Ole Jørgen Hanssen gjorde det samme, ved å trekke frem relevante aktører fra den regulerende siden. Det ble deretter sendt ut en informasjonsmail til de aktuelle kandidatene hvor oppgaven ble nærmere beskrevet, samt hvorfor de var plukket ut som aktuelle kandidater. De som stilte seg positive til forespørselen mottok deretter samtykkeskjema fra NSD for signering, slik at de ble orientert om deres rettigheter med tanke på eventuell anonymisering i den publiserte oppgaven. Samtykkeskjemaet finnes i sin helhet i vedlegg 5. De fleste valgte å levere den signerte versjonen av samtykkeskjemaet på selve intervjuet, men informerte på mail at de godtok informasjonen. Etter positiv tilbakemelding på samtykkeskjemaet, ble møtetidspunkt for intervju avtalt.

I en utvelgelsesprosess er det vanlig at man starter med et lite utvalg informanter som stadig vokser ved at man får nye tips angående andre relevante informanter. Dette kalles «*snøballmetoden*», da det skal illustrere at utvalget blir større og større som en snøball som ruller (Andrews & Vassenden, 2007). Dette var også tilfellet for noen av informantene i denne oppgaven.

4.3.4 Gjennomføring av dybdeintervjuer

De aktuelle informantene ble tilbudt gjennomføring ut fra hva som passet dem best (f.eks. møte, mobil, mail, Skype), samt at de ble tilbudt anonymitet dersom det skulle være ønskelig. Alle kandidatene ønsket et møte på deres respektive arbeidsplass, og alle intervjuene varte omkring en time. Det var ingen som ønsket anonymitet i forbindelse med publisering av oppgaven.

For å få mest ut av intervjuene, ble det sett på som hensiktsmessig å sende ut intervjuguiden på forhånd. På denne måten kunne informantene forberede seg og komme med eventuelle

tilbakemeldinger på oppgaven. På starten av intervjuene ble informantene informert om hvilke temaer vi beveget oss over i, i henhold til den utsendte intervjuguiden. Den åpne intervjuformen gjorde at det dukket opp andre temaer underveis, så intervjuguiden ble brukt aktivt for å holde en rød tråd.

En båndopptaker ble tatt i bruk for å gi visshet om at alt som ble sagt i løpet av intervjuet kom med. Dette gjorde det lettere å være mer tilstede under selve intervjuet, noe som igjen førte til bedre flyt og oppfølging der det trengtes, akkurat slik Tjora (2012) presiserer. Som NSD nevner, er en stemme å regne som sensitiv informasjon, og man må derfor alltid be om informantens samtykke dersom man skal ta lydopptak. I samtykkeskjemaet sendt ut på forhånd ble informantene derfor opplyst om hvorfor det skulle bli tatt opptak, hvordan opptakene skulle oppbevares, og hvordan opptakene ble behandlet i etterkant av prosjektperioden, slik Tjora (2012) presiserer. Det ble også lagt frem en muntlig forklaring i starten av intervjuene, samt at informantene ble informert om når opptaket startet.

4.3.5 Databehandling og klargjøring for analyse

Intervjuene ble tatt opp på båndopptaker, transkribert, og deretter ble det laget en skriftlig oppsummering. Deretter ble intervjuet delt opp i tre temaer med flere underpunkter. Informantenes meninger ble talt opp ut fra om de hadde nevnt noe om ett eller flere av underpunktene. Deretter ble antall informanter som hadde kommentert de ulike underpunktene, regnet om til prosentandel av totalen. Det virket hensiktsmessig å ha en numerisk opptelling av meningene til informantene, da det virket mer objektivt på tross av at utvalget var lite.

4.3.6 Feilkilder i årsaksanalysen

Dataene som genereres under semistrukturerte intervjuer er intersubjektive, ved at de utelukkende fokuserer på forhold som er knyttet til den konkrete informanten, og kan derfor være vanskelig å sammenligne (Tjora, 2012). Når man i tillegg gjør om fra muntlig språk til skriftlig tekst, blir mye av informasjonen borte. Som Marshall og Rossman (2014) presiserer, snakker man ikke i avsnitt, og man signaliserer heller ikke tegnsetting. Mye av følelsene fra selve intervjuet blir dermed tapt i transkriberingsprosessen.

Utvelgelsen av informanter er avgjørende for resultatet. I semistrukturerte intervjuer har man en strategisk utvelgelse av informanter, og det kan være noen sider av temaet man ikke får

belyst på denne måten (Tjora, 2012). Det kan også hende at man finner ut i etterkant at man gjerne skulle ha belyst noen andre sider av temaet, men at tiden ikke strakk til, noe som også skjedde i enkelte av intervjuene i denne oppgaven. Avslutningsvis er det viktig å reflektere over hvorfor folk melder seg til intervjuer. Noen ser kanskje gevinsten av å kunne snakke om et tema de er opptatt av, mens andre kanskje lokkes av en gave (Tjora, 2012). I forbindelse med denne oppgaven ble derimot ingen gave hverken lovet ut på forhånd eller gitt ut i etterkant, så det er antatt at de informantene som stilte opp var reelt interessert i temaet.

4.4 Del 3 – Miljømessige og økonomiske effekter

4.4.1 Generelle forutsetninger

For både de miljømessige og økonomiske beregningene, ble det tatt utgangspunkt i én konkret kunde av Norsk Gjenvinning grunnet begrenset tid og tilfang av kildemateriell. Denne kunden har en gjennomsnittlig restavfallsandel på 9058,2 kg per år basert på generering fra 2012 til og med oktober 2019. Kunden er fra byggebransjen, og er valgt ut og anonymisert av en ansatt i Norsk Gjenvinning Etterregistrering. Det ble antatt at denne kunden er representativ for andre kunder som leverer byggavfall i Oslo-området, da denne kunden har levert mengder jevnlig de siste årene, og utviklingen av mengder passer den generelle trenden i levert mengde fra byggebransjen i Oslo-regionen.

For analyse av de miljømessige og økonomiske effektene, ble følgende scenarier definert ut fra funnene i plukkanalysene av Norsk Gjenvinning sitt restavfall levert på Alnabu:

- **Scenario 1:** Ha restavfallsbeholderen som den er, med totalt 9058,2 kg per år.
- **Scenario 2:** Sortere ut ytterligere 50% av trevirke fra restavfallet.
- **Scenario 3:** Sortere ut ytterligere 50% av plasten fra restavfallet.
- **Scenario 4:** Sortere ut ytterligere 50% av papp og papir fra restavfallet.
- **Scenario 5:** Sortere ut ytterligere 50% trevirke, 50% plast og 50% papp og papir.

4.4.2 Hensikten med gjennomføring av livsløpsanalyse (LCA)

Hensikten med gjennomføring av en LCA-analyse var å undersøke mulige miljøeffekter ved en ytterligere utsortering av andel rene fraksjoner i restavfall fra byggeprosjekter. Det er gjennomført plukkanalyser hos Norsk Gjenvinning på Alnabu siden juli 2016 for å analysere hva det mottatte restavfallet består av. Disse tallene ble brukt som utgangspunkt for å se hvor

stor andel av restavfallet som kunne vært utsortert som henholdsvis trevirke, plast, papp og papir før det havner i restavfallscontaineren på byggeplassen.

Datagrunnlag i LCA-analysen

Østfoldforskning publiserte i 2009 en klimaregnskapsmodell for avfallshåndtering (Raadal et al., 2009). Her så de nærmere på innsamling, håndtering og behandling av glassemballasje, metallemballasje, papp, papir, plastemballasje, våtorganisk avfall, treavfall og restavfall fra husholdningen i Norge. Målet med prosjektet var å utvikle en modell for å beregne årlig netto klimagassutslipp fra avfallshåndtering i Norge. Denne modellen med datagrunnlag har vært utgangspunktet for den miljømessige beregningen i denne oppgaven.

Levetiden til LCA-analysen i denne oppgaven ble antatt å være fra avfallet oppsto på byggeplass til det ble levert til et nedstrøms behandlingsanlegg. Avfall generert hos produsenter eller underveis i behandlingsprosessen ble ikke inkludert. Modellen til Østfoldforskning tar utgangspunkt i tre transportetapper, henholdsvis fra kilde til mellomlager, fra mellomlager til nasjonal omlastingsanlegg, og fra omlastingsanlegg til behandlingsanlegg (Raadal et al., 2009). I denne oppgaven ble kun to transportetapper inkludert: fra kilde (*byggeplass i Oslo-området*) til sorteringsanlegg (*Norsk Gjenvinning, Alnabru*), og deretter videre til behandlingsanlegg (*diverse anlegg både innenlands og utenlands*). Utslipp fra transportetappene er derfor justert i denne oppgaven. Figur 11 viser hvilke steg som er inkludert i analysen.



Figur 11 Illustrasjon av steg inkludert i en livsløpsanalyse for avfallshåndtering. Hentet fra rapporten til Østfoldforskning (Raadal et al., 2009).

Da det er tatt utgangspunkt i en konkret kunde, er Transportetappe 1 lik for alle de ulike fraksjonene, slik det også er i rapporten til Raadal et al. (2009). Transportetappe 2 er beregnet ut fra gjennomsnittlig transportavstand for en fraksjon til en bestemt behandling. Papp og papir sendes blant annet til flere ulike anlegg når det skal materialgjenvinnes, og det er derfor tatt

utgangspunkt i gjennomsnittet mellom disse transportavstandene til hver fraksjon med tilhørende behandlingsmetode. Alle transportetappene utenom for papir til materialgjenvinning er antatt utført av en lastebil med Euro 3 motor som tar mellom 7,5 og 16 tonn avfall, slik det er i rapporten til Østfoldforskning. I rapporten til Østfoldforskning er papir til materialgjenvinning transportert av en lastebil med Euro 3 motor som tar mellom 16 og 32 tonn avfall, og det er også gjeldene i denne oppgaven. De ulike transportetappene er oppsummert i Tabell 4.

For å beregne utslipp fra transportetappene ble datagrunnlaget i rapporten til Østfoldforskning brukt som utgangspunkt (Raadal et al., 2009). I rapporten ble det blant annet lagt frem at plast ble fraktet 836 km fra sentralsorteringsanlegg til materialgjenvinning, med et tilhørende utslipp på 0,14 kg CO₂-ekvivalenter (eq) per kg avfall. Det totale utslippet fra transportetappe 2 ble dermed dividert med antall km, som resulterte i 0,00016 kg CO₂-eq per kg avfall per km. Dette ble så multiplisert med 2107 km, som oppsummert i Tabell 4, som resulterte i et utslipp på 0,35 kg CO₂-eq per kg avfall. Denne fremgangsmåten ble så brukt for alle de resterende fraksjonene, og antatt representative for videre beregninger.

Tabell 4 Antagelser om transportavstander med lastebil for ulike fraksjoner til ulike behandlingsanlegg.

Fraksjon til behandling	Transportetappe 1 (km)	Transportetappe 2 (km)
Restavfall - deponi	6 km	22 km
Restavfall - energiutnyttelse	6 km	2 198 km
Trevirke - deponi	6 km	22 km
Trevirke - energiutnyttelse	6 km	1 344 km
Plast - energiutnyttelse	6 km	2 198 km
Plast - materialgjenvinning	6 km	2 107 km
Papp/papir - energiutnyttelse	6 km	2 198 km
Papp/papir - materialgjenvinning	6 km	765 km

For de to neste stegene i LCA-analysen er tallene hentet direkte fra rapporten til Østfoldforskning, og er oppsummert i Tabell 5. Resultatet av klimaregnskapet presenteres i kg CO₂-eq per kg avfall. Som Raadal et al. (2009) presiserer i rapporten til Østfoldforskning, er det derfor ikke tatt hensyn til forsuring, overgjødning, fotokjemisk oksidantdannning (POCP), ozonnedbryting (ODP), human- og økotoksisitet, ressursforbruk (areal-, energi- og materialforbruk) og avfallsgenerering underveis. Rapporten inkluderer heller ikke

menneskelige påvirkninger som støy, inngrep i byggeperioder, effekter på økosystemer, effekter på fiskeaktiviteter og ultralyd-effekter. Siden LCA-analysen i denne oppgaven er basert på rapporten til Østfoldforskning, er det ikke tatt hensyn til de overnevnte miljøpåvirkningene i denne oppgaven heller.

Tabell 5 Oversikt over behandlingsmetoder med tilhørende CO₂-ekvivalenter per funksjonell enhet (FU), samt hva de ulike fraksjonene erstatter med tilhørende kg CO₂-ekvivalent per FU. Tallene er hentet direkte fra rapporten til Østfoldforskning (Raadal et al., 2009).

Fraksjon	Behandling	kg CO₂-eq/FU	Erstatter	kg CO₂-eq/FU
Restavfall	Deponi	1,084	Deponigassfangst	-0,009
Restavfall	Energiutnyttelse	0,508	Fjernvarmemiks (Norge)	-0,283
Trevirke	Deponi	2,091	Deponigassfangst	-0,018
Trevirke	Energiutnyttelse	0,012	Fjernvarmemiks (Norge)	-0,393
Plast	Energiutnyttelse	2,841	Fjernvarmemiks (Norge)	-8,878
Plast	Materialgjenvinning	0,666	Jomfruelig plast	-1,783
Papp	Energiutnyttelse	0,026	Fjernvarmemiks (Norge)	-0,409
Papp	Materialgjenvinning	0,608	Jomfruelig papp	-0,855
Papir	Energiutnyttelse	0,021	Fjernvarmemiks (Norge)	-0,409
Papir	Materialgjenvinning	0,736	Jomfruelig papir	-1,097

Funksjonell enhet (FU)

Da det er tatt utgangspunkt i rapporten til Østfoldforskning, er den funksjonelle enheten i denne oppgaven «håndtering av 1 kg avfall med tilhørende transport og erstatning av mengde energi og/eller material som genereres fra avfallet når det behandles» (Raadal et al., 2009).

Som Raadal et al. (2009) presiserer er metodikken en systemutvidelse som gjør at man unngår allokering. Modellen ser altså på hele systemet samlet, og tar hensyn til energi og materiale som blir erstattet ved ulike behandlingsmetoder for avfallet.

4.4.3 Beregning av livssykluskostnader (LCC)

Den analyserte kunden hadde per oktober 2019 en sorteringsgrad på 84,5%. Likevel var det ønskelig å se på kostnader knyttet til ytterligere reduksjon av restavfallsmengden ved å sortere ut en andel av de rene fraksjonene trevirke, plast, papp og papir. Det ble tatt i bruk en LCC-analyse for å gi oversikt over alle kostnadene over hele levetiden til det analyserte systemet (Kolder, 2019), da det ga et mer riktig bilde.

Datagrunnlag i LCC-analysen

Beregningen av livssyklus kostnader ble gjennomført i samarbeid med ulike ansatte i Norsk Gjenvinning som hadde oversikt over de faktiske kostnadene knyttet til ulike deler av avfallshåndteringen. Alle kostnadene er omregnet til kroner per kg avfall basert på omtrentlig fyllingsgrad per container av henholdsvis restavfall, trevirke, plast, papp og papir mottatt hos Norsk Gjenvinning på Alnabru, som vist i tabellen nedenfor.

Tabell 6 Oversikt over antatt fyllingsgrad til de ulike fraksjonene (Frøid, 2015).

Fraksjon	Restavfall	Trevirke	Plast	Papp og papir
Fyllingsgrad (kg/container)	750	1200	500	1000

I Tabell 7 er en oversikt over ulike kostnader som er tatt med i beregningen basert på eksterne kilder. Enkelte kostnader er ikke oppgitt fordi de av konkurransemessige grunner ikke kan publiseres.

Tabell 7 Oversikt over medberegnete kostnader som er basert på tall funnet i ulike rapporter.

Hva?	Antagelser	Kilde
Leie av kommunal grunn til rigg, containere m.m.	2 kr per m ² per år	(Oslo kommune, 2019)
Rydding/sortering per container	700 kr x 0,5 time/container	Dialog med en entreprenør (20.11.2019)
Behandlingskostnader nedstrøms (restavfall)	800 kr/tonn	(Eggen, 2014)
Behandlingskostnader nedstrøms (trevirke)	400 kr/tonn	(Retura, d.d.)
Behandlingskostnader nedstrøms (plast)	475 kr/tonn	(Raadal et al., 2016)
Behandlingskostnader nedstrøms (restavfall)	311 kr/tonn	(Eggen, 2014)

I LCC-analysen ble levetiden antatt å være lik som i LCA-analysen, men delt opp i totalt 8 trinn. Kostnader som oppsto før avfallet ble generert, samt kostnadene etter sluttbehandling, er derfor ikke medberegnet i denne analysen. De 8 trinnene i analysen er anonymisert av konkurransemessige grunner. I beregningene ble Scenario 1 antatt å være referansescenario, og deretter ble kostnadene i de andre scenariene illustrert som prosentvise endringer fra dette referansescenario.

Videre i beregningen av livssyklus kostnadene ble det antatt at det var plass til 10 m³ combi-container (lukket) til alle fraksjonene som ble analysert. Denne containertypen holder avfallet tørt, noe som gjør at man unngår at is, snø og vann samler seg i containere og bidrar til feil sluttvekt. Containeren har i tillegg små luker på siden og store luker bak som setter restriksjoner på størrelse på avfall som blir kastet.

4.4.4 Mulige feilkilder i LCA og LCC

Kunden som beregningene i LCA- og LCC-analysen er basert på, kan avvike noe fra normalen. Det er likevel antatt at kunden er noenlunde representativ for kundene til Norsk Gjenvinning i Oslo-området, siden trenden i avfallsgenereringen til denne kunden stemmer overens med trenden i den totale avfallsmengden levert fra byggeplasser i Oslo-regionen.

Miljøeffektene i LCA-analysen er basert på rapporten til Østfoldforskning, som er gjennomført på husholdningsavfall. Byggavfall har en annen sammensetning enn husholdningsavfall, noe som kan gjøre at resultatene ikke er direkte overførbare til å gjelde byggebransjen. Det er valgt å justere for kontekstavhengige variabler som transportavstander, ved å beregne utslipp per km av de ulike transportetappene i rapporten til Østfoldforskning. Her er det da ikke sett på forskjell mellom transportmiddel og fyllingsgrader, noe som kan ha innvirkning på resultatet.

Datagrunnlaget i LCC-analysen er fremskaffet i samarbeid med ansatte i Norsk Gjenvinning. Grunnet mangel på tid er mange av kostnader basert på estimater og ikke faktiske målinger. Det er mange variabler som spiller inn på kostnadene, blant annet fyllingsgrad, kvaliteten på avfallet og de generelle markedskreftene. Det vil være å anbefale å undersøke disse faktorene nærmere for å gjøre mer eksakte beregninger senere.

4.5 Vurdering av metode og datainnsamling

Avslutningsvis vil det være nødvendig å analysere om resultatene som fremkommer er pålitelige, gyldige og overførbare. Pålitelighet handler om nøyaktighet av undersøkelsens data i form av om data innsamlingen er etterprøvable og selve dataene er troverdige (Johannessen et al., 2011; Silverman, 2015). Gyldighet handler om hvorvidt dataene representerer det fenomenet vi undersøkte (Johannessen et al., 2011), mens overførbarehet omhandler forskningens gyldighet utover den konkrete situasjonen som er analysert (Tjora, 2012). Dette vil bli gjennomgått nærmere i diskusjonen.

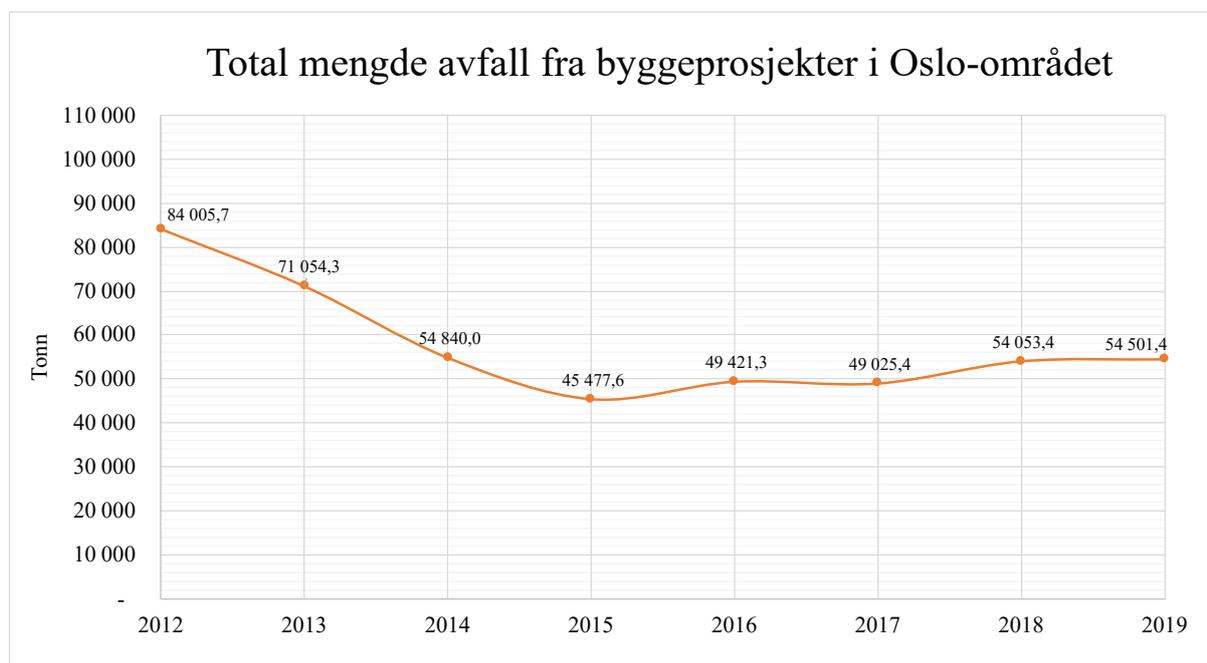
5. Resultater

5.1 Hvilke avfallsfraksjoner er mottatt på anlegget til Norsk Gjenvinning?

5.1.1 Hovedresultater

Norsk Gjenvinning har registrert avfallsstatistikk i programmene SAP og QlikView siden januar 2012. Figur 12 viser en oversikt over total mengde byggavfall mottatt hos Norsk Gjenvinning sitt anlegg på Alnabru i perioden 2012 til og med oktober 2019. Totalt ble det generert 1,9 millioner tonn avfall fra BA-bransjen i Norge per 2017 (SSB, 2019a), som betyr at byggeprosjekter som leverte avfall til Norsk Gjenvinning sitt anlegg på Alnabru dette året, sto for 2,6% av den totale avfallsgenereringen.

Mengden byggavfall mottatt på Alnabru har gått fra 84 005,7 tonn i 2012 til 54 053,4 tonn i 2018. Dette tilsvarer en reduksjon på 35,7%. På tross av at det har vært en massiv nedgang i generert mengde i Oslo-området, har det siden 2015 vært en økende trend. Avfallsmengden var på det laveste i 2015, men har siden da økt fra 45 477,6 tonn til 54 503,4 tonn i 2018. I tillegg har avfallsgenereringen per oktober 2019 overgått den totale mengden i 2018 med 448,0 tonn.



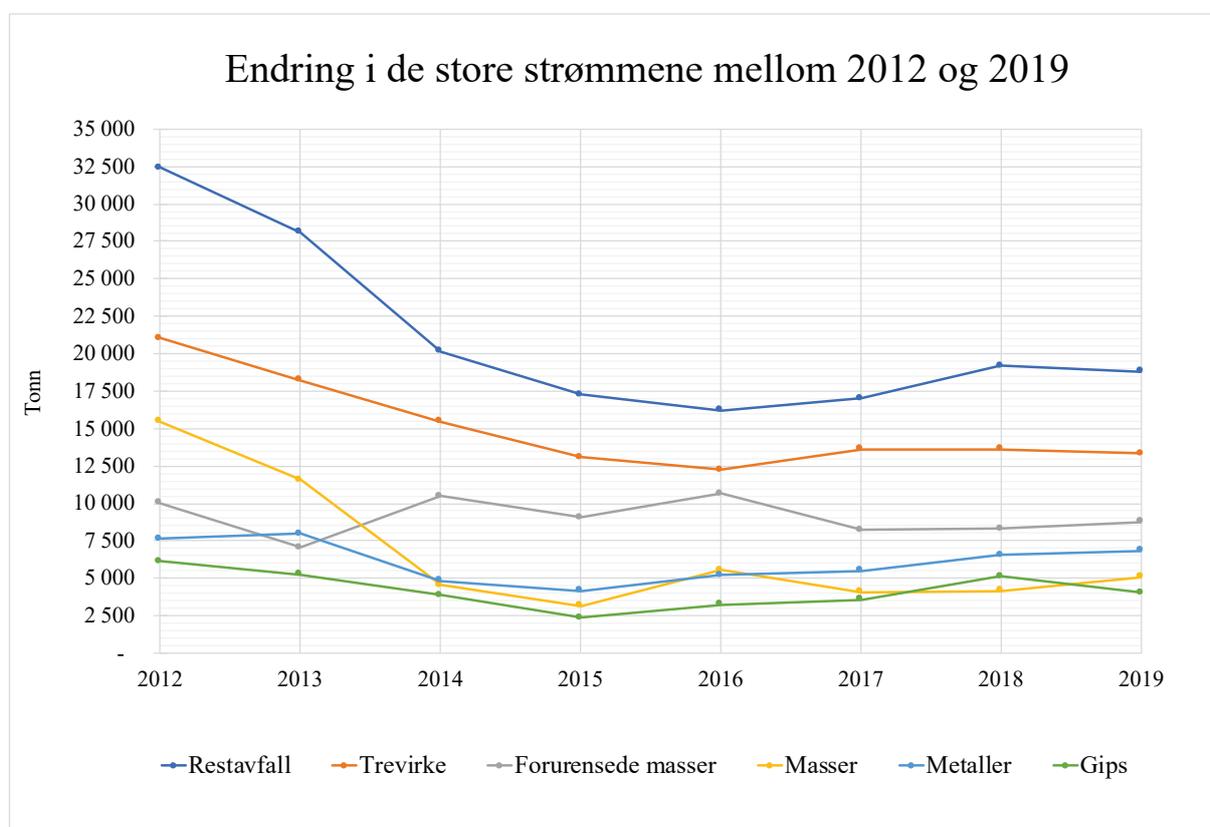
Figur 12 Oversikt over endring av total avfallsmengde fra byggeprosjekter i Oslo-området lever til Norsk Gjenvinning sitt avfallsanlegg på Alnabru i perioden 2012 til oktober 2019.

5.1.2 Oversikt over de store avfallsstrømmene

Restavfall, trevirke, forurensede masser, rene masser, metaller og gips er de seks største avfallsstrømmene basert på vekt. Tabell 8 gir en oversikt over hvordan fordelingen mellom fraksjonene har endret seg fra 2012 til 2019, mens Figur 13 viser endringene mer detaljert. Restavfallsmengden er den desidert største fraksjonen mottatt på årlig basis siden 2012, mens trevirke ligger på andre plass. Mengden totalt for alle fraksjonene har derimot gått ned i perioden fra 2012 til 2018, og den fraksjonen som har blitt redusert mest over denne perioden er rene masser, som inkluderer betong, tegl og andre tyngre bygningsmaterialer.

Tabell 8 Oversikt over de store strømmene fra byggebransjen levert hos avfallsanlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru fra januar 2012 og frem til oktober 2019.

Avfallskategorier (mengde i tonn)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Totalt
Restavfall	27 540,9	23 889,5	17 130,8	14 661,8	13 799,6	14 466,5	16 306,9	15 985,0	143 781,0
Trevirke	17 891,0	15 477,1	13 148,9	11 100,9	10 403,2	11 571,7	11 582,8	11 319,6	102 495,2
Forurensede masser	8 508,0	5 990,8	8 905,3	7 686,1	9 067,2	6 996,8	7 061,1	7 433,6	61 648,9
Masser	13 125,5	9 850,7	3 867,6	2 701,1	4 722,8	3 456,9	3 551,3	4 304,6	45 580,5
Metaller	6 505,2	6 759,9	4 112,1	3 521,9	4 417,9	4 685,5	5 559,7	5 824,9	41 387,0
Gips	5 202,6	4 456,4	3 303,0	2 000,3	2 772,3	3 033,5	4 340,1	3 415,5	28 523,9



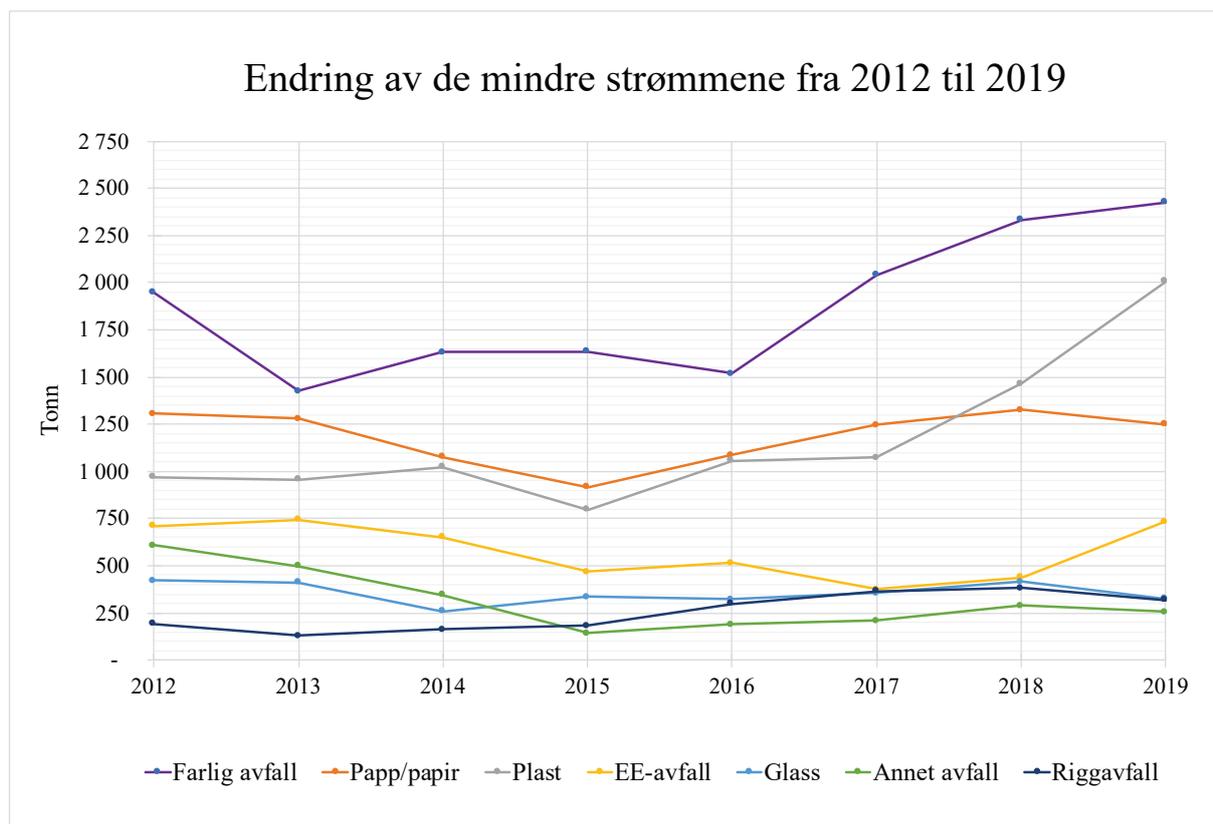
Figur 13 Oversikt over de store strømmene fra byggebransjen levert hos avfallsanlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru fra januar 2012 og frem til oktober 2019.

5.1.3 Oversikt over de mindre avfallsstrømmene

Farlig avfall, papp og papir, plast, EE-avfall, glass, annet avfall og avfall fra brakkerigg (riggavfall) er de minste avfallsstrømmene basert på vekt. Tabell 9 gir en oversikt over hvordan fraksjonene har endret seg fra 2012 til 2019, mens Figur 14 viser endringene mer detaljert. Her har både mengden farlig avfall, plast og riggavfall økt, mens mengden av de andre fraksjonene har gått ned.

Tabell 9 Oversikt over de mindre strømmene fra byggebransjen levert hos avfallsanlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru fra januar 2012 og frem til oktober 2019.

Avfallskategorier (volum i tonn)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Totalt
Farlig avfall	1 655,2	1 211,9	1 387,0	1 389,2	1 291,6	1 734,4	1 983,2	2 062,2	12 714,7
Papp/papir	1 110,3	1 088,4	914,9	780,2	923,4	1 058,5	1 126,2	1 063,3	8 065,2
Plast	824,9	813,2	869,7	676,7	898,6	911,9	1 245,0	1 705,8	7 945,9
EE-avfall	604,0	631,3	552,3	397,0	437,3	318,7	373,2	623,1	3 937,0
Glass	358,2	350,5	219,2	283,7	274,4	301,9	351,7	275,4	2 415,0
Annet avfall	517,4	424,3	292,2	122,4	159,8	179,0	246,5	217,7	2 159,2
Riggavfall	162,6	110,3	136,9	156,2	253,3	310,1	325,6	270,6	1 725,7

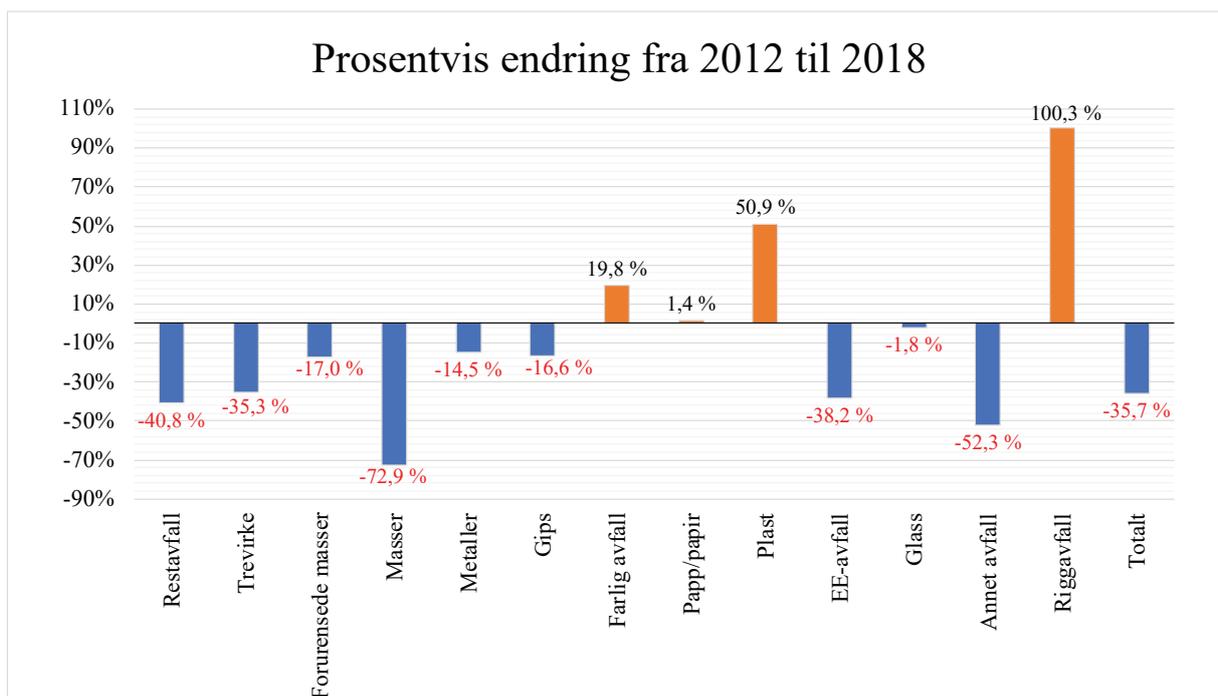


Figur 14 Oversikt over de mindre strømmene fra byggebransjen levert hos avfallsanlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru fra januar 2012 og frem til oktober 2019.

5.1.4 Endring i avfallsmengder fra 2012 til 2018

Fra 2012 og frem til 2018 har den totale avfallsmengden mottatt hos Norsk Gjenvinning på Alnabru gått ned med 35,7%, som illustrert i Figur 15 . Dette skyldes hovedsakelig at mengden «rene masser» har gått ned med hele 72,9%, «annet avfall» har gått ned med 52,4% og restavfall har gått ned med 40,8%. Mye av reduksjonen i andel rene masser kan skyldes spørsmålet om konsentrasjonen av krom 6, som har ført til at det har blitt levert som farlig avfall eller forurensede masser istedenfor. Reduksjonen i både annet avfall og restavfall kan derimot tyde på at byggebransjen har blitt flinkere til å sortere.

I samme periode har plastavfallet økt med 50,9% og riggavfall har fordoblet seg i løpet av perioden. Grunnen til at andelen plast har økt er noe usikkert, men kan skyldes den økende oppmerksomheten rundt plastavfall i naturen i mangfoldige medier. Den massive økningen i andelen riggavfall kan skyldes at det tidligere ikke var vanlig å ha en fraksjon med dette navnet.

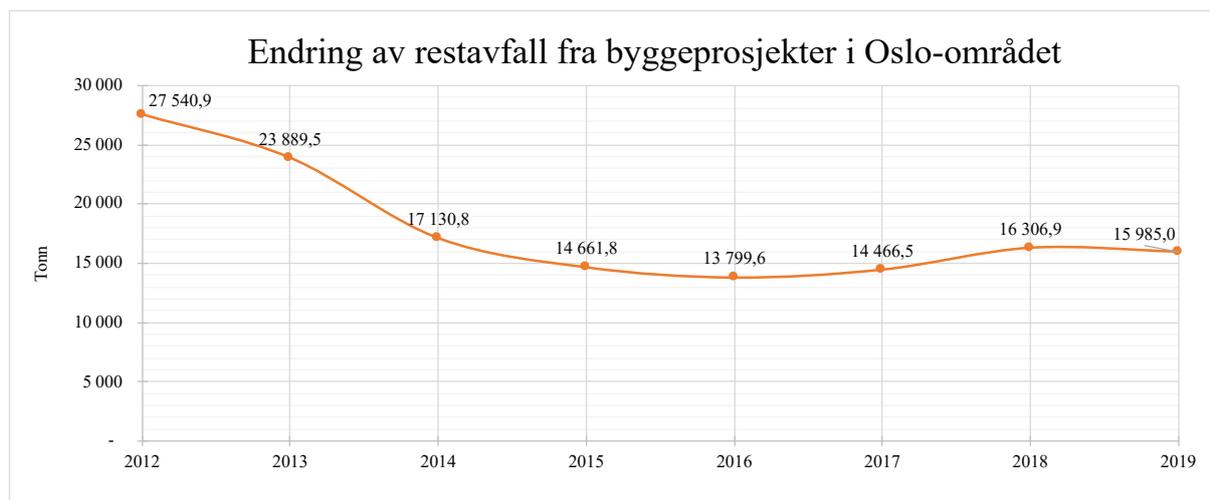


Figur 15 Oversikt over hvordan de ulike fraksjonene har endret seg fra 2012 til 2018.

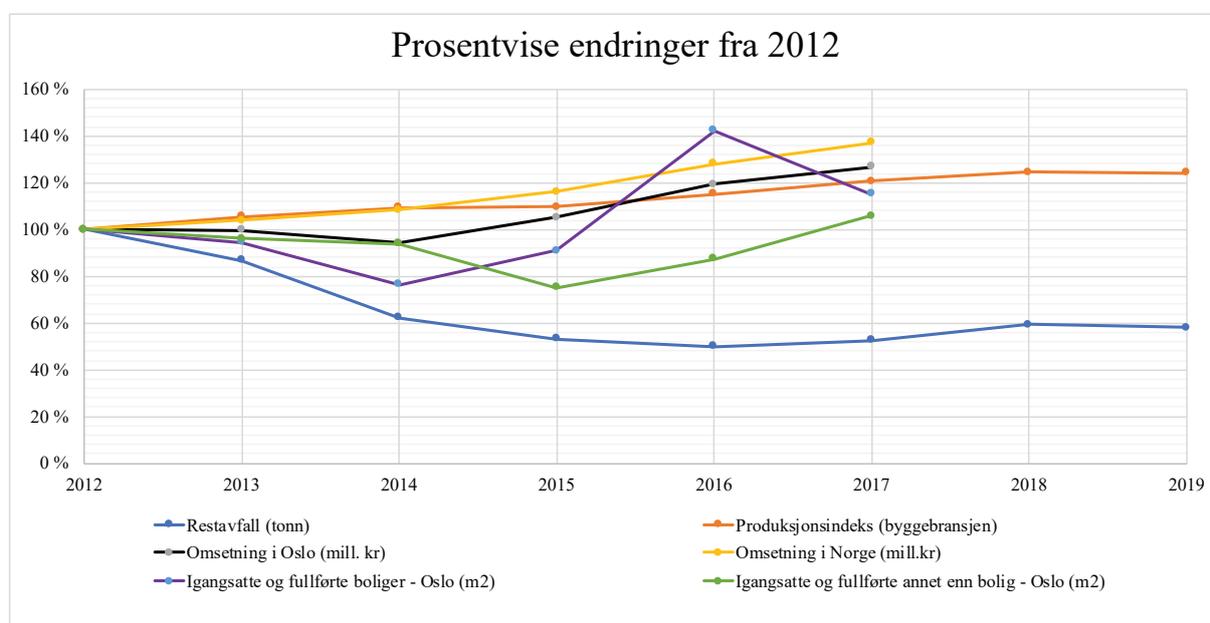
5.1.5 Oversikt over restavfall isolert sett

Figur 16 viser endringen i restavfall mottatt fra byggebransjen hos Norsk Gjenvinning sitt anlegg på Alnabru fra januar 2012 til oktober 2019. Per oktober 2019 var restavfallsmengden på 15 985,0 tonn. Figur 17 gir en oversikt over endringer i byggebransjen gitt produksjonsindeks (SSB, d.d.-f), økonomisk omsetning i Oslo-regionen og hele landet (SSB,

d.d.-e), samt igangsatte og ferdigstilte bygg (SSB, d.d.-c; SSB, d.d.-d). Produksjonsindeksen til byggebransjen per 3.kvartal i 2019 er omtrent lik som i 2018, men den økonomiske omsetningen har økt. Antall igangsatte eller ferdigstilte bygg i kvadratmeter er derimot redusert, men potensialet for at restavfallsfraksjonen fra denne bransjen fortsetter den økende trenden fra 2018, må likevel antas å være reell da det i tillegg er mange eldre boliger som må rives eller rehabiliteres også i fremtiden.



Figur 16 Endring av mengde restavfall i tonn fra januar 2012 til og med oktober 2019.

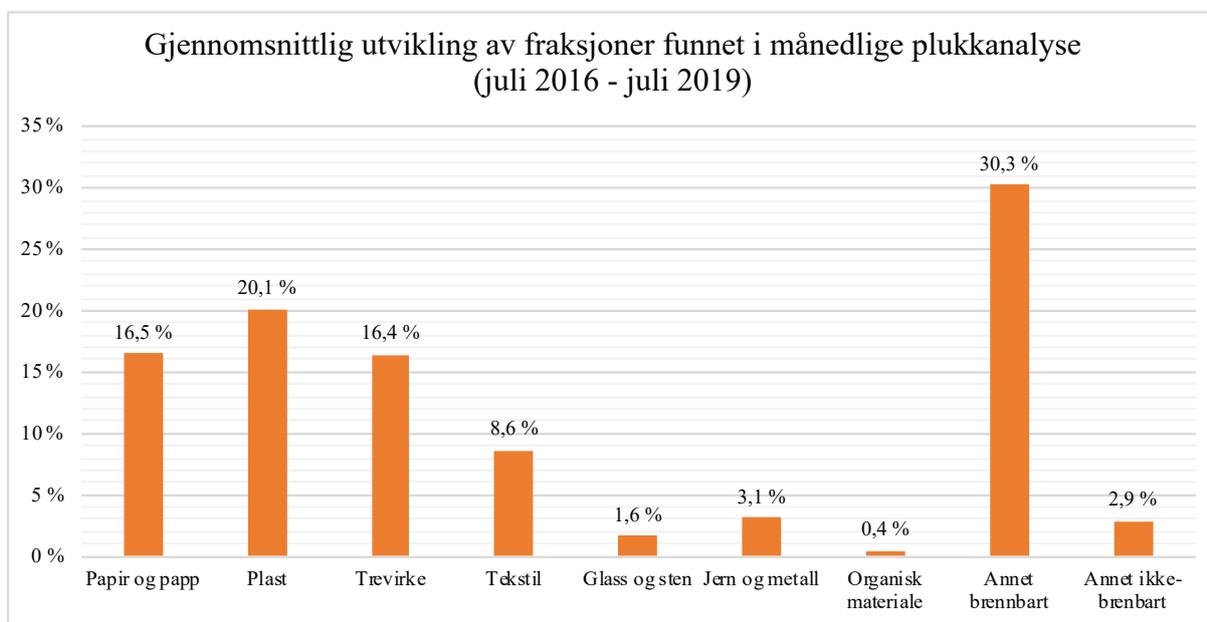


Figur 17 Endring av mengde restavfall levert av byggebransjen til anlegget til Norsk Gjenvinning på Alnabru i perioden 2012 til og med oktober 2019, samt bransjens produksjonsindeks, økonomiske omsetningen samt igangsatte og fullførte boliger og annet enn bolig.

5.2 Sammensetning av restavfallet i 2019

5.2.1 Plukkanalyse av mottatt restavfall

Norsk Gjenvinning har siden 2016 gjennomført månedlige plukkanalyser av restavfallet mottatt på anlegget på Alnabru. I plukkanalysene er det funnet et stort antall avfallsfraksjoner, både papp og papir, plast, tre, tekstil, glass og sten, jern og metall, organisk materiale, annet brennbart og annet ikke-brennbart. Kategorien «Annet brennbart» er det som ikke går an å sorteres ytterligere og det regnes derfor som restavfall. Figuren nedenfor viser gjennomsnittlig andel av de ulike fraksjonene i restavfall. 30,3% er annet brennbart, mens 20,1% av det som kommer inn som restavfall derimot sorteres ut som ren plast, og 16,5% som papp og papir og 16,4% som trevirke.

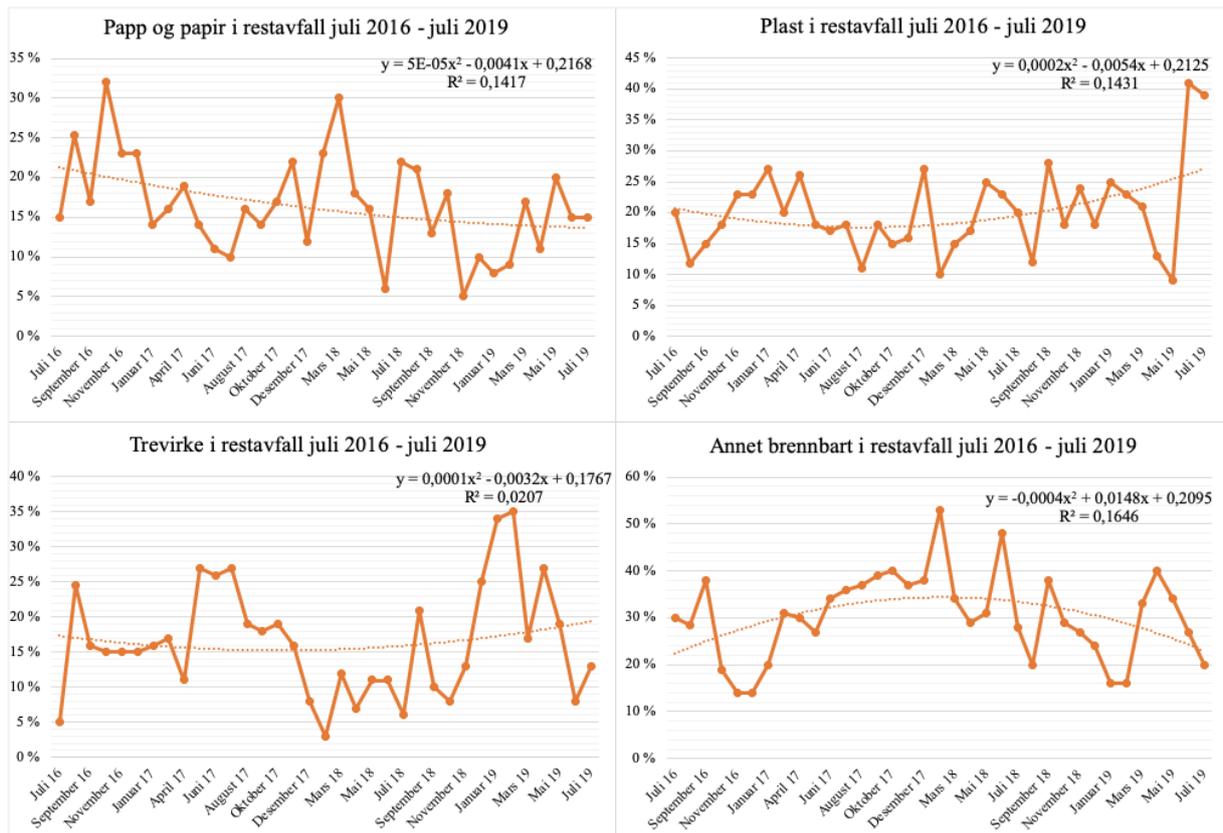


Figur 18 Gjennomsnittlig utplukk av ulike fraksjoner fra juli 2016 til og med juli 2019.

5.2.2 Endring i avfallsmengde og -sammensetning fra 2012 til 2019

Figur 19 viser endringer for de utvalgte fraksjonene papp og papir, plast, trevirke og annet brennbart fra juli 2016 frem til juli 2019. På det høyeste sto annet brennbart avfall for 54% av det analyserte avfallet, men i de fleste tilfeller lå andelen godt under 40%. Papp og papir sto for det meste for 32%, plast for hele 41% og trevirke for 35%. I februar 2017 og januar 2018 ble det ikke gjennomført plukkanalyse hos Norsk Gjenvinning. Siden resultatene mangler for alle utsorterte fraksjoner er det «hull» i Figur 19 for disse to månedene.

Trendlinjene for papp og papir, plast, trevirke og annet brennbart har R^2 -verdier på henholdsvis 0,141, 0,143, 0,120 og 0,164. Det er stor variasjon innenfor datasettene trendlinjen baserer seg på, noe som gjør at modellen gir lave R^2 -verdier. Trenden indikerer likevel en viss økning i både andel plast og trevirke i restavfall over tid, mens det er en nedadgående trend i andel papp og papir i restavfallet, samt andel annet brennbart.

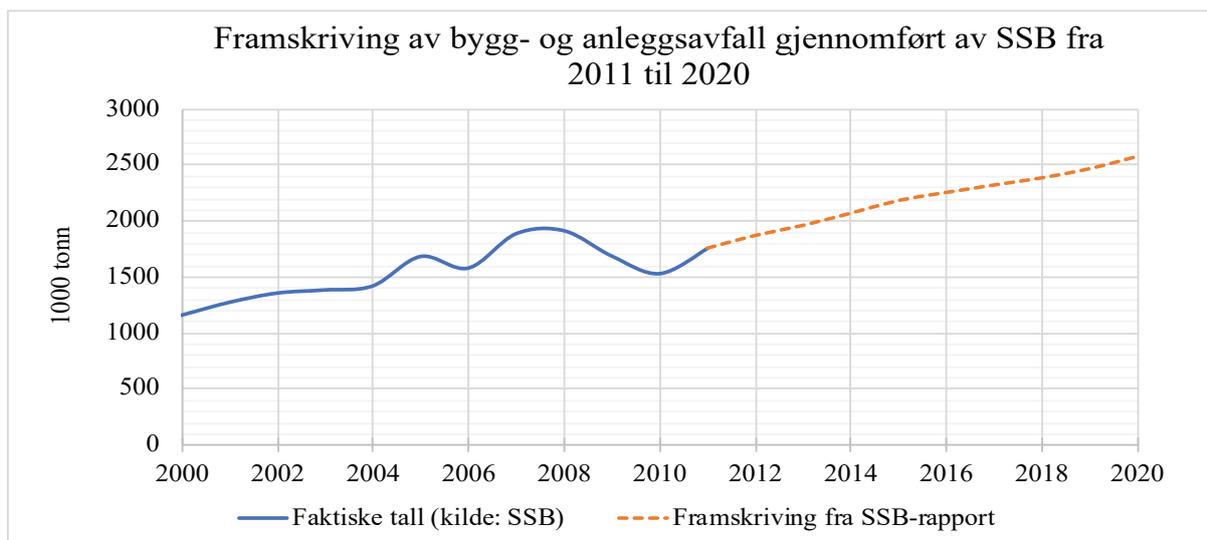


Figur 19 Viser oversikt over gjennomsnittlige resultater basert på tall fra plukkanalysen gjennomført internt hos Norsk Gjenvinning på Alnabru i perioden juli 2016 til og med juli 2019 med tilhørende trendlinjer.

5.3 Hvordan ser avfallsbildet fra byggebransjen i Oslo-området ut i fremtiden?

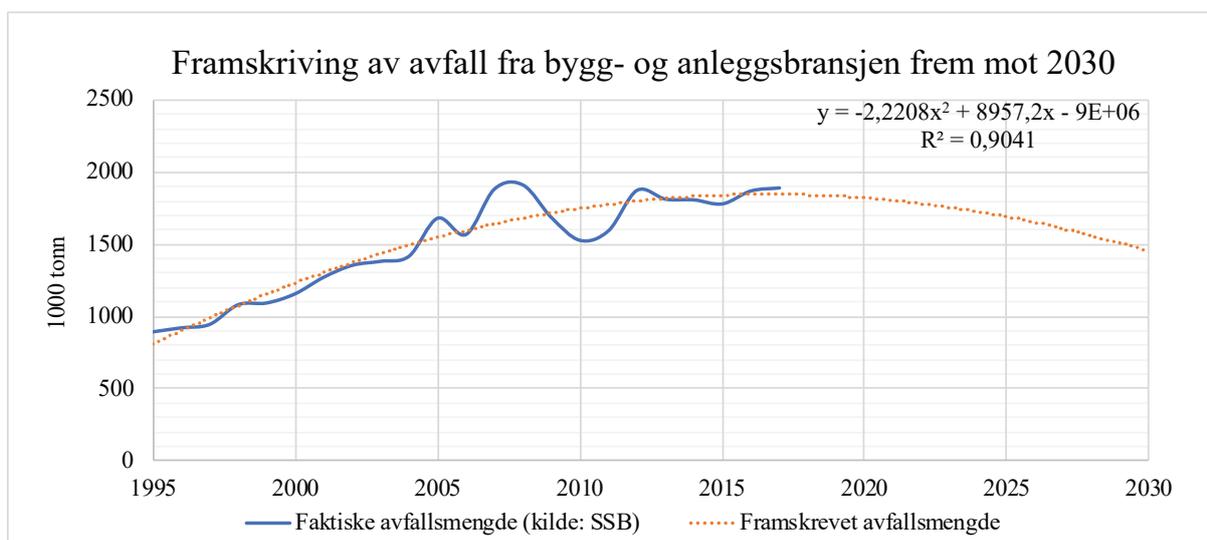
5.3.1 Framskriving av total avfallsmengde

SSB utarbeidet i 2012 en rapport hvor de framskrev ordinært avfall fra ulike bransjer i Norge fra 2011 til 2020 (Skullerud & Eika, 2012). I rapporten antok Skullerud og Eika (2012) at avfallsmengden fra BA-bransjen kom til å stige fra rundt 1,7 millioner tonn avfall i 2011 til over 2,5 millioner tonn i 2020, som vist i Figur 20.



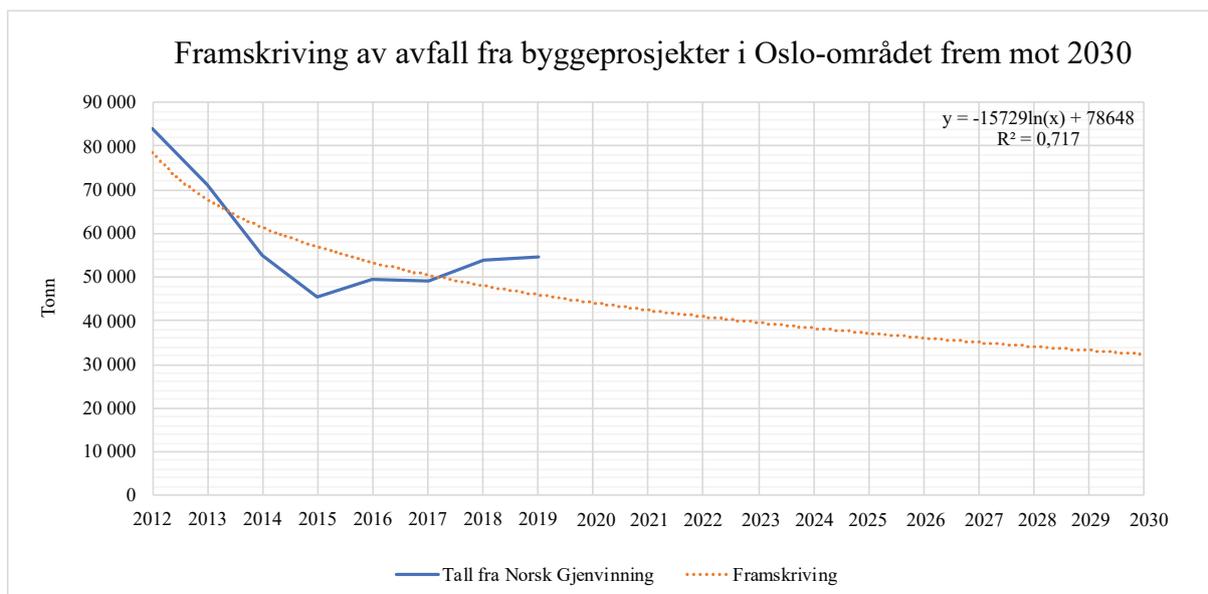
Figur 20 Framskrivning av avfall fra BA-bransjen basert på rapport skrevet av SSB (Skullerud & Eika, 2012).

Framskrivning av BA-avfall basert på faktisk avfallsgenerering fra 2000 til 2017, antar en reduksjon i generert mengde, som vist i Figur 21. R^2 -verdien til trendlinja illustrerer at 90,4% av variansen kan forklares av modellen, som betyr at modellen er signifikant. Dette indikerer at mengden BA-avfall kan bli noe redusert i fremtiden.



Figur 21 Framskrivning av avfall fra BA-bransjen basert på faktiske tall fra 1995 til 2017 (Skullerud & Eika, 2012; SSB, d.d.-a).

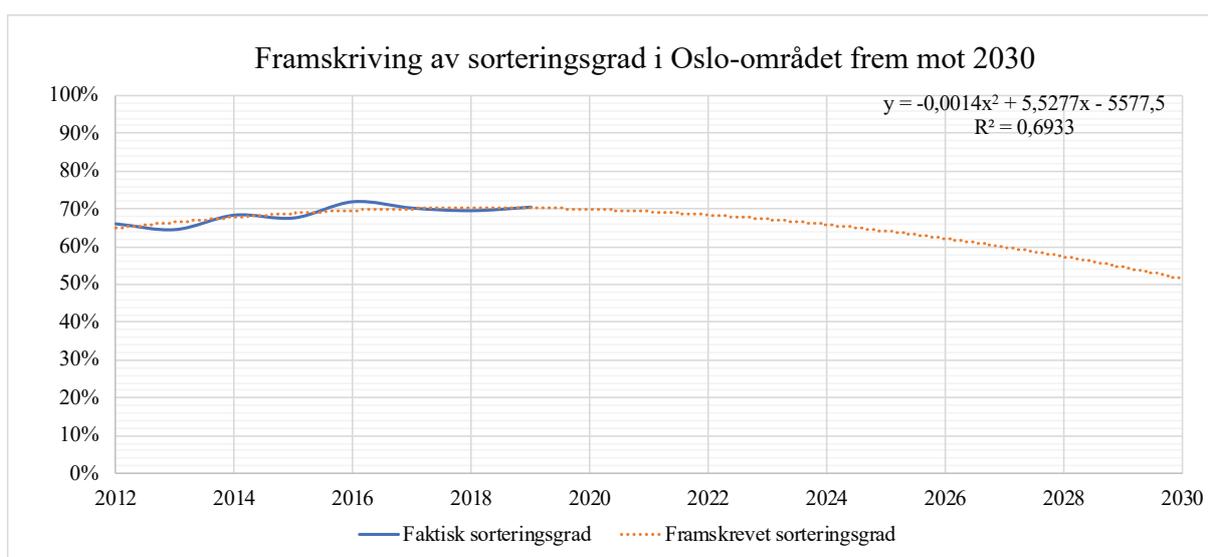
Framskrivningen av byggavfall i Oslo-regionen støtter antagelsen om avfallsreduksjon i fremtiden, og indikerer at den totale mengden byggavfall i Oslo-regionen vil ligge på rundt 33 000 tonn i 2030. R^2 -verdien til trendlinja i Figur 22 illustrerer at 71,7% av variansen kan forklares av modellen, som vil si at framskrivningen er noe signifikant.



Figur 22 Framskrivning av byggavfall i Oslo-området, basert på tall fra mottatt byggavfall hos Norsk Gjenvinning på Alnabru.

5.3.2 Framskrivning av sorteringsgrad

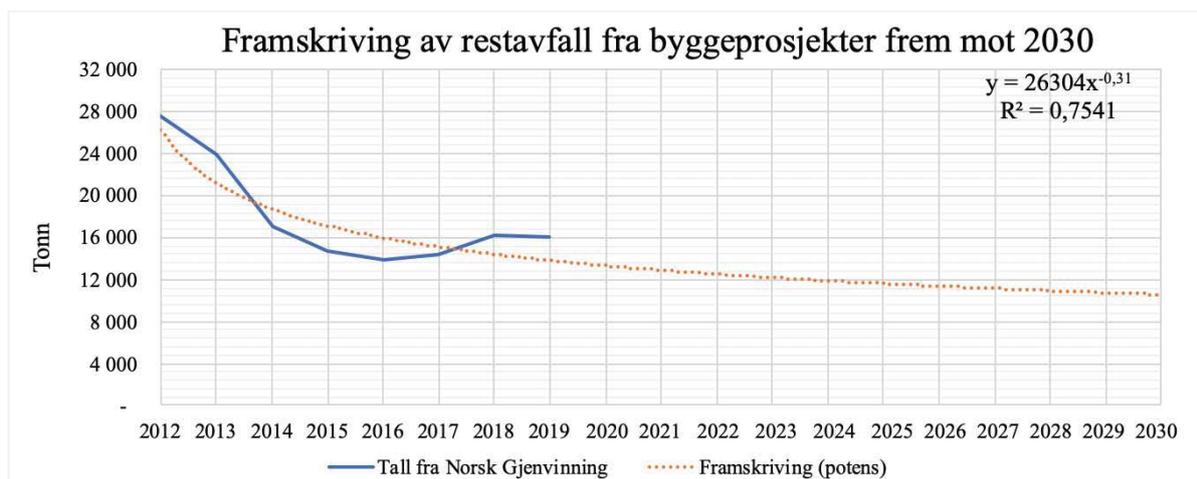
Sorteringsgraden på byggavfall i Oslo-området har ligget på rundt 70% fra 2012 til og med oktober 2019, som vist i Figur 23. Videre illustrerer den framskrevne trendlinja at sorteringsgraden avtar frem mot 2030. Dette kan skyldes et skifte over mot avfallsreduksjon, eller det vil genereres større mengder sammensatte produkter som er vanskelig å sortere. Dette kan typisk være fra riving og rehabilitering. R^2 -verdien illustrert i Figur 23 er 0,693, noe som betyr at det er noe usikkerhet knyttet til framskrivningen.



Figur 23 Framskrivning av sorteringsgraden i Oslo-området basert på sorteringsgraden på mottatt byggavfall hos Norsk Gjenvinning på Alnabru i perioden 2012 til 2019.

5.3.3 Framskrivning av restavfallsmengden

Framskrivningen av mengden restavfall er basert på faktisk mottatt restavfallsmengde fra byggebransjen til Norsk Gjenvinning sitt anlegg på Alnabru. Framskrivningen i Figur 24 er en potens-trendlinje og R²-verdien illustrerer at 75,4% av variasjonen i de ukjente variablene kan forklares av modellen, som vist i figuren nedenfor.

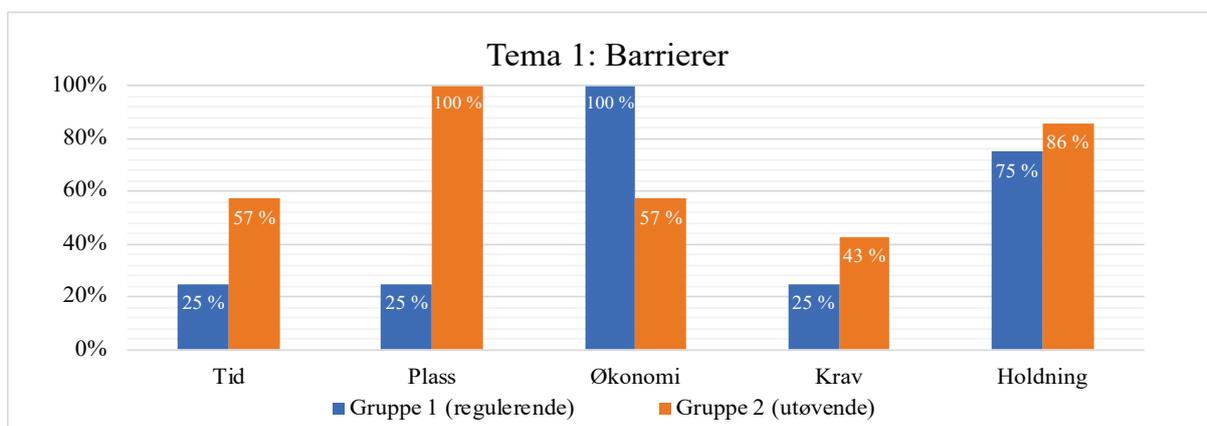


Figur 24 Framskrivning av restavfall i Oslo-området basert på mengde restavfall levert av byggebransjen hos Norsk Gjenvinning på Alnabru i perioden 2012 til 2019.

5.4 Synspunkter om avfallshåndtering fra involverte i byggebransjen

5.4.1 Tema 1: Barrierer

I dybdeintervjuene ble ulike barrierer diskutert. Figur 25 er en oppsummering av barrierene som ble tatt opp med henholdsvis folk fra den regulerende siden av byggebransjen (**gruppe 1**) og den utøvende siden (**gruppe 2**). Under figuren følger en kort utgreiing av synspunktene til informantene i de ulike gruppene.



Figur 25 Andel informantene som hadde innspill knyttet til de barrierene som ble tatt opp under intervjuet.

Tid – Andel som mener det er mer tidkrevende med kildesortering

I gruppe 1 mente 25% av informantene at ting som er vanskelig tar tid, og derfor må dette med kildesortering være enkelt å forholde seg til. De resterende 75% hadde ingen innvendinger på dette punktet.

I gruppe 2 mente 57% av informantene at avfallshåndtering ofte går på bekostning av fremdrift i prosjektet. De resterende 43% mente derimot at tid ikke er en begrensende faktor dersom avfallshåndteringen blir godt integrert i rutiner, da man skal jobbe smartere, ikke nødvendigvis raskere.

Plass – Andel som mener det er plassutfordringer

25% av informantene i gruppe 1 mente at manglende plass er en utfordring. En informant nevnte da de positive sidene med iSekk¹, men at det manglet utvikling herifra. De resterende 75% hadde ingen spesielle synspunkter til dette spørsmålet.

I gruppe 2 mente 100% av informantene at plass er et problem. To informanter kommenterte at sekk løser deres plassproblemer. To andre informanter mente at dersom man har en plan for avfallscontainere, er det ikke noe problem, samt at en ryddig byggeplass reduserer skader, øker trivsel og reduserer biler inn og ut av plassen. En femte mente at en ryddig byggeplass er en bra byggeplass.

Økonomi – Andel som er enig i at det er for dårlig lønnsomhet

100% av informantene i gruppe 1 mente at avfallshåndtering er lønnsomt frem til et visst nivå, men at de siste prosentene til gjenvinning koster altfor mye. En informant mente i tillegg at det muligens ikke blir lønnsomt å sortere i fremtiden, da rivings-, demonterings- og sorteringsmaskinene kan antas å bli mer avanserte.

I gruppe 2 mente 57% at det er for dårlig lønnsomhet. To informanter mente sortering er positivt for økonomien frem til et visst nivå (omtrent 92%), men at man så bruker for mye tid på sorteringen. En tredje mente økonomi og miljø henger sammen, og at det skal lønne seg å være miljøbevisst, men det er ikke alltid slik for små selskaper. Den fjerde mente at det ikke nødvendigvis er dyrere med flere containere, men at det må eksistere gode løsninger på

¹ Datterselskap av Norsk Gjenvinning som tilbyr større og kraftigere avfallssekker som alternativ til containere.

byggeplass og hos avfallsselskapene, noe det kanskje ikke gjør i dag. De resterende 43% mente at de absolutt ser den økonomiske gevinsten. En av disse var utbygger som presiserte at man kan se om byggeplasser tjener penger.

Krav – Andel som mener for strenge krav kan virke mot sin hensikt

I gruppe 1 var det kun 24% som mente at strenge krav kan virke mot sin hensikt. Det ble presisert at strengere krav ikke nødvendigvis er løsningen, men at man må følge de kravene som eksisterer.

43% i gruppe 2 mente at strenge krav kan virke mot sin hensikt. En av informantene mente at det kan stimulere kreativiteten til å tenke hvordan man ikke blir tatt. To andre mente det fører til at folk trikser containere mellom ulike prosjekter for å få ned avfallsmengden eller opp sorteringsgraden. De resterende 57% hadde ingen innvendinger på dette punktet.

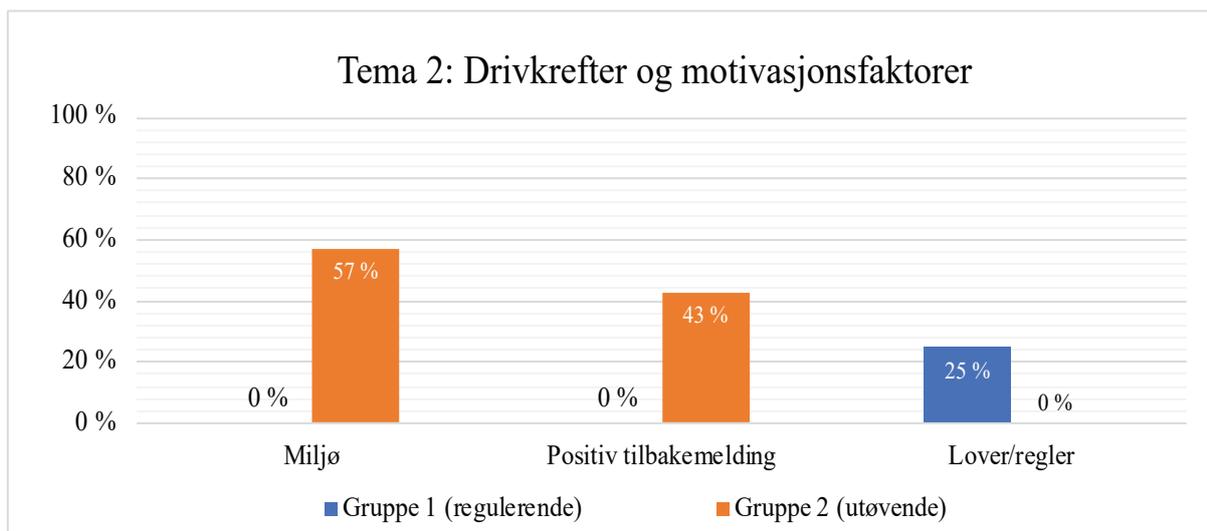
Holdning – Andel som mener den generelle holdningen i bransjen er et problem

75% i gruppe 1 mente at holdningen i bransjen er et problem. En presiserte at det er et økende fokus på sortering, og at det er en generell oppfatning om at man bør sortere avfallet. Likevel er det viktig å huske på at ting foregår på anbud, og da kan holdningen endres. To andre informanter mente at de store aktørene ikke hadde problemer med å følge ulike krav, da de har mye ressurser. De små aktørene har mindre ressurser, og har dermed mer fokus på å overleve i bransjen. En fjerde informant presiserte at entreprenører er flinke til å sortere, men at det er holdningen hos arkitekter som er problemet.

I gruppe 2 mente 86% av informantene at holdningen i bransjen er et problem. Disse informantene mente at den generelle holdningen i bransjen har båret preg av "*slik har vi alltid gjort det*". De fleste mente likevel at holdningen har endret seg, men at det krever konstant oppfølging av avfallshåndteringen slik at man ikke sklir tilbake til gamle vaner. En informant mente derimot at holdningen innad hos dem gikk på å være grønn, noe som automatisk inkluderte en god avfallshåndtering.

5.4.2 Tema 2: Drivkrefter og motivasjonsfaktorer

I dybdeintervjuene ble ulike motivasjonsfaktorer analysert. I Figur 26 finnes oppsummering av funnene fra de to gruppene, og deretter blir ulike kommentarer fra informantene trukket frem.



Figur 26 Andel informanter som var enige i påstander som knyttet seg til drivkrefter og motivasjonsfaktorer som ble tatt opp under intervjuet.

Miljø – Andel som er enige i at avfallshåndteringen er drevet av miljøhensyn

Ingen i gruppe 1 mente at avfallshåndteringen er drevet av miljøhensyn. En informant presiserte at avfallshåndtering er positivt så lenge det ikke leder til forurensning eller spredning av miljøgifter. De andre informantene mente at det virker som om avfall har vært et sentralt tema hos mange aktører, og at folk er motiverte til å ta i bruk nye løsninger. Det er en generell oppfatning at man bør sortere, da bransjen har strukket seg lenger enn regelverket. De mente likevel at små aktører muligens er mindre drevet av miljøhensyn, da de har nok med å overleve konkurransen mot de større.

I gruppe 2 mente 57% at miljøfokus er driveren, og at det burde være et konkurransefortrinn å være miljøvennlig. To andre var i tillegg opptatt av miljøaspekter på andre områder, som elbiler og el-sykler på arbeidsplassen, samt at de var Miljøfyrtårnsertifisert. De resterende 43% mente at de ansatte visste at det er bra for miljøet å sortere, men at de gjorde det mest fordi de har fått beskjed om det, eller fordi de ser økonomisk gevinst.

Premie – Betydning av positiv tilbakemelding

Det var ingen i gruppe 1 som direkte hadde noe å tilføye. Alle var derimot enige om at det er nødvendig med hyppigere tilsyn, selv på mindre byggeprosjekter, slik at alle blir like seriøse som de beste aktørene.

I gruppe 2 mente 43% av informantene at det er behov for en form for positiv tilbakemelding eller premiering, som kan være i form av kake, pizza o.l. på fredager dersom man har gjort det bra. To av dem var tilhengere av kun positiv tilbakemelding, mens den tredje mente det burde være en kombinasjon av gulrot og pisk. En informant mente derimot det ikke er nødvendig med premie, men at man gjør som sjefen gir beskjed om.

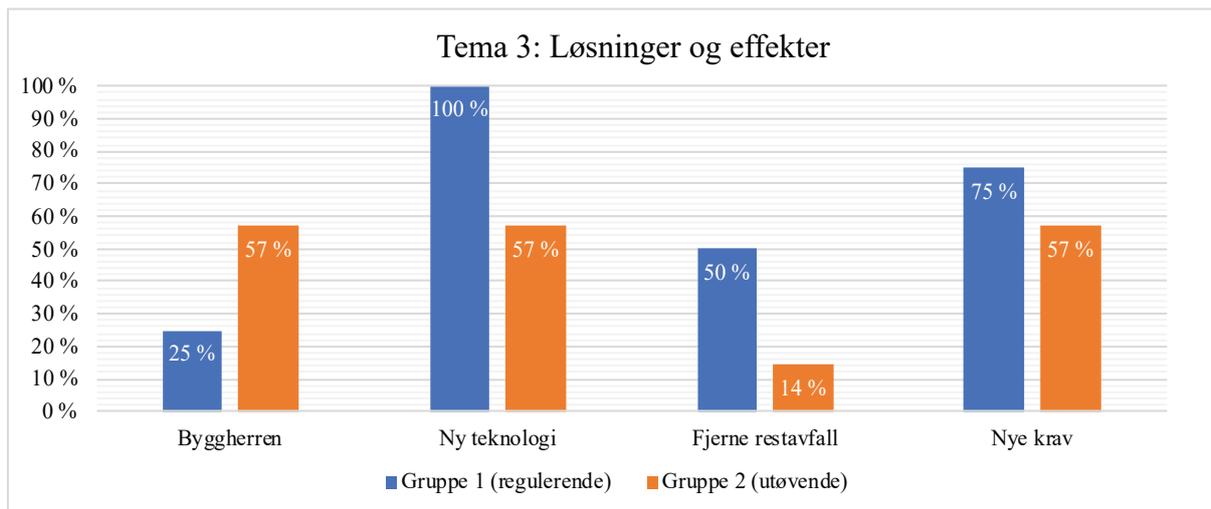
Lover og regler – Betydning av oppdaterte lover og regelverk

25% i gruppe 1 var enige i at dagens krav er oppdaterte. Det er krav til valg av produkter som er egnet for gjenbruk og materialgjenvinning, men folk etterlever det ikke. De resterende 75% mente at kravene er alt for "svake". En informant sa at byggebransjen selv er pådrivere for strengere krav som må være like for alle. En annen kommenterte at bransjen for lengst har løpt fra kravene, og at det ikke gir mening at man ikke skal sortere når man bygger eneboliger. En tredje mente at kravet til utsortering kunne vært økt, men ikke til 100%. Alle var derimot enige i at tilsynet fra kommunene er for dårlig, og at mange i bransjen synes det er urettferdig at små aktører faller utenfor regelverket.

I gruppe 2 mente ingen at dagens krav er oppdaterte. En mente det var latterlig å forlange kun 60% sortering. Fem informanter mente at det er nødvendig med krav, men at det må tilrettelegges med gode veiledere for å kunne følge kravene, samt at det måtte lønne seg økonomisk å følge loven. To andre mente at man trenger både incentiver og avgifter for å motivere til å søke etter nye løsninger, for dersom man bare straffer kan man få juks. De to siste informantene mente at det viktigste var hva ledelsen sa, for det var det som motiverte. Lover og regler ble for «langt unna» for dem.

5.4.3 Tema 3: Løsninger og tilhørende effekter

I intervjuene ble temaer som fremtidige byggherrer og teknologiutvikling gjennomgått, samt hvorvidt restavfall faktisk kommer til å forsvinne, og utforming av fremtidige krav. Oppsummeringen av intervjuene er i Figur 27, og under figuren følger en utdyping av informantenes tanker rundt de ulike temaene.



Figur 27 Andel informanter som var enige i påstander som knyttet seg til løsninger som bidrar til ytterligere reduksjon av restavfallsfraksjonen og tilhørende effekter som ble tatt opp under intervjuet.

Skjerpede krav fra byggherrer – Andel som mener det er effektivt at byggherrer stiller krav

I gruppe 1 var det 25% som kommenterte byggherrers fremtidige rolle. En informant mente at det vil kunne føre til raskere endringer hvis byggherrer stiller krav til avfallshåndteringen i kombinasjon med at myndighetene stiller krav til avfallsreduksjon. De resterende 75% hadde ingen innvendinger til dette punktet.

57% fra gruppe 2 mente at de kan sortere 100% dersom byggherrer krever det. En av de resterende 43% mente derimot at de som er gode gjør en god jobb uavhengig om byggherrer stiller krav eller ikke.

Ny teknologi – Andel som tenker at det må komme bedre nedstrømsløsninger

Med tanke på ny teknologi mente alle i gruppe 1 det trengs bedre nedstrømsløsninger, og at de tror det kommer i fremtiden. En presiserer at hen ikke forsto hvorfor avfallsbransjen skal være den eneste bransjen uten teknologisk utvikling. En annen så for seg lettvintheten med fremtidens maskiner. En tredje mente i tillegg at prosjekteringsverktøy mest sannsynlig vil spille en større rolle i fremtiden, slik at man kan prosjektere for mindre avfall.

I gruppe 2 mente 57% av informantene at det er et stort behov for bedre nedstrømsløsninger. Tre av informantene presiserte at det er urettferdig at det man selv sorterer på små avfallsmottak blir registrert som restavfall ut fra vekten, selv om det er vakter som sørger for at du sortere riktig. Det ble lagt frem ønsker om å opprette en fraksjon som heter "sortert på avfallsmottaket".

En annen informant mente at man må se på helheten fra bransjen for å få et riktig bilde, samt at det viktigste er at det blir behandlet riktig videre. De resterende 43% hadde ingen innvendinger til dette punktet.

Reduksjon i restavfall – Andel som tror at restavfall blir borte fra byggeplass dersom byggherrer stiller strengere krav og det utvikles bedre teknologi

I gruppe 1 mente 50% av informantene at det er helt uaktuelt at restavfall blir borte, spesielt når det er snakk om riving og rehabilitering. De resterende 50% tenkte det er mulig, men at det hovedsakelig vil dreie seg om nybygg. En informant presiserte også at det viktigste er at større mengder fraksjoner fra byggeplass er rene, slik at man enklere kan utnytte det til materialgjenvinning.

Kun 14% i gruppe 2 mente at restavfall ville forsvinne i fremtiden. De resterende mente at sammensatte produkter vil stjele for mye tid dersom man må stå og skru fra hverandre deler, og dette gjør nok maskiner bedre uansett. I tillegg mente en informant at det er bedre å ha restavfall enn å ødelegge rene fraksjoner.

Nye myndighetskrav – Andel som tror det kommer krav til kg avfall per m² på sikt

75% i gruppe 1 mente at fokuset burde endres i fremtiden. De kommenterte at folk har blitt flinke til å sortere på byggeplass, men at det trengs krav til antall kg avfall per m² for at avfallsgenereringen skal gå ned. De resterende 25% forsto ikke hvordan myndighetene skal stille rettfærdige krav, men mener at det er nødvendig at arkitekter tenker igjennom avfallsproblematikken helt fra start for å oppnå avfallsreduksjon.

57% av informantene i gruppe 2 mente at det blir fokus på avfallsreduksjon gjennom krav til antall kg avfall per m². To informanter mente derimot at det ikke er mulig å gjøre dette rettfærdig, da det er byggeplassavhengig hvor mye avfall som genereres. En tredje mente det blir vanskelig med krav, men at fokuset i bransjen absolutt skifter, men da kanskje mest for å spare penger.

5.5 Hvilken avfallsbehandling gir best miljømæssig og økonomisk resultat?

Resultatene fra plukkanalysen i kapittel 5.2.1 viste at restavfallet fra byggebransjen mottatt hos Norsk Gjenvinning på Alnabru inneholder i gjennomsnitt 30,3% annet brennbart avfall, 20,1%

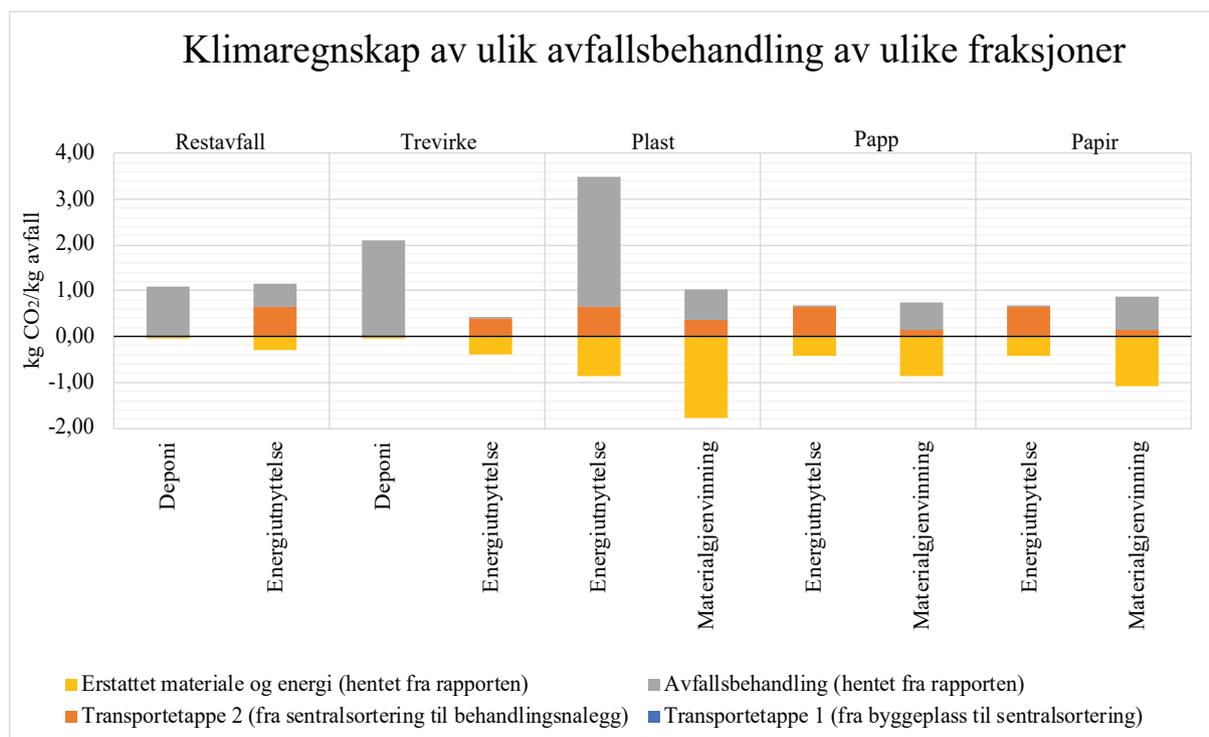
plast, 16,5% papp og papir, 16,4% trevirke, 8,6% tekstil, 3,1% jern og metall, 2,9% annet ikke brannbart avfall, 1,6% glass og stein og 0,4% organisk materiale. Det er gjennomført fem scenarier, oppsummert i Tabell 10, for å se nærmere på de miljømessige og økonomiske endringene dersom man har en ytterligere utsortering av henholdsvis trevirke, plast, papp og papir på byggeplass før det havner i restavfallet.

Tabell 10 Oppsummering av de ulike scenariene som er analysert med tanke på miljø og økonomi.

Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
Mengde restavfall er uendret basert på tall fra den analyserte kunden.	Sortere ut ytterligere 50% trevirke fra restavfallet.	Sortere ut ytterligere 50% av plasten fra restavfallet.	Sortere ut ytterligere 50% papp og papir fra restavfallet.	Sortere ut ytterligere 50% trevirke, plast, papp og papir fra restavfallet.

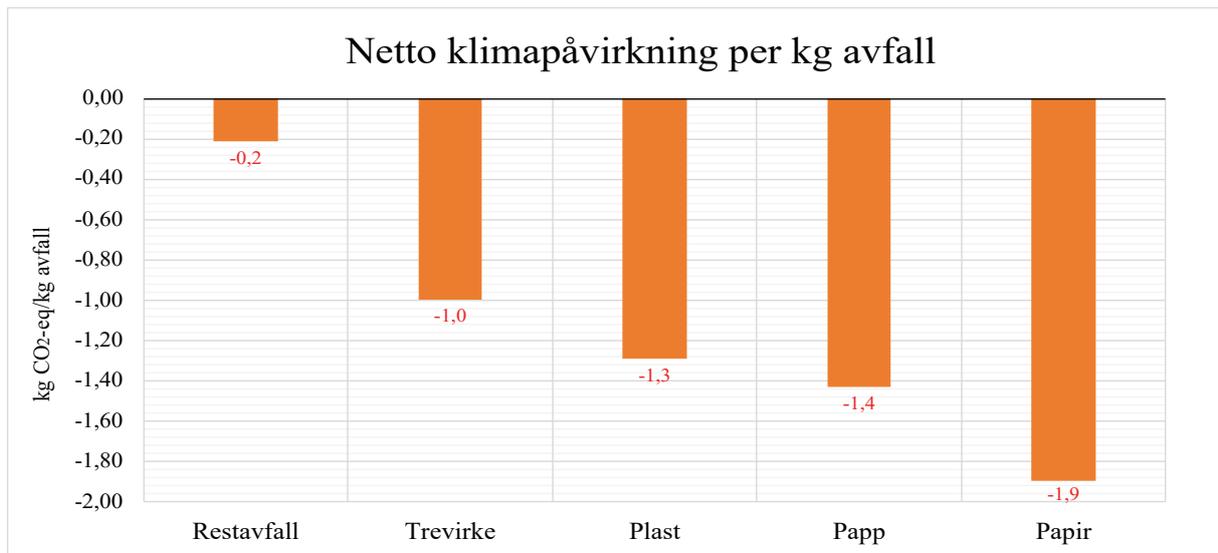
5.5.1 Livsløpsanalyse

Klimaregnskapet for håndtering av henholdsvis restavfall, trevirke, plast, papp og papir er vist i Figur 28. Det er antatt at de to første fraksjonene blir sendt til deponi eller energiutnyttelse, mens de tre andre blir sendt til energiutnyttelse eller materialgjenvinning. Alle fraksjonene har en transportetappe 1 som tilsvarer 0,0088 kg CO₂-eq per kg avfall, men det er for lavt utslipp til at det fremkommer i figuren nedenfor.



Figur 28 Brutto klimaregnskap av ulike avfallsbehandling av ulike fraksjoner oppgitt i kg CO₂-eq per kg avfall behandlet.

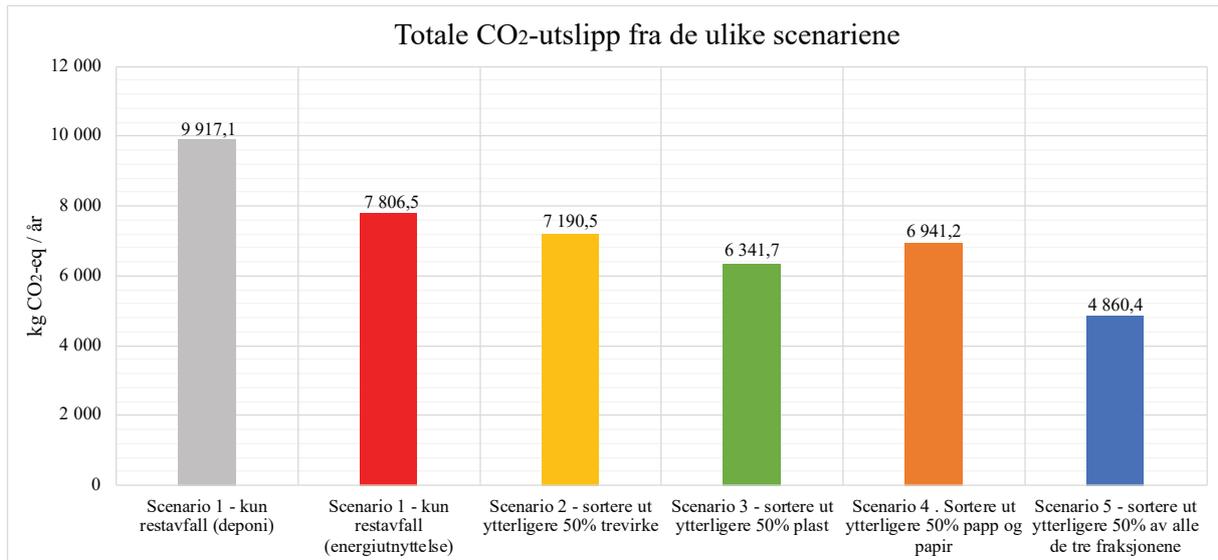
I Figur 29 vises netto klimapåvirkning ved å flytte behandlingen ett trinn opp i avfallspyramiden. Her går henholdsvis restavfall og trevirke fra deponi til energiutnyttelse, mens plast, papp og papir går fra energiutnyttelse til materialgjenvinning. Resultatet viser at det kan oppnås en besparelse av klimagassutslipp for behandlet avfall, dersom man flytter behandlingen ett trinn opp for alle fraksjonene. Dette illustrerer at man bør komme så langt opp i avfallspyramiden som overhodet mulig med størst mengde avfall (LOOP, 2018).



Figur 29 Netto klimagassutslipp oppgitt i kg CO₂-ekvivalenter per kg avfall behandlet, ved å flytte restavfall og trevirke fra deponi til energiutnyttelse, og de resterende tre fraksjonene fra energiutnyttelse til materialgjenvinning.

Som nevnt i kapittel 4.4.1, er LCA-analysen i denne oppgaven basert på en gjennomsnittlig kunde i Oslo-regionen som genererer 9058,2 kg restavfall i løpet av et år. De totale CO₂-utslippene fra behandling av denne mengden gitt de ulike scenariene og de ulike behandlingsmetodene, gir følgende resultater vist i Figur 30. Scenario 1 tar utgangspunkt i å behandle hele restavfallsfraksjonen ved deponi vist med grå søyle eller energiutnyttelse vist med rød søyle. I Scenario 2 klarer man å sortere ut 50% av den totale andelen trevirke som befinner seg i restavfallsfraksjonen, og sende denne andelen til energiutnyttelse, vist med gul søyle. I Scenario 3 klarer man å sortere ut ytterligere 50% av den totale plastandelen som befinner seg i restavfallet, og sende denne andelen til energiutnyttelse, vist med grønn søyle. I Scenario 4 klarer man å sortere ut ytterligere 50% av den totale andel papp og papir i restavfallet, og sende denne andelen til materialgjenvinning, som vist ved den oransje søylen. I Scenario 5, vist ved blå søyle, klarer man å sortere ut ytterligere 50% trevirke, plast, papp og papir, hvor den gjenværende restavfallsfraksjonen og den utsorterte trevirkeandelen sendes til energiutnyttelse, og de tre resterende fraksjonene sendes til materialgjenvinning.

Resultatene i Figur 30 indikerer at Scenario 5 gir mest klimanytte. Ved å endre avfallsbehandling fra 100% deponering av restavfallsmengden til ytterligere utsortering av 50% trevirke, plast, papp og papir vil klimapåvirkningen halveres, noe som tilsvarer en reduksjon på litt over 5 tonn CO₂-eq hvert år. I tillegg vil det være en reduksjon på rundt 3 tonn CO₂-eq hvert år ved ytterligere utsortering sammenlignet med om hele restavfallsmengden ble sendt til energigjenvinning.



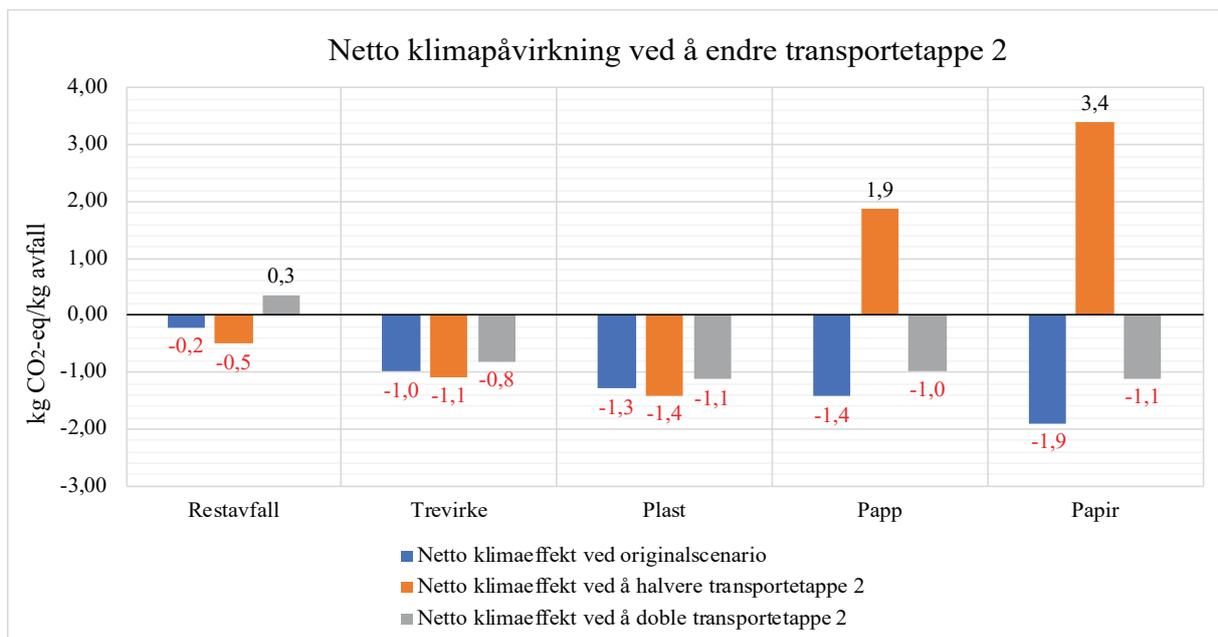
Figur 30 Totale utslipp over hele livsløpet basert på ulik håndtering og behandling av 9058,2 kg restavfall. Det er analysert endringer ved ulike sluttbehandling, samt ytterligere utsortering av ulike fraksjoner i restavfallet med tilhørende behandling.

Scenarioanalyse - LCA

I figuren nedenfor er netto klimapåvirkning som vist i Figur 29, illustrert i den blå serien. Dette er effekten ved å endre behandlingen av restavfall og trevirke fra deponi til energiutnyttelse, og plast, papp og papir fra energiutnyttelse til materialgjenvinning. Deretter er det gjennomført en scenarioanalyse hvor transportetappen fra sentralsortering til sluttbehandling for de ulike fraksjonene først er halvert (oransje serie), og deretter doblet (grå serie).

Som vi ser av Figur 31 har både restavfall, trevirke og plast størst klimanytte når transportetappen dobles. Papp og papir viser derimot en økning i klimapåvirkning når transportetappen halveres. Dette skyldes at papp og papir har et høyere klimautslipp knyttet til avfallsbehandling ved materialgjenvinning enn ved energiutnyttelse under de gitte forutsetningene i rapporten til Østfoldforskning. Avfallsbehandling av papp har et utslipp på 0,608 kg CO₂-eq per kg avfall for materialgjenvinning, og 0,026 kg CO₂-eq per kg avfall for energiutnyttelse, mens papir har henholdsvis 0,736 og 0,021 kg CO₂-eq per kg avfall, basert på

rapporten til Østfoldforskning. Dette skyldes at papp og papir inneholder biologisk CO₂ som gjør forbrenningen CO₂-nøytral, siden det er antatt at CO₂-utslippene ved forbrenning er lik opptaket av CO₂ når et tre vokser, og derfor i balanse (Raadal et al., 2009). Avfallsbehandlingen av disse fraksjonene spiller altså en større rolle enn selve transportetappen. Det er ikke gjennomført en scenarioanalyse på endring i avfallsbehandlingen, da utslippet fra avfallsbehandlingen i sin helhet er basert på rapporten til Østfoldforskning, og det er vanskelig å endre noen variabler uten å gjennomføre en ny LCA-analyse av hele systemet.



Figur 31 Illustrasjon av hvordan netto klimapåvirkningen endrer seg ved å flytte behandlingen av alle fraksjonene opp ett trinn i avfallspyramiden og samtidig først halvere og deretter doble antall km i transportetappe 2.

5.5.2 Livssyklus kostnadsanalyse

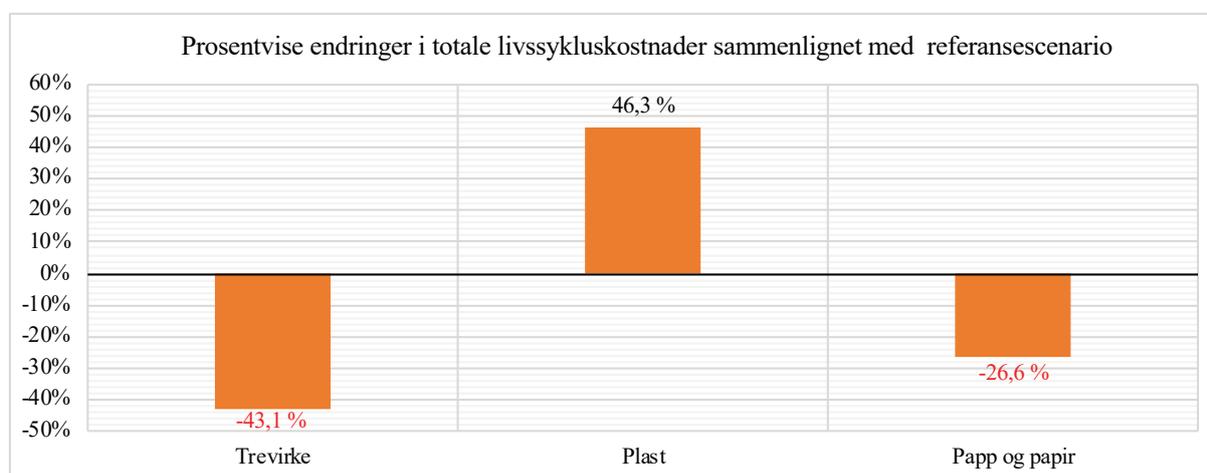
Beregning av livssyklus kostnadene inkluderer kostnader fra håndtering og behandling av avfallet fra der det oppstår frem til sluttbehandling gjennom å erstatte energi eller jomfruelig materiale. Her blir det tatt utgangspunkt i at restavfall og trevirke sendes til energiutnyttelse i innleide containere, mens plast, papp og papir sendes til materialgjenvinning. Sorteringsgraden i referansescenario er 84,5% med en restavfallsmengde på 9058,2 kg. De antatte fyllingsgradene i kg per container er henholdsvis 750 for restavfall, 1300 for trevirke, 500 for plast og 1000 for papp og papir.

Prosentvise endringer i kostnadene i de ulike trinnene sammenlignet med referansescenario som er behandling av restavfall, er vist i Tabell 11. I Figur 32 er de totale livssyklus kostnadene

illustrert. Endringene er vist ut fra kostnadene i de ulike trinnene som er inkludert i beregningen av livssyklus kostnadene. De totale kostnadene per kg trevirke behandlet over hele livsløpet har en reduksjon på 43,1% fra referansescenario. Plast har henholdsvis en økning på 46,3%, mens papp og papir har en reduksjon på 26,6%. For trevirke og papp og papir er kostnadene kun høyere enn referansescenario i trinn 6, mens for plast er kostnaden høyere i både trinn 2, trinn 3 og trinn 7.

Tabell 11 Prosentvise endringer i behandlingskostnader i ulike trinn inkludert i LCC-analysen ut fra referansescenario som er behandling av restavfall.

LCC	Referansescenario - Restavfall	Trevirke	Plast	Papp og papir
Trinn 1	100 %	-72,5 %	-9,3 %	-49,6 %
Trinn 2	100 %	-42,3 %	50,0 %	-25,0 %
Trinn 3	100 %	-42,3 %	50,0 %	-25,0 %
Trinn 4	100 %	-12,9 %	-26,1 %	-61,1 %
Trinn 5	100 %	-70,6 %	-22,9 %	-85,5 %
Trinn 6	100 %	16,5 %	-28,4 %	66,3 %
Trinn 7	100 %	-85,0 %	142,9 %	0,0 %
Trinn 8	100 %	-50,0 %	-40,6 %	-61,1 %

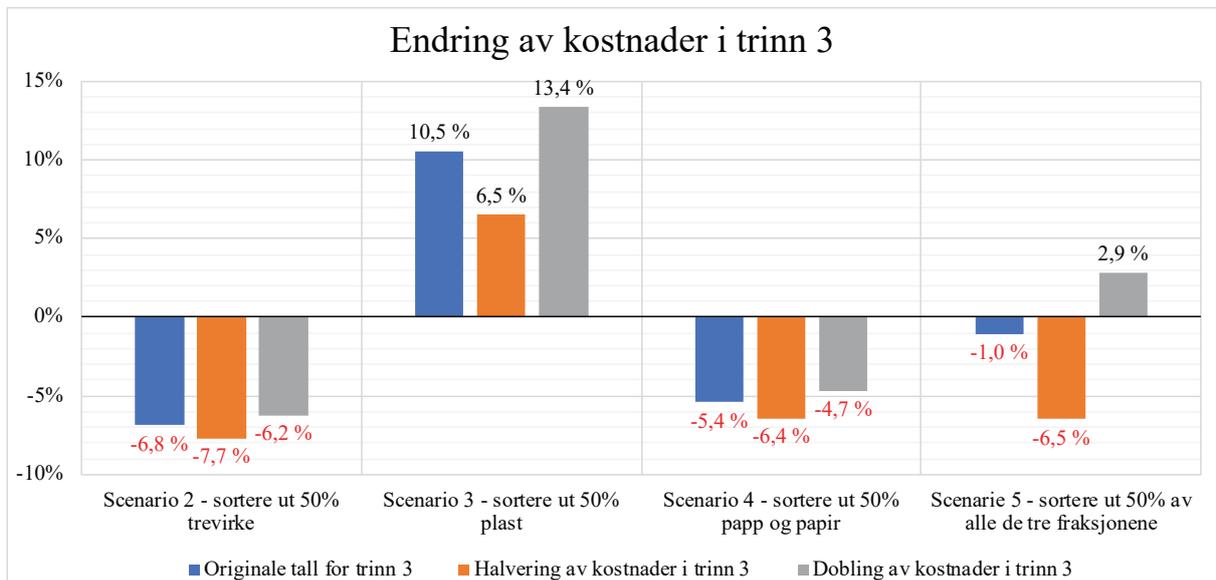


Figur 32 Grafisk fremstilling av de prosentvise endringene i livssyklus kostnader sammenlignet med referansescenario som er å behandle alt som restavfall.

Scenarioanalyse - LCC

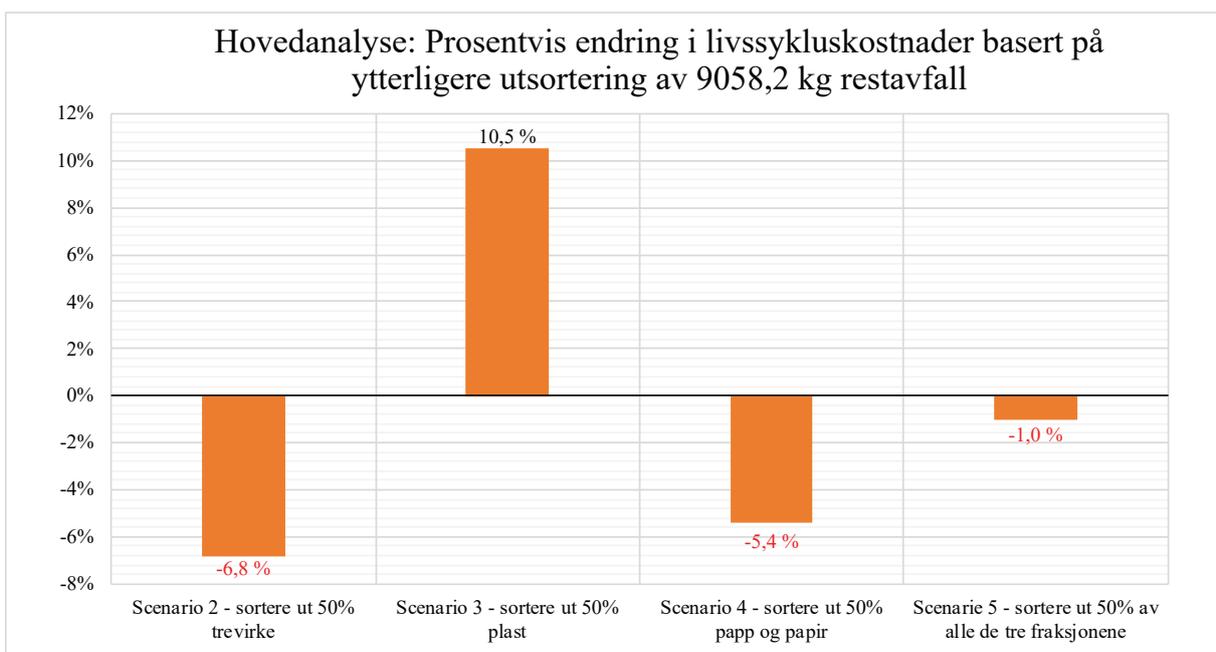
Den samlede analysen av alle 8 trinn indikerer klart at trinn 3 har det største utslaget på de prosentvise endringene fra referansescenario. I Figur 33 er det gjennomført en scenarioanalyse av henholdsvis halvering og doubling av kostnadene i trinn 3. Her viser plast det desidert største

avviket med en økning på 13,4% sammenlignet med referansescenario dersom kostnadene doubles. Dette tyder på at kostnadene for plast i trinn 3 er veldig følsomme for økning.



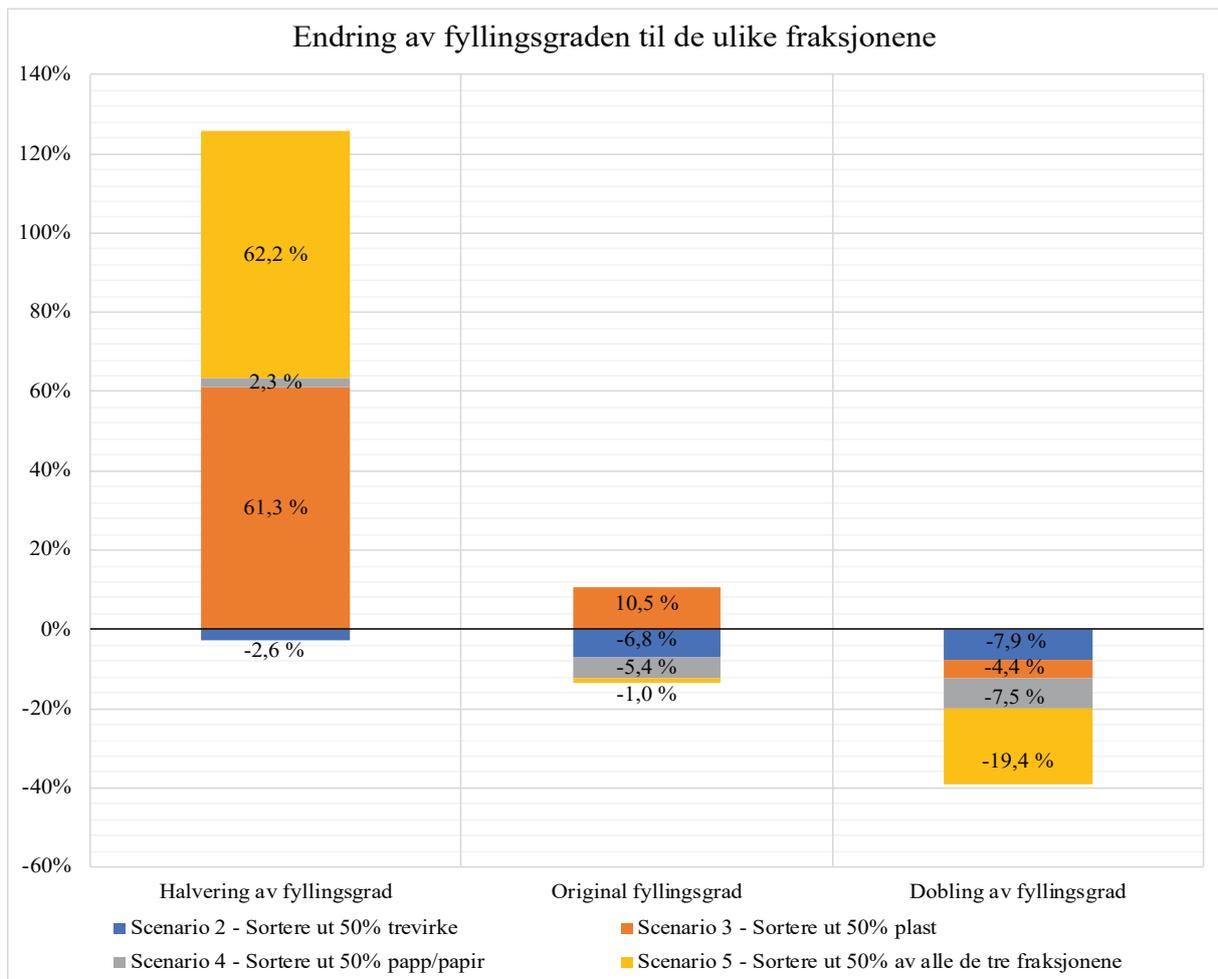
Figur 33 Analyse av henholdsvis halvering og dobling av kostnadene for de ulike fraksjonene i trinn 3 av LCC-analysen.

I Figur 34 er prosentvise endringer fra referansescenario illustrert. Resultatet indikerer at det lønner seg økonomisk å sortere ut ytterligere 50% trevirke, papp og papir, mens ytterligere 50% utsortering av plast gir en økning i kostnader over livsløpet på 10,5% ut fra referansescenario.



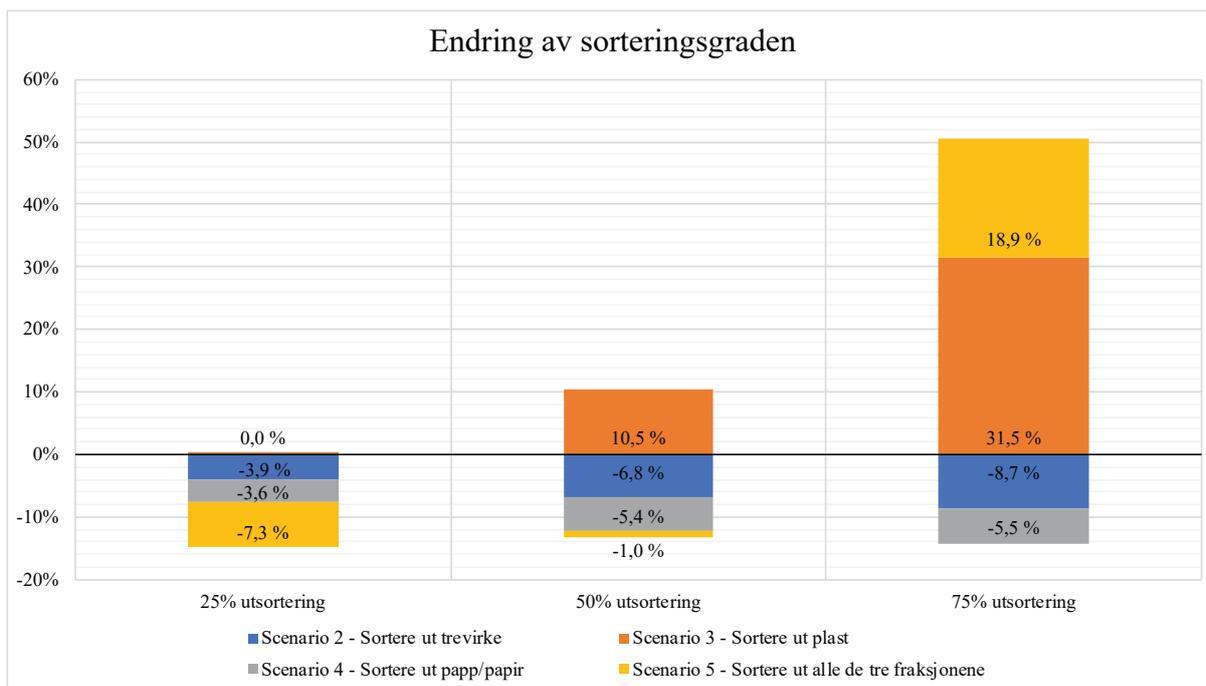
Figur 34 Prosentvis endring i livssyklus-kostnader i de ulike scenariene ut fra referansescenario.

Videre er det undersøkt hvorvidt endring i fyllingsgraden i containerne påvirker resultatene. I figuren nedenfor følger derfor ulike scenarier hvor fyllingsgradene er henholdsvis halvert og doblet. Figur 35 viser at plast er mest følsom for endring i fyllingsgraden, og gir bedre resultat jo høyere fyllingsgraden er. Kun utsortering av trevirke har en prosentvis besparelse uansett fyllingsgrad analysert.



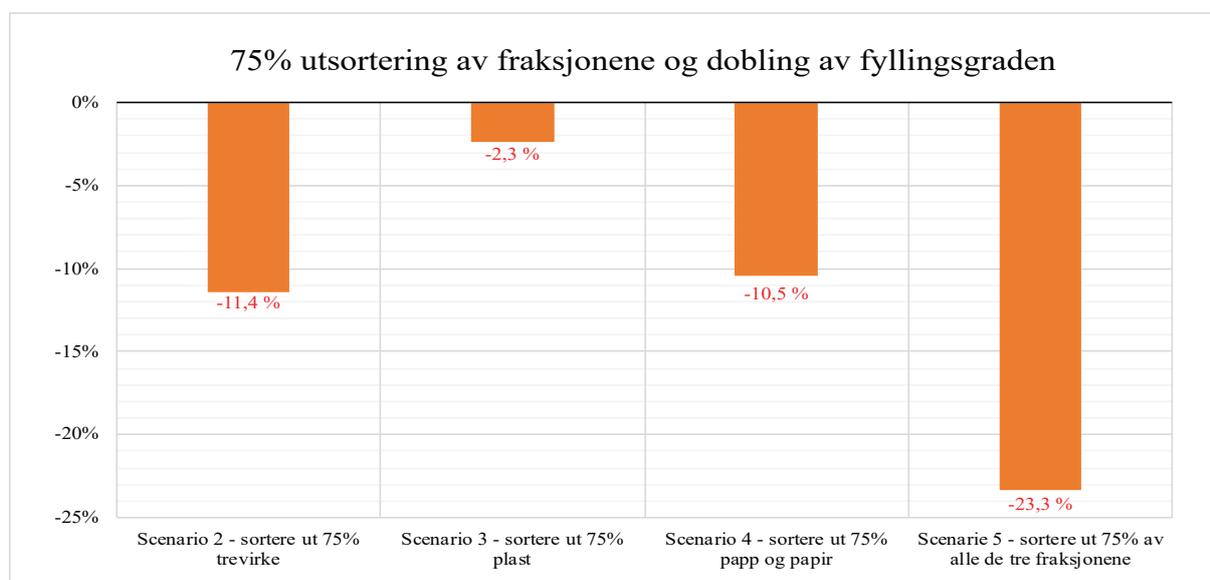
Figur 35 Prosentvis endring i livssyklus kostnader til de ulike scenariene ut fra referansescenario, ved å endre fyllingsgraden.

Videre er det undersøkt om resultatet påvirkes av å endre utsorteringsgraden av de rene fraksjonene fra restavfallet. I Figur 36 vises effekten når utsorteringsgraden av de ulike fraksjonene endres. Ytterligere utsortering av trevirke i Scenario 2 og papp og papir i Scenario 4 har i alle tilfellene en prosentvis reduksjon ut fra referansescenario. Ytterligere utsortering av plast i Scenario 3 har derimot en prosentvis økning i kostnader ut fra referansescenario, og når man når 75% utsorteringsgraden har endringen økt til 31,5%. På grunn av den lave fyllingsgraden, er plast derfor veldig følsom overfor endringer i utsorteringsgrad, da kostnadene er høye per kg avfall behandlet.



Figur 36 Prosentvis endring i livssyklus kostnader til de ulike scenariene ut fra referansescenario, ved å endre utsorteringsgraden av de ulike fraksjonene.

Avslutningsvis viser Figur 37 et tilfelle hvor både utsorteringen og fyllingsgraden er doblet. I alle scenariene reduseres livssyklus kostnadene sammenlignet med referansescenario hvor alt behandles som restavfall. Det er å anta at hovedårsaken til dette grunnes fyllingsgraden som reduserer kostnadene per container betraktelig. Plast har så vidt fått en reduksjon i livssyklus kostnader, da den er veldig følsom overfor endring i fyllingsgraden, mens de tre andre har fått en ytterligere reduksjon i prosentvis endring sammenlignet med referansescenario.



Figur 37 Illustrasjon av doubling av utsortering og fyllingsgrad til de ulike fraksjonene sammenlignet med referansescenario.

6. Diskusjon

6.1 Oppsummering av resultatene

6.1.1 Materialstrømsanalyse

Funnene i materialstrømsanalysen indikerte at avfallsmengden i Oslo-regionen har gått ned med 35,7% fra 2012 til 2018. I synkende rekkefølge har andelen rene masser, annet avfall, restavfall, EE-avfall, trevirke, forurensede masser, gips, metaller og glass blitt redusert fra 2012 til 2018. I synkende rekkefølge har derimot riggavfall, plast, farlig avfall, papp og papir økt i samme periode. Restavfallsandelen har ifølge analysen blitt redusert med hele 40,8% i den samme perioden, mens de månedlige plukkanalysene gjennomført fra juli 2016 indikerer at det i gjennomsnitt er blant annet 20,1% ren plast, 16,5% rent papp og papir, og 16,4% rent trevirke i det leverte restavfallet. For videre beregning ble det antatt at det vil være potensielt mulig å sortere ut ytterligere mengder av disse fraksjonene ved endret avfallshåndtering ved kilden.

Oppsummeringen av de ulike framskrivningene i Tabell 12 indikerer at den totale avfallsmengden fra byggebransjen i Norge vil reduseres frem mot 2030. Framskrivningen av den totale avfallsmengden fra byggeprosjekter, restavfallsfraksjonen isolert sett, samt sorteringsgraden i Oslo-området, har alle en R^2 -verdi som er preget av noe usikkerhet, men framskrivningene indikerer likevel klart en nedadgående trend.

Tabell 12 Oppsummering av resultatene av de ulike framskrivningene.

Hva er framskrevet?	Andel i 2030	R^2 -verdi
Total avfallsmengde fra byggebransjen i Norge	1,4 millioner tonn	0,904
Total avfallsmengde fra byggeprosjekter i Oslo-området	33 000 tonn	0,717
Total restavfallsmengde fra byggeprosjekter i Oslo-området	10 500 tonn	0,754
Sorteringsgrad i Oslo-området	50 %	0,693

6.1.2 Årsaksanalyse

I dybdeintervjuene gjennomført med henholdsvis informanter fra den regulerende (*gruppe 1*) og den utøvende (*gruppe 2*) side, ble ulike barrierer, motivasjonsfaktorer, drivere, løsninger og effekter diskutert. Gruppe 1 fremhevet dårlig lønnsomhet og holdninger som de viktigste barrierene for å oppnå en god avfallshåndtering, samtidig som lover og regelverk var den

viktigste kilden til motivasjon. Gruppe 2 mente derimot at plassutfordring var den største barrieren, etterfulgt av holdninger, men at avfallshåndteringen hovedsakelig var drevet av miljøhensyn, samt positive tilbakemeldinger fra ledelsen ved gode avfallspraksiser. Begge gruppene var enige om at det vil være vanskelig å stille rettferdige krav til antall kg avfall per m², samt at det virket unødvendig og ulønnsomt å ha 100% sortering på byggeplass ut fra dagens krav og støtteordninger. Det var derimot enighet om byggherrers og arkitekters ansvar, i kombinasjon med teknologisk utvikling, som bidrag til en bedre avfallshåndtering i fremtiden.

6.1.3 Livsløpsanalyse og livssyklus kostnadsanalyse

For å analysere de miljømessige og økonomiske effektene ble det antatt at en gjennomsnittlig kunde i Oslo-området genererer 9058,2 kg restavfall hvert år.

Følgende fem scenarier ble analysert med basis i miljømessige og økonomiske effekter:

- **Scenario 1:** Ha restavfallsbeholderen som den er, med totalt 9058,2 kg per år.
- **Scenario 2:** Sortere ut ytterligere 50% av trevirke fra restavfallet.
- **Scenario 3:** Sortere ut ytterligere 50% av plasten fra restavfallet.
- **Scenario 4:** Sortere ut ytterligere 50% av papp og papir fra restavfallet.
- **Scenario 5:** Sortere ut ytterligere 50% trevirke, 50% plast og 50% papp og papir.

Netto klimagassutslipp er beregnet ved å endre behandling av restavfall og trevirke fra deponering til energiutnyttelse, samt plast, papp og papir fra energiutnyttelse til materialgjenvinning. Resultatene fra miljøanalysen presentert i kapittel 5.5.1, indikerer at alle fraksjonene har en klimagevinst ved å flytte behandlingsmetoden ett trinn opp i avfallspyramiden. Scenario 5 under de gitte forutsetningene gir den høyeste miljøgevinsten, og indikerer at en høyest mulig andel rene fraksjoner bør sorteres ut av restavfallsfraksjonen ved kilden. Ved å halvere transportetappe 2 (sentralsorteringsanlegg til behandlingsanlegg), vil Scenario 4 ha en økning i netto klimagassutslipp. Dette grunnet de høye utslippene fra selve materialgjenvinningen av papp og papir, som er vesentlig høyere enn om fraksjonen sendes til energiutnytting, da utslipp av biologisk CO₂ anses som CO₂-nøytralt (Raadal et al., 2009).

Resultatene i kapittel 5.5.2 indikerer at behandling av plast under de gitte forutsetningene, har høyere kostnader over livsløpet enn de andre fraksjonene sammenlignet med referansescenario. Dette skyldes hovedsakelig at plast er veldig følsom for endring i fyllingsgrad, og dersom den

halveres, vil kostnadene øke med 61,3% sammenlignet med referansescenario. Scenario 5 med dobbel fyllingsgrad har derfor det beste resultatet, nettopp grunnet plast sin følsomhet for endring i fyllingsgrad.

Dersom fyllingsgraden dobles og utsorteringsgraden av alle de tre fraksjonene økes til 75% samtidig, kan det forekomme en miljøbesparelse på rundt 3 tonn CO₂-eq hvert år, i tillegg til en reduksjon i livssyklus-kostnader på 23,3% sammenlignet med å behandle alt som restavfall til energiutnyttelse. Basert på forutsetningene, indikerer resultatene dermed at det lønner seg både miljømessig og økonomisk å ha ytterligere utsortering av de rene fraksjonene i restavfallet dersom fyllingsgraden økes.

6.2 Forskningsspørsmål sett i lys av tidligere forskning

6.2.1 Historisk og fremtidig utvikling

Resultatene indikerer at den totale avfallsmengden fra byggeprosjekter i Oslo-området har gått ned med 35,7% siden 2012, og restavfallsmengden isolert sett har gått ned med 40,7%. SSB sin avfallsstatistikk over generert byggavfall på nasjonalt nivå viser en økning på 21,3% fra 2012 til 2017, mens restavfallsmengden har gått ned med 17,3% (Skjerpen, 2019). Videre indikerer framskrivningen oppsummert i Tabell 12 at man kan forvente en nedgang i både total mengde avfall og restavfall fra byggeprosjekter i Oslo-området. Nedgangen i total generert mengde kan indikere et skifte i adferd mot prefabrikerte materialer og gjenbruk av materialer internt i byggeprosjekter. Nedgang i andel restavfall kan tyde på at byggebransjen i Oslo-området har blitt flinkere til å sortere. Dette støttes av utsagnene til informantene som blant annet fremhevet at byggebransjen har løpt fra myndighetskravene. Flere av informantene fra gruppe 2 hadde interne krav som strakk seg langt over myndighetenes krav om 60% sortering, og de etterspurte oppdatert lovverk på dette området.

Grunnen til at den nasjonale avfallsgenereringen har økt, mens den har avtatt i Oslo-regionen kan skyldes flere ulike variabler. Mange av de største byggherrene i Norge er lokalisert i Oslo, og flere av disse er statlige. De statlige byggherrene stiller muligens strengere krav til avfallshåndteringen i sine byggeprosjekter, noe som kan påvirke det totale resultatet i Oslo-området. Videre er andre private byggherrer opptatt av et godt rykte, da de konkurrerer mot de statlige selskapene, og er derfor pådrivere for ulike bransjeordninger, som blant annet Grønn Byggallianse og Construction City (d.d.). I tillegg er mange av byggeprosjektene i Oslo-

området så store at de utløser krav til avfallsplan og sluttrapport jamfør TEK17 (2017), noe som igjen gjør at de automatisk blir tvunget til å tenke over avfallshåndteringen. I distriktene i Norge er det derimot små entreprenører som dominerer, og de har nok med å overleve konkurransen fra de store. Videre er det noe enklere å oppbevare avfall over lenger tid i distriktene i Norge, noe som kan resultere i at alt blir kastet som restavfall til slutt. I Oslo-området er det derimot plassmangel, så mulighet for lagring av avfallet over en lengere periode er ikke økonomisk lønnsomt og i noen tilfeller ikke praktisk mulig. I tillegg er det kortere avstand fra byggeplasser og avfallsmottaksanlegg i Oslo-området, noe som gjør logistikken mer effektivt. Dette fører til at det er mer gunstig å få avfallet bort fra byggeplassen i Oslo-området enn å lagre det til opprydningsfasen, da blant annet prisen for leie av offentlig grunn er vesentlig dyrere i Oslo enn i distriktene (Oslo kommune, 2019).

Sorteringsgraden i Oslo-området ligger per dags dato på rundt 70%, men framskrivingen i Figur 23 i kapittel 5.3.2 indikerer en negativ trend og en reduksjon til 50% innen 2030. Framskrivningen er derimot preget av usikkerhet, men det samsvarer med trenden for total materialgjenvinningsgrad for norsk byggavfall, som har gått ned fra 42% i 2016 (Skogesal, 2019) til 34% i 2017 (Chaudhary, 2019). Dette henger også sammen med at andel rene masser har blitt sendt til deponi istedenfor materialgjenvinning, da man er usikre på forekomsten av krom 6 (Byggeindustrien, 2019). Det ble presisert av flere av informantene i gruppe 2, at det var ønskelig at regelverket var enklere å forholde seg til. Informantene fra gruppe 1 presiserte derimot at regelverket eksisterer, og det står blant annet i TEK17 (2017) at man skal legge til rette for gjenbruk og materialgjenvinning ved å velge produkter deretter. Dette hjelper likevel ikke, dersom ingen etterlever det. Betongforskriften fra Miljødirektoratet var ment som en oppklarende veiledning for gjenbruk, men har derimot ført til økt usikkerheten i bransjen. Dette igjen har ført til at man velger å være føre-var (Byggeindustrien, 2019) ved å kaste betong i farlig avfall eller restavfall. Denne føre-var-holdningen kan dermed ha bidratt til å redusere sorteringsgradene i Oslo-området, og øke mengden som går til deponi.

6.2.2 Barrierer og motivasjonsfaktorer

Resultatene fra dybdeintervjuene gjennomført med henholdsvis gruppe 1 og gruppe 2, indikerer at flertallet i bransjen mener at avfallssortering kun er lønnsomt frem til et visst nivå. Begge gruppene presiserte at avfallshåndteringen ofte går på bekostning av økonomi, da alt er basert på tilbud der pris er avgjørende. Disse utsagnene støttes imidlertid ikke av Bakchan et al.

(2019), som understreker at avfallshåndteringen ikke påvirker fremdriften eller hindrer måloppnåelsen, men at det er behov for en strategi som samkjører prosjektets konkrete måloppnåelser med langsiktige planer, som å bidra til en bærekraftig fremtid. Resultatene i kapittel 5.5.2 underbygger påstanden til Bakchan et al. (2019), og støtter dermed ikke opp under utsagnene til informantene om at det kun er økonomisk lønnsomt med utsortering frem til et visst nivå. Resultatene i kapittel 5.5.2 indikerer derimot at det alltid lønner seg økonomisk å sortere ut trevirke fremfor å kaste det i restavfall. Papp og papir er noe avhengig av fyllingsgraden i containerne, men gir stort sett et økonomisk lønnsomt resultat. Plastfraksjonen er derimot helt avhengig av at fyllingsgraden er så høy som mulig, og er veldig følsom overfor endringer.

Informantene fra den utøvende siden av byggebransjen mente at plass var den største barrieren. Flere informanter argumenterte likevel for at dette ikke nødvendigvis trenger å være et problem da det kun trengs bedre planlegging i starten. Dersom man har en plan for lokasjon av avfallscontainere i løpet av byggeprosjektet, eller tar i bruk sekkeløsninger ved behov, kan dette problemet kunne løses. Utsagnene til informantene fra gruppe 2 støttes av Lam et al. (2019), Saez et al. (2013) og del Río Merino et al. (2010), som understreker at resultatet avhenger av hvordan man informerer de involverte, hvordan de inkluderes i planleggingsfasen, og hvordan de ulike prosessene er implementert i praksiser gjennom hele prosjektperioden. Her er det derfor viktig med god dialog mellom alle involverte. Dette kan skape enighet og forståelse angående lokasjonene til avfallscontainerne og eventuelle forflyttinger underveis i prosjektet, noe som støttes av forskningen til Akinade og Oyedele (2019).

Begge gruppene konkluderer med at det er utfordrende å lage overordnede mål for krav til antall kg avfall per m², da alle prosjekter er byggeplassavhengige. Informanter i begge gruppene understrekte derfor viktigheten av byggherrers rolle og ansvar i planleggingsfasen. Dette støttes av Sapuay (2016) og Hao et al. (2019), som konstaterer at byggherrer må følge opp avfallsplaner gjennom byggeprosessen, samt at det må oppmuntres til god sorteringsadferd for å skape engasjement og forståelse. Basert på de overnevnte utsagnene ser man viktigheten av at byggherrer tar ansvar ved å styre arkitekter og innkjøpere mot bærekraftige løsninger som bidrar til avfallsreduksjon. Dette støttes videre av presentasjonen til Lind (2019) om at 60% av avfallsfokuset bør ligge i planleggingsfasen og 30% i innkjøpsfasen, men at det per dags dato kun er antatt 5% fokus i planleggings og 15% i innkjøpsfasen. Dette igjen understreker behovet

for god dialog mellom alle involverte for å oppnå gode resultater, som støttes av både Tam et al. (2007) og Akinade og Oyedele (2019).

6.2.3 Fremtidens avfallshåndtering

Flere informanter påpekte at det er lite fokus på avfallsreduksjon i planleggingsfasen. Dette underbygges av forskning gjort av Akinade et al. (2018), Osmani et al. (2008), Osmani et al. (2006), Innes (2004), Chandrakanthi et al. (2002), Ekanayake og Ofori (2000), Faniran og Caban (1998) og Bossink og Brouwers (1996), som alle presiserer at denne fasen bidrar til avfallsgenerering på senere stadier grunnet dårlige konsept og avgjørelser. Informantene i begge gruppene viser til at det kan være mye å spare dersom arkitekter prosjekterer slik at man kan bygge demonterbart, bruke gjenvunnet og gjenbrukte materialer, eller ta i bruk prefabrikkerte materialer. Basert på disse utsagnene er det antatt at det er viktig både å gjøre gode innkjøp, samt å ha god dialog med entreprenører om praktiske løsninger. Dette støttes av både Ajayi et al. (2015), Lam et al. (2019), Akinade et al. (2016) og Oyedele (2013).

For å kunne ta i bruk gjenvunnet materiale, er man avhengig av at fraksjonene blir utsortert ved kilden og sendt videre til materialgjenvinning. De miljømessige resultatene i oppgaven indikerer at det i alle tilfellene er bedre å behandle fraksjonene ett trinn opp i avfallspyramiden enn dagens behandling, noe som støttes av Islam et al. (2019) og Bansal et al. (2016). Det betyr at restavfall og trevirke bør sendes til energiutnytting fremfor deponi, samt at plast, papp og papir bør materialgjenvinnes fremfor å sendes til energiutnyttelse. Bjerkli (2015) konkluderte med at det potensielt er mulig å sortere totalt 93% av byggavfallet med en kombinasjon av kilde- og sentralsortering, men er da avhengig av rene fraksjoner fra kilde. Dette støttes av Sormunen og Kärki (2019) som understreker at separering på stedet er nødvendig for å skape renere fraksjoner inn til behandlingsanlegg, noe som gjør det mindre krevende å materialgjenvinne eller gjenbruke ulike fraksjoner.

Resultatene fra livsløpsanalysen indikerer at papp og papir, under de gitte forutsetningene, vil ha et høyere netto klimautslipp sammenlignet med referansescenario dersom transportetappe 2 halveres. Flere studier konkluderer med at miljønytteten av å gjenvinne materialer er mye større enn de negative effektene knyttet til transport av avfallet (Coventry et al., 2016; Merrild et al., 2012; Rønning et al., 2016; Raadal et al., 2009; Raadal et al., 2016; Turk et al., 2015). Scenarioanalysen indikerer at transportdistansen ikke er spesielt utslagsgivende i LCA-

analysen for de tre andre analyserte fraksjonene, da det kun forekommer marginale endringer uavhengig om transportetappen dobles eller halveres. Grunnen til at papp og papir får et høyere netto klimautslipp ved å halvere transportavstanden, er at forbrenning av biologisk CO₂ anses som CO₂-nøytralt, og derfor er utslippene ved energiutnyttelse lavere enn ved materialgjenvinning (Raadal et al., 2009). Likevel indikerer tidligere livsløpsanalyser av papp og papir at det alltid lønner seg å sende fraksjonene til materialgjenvinning. Dette skyldes at miljønyttene ved å erstatte jomfruelig råvare til ny produksjon av papp og papir, er mye høyere enn ved å erstatte brensel til varmereproduksjon (Villanueva & Wenzel, 2007).

6.3 Hvordan kan resultatene brukes og realiseres?

6.3.1 Norsk Gjenvinning og andre avfallsselskap

Avfallsselskap i Oslo-regionen kan ta i bruk resultatene fra denne oppgaven for å få en pekepinn på hvilke trinn i deres avfallsbehandling som genererer de høyeste kostnadene og bidrar til miljøbelastninger. Det er essensielt at selskapene får oversikt over sine konkrete kostnader og tar hensyn til disse i sine økonomistyringssystemer, slik at man kan effektivisere og forbedre prosesser for å få de beste økonomiske og miljømessige resultatene. Dersom det stemmer at sorteringsgraden og avfallsgenereringen ved kilden går ned, vil det være behov for mer effektive sorteringsprosesser på sentralsorteringsanlegget slik at man kan sende renest mulig fraksjoner til sluttbehandling. Ulubeyli et al. (2017) presiserte i sin studie at gjenvinningspotensialet for byggavfall ligger mellom 50 - 90% dersom det blir håndtert riktig, og det er derfor viktig å få brukte materialer tilbake i produksjonsloopen slik at man kan redusere uttaket av jomfruelige ressurser (Nußholz et al., 2019).

Scenarioanalysen av livssyklus kostnadene illustrerer at fyllingsgraden i containere påvirker resultatet. Plast er spesielt følsom for endring. Her vil det være viktig at avfallsselskapene informerer kunder om at fulle containere gir lavest behandlingkostnader over hele livsløpet, samt at det blir færre transporter som også forbedrer de miljømessige effektene. Lavere livssyklus kostnader og klimautslipp vil være en samfunnsøkonomisk gevinst for lokalmiljøet, spesielt når uttak av naturlige ressurser skal reduseres samtidig som man skal opprettholde materialkvaliteten i ulike byggeprosjekter (Islam et al., 2019).

Flere fra den utøvende siden av bransjen kommenterer viktigheten av et riktig avfallsbilde, hvor avfall sortert for hånd på avfallsanlegg også bør fremkomme på de overordnede resultatene. Et

forslag er at det opprettes en fraksjon som kalles «*sortert på avfallsmottak*», slik at de små bedriftene kan få uttelling for det de selv sorterer for hånd. Dette vil bidra til at avfallsregnskapet blir mer riktig, samtidig som det virker mer rettferdig og motiverende for de små aktørene som ikke får uttelling for dette per dags dato. Dette støttes av Valde et al. (2018) som antar i sin kalkulering at avfall fra mindre og mellomstore bygge-, rive- og rehabiliteringsprosjekter står for mellom én tredjedel og drøyt halvparten av den totale mengden byggavfall i Norge. Siden det som blir sortert for hånd på avfallsmottak registreres som restavfall, og små- og mellomstore prosjekter er unntatt avfallsrapporter, betyr det at SSB baserer sin statistikk på et mangelfullt datagrunnlag.

Det anbefales at avfallsselskaper går sammen om å forbedre statistikken på området. Dersom bransjen går sammen om statistikkgrunnlaget, vil det skape et mer riktig bilde av håndteringen, samt at det er lettere å måle forbedringer. Det kan være ønskelig å dele opp bransjekodene ytterligere, slik at blant annet BA-bransjen kan være todelt, i henholdsvis «bygg» og «anlegg». Dette vil gjøre at man får et mer detaljert grunnlag, samt at man kan skape datagrunnlag på avfallsgenerering i den delen av anleggsbransjen som i dag er mangelfull. Videre kan det være ønskelig å dele informasjon om plukkanalyser gjennomført på avfall fra konkrete bransjer, slik at man i tillegg får et bilde på hva restavfall fra ulike bransjer inneholder.

6.3.2 Myndigheter

Myndigheter spiller en sentral rolle med tanke på fremtidens avfallshåndtering. Informantene i gruppe 2 mente at kravene stilt av myndighetene henger langt etter utviklingen i bransjen. Myndighetene ønsket å forenkle håndtering av betong, og kom derfor med en Betongforskrift. Her ble maksimal konsentrasjonsverdi av krom 6 i betong konkretisert, selv om dette ikke hadde vært et viktig tema tidligere. Dette skapte forvirring, og virket heller som et incentiv til å sende avfall på deponi. Det er viktig i fremtiden at myndighetene og bransjen har åpen dialog og vedtar regelverk og veiledere som hjelper de ute i bransjen.

Halvparten av informantene i gruppe 2 mente at avfallshåndtering er drevet av miljøhensyn, og det ble presisert at det burde være et konkurransefortrinn å være miljøvennlig. Informantene i gruppe 2 mente derfor at det burde være sammenheng mellom krav og lønnsomhet, ved at myndighetene må samarbeide med de som vet hvor skoen trykker, slik Sormunen og Kärki (2019), Lu og Yuan (2011) og Huang et al. (2002) også presiserer i sin forskning. Det er derfor

viktig at myndighetene legger til rette for et konkurransedyktig marked for gjenbrukt eller gjenvunnet materiale gjennom ulike støtteordninger, slik Huang et al. (2002) og Nußholz et al. (2019) presiserer i sin forskning. Myndighetene kan også drive endringer ved å øke deponiavgiftene, slik at det kan virke som et incentiv til å sende større mengder avfall til materialgjenvinning istedenfor deponi, noe som underbygges av forskningen til Hao et al. (2019). I tillegg bør det komme krav fra myndighetene om å ta i bruk BIM-standarden (NS 8360) ved prosjektering av bygg, for å gjøre det lettere å gjenbruke materialer eller sortere avfall riktig ved riving og rehabilitering, siden man på forhånd vet hvilke materialer som befinner seg i bygget (Standard Norge, 2017).

Per dags dato faller små- og mellomstore byggeprosjekter utenfor kravet om avfallsplan (TEK17, 2017), og flere informanter la frem at de ønsker rettfærdige krav, slik at ingen kan dumpe avfall ulovlig. Dette støttes av del Río Merino et al. (2010) som legger frem at myndighetsreguleringen må drive frem endringer ved å oppfordre prosjekter uavhengig av størrelse til beste praksis, slik at en høyere andel avfall blir gjenbrukt eller gjenvunnet. Dette kan sikres gjennom hyppigere oppfølging fra kommunene, noe som ønskes av både informantene fra gruppe 1 og 2 i denne oppgaven. Mye av dette grunnes at flere mener det er urettferdig om aktører som driver med små prosjekter som ikke utløser krav til avfallsplan, kan dumpe avfallet sitt ulovlig uten at noen følger opp, mens de som er store må dokumentere hva de gjør med avfallet sitt. Målet er at alle skal bli like seriøse som de beste aktørene i bransjen, og dermed bidra til den sirkulære økonomien ved å levere avfall til godkjente avfallsmottak.

6.3.3 Entreprenører og underentreprenører

Entreprenører bør kreve at det kun skal brukes combi-containere på byggeplass, da dette kan bidra til at man reduserer størrelsen på det som blir kastet. Combi-containeren har to åpninger av ulik størrelse, og det kan da settes krav til at det kun kan kastes planker i containeren dersom de er under 1 meter. Planker over 1 meter må plasseres i en kasse ved siden av, slik at det potensielt kan gjenbrukes av noen andre internt på bygget. Dette vil kunne bidra til både avfallsreduksjon og gjenbruk.

Entreprenører kan vurdere å bruke lås på restavfallscontainerne for å gjøre restavfallsalternativet mer utilgjengelig på grunn av ekstra bruk av tid. Alle informantene som ble intervjuet la vekt på at det vil være mulig å fjerne restavfallsfraksjonen fra byggeplass

dersom det blir interne eller eksterne krav, men at det ikke nødvendigvis er den beste løsningen. Resultatene i denne oppgaven indikerer derimot at det er lønnsomt å sortere, men det er ikke et absolutt svar på om 100% sortering er det riktige. Hvis man ikke ønsker å fjerne restavfallet, kan en låst container likevel bidra til at restavfallsmengden minimeres. Videre presiserte informantene at det vil være viktigere å få de utvalgte fraksjonene så rene som mulig, istedenfor å bruke tid på å demontere sammensatte produkter som kanskje ikke er egnet til materialgjenvinning eller gjenbruk uansett. Ved å ta i bruk låst container fjerner man ikke restavfallet helt, og dermed kan sammensatte fraksjoner som er tilnærmet umulig å skille og diverse oppsop fortsatt håndteres som restavfall. Likevel krever det litt mer planlegging å komme til containeren da den ikke er åpen for alle, og en direkte effekt vil være minimering av restavfallsmengden.

Det er anbefalt at entreprenører sjekker fyllingsgraden i containerne før de bestiller henting, slik at de sørger for at containerne er mest mulig fylt opp. En høyere fyllingsgrad i containerne er bedre både for det miljømessige og det økonomiske regnskapet, da en større mengde avfall blir fraktet per gang. Videre kan det lønne seg å ta i bruk komprimatorer for å øke fyllingsgraden til ulike fraksjoner, spesielt med tanke på den lette plastfraksjonen. Dette vil derimot endre forutsetningene for livssyklus kostnadene presentert i denne oppgaven, da containertype må endres fra 10 m³ combi-container til container med komprimator.

Underentreprenører kan bidra med avfallsreduksjon ved å planlegge innkjøpene sine. I studiet til Ajayi et al. (2016) konkluderes det med at holdningen i byggebransjen har båret preg av at folk anser avfall som uunngåelig. En slik kultur bidrar kun til ansvarsfraskrivelse og økt avfallsgenerering. Underentreprenører bør endre denne holdningen, og informeres om at de sparer penger ved å kun kjøpe materialer de trenger. I tillegg er det viktig å planlegge håndteringen av materialene, slik at man får mindre kapp. Ved å fokusere på «myke» endringer hvor man påvirker holdning og motivasjon knyttet til avfallshåndtering (Lu & Yuan, 2011), er det vesentlig å få frem at avfallshåndtering ikke påvirker fremdriften eller hindrer måloppnåelse, men at man må planlegge litt mer i forkant av innkjøp og gjennomføring.

Det bør stilles krav til at underentreprenører kun får bruke gjenbrukbare europaller ved frakt av materialer inn på byggeplass. Hjellnes Consult fant i sin plukkanalyse ut at trevirke utgjorde 27,6% av restavfallet fra byggeplasser i 2014. Hovland og Wærner (2015) antyder derfor at trevirke er en fraksjon som ofte blir feilsortert og kunne vært unngått. I plukkanalysen til Norsk

Gjenvinning er det beregnet at trevirke i gjennomsnitt står for 16,4% av det leverte restavfallet. Resultatene i kapittel 5.5, indikerer at trevirke er økonomisk og miljømessig gunstig uavhengig av analyserte scenarier. EU har satt krav til at 80% av treemballasjen skal gjenvinnnes innen 2030, noe som betyr at det er viktig å få trevirket ut av restavfallet (Commission, 2014). Dersom det settes krav til at det kun skal tas i bruk gjenbrukbare europaller, vil både det rene trevirke isolert sett og andel trevirke i restavfall minimeres.

Avslutningsvis er det viktig at entreprenører og underentreprenører kommuniserer jevnlig, slik at entreprenører får tilbakemeldinger dersom noen rutiner ikke er praktisk gjennomførbare eller økonomisk lønnsomme. Rutinene må fungere for de som skal gjennomføre dem, og det kan skapes mer eierskap til rutiner dersom underentreprenører får mulighet til å være med å utforme dem. I tillegg er det viktig å følge opp rutiner, og at det blir samme konsekvenser for alle som ikke følger dem, slik både Lam et al. (2019), Saez et al. (2013) og del Río Merino et al. (2010) presiserer i sin forskning. Å ha god kommunikasjon og samhandling fra start, støttes av både Tam et al. (2007) og Akinade og Oyedele (2019).

6.3.4 Byggherrer og andre bestillere

Byggherrer har et stort samfunnsansvar, og da er det også viktig at de er villige til å betale det lille ekstra for å håndtere avfallet på en riktig måte. I tillegg har resultatene i denne oppgaven indikert at man vil kunne redusere kostnadene dersom man sorterer restavfallsfraksjonen ytterligere, da det er dyrt å levere restavfall til sentralsortering. Resultatene indikerer samtidig at det er bra for miljøet å sende avfall til materialgjenvinning fremfor energiutnyttelse, som underbygges av Islam et al. (2019) og Bansal et al. (2016). Her kan byggherrer bidra til økt materialgjenvinning ved å stille interne krav til sortering og gjenbruk på sine respektive byggeplasser, samt kreve dokumentasjon av nedstrømsbehandling fra avfallsselskapene.

I følge Nordby (2018) er gevinsten ved gjenbruk relativt lav med hensyn til klimagassutslipp. Dersom man klarer å gjenbruke en andel på 10%, vil klimagassutslippene kunne reduseres med 2% sammenlignet med dagens utslipp fra produksjon, transport og avfallsbehandling av nye bygningsmaterialer (Nordby, 2018). Derfor vil det være å anbefale at fokuset heller skifter mot avfallsreduksjon ved nybygg som per 2017 står for 34,7% av avfallsgenereringen i Norge (SSB, 2019a). Her er det rene materialer som gjerne er CE-merket, eller man kan ta i bruk hjelpemidler som Cobuilder (2016), for å finne informasjon om materialet. Byggherrer spiller videre en sentral rolle i utviklingen av markeder hvor de både kan tilby og etterspørre gjenvunnet og

gjennbrukte materialer (Nußholz et al., 2019). Per dags dato er rammebetingelsene knyttet til nye og brukte byggevarer helt like, men de slår mer positivt ut for nye byggevarer (Pettersen, 2019). Det kreves derfor en kompetanseheving innen gjenbruk (Nordby, 2018). Det at store utbyggere som OBOS, Entra, Betonmast og AF Gruppen går sammen om ulike gjenbruksprosjekter (OBOS, 2019), vil på sikt ha positive ringvirkninger i bransjen. Videre kan det være en idé å ta i bruk profesjonelle «demontererere», som kan bidra til forsvarlig håndtering av materialer og farlig avfall, slik Sormunen og Kärki (2019) presiserer.

Det er viktig at byggherrer ikke legger alt ansvaret over på entreprenører og underentreprenører som sorterer på byggeplass, slik Lu og Yuan (2011) presiserer. For den totale avfallsgenereringen i byggeprosessen vil det i første omgang være avgjørende at byggherrer stiller krav til arkitekter, konstruktører og innkjøpere. Byggherrer må etterspørre bærekraftige bygg som blant annet består av gjenbruksmaterialer og prefabrikkerte materialer, samt at det kan demonteres for enklere gjenbruk senere. Mye avfall kan unngås ved god planlegging og god dialog, og det er derfor avgjørende å inkludere avfallsplaner i de overordnede fremdriftsplanene (Batayneh et al., 2007; Jaillon et al., 2009). Her vil det være viktig at de som skal utføre arbeidet i praksis får være med i planleggingsfasen, slik at arkitekt og byggherre ikke sitter alene og drømmer om løsninger som ikke er praktisk mulig å gjennomføre. Kommunikasjon fra start med klare forventninger, er nøkkelen til et godt miljømessig og økonomisk resultat, slik Ajayi et al. (2015) presiserer. Her kan det være en fordel å ta i bruk BIM-standarden (NS 8360) for at alle skal ha oppdatert informasjon om materialer som blir brukt gjennom hele byggeprosessen, samt at det gir et sammenligningsgrunnlag i planleggingsfasen når man skal velge mellom ulike byggematerialer, slik Akinade et al. (2015) presiserer.

Det kan være en fordel for byggherrer å få rydding av avfall og kontroll av containere inn i kontrakter med ulike underentreprenører, slik at hen kan disponere flere folk til rydde- og sorteringsjobber. Informantene i gruppe 2 presiserte at de gjorde som byggherrer sa, og dersom slike ting er kontraktfestet, vil det være enighet fra start om forventninger, slik både Akinade og Oyedele (2019), Lam et al. (2019), Saez et al. (2013) og del Río Merino et al. (2010) presiserer i sin forskning. Dette kan igjen påvirke motivasjonen til utøvende underentreprenører i form av at de ser den tidsmessige gevinsten av å sortere på forhånd, slik at det ikke er like stort behov for massive rydderunder senere.

Byggherrer kan også vurdere å kreve at alle skal gjennom «avfallskurs», på lik linje med «sikkerhetskurs», før de får ferdes rundt på byggeplassen. Dette burde gjøres i samarbeid med entreprenører og avfallsselskaper, slik at det blir lagt til rette for riktig avfallshåndtering. Slike kurs kan øke forståelsen rundt håndtering av ulike fraksjoner, og det bør i tillegg utføres jevnlig oppdateringskurs underveis i byggeprosessen, slik at kunnskapen alltid er oppdatert.

6.4 Robusthet av analyser og datagrunnlag

Reliabilitet, eller pålitelighet, handler om nøyaktigheten av undersøkelsens data (Johannessen et al., 2011). Dette er altså knyttet til hvorvidt datainnsamlingen er etterprøvable og om selve dataene er troverdige (Silverman, 2015). Det er viktig å redegjøre for hvilken informasjon som kommer gjennom datagenereringen, hva som er forskerens egen analyse (Seale, 1999), og hvilke faktorer som har påvirket resultatet underveis (Tjora, 2012).

Utvelgelsen av informanter og relasjonen mellom informant og forsker kan ha stor betydning for påliteligheten, samtidig som data fra de individuelle intervjuene styres av samtalen og konteksten (Johannessen et al., 2011). Informantene i dybdeintervjuene ble plukket ut strategisk, da det var ønskelig at det var et noenlunde likt antall fra både den regulerende og utøvende siden av byggebransjen. Det ble utarbeidet en intervjuguide til hver av gruppene, noe som i etterkant gjorde det noe vanskelig å sammenstille dataene i en kvantitativ framstilling. I tillegg var dette utfordrende med tanke på at spørsmålene ikke var utformet som rene ja/nei-spørsmål. Her ble utsagnene til informantene tolket og satt i en kontekst. Det kan derfor hende resultatene hadde blitt annerledes dersom spørsmålene hadde vært utført på en annen måte, med et klart mål fra start om at svarene skulle kvantifiseres, eller om andre hadde tolket dataene fra intervjuene. Dessuten er det mulig at svarene ville blitt noe annerledes om andre informanter ble tatt med istedenfor, spesielt om informantene var fra andre steder enn Oslo-området.

Datagrunnlaget i materialstrømsanalysen er basert på mottatt avfall hos Norsk Gjenvinning sitt anlegg på Alnabru. Det var ønskelig å analysere avfallsstrømmene fra byggeaktiviteter, men avfallsstatistikken til Norsk Gjenvinning omhandlet samlebetegnelsen «bygg- og anlegg». Det finnes lite offentlig statistikk på anleggsavfall, noe som førte til at det ble antatt 85% kom fra byggesektoren og 15% kom fra anleggssektoren. Dette kan bety at datagrunnlaget i denne oppgaven inneholder mengder anleggsavfall, som gjør at resultatene ikke er representative for

byggebransjen isolert sett. Dersom forutsetningene endres, kan de framskrevne resultatene endre seg.

Livsløpsanalysen i oppgaven er basert på datagrunnlaget i rapporten til Østfoldforskning (Raadal et al., 2009). Dersom forutsetningene endres, kan også resultatet endres. I tillegg er rapporten til Østfoldforskning gjennomført på husholdningsavfall, så det bør fremkomme mer pålitelige miljøpåvirkninger dersom det gjennomføres en livsløpsanalyse av behandling av kun byggavfall. Her er det gjort endringer for kontekstavhengige transportavstander, noe som kan medføre at resultatet også her blir annerledes dersom disse endres.

Videre er mange av kostnadene i LCC-analysen avhengige av kvaliteten på avfallet som skal behandles. Det er blant annet snakk om type plast som er mottatt, og fuktighetsnivået i papp og papir, noe som vil påvirke resultatet betraktelig. I denne oppgaven ble datagrunnlaget basert på tall levert fra ulike avdelinger i Norsk Gjenvinning, som er antatt gjennomsnittskostnader, da det ikke eksisterer absolutte kostnader for de analyserte 8 trinnene.

6.5 Overførbarhet

Overførbarhet handler om hvorvidt forskningen er gyldig utenfor det som konkret er undersøkt i prosjektet (Tjora, 2012). All forskning ønsker å trekke slutninger utover det som er undersøkt, og ved å undersøke generaliserbarheten ser man på om man klarer å etablere gode beskrivelser, begreper og forklaringer som også er nyttig på andre områder (Johannessen et al., 2011).

Mengden byggavfall og tilhørende sammensetning vil variere mellom ulike økonomier, og direkte sammenligninger bør derfor gjøres med forsiktighet, slik Lu og Yuan (2011) presiserer i sin forskning. Oslo er forskjellig fra de fleste andre byer i Norge, noe som gjør at resultatene under de gitte forutsetningene ikke nødvendigvis er direkte overførbare til andre deler av landet. Det må tas hensyn til at mange av de største byggherrene og entreprenørene er lokalisert i Oslo-området, og det er hovedsakelig slike store aktører som leverer avfall til Norsk Gjenvinning på Alnabru. I andre deler av Norge er det ofte mindre aktører som faller utenfor kravet om avfallsplan, noe som gjør at framskrivningene av avfallsmengder derfor ikke er helt representativt for mindre byggeprosjekter lokalisert utenfor Oslo-området.

Det ble gjennomført dybdeintervjuer med totalt 11 informanter fra ulike yrker i Oslo-området. Dette utvalget er antatt å være for lite til å kunne generaliseres, men det kan likevel virke som en indikator på hvordan ulike deler av bransjen forholder seg til de ulike barrierene og driverne de står overfor. Barrierene og driverne er trukket ut av tidligere forskning på byggavfall og byggebransjen, og det kan derfor antas at flere aktører i bransjen kan ha noenlunde like tanker om de ulike temaene som ble tatt opp. Likevel er det viktig å presisere at bransjen stadig er i endring, og det som er normen i dag kan ha «gått ut på dato» i morgen. Hvis fokuset fortsetter som det har gjort hittil, kan man anta at avfallshåndteringen vil ha en sentral rolle i alle ledd i byggeprosjekter.

6.6 Veien videre

Innhenting av datagrunnlaget i oppgaven har vært en krevende prosess. Mye av den offentlige avfallsstatistikken er ufullstendig, og har i tillegg to års etterslep. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Norsk Gjenvinning, og dette har sannsynligvis bidratt til et mer fullstendig datagrunnlag, da jeg fikk tilgang til deres interne avfallsstatistikk. Grunnet begrenset tid har analysen likevel basert seg på ulike antagelser, og det er derfor grunn til å tro at det har skapt rom for videre forskning.

Informantene som deltok i dybdeintervjuene var plukket ut basert på deres mulighet til å bidra i oppgaven. De var begrenset til Oslo-området, og det var derfor mangelfullt med refleksjoner med hensyn på byggeplasser utenfor. Her vil det være nødvendig å nå ut til et større utvalg fra flere ulike steder i Norge, slik at man får en mer helhetlig forståelse av holdningene i den nasjonale byggebransjen. Dersom man ønsker meningsmålinger med mindre usikkerhet, kan det være lurt å vurdere bruken av spørreundersøkelser for å dekke et større utvalg på kortere tid. Her er utfordringen å nå ut til et representativt antall, noe som ikke alltid er like lett. De personene jeg har vært i kontakt med i forbindelse med denne oppgaven, har derimot vært veldig engasjerte og villige til å dele erfaringer knyttet til avfallshåndtering. Min oppfatning er derfor at det er et økende avfallsengasjement i bransjen, og det er derfor å anbefale å bruke spørreundersøkelser i kombinasjon med dybdeintervjuer for mer utdypende forklaringer angående holdninger og motivasjonsfaktorer.

For videre analyse av mengder og sammensetning av byggavfall med tilhørende behandlingsmetoder vil jeg anbefale å undersøke fyllingsgrad, sorteringskostnad på byggeplass

og plukkanalyser nærmere. Fyllingsgraden varierer veldig fra prosjekt til prosjekt og fraksjon til fraksjon, og er avgjørende for resultatene. Det anbefales at fyllingsgraden til ulike fraksjoner fra byggeplasser undersøkes nærmere, da dette er den variabelen som påvirker de miljømessige og økonomiske beregningene mest. Her kan det være interessant å inkludere bruk av komprimator og eventuelle andre containertyper, for å se hvilken effekt det har på resultatet. Samtidig kan det være interessant å undersøke hva folk på byggeplasser anser som en full container, for deretter å analysere barrierer og implementere tiltak for å øke fyllingsgraden.

Sorteringskostnadene på byggeplass er vanskelig å anslå, da det er veldig byggeplassavhengig. Generelt i byggebransjen virker det som om det er én person som har hovedansvaret for avfallshåndteringen, slik at ting ikke sklir ut. Det å beregne kostnadene til denne ene personen, rydderundene, samt alle andre som kaster avfall, blir derfor et avansert regnestykke som bør analyseres nærmere. Her kan det være interessant å følge flere personer i byggebransjen som har ansvar for avfallscontainerne, slik at man kan estimere hvor mye tid som brukes på oppfølging. I tillegg kan det være nyttig å se om denne tiden avhenger av eksisterende sorteringsgrad på byggeplass eller engasjementet til den ansvarlige personen, samt identifisere eventuelle andre variabler som spiller inn på sorteringskostnaden.

Plukkanalysene som blir gjennomført hos Norsk Gjenvinning per dags dato er kun på den generelle betegnelsen restavfall. For å skape et mer riktig bilde av byggavfall er det anbefalt å gjennomføre hyppigere plukkanalyser isolert på restavfall fra byggeplasser. Det bør også undersøkes hvorvidt det er sesongvariasjoner, samt om det er forskjell mellom ulike kunder som leverer avfall. Jeg anbefaler å ta metoden til Hjellnes Consult i bruk, da de har kombinert plukkanalyser og spørreundersøkelser (Hovland & Wærner, 2015).

7. Konklusjon

Formålet med oppgaven har vært å undersøke historiske og fremtidige avfallsstrømmer fra byggebransjen i Oslo-området, for å deretter analysere de miljømessige og økonomiske effektene ved ytterligere utsortering av restavfallsmengden. Resultatene indikerer en nedadgående trend i både den totale avfallsgenereringen, restavfallsmengden og sorteringsgraden i byggeprosjekter i Oslo-området frem mot 2030. Framskrivningene bærer preg av noe usikkerhet, men trendens utvikling kan likevel indikere endring i avfallshåndtering på byggeplasser. I tillegg indikerer resultatene, under de gitte forutsetningene, at det kan være en klimabesparelse på 3 tonn CO₂-eq per år og en reduksjon i livssyklus-kostnader på 23,3% dersom det foreligger en ytterligere utsortering av de rene fraksjonene trevirke, plast, papp og papir fra restavfallet.

For å få til en ytterligere utsortering av rene fraksjoner i restavfallet, er det derfor vesentlig å ha et avfallsfokus helt fra planleggingsfasen. Flere informanter understreker at den generelle holdningen i bransjen har endret seg, men adferden henger fortsatt noe igjen i gamle vaner. Her har byggherrer et ansvar for å etterspørre bærekraftige bygg, og stille interne krav til avfallssortering og -minimering under hele byggeprosjektet. Entreprenører må sørge for jevnlig oppfølging av sorteringsgraden på byggeplass, og sikre høyest mulig fyllingsgrad i containere før henting. Underentreprenører bør inkluderes i utarbeiding av rutiner for å øke eierskapsfølelse, samt at de må planlegge innkjøp og montering for å unngå overflod og kapp av materialer. I tillegg bør myndigheter utvikle rettferdige og informative regelverk, samt ha hyppigere oppfølging av avfallshåndtering, noe flere av informanter i dybdeintervjuene etterspurte. Avfallsselskaper bør gå sammen om å forbedre statistikkgrunnlaget, samt at de må drive målrettet veiledning ute hos kunder for å informere om viktigheten av høy fyllingsgrad og sorteringsgrad ved kilden. Avslutningsvis er det viktig at folk i byggebransjen samhandler seg imellom, samt med ulike avfallsselskaper, for å klare å oppfylle fremtidige klimamål.

Beregningene i oppgaven er basert på ulike antagelser, noe som gjør at resultatene ikke er direkte overførbare til andre området i Norge. Oslo er en særegen by, og forutsetningene kan bli noe annerledes utover i distriktene i Norge. Trendene kan likevel indikere at byggebransjen sitt fokus er på vei til å snu, men det er anbefalt med videre undersøkelse av utvalgte variabler som påvirker resultatet i stor grad.

8. Referanser

- Abergel, T., Dean, B. & Dulac, J. (2017). Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector: Global Status Report 2017. *UN Environment and International Energy Agency*, ISBN: 978-92-807-3686-1. 32 p, Paris, Frankrike.
- Ajayi, S. O., Oyedele, L. O., Bilal, M., Akinade, O. O., Alaka, H. A., Owolabi, H. A. & Kadiri, K. O. (2015). Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvements. *Resources, Conservation and Recycling*, 102: 101-112.
- Ajayi, S. O., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Owolabi, H. A., Alaka, H. A. & Kadiri, K. O. (2016). Reducing waste to landfill: A need for cultural change in the UK construction industry. *Journal of Building Engineering*, Volume 5: 185-193. doi: 10.1016/j.job.2015.12.007.
- Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Bilal, M., Ajayi, S. O., Owolabi, H. A., Alaka, H. A. & Bello, S. A. (2015). Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS). *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 105: 167-176. doi: 10.1016/j.resconrec.2015.10.018.
- Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Ajayi, S. O., Bilal, M., Alaka, H. A., Owolabi, H. A., Bello, S. A., Jaiyeoba, B. E. & Kadiri, K. O. (2016). Design for Deconstruction (DfD): Critical success factors for diverting end-of-life waste from landfills. *Waste management*, Volume 60: 3-13. doi: 10.1016/j.wasman.2016.08.017.
- Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Ajayi, S. O., Bilal, M., Alaka, H. A., Owolabi, H. A. & Arawomo, O. O. (2018). Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment. *Journal of cleaner production*, Volume 180: 375-385.
- Akinade, O. O. & Oyedele, L. O. (2019). Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS). *Journal of Cleaner Production*, Volume 229: 863-873. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.232.
- Andrews, T. & Vassenden, A. (2007). Snøballen som ikke ruller. Utvalgsproblemer i kvalitativ forskning. *Sosiologisk tidsskrift*, Volume 15 (02): ISSN: 1504-2928, 151-162.
- Avfall Norge. (2016). *Avfalls-og gjenvinningsbransjens veikart for sirkulær økonomi: Avfall Norge, Norsk Gjenvinning og VESAR*. 58 p, Oslo, Norge.
- Bakchan, A., Faust, K. M. & Leite, F. (2019). Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: Integration with project and site planning. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 146: 462-474. doi: 10.1016/j.resconrec.2019.02.020.
- Bakken, I. J. (u.å.). *Multipel lineær regresjon*. (PowerPoint): Enhet for anvendt klinisk forskning (NTNU) og Avdeling for forebyggende helsearbeid (SINTEF). Tilgjengelig fra: <http://folk.ntnu.no/slyderse/medstat/KLMED8005/Multreg2009.pdf> (lest 19.11.2019).
- Baldwin, A. N., Shen, L. Y., Poon, C. S., Austin, S. A. & Wong, I. (2008). Modelling design information to evaluate pre-fabricated and pre-cast design solutions for reducing construction waste in high rise residential buildings. *Automation in construction*, Volume 17 (3): 333-341. doi: 10.1016/j.autcon.2007.05.013.
- Bansal, A., Mishra, G. & Bishnoi, S. (2016). *Recycling and Reuse of Construction and Demolition waste: Sustainable approach*. 7th International conference on sustainable build Environment 2016, Kandy, Sri Lanka, Desember 2016.
- Batayneh, M., Marie, I. & Asi, I. (2007). Use of selected waste materials in concrete mixes. *Waste management*, Volume 27 (12): 1870-1876. doi: 10.1016/j.wasman.2006.07.026.
- Benjaminsen, C. (2018). Hva betyr egentlig sirkulær økonomi? SINTEF. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/hva-betyr-egentlig-sirkular-okonomi/> (lest 29.08.2019).

- Bergsdal, H., Brattebø, H., Bohne, R. A. & Müller, D. B. (2007). Dynamic material flow analysis for Norway's dwelling stock. *Building Research & Information*, Volume 35 (5): 557-570. doi: 10.1080/09613210701287588.
- BIR. (d.d.). *Bilder til nedlasting - Avfallspyramiden*. Tilgjengelig fra: <https://bir.no/om-bir/bilder/> (lest 15.11.2019).
- Bjerke, K. (2015). *Papp og papir: Norsk Gjenvinning*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskgjenvinning.no/tjenester/avfallstyper/papir-papp-og-kartong/papp-og-papir/> (lest 21.11.2019).
- Bjerkli, C. L. (2015). *Økt materialgjenvinning av byggavfall. Innspill til NHP-nettverket: COWI. Prosjektnr. A056940, dokumentnr. 1, 30 p.*
- Bossink, B. A. G. & Brouwers, H. J. H. (1996). Construction waste: quantification and source evaluation. *Journal of construction engineering and management*, Volume 122 (1): 55-60. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1996)122:1(55).
- Bovea, M. D. & Powell, J. C. (2016). Developments in life cycle assessment applied to evaluate the environmental performance of construction and demolition wastes. *Waste Management*, Volume 50: 151-172. doi: 10.1016/j.wasman.2016.01.036.
- Braut, G. S. & Dahlum, S. (2018). *Regresjonsanalyse*. Store Norske Leksikon.
- Brunner, P. H. & Rechberger, H. (2004). *Practical Handbook of Material Flow Analysis: For Environmental, Resource, and Waste Engineers*: CRC press, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, ISBN: 0-203-59141-0, -p. 336
- Byggeindustrien. (2019). Innlegg: Krom skaper problemer for materialgjenvinningen. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1390007> (lest 17.11.2019).
- Chandranthi, M., Hettiaratchi, P., Prado, B. & Ruwanpura, J. Y. (2002). *CEPM 4: optimization of the waste management for construction projects using simulation*. Proceedings of the 34th conference on Winter simulation: exploring new frontiers: Winter Simulation Conference. ISBN: 0-7803-7615-3, 1771-1777.
- Chaudhary, M. (2019). Mindre til materialgjenvinning. SSB. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/mindre-til-materialgjennvinning> (lest 27.09.2019).
- Christopher, M. (1998). Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Services. *Journal of the Operational Research Society*, Volume 45 (11): 1341. doi: 10.1080/13675569908901575.
- Cobuilder. (2016). *Kvaliteten betyr alt når det kommer til digitale produktdata (side 2)*. Tilgjengelig fra: <https://cobuilder.com/nb/hva-er-europas-bim-standarder/>.
- Coelho, A. & De Brito, J. (2012). Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. *Waste Management*, Volume 32 (3): 532-541. doi: 10.1016/j.wasman.2011.11.011.
- Commission, E. (2014). Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. *COM (2014)*, 398. Tilgjengelig fra: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:50edd1fd-01ec-11e4-831f-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1&format=PDF (lest 20.11.2019).
- Construction City. (d.d.). *Construction city - næringsklyngen for bygg-, anlegg- og eiendomsbransjen*. Tilgjengelig fra: <https://www.constructioncity.no/> (lest 19.11.2019).
- Coventry, Z. A., Tize, R. & Karunanithi, A. T. (2016). Comparative life cycle assessment of solid waste management strategies. *Clean Technologies and Environmental Policy*, Volume 18 (5): 1515-1524. ISSN: 1618-954X. doi: 10.1007/s10098-015-1086-7.
- CPR. (2017). *Construction Products Regulation (På norsk: Byggevarereforordningen)*.
- Dahlum, S. & Tjernshaugen, A. (2019). *Kvantitativ metode*. Store norske leksikon.

- del Río Merino, M., Izquierdo Gracia, P. & Weis Azevedo, I. S. (2010). Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. *Waste Management & Research*, Volume 28 (2): 118-129. doi: 10.1177/0734242X09103841.
- Di Maria, A., Eyckmans, J. & Van Acker, K. (2018). Downcycling versus recycling of construction and demolition waste: Combining LCA and LCC to support sustainable policy making. *Waste Management*, Volume 75: 3-21. doi: 10.1016/j.wasman.2018.01.028.
- Ding, T., Xiao, J. & Tam, V. W. Y. (2016). A closed-loop life cycle assessment of recycled aggregate concrete utilization in China. *Waste management*, Volume 56: 367-375. doi: 10.1016/j.wasman.2016.05.031.
- DOK. (2013). *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer*
- Eggen, E. (2014). Kostnader for utsortering av gjenvinningsfraksjoner. *Avfall Norge*: Rapportnr. 6/2014, ISBN: 82-8035-005-5. 24 p.
- Ekanayake, L. & Ofori, G. (2000). Evaluation of causes of construction material waste - cause of Rivers State, Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management* Volume 6: 746-753. doi: 10.4314/ejesm.v6i6.5S.
- Ekanayake, L. L. & Ofori, G. (2004). Building waste assessment score: design-based tool. *Building and Environment*, Volume 39 (7): 851-861. doi: 10.1016/j.buildenv.2004.01.007.
- Engelsen, C. J. & Rise, T. (2019). *Vurdering av resirkulert tilslag. Egnethet i rørgrøfter*, Rapportnr. 2019:00424. ISBN: 978-82-14-06343-1: SINTEF AS, Oslo, Norge.
- European Commission. (2018). *EU Construction and Demolition Waste Management Protocol. September, 2016. 52 p.*
- European Commission - Environment. (2018). *Construction and Demolition Waste (CWD)*. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm (lest 23.07.2019).
- Eurostat. (2019). Waste Statistics. Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics#Total_waste_generation (lest 30.09.2019).
- EØS-notat. (2008). *Rammedirektivet for avfall*. Miljøverndepartementet: Regjeringen. KOM-nr. KOM(2005)667. Rettsaktnr. 2008/98/EF. Cellexnr. 32008L0098.
- Faniran, O. O. & Caban, G. (1998). Minimizing waste on construction project sites. *Engineering, construction and architectural management*, Volume 5 (2): 182-188. doi: 10.1046/j.1365-232X.1998.00044.x.
- Forurensningsloven. (1981). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurl)*. (Online).
- Frøid, M. (2015). *Volum- og vektinformasjon: Norsk Gjenvinning*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskgjenvinning.no/tjenester/avfallstyper/volum-og-vektinformasjon/> (lest 21.11.2019).
- Gálvez-Martos, J., Styles, D., Schoenberger, H. & Zeschmar-Lahl, B. (2018). Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 136: 166-178. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.04.016.
- Ghisellini, P., Ripa, M. & Ulgiati, S. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production*, Volume 178: 618-643. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.11.207.
- Global Construction Perspective. (2013). *A global forecast for construction industry 2025*. 16.07.2014 utg. Tilgjengelig fra: <http://www.globalconstruction2025.com> (lest 15.09.2019).
- Graphisoft. (2019). *BIM*. Tilgjengelig fra: <https://graphisoft.no/archicad/bim-og-ifc/> (lest 20.11.2019).

- Hao, J., Yuan, H., Liu, J., Chin, C. & Lu, W. (2019). A model for assessing the economic performance of construction waste reduction. *Journal of Cleaner Production*, Volume 232: 427-440. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.348.
- Hossain, M. U., Poon, C. S., Lo, I. M. C. & Cheng, J. C. P. (2016). Comparative environmental evaluation of aggregate production from recycled waste materials and virgin sources by LCA. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 109: 67-77. doi: 10.1016/j.resconrec.2016.02.009.
- Hovland, K. & Wærner, E. R. (2015). *Plukkanalyser av restavfallscontainere fra byggeplasser. Innspill til NHP-nettverket. Arbeidsgruppen for materialgjenvinning. : Rapportnr. 20140205. 23 p.* Hjellnes Consult AS. Oslo, Norge.
- Hsieh, T. Y. (1997). The economic implications of subcontracting practice on building prefabrication. *Automation in construction*, Volume 6 (3): 163-174. doi: 10.1016/S0926-5805(97)00001-0.
- Huang, W., Lin, D., Chang, N. & Lin, K. (2002). Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process. *Resources, conservation and recycling*, Volume 37 (1): 23-37. doi: 10.1016/S0921-3449(02)00053-8.
- Ingrao, C., Messineo, A., Beltramo, R., Yigitcanlar, T. & Ioppolo, G. (2018). How can life cycle thinking support sustainability of buildings? Investigating life cycle assessment applications for energy efficiency and environmental performance. *Journal of cleaner production*, Volume 201: 556-569. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.08.080.
- Innes, S. (2004). *Developing tools for designing out waste pre-site and on-site.* Proceedings of Minimising Construction Waste Conference: Developing Resource Efficiency and Waste Minimisation in Design and Construction: doi: 10.3390/buildings2020126. New Civil Engineer London, UK.
- Islam, R., Nazifa, T., H., , Yuniarto, A., Uddin, A. S. M. S., Salmiati, S. & Shahid, S. (2019). An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling. *Waste Management*, Volume 95: 10-21. doi: 10.1016/j.wasman.2019.05.049.
- Jaillon, L., Poon, C. & Chiang, Y. H. (2009). Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. *Waste management*, Volume 29 (1): 309-320. doi: 10.1016/j.wasman.2008.02.015.
- Jaillon, L. & Poon, C. S. (2014). Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong. *Automation in Construction*, Volume 39: 195-202. doi: 10.1016/j.autcon.2013.09.006.
- Jin, R., Yuan, H. & Chen, Q. (2019). Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2018. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 140: 175-188. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.09.029.
- Johannessen, A., Christoffersen, L. & Tufte, P. A. (2011). *Forskningsmetode for økonomiskadministrative fag*, b. 3. utg. ISBN : 9788279353195. 490 p: Oslo: Abstrakt Forlag.
- Justesen, L. N. & Mik-Meyer, N. (2012). *Qualitative research methods in organisation studies*, b. ISBN: 9788741256450. 153 p: København: Gyldendal.
- Kibert, C. J. (1994). *Sustainable Construction: Proceedings of the First International Conference of CIB TG 16, November 6-9, 1994, Tampa, Florida, USA*: Center for Construction and Environment, M.E. Rinker Sr. School of Building Construction, College of Architecture, University of Florida, 1994. ISBN: 0964388618 9780964388611. 888 p.
- Kolder, I. B. (2019). *Livssykluslønnsnader (LCC)*: DiBK. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/anskaffelsesprosessen-steg-steg/avklare-behov-og-forberede-konkurransen/lage-kontraktstrategi/livssykluslønnsnader-lcc> (lest 20.11.2019).

- Kvale, S., Brinkmann, S., Anderssen, T. M. & Rygge, J. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju*. 3. utg., 2. oppl. utg. Interview[s] learning the craft of qualitative research interviewing. Oslo: ISBN : 978-82-05-46354-7. 381 p. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Lam, P. T. I., Yu, A. T. W., Wu, Z. & Poon, C. S. (2019). Methodology for upstream estimation of construction waste for new building projects. *Journal of Cleaner Production*, Volume 230: 1003-1012. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.183.
- Li, Y., Zhang, X., Ding, G. & Feng, Z. (2016). Developing a quantitative construction waste estimation model for building construction projects. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 106: 9-20. doi: 10.1016/j.resconrec.2015.11.001.
- Lind, C. (2019). *Presentasjon v/ Avfall Norge: Riktig avfallshåndtering – en forutsetning for etablering av sirkulær økonomi i byggebransjen?* Frokostseminar Tekna Bygg og anlegg - Sirkulær økonomi i byggebransjen, Mariboegs gate 13, Oslo, 19.09.2019.
- Llatas, C. (2011). A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list. *Waste management*, Volume 31 (6): 1261-1276. doi: 10.1016/j.wasman.2011.01.023.
- Llatas, C. (2013). Methods for estimating construction and demolition (C&D) waste. I: *Handbook of recycled concrete and demolition waste*, s. 25-52: ISBN: 9780857096906. Woodhead Publishing.
- LOOP. (2018). *Avfallshierarki*. LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning. Store Norske Leksikon.
- Lu, W. & Yuan, H. (2011). A framework for understanding waste management studies in construction. *Waste management*, Volume 31 (6): 1252-1260. doi: 10.1016/j.wasman.2011.01.018.
- Malt, U. & Tjernshaugen, A. (2019). *Kvalitativ metode*. Store norske leksikon.
- Marshall, C. & Rossman, G. B. (2014). *Designing qualitative research*, b. ISBN: 9781452271002. 352 p: USA: Sage Publications.
- McGee, J. K., Chen, L. C., Cohen, M. D., Chee, G. R., Prophete, C. M., Haykal-Coates, N., Wasson, S. J., Conner, T. L., Costa, D. L. & Gavett, S. H. (2003). Chemical analysis of World Trade Center fine particulate matter for use in toxicologic assessment. *Environmental health perspectives*, Volume 111 (7): 972-980. doi: 10.1289/ehp.5930.
- Merrild, H., Larsen, A. W. & Christensen, T. H. (2012). Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste: the importance of efficient energy recovery and transport distances. *Waste management*, Volume 32 (5): 1009-1018. ISSN: 0956-053X. doi: 10.1007/s10098-015-1086-7.
- Microsoft Office Support. (2019). *Legg til en trendlinje eller en glidende gjennomsnittslinje i et diagram*. Tilgjengelig fra: <https://support.office.com/nb-no/article/legge-til-en-trendlinje-eller-en-glidende-gjennomsnittslinje-i-et-diagram-fa59f86c-5852-4b68-a6d4-901a745842ad> (lest 16.11.2019).
- Miljødirektoratet. (2019a). *Betong- og teglavfall*. Online: Miljøstatus. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallstyper/betong--og-teglavfall/> (lest 20.09.2019).
- Miljødirektoratet. (2019b). *Emballasjeavfall*. Online: Miljøstatus. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallstyper/emballasjeavfall/> (lest 20.11.2019).
- Miljødirektoratet. (2019c). *Plastavfall*. Online: Miljøstatus. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallstyper/plastavfall/> (lest 20.11.2019).

- Miljødirektoratet. (2019d). *Treavfall*. Online: Miljøstatus. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallstyper/treavfall/> (lest 20.09.2019).
- Monier, V., Mudgal, S., Hestin, M., Trarieux, M. & Mimid, S. (2011). Service contract on management of construction and Demolition Waste–SR1. A project under the Framework contract ENV.G.4/FRA/2008/0112. Final Report Task 2. *European Commission (DG ENV), Paris, Frankrike*: 240 p.
- Mørch, T. (2019). *Sirkulærøkonomi - reell bærekraftig utvikling*: Norsk Gjenvinning. Tilgjengelig fra: <https://www.nggroup.no/baerekraft/sirkulaerokonomi/> (lest 29.08.2019).
- Nordby, A. S. (2018). *Utredning av barrierer og muligheter for ombruk av byggematerialer og tekniske installasjoner i bygg. Innspill til NHP-nettverket.*: Utgave 4. Oppdrag: 618618-01. 39 p. Asplan Viak AS.
- Norsk Gjenvinning. (2016). *Baerekraftrapport 2016 - Sertifiseringer*. Tilgjengelig fra: <https://www.nggroup.no/baerekraft/baerekraftrapport-2016/compliance/styringssystemet/sertifiseringer/> (lest 02.08.2019).
- Norsk Gjenvinning. (2018). *Produksjonen i full gang for gjenvinning av gips*: Kase, B. C., . Tilgjengelig fra: <https://www.nggroup.no/presserom/produksjonen-i-full-gang-for-gjenvinning-av-gips/> (lest 19.10.2019).
- Nußholz, J. L. K., Rasmussen, F. N. & Milios, L. (2019). Circular building materials: Carbon saving potential and the role of business model innovation and public policy. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 141: 308-316. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.10.036.
- OBOS. (2019). *Nå skal vi utvikle fremtidens miljøvennlige byggematerialer*. Tilgjengelig fra: <https://www.obos.no/dette-er-obos/nyheter/na-skal-vi-utvikle-fremtidens-miljovennlige-byggematerialer> (lest 16.11.2019).
- Oliveira, M. L. S., Izquierdo, M., Querol, X., Lieberman, R. N., Saikia, B. K. & Silva, L. F. O. (2019). Nanoparticles from construction wastes: A problem to health and the environment. *Journal of Cleaner Production*, Volume 219: 236-243. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.096.
- Ortiz, O., Pasqualino, J. C. & Castells, F. (2010). Environmental performance of construction waste: comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. *Waste management*, Volume 30 (4): 646-654. ISSN: 0956-053X. doi: 10.1016/j.wasman.2009.11.013.
- Oslo kommune. (2019). *Regler for leie av kommunal grunn i Bydel Sagene*: Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/gate-transport-og-parkering/leie-torg-fortau-og-gater/leie-areal/prisliste-og-soknadsskjemaer-for-leie-av-torg-fortau-og-gater/#gref> (lest 20.11.2019).
- Osmani, M., Glass, J. & Price, A. D. F. (2006). Architect and contractor attitudes to waste minimisation. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management*, Volume 159: 65-72. doi: 10.1680/warm.2006.159.2.65.
- Osmani, M., Glass, J. & Price, A. D. F. (2008). Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste management*, Volume 28 (7): 1147-1158. doi: 10.1016/j.wasman.2007.05.011.
- Ottesen, M. & Milli, G. (2016). *Veileder: Avfallshåndtering på byggeplass*. Utgave 2. 11 p: Oslo: Byggmiljø. Tilgjengelig fra: http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2016/03/Veileder_Avfallsh%C3%A5ndtering-p%C3%A5-byggeplass-rev.2016.pdf (lest 10.09.2019).
- Oyedele, L. O. (2013). Analysis of architects' demotivating factors in design firms. *International Journal of Project Management*, Volume 31 (3): 342-354. doi: 10.1016/j.ijproman.2012.11.009.

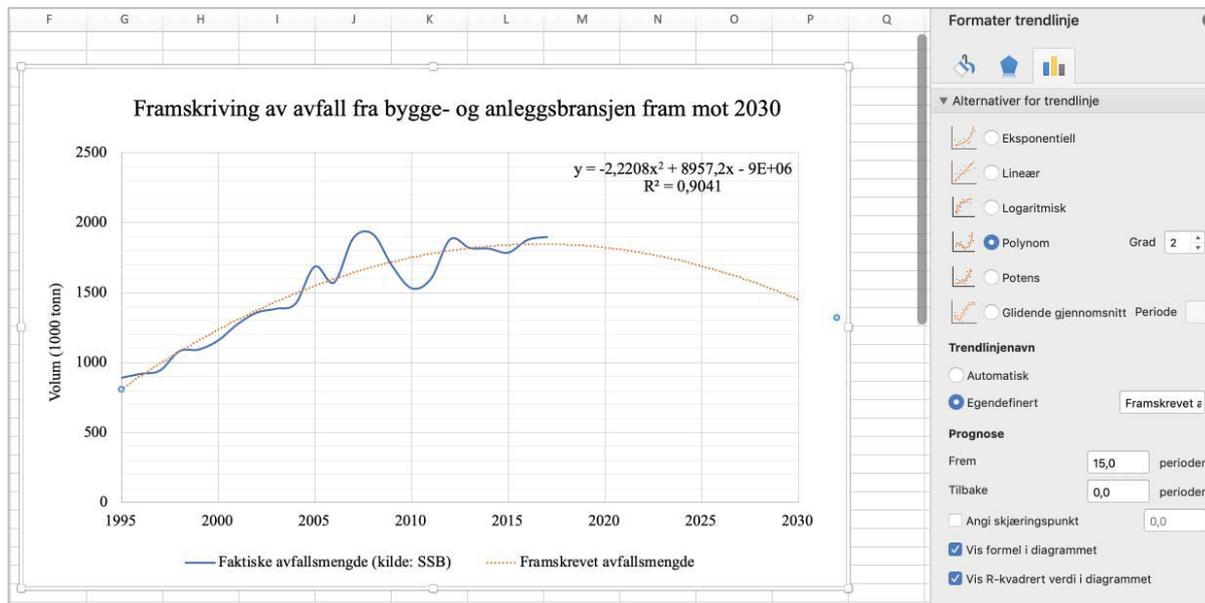
- Pant, A. (2013). *Introduction to Linear Regression and Polynomial Regression*. Towards Data Science. Tilgjengelig fra: <https://towardsdatascience.com/introduction-to-linear-regression-and-polynomial-regression-f8adc96f31cb> (lest 20.11.2019).
- Pettersen, T. D. (2019). *Presentasjon v/ Byggevarerindustriens forening: Studie om ombruk i regi av NHP-nettverket*. Dialogmøte DiBK - Ombruk, Mariboes gate 13, Oslo, Norge (14.03.2019): Direktoratet for byggkvalitet.
- Poljansek, M. (2017). Building Information Modelling (BIM) standardization (Technical report). *Joint Research Centre (European Commission); Ispra, Italy*: Rapportnr. EUR 28977 EN. ISBN: 978-92-79-77206-1. 27 p. doi: 10.2760/36471. PUBSY No.
- QlikView. (d.d.). *What is QlikView?* Tilgjengelig fra: https://help.qlik.com/en-US/qlikview/April2019/Content/QV_HelpSites/what-is.htm (lest 22.11.2019).
- Retura. (d.d.). *Trevirke*. Tilgjengelig fra: <https://retura-nt.no/avfallstyper/trevirke/> (lest 22.11.2019).
- Rosenbaum, S., Toledo, M. & González, V. (2013). Improving environmental and production performance in construction projects using value-stream mapping: Case study. *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 140 (2): 04013045. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000793.
- Rüther, P. (2015). *Slik blir fremtidens byggematerialer*: SINTEF. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/slik-blir-fremtidens-byggematerialer/> (lest 04.10.2019).
- Rønning, A., Engelsen, C. & Brekke, A. (2016). *Materialstrømsanalyse - byggavfall. Betong, gips og vindusglass*, Rapportnr. OR.03.16. ISBN: 978-82-7520-741-6. 50 p.: SINTEF, Østfoldforskning.
- Rønningen, O. (2000). *Bygg- og anleggsavfall : avfall fra nybygging, rehabilitering og riving : resultater og metoder*. Rapportnr. 2000/8 (Statistisk sentralbyrå : trykt utg.). ISBN: 82-537-4791-8. 36 p. Oslo: Statistisk sentralbyrå.
- Raadal, H. L., Modahl, I. S. & Lyng, K. A. (2009). *Klimaregnskap for avfallshåndtering. Fase I og II: Glassemballasje, metalemballasje, papir, papp, plastemballasje, våtorganisk avfall, treavfall og restavfall fra husholdninger* Rapportnr. OR.18.09. ISBN: 978-82-7520-611-2. 194 p: Fredrikstad, Norge: Østfoldforskning AS.
- Raadal, H. L., Stensgård, A. E., Lyng, K. A. & Hanssen, O. J. (2016). Vurdering av virkemidler for økt utsortering av våtorganisk avfall og plastemballasje. *Østfoldforskning: Rapportnr. OR.01.16*. ISBN: 978-82-7520-739-3. 107 p: Miljødirektoratet.
- Saez, P. V., del Río Merino, M., González, A. S. & Porrás-Amores, C. (2013). Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 75: 52-62. doi: 10.1016/j.resconrec.2013.03.009.
- SAP. (d.d.). *Programvare for små og mellomstore bedrifter*. Tilgjengelig fra: <https://www.sap.com/norway/products/sme-business-software.html> (lest 22.11.2019).
- Sapuay, S. E. (2016). Construction waste-potentials and constraints. *Procedia Environmental Sciences*, Volume 35: 714-722. doi: 10.1016/j.proenv.2016.07.074.
- Schrör, H. (2011). Generation and treatment of waste in Europe 2008. *Environment and Energy Eurostat. Statistics in Focus*, Volume 44 (44/2011): 8 p. Catalogue number: KS-SF-11-044-EN-N. ISSN 1977-0316.
- Seale, C. (1999). Quality in qualitative research. *Qualitative inquiry*, Volume 5 (4): 465-478. doi: 10.1177/107780049900500402.
- Shi, Q., Ren, H., Ma, X. & Xiao, Y. (2019). Site selection of construction waste recycling plant. *Journal of Cleaner Production*, Volume 227: 532-542. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.252.
- Silverman, D. (2015). *Interpreting qualitative data*, b. 5. utg. 489 p. ISBN: 978-1-4462-9543-4: London: Sage Publisher.

- Skjerpen, C. (2019). Gjenvinningen går fortsatt nedover. I: *SSB*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/gjenvinningen-gar-fortsatt-nedover> (lest 01.11.2019).
- Skogesal, O. (2019). *Statistikk over BA-avfall. Innspill til NHP-nettverket*, Prosjektnr. 1461. 33 p: Mepex, Norge.
- Skullerud, H. & Eika, T. (2012). *Framskrivning av ordinært avfall 2011 til 2020*, Notater 30/2012. ISBN: 978-82-537-8372-7. 32 p.
- Sormunen, P. & Kärki, T. (2019). Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*, Volume 24: 100742. doi: 10.1016/j.job.2019.100742.
- SSB. (2019a). Avfall fra byggeaktivitet. I: *SSB*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbygganl> (lest 29.08.2019).
- SSB. (2019b). Avfallsregnskapet I: *SSB*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/avfregno> (lest 29.08.2019).
- SSB. (d.d.-a). Statistikkbanken: Avfall fra byggeaktivitet. 09247: Genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving (tonn), etter materialtype 2004 - 2017. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/09247/tableViewLayout1/> (lest 11.09.2019).
- SSB. (d.d.-b). Statistikkbanken: Avfall fra byggeaktivitet. 09781: Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving (tonn), etter materialtype, behandlingsmåte, statistikkvariabel og år. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/09781/tableViewLayout1/> (lest 07.09.2019).
- SSB. (d.d.-c). Statistikkbanken: Byggeareal. 05939: Bruksareal til annet enn bolig (m2), etter region, bygningstype, statistikkvariabel og år. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/05939/tableViewLayout1/> (lest 12.11.2019).
- SSB. (d.d.-d). Statistikkbanken: Byggeareal. 05940: Boligbygg, etter region, bygningstype, statistikkvariabel og år. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/05940/tableViewLayout1/> (lest 12.11.2019).
- SSB. (d.d.-e). Statistikkbanken: Næringsenes økonomiske utvikling. 08016: Bygge- og anleggsvirksomhet. Hovedtall for næringsområdet (SN2008). Bedrifter (F) (avslutta serie) 2007-2017. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/08016/> (lest 20.11.2019).
- SSB. (d.d.-f). Statistikkbanken: Produksjonsindeks for bygge- og anleggsvirksomhet. 03165: Produksjonsindeks for bygg og anlegg (2015=100) 1995K1 - 2019K3. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/03165/> (lest 16.11.2019).
- Standard Norge. (2017). *NS 8360 BIM-objekter*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2015/ns-83602015-bim-objekter/> (lest 20.11.2019).
- Suárez, S., Roca, X. & Gasso, S. (2016). Product-specific life cycle assessment of recycled gypsum as a replacement for natural gypsum in ordinary Portland cement: application to the Spanish context. *Journal of cleaner production*, Volume 117: 150-159. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.01.044.
- Tam, V. W. Y., Shen, L. Y. & Tam, C. M. (2007). Assessing the levels of material wastage affected by sub-contracting relationships and projects types with their correlations. *Building and environment*, Volume 42 (3): 1471-1477. doi: 10.1016/j.buildenv.2005.12.023.
- TEK17. (2017). *Byggeteknisk forskrift med veiledning*. (Online).
- Tjora, A. (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 2. utgave. 2. utg. 246 p. ISBN: 9788205425491: Oslo: Gyldendal norsk forlag AS.
- Townsend, T., Wilson, C. & Beck, B. (2017). The benefits of construction and demolition materials recycling in the United States. *University of Florida: Gainesville, FL, USA*: 22 p. Tilgjengelig fra:

- https://cdrecycling.org/site/assets/files/1050/cdra_benefits_of_cd_recycling_final_revised_2017.pdf (lest 30.10.2019).
- Turk, J., Cotič, Z., Mladenović, A. & Šajna, A. (2015). Environmental evaluation of green concretes versus conventional concrete by means of LCA. *Waste management*, Volume 45: 194-205. ISSN: 0956-053X. doi: 10.1016/j.wasman.2015.06.035.
- Turner, D. A., Williams, I. D. & Kemp, S. (2016). Combined material flow analysis and life cycle assessment as a support tool for solid waste management decision making. *Journal of cleaner production*, Volume 129: 234-248. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.04.077.
- Ulubeyli, S., Kazaz, A. & Arslan, V. (2017). Construction and demolition waste recycling plants revisited: management issues. *Procedia Engineering*, Volume 172: 1190-1197. doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.139.
- United Nations. (d.d.). *Sustainable Development Goals*. Tilgjengelig fra: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (lest 25.10.2019).
- United Nations, D. o. E. a. S. A., Population Division,. (2015). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, (ST/ESA/SER. A/366)*. United Nations Population Division.
- Valde, S., Ottesen, M. E. & Wormstrand, E. (2018). *Kartlegging av materialstrømmer fra små og mellomstore bygge-, rive- og rehabiliteringsprosjekter. Innspill til NHP-nettverket*, Versjon 02, 28 p. Oslo: Norsk Miljøkompetanse (NOMIKO).
- Villanueva, A. & Wenzel, H. (2007). Paper waste–recycling, incineration or landfilling? A review of existing life cycle assessments. *Waste management*, Volume 27 (8): S29-S46. ISSN: 0956-053X. doi: 10.1016/j.wasman.2007.02.019
- Wang, J., Wu, Y., Jiang, B. & Zhang, H. (2014). Dynamics of entanglement density in photonic crystals. *Optics Communications*, Volume 315: 1-7. doi: 10.1016/j.optcom.2013.10.076.
- World Green Building Council. (2017). *Green building: Improving the lives of billions by helping to achieve the UN Sustainable Development Goals*. Tilgjengelig fra: <https://www.worldgbc.org/news-media/green-building-improving-lives-billions-helping-achieve-un-sustainable-development-goals> (lest 15.10.2019).
- Wu, Z., Ann, T. W., Shen, L. & Liu, G. (2014). Quantifying construction and demolition waste: an analytical review. *Waste Management*, Volume 34 (9): 1683-1692. doi: 10.1016/j.wasman.2014.05.010.
- Wærner, E. & Saxegaard, J. (2014). *Økt sortering av rene fraksjoner av byggavfall. Innspill til NHP-nettverket. Arbeidsgruppen for materialgjenvinning*, Rapportnr. 20130296-1, 27 p.: Oslo: Hjellnes Consult AS.
- Yuan, H. & Shen, L. (2011). Trend of the research on construction and demolition waste management. *Waste management*, Volume 31 (4): 670-679. doi: 10.1016/j.wasman.2010.10.030.
- Yuan, H., Chini, A., Lu, Y. & Shen, L. (2012). A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste. *Waste management*, Volume 32 (3): 521-531. doi: 10.1016/j.wasman.2011.11.006.
- Özalp, F., Yılmaz, H. D., Kara, M., Kaya, Ö. & Şahin, A. (2016). Effects of recycled aggregates from construction and demolition wastes on mechanical and permeability properties of paving stone, kerb and concrete pipes. *Construction and Building Materials*, Volume 110: 17-23. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.01.030.

Vedlegg

Vedlegg 1: Illustrasjonsutdrag fra prognose av trendlinje i Excel



Vedlegg 2: Intervjuguide til regulerende i byggebransjen (gruppe 1)

Del 1: Introduksjon

Spørsmål 1: Hva driver <part> med?

- Hvilken rolle spiller <part> når det kommer til avfallssortering på byggeplasser?

Spørsmål 2: Helt overordnet, hvilke holdninger har <part> til avfallshåndtering?

- Kan <part> forsøke å forklare hva som er årsaken til den holdningen?
- Hva mener <part> er de positive og negative sidene ved avfallshåndtering?

Del 2: Utfyllende informasjon

Spørsmål 3: Føler <part> at det er noen fraksjoner som ikke får så mye fokus?

- Føler <part> at det er noen fraksjoner det er viktigere å fokusere på?
- Er det noen fraksjoner man bør få bedre behandlingsrutiner på?

Spørsmål 4: Ser <part> en gevinst av ytterligere reduksjon av restavfallsfraksjonen?

- Tror <part> at det er økonomisk lønnsomt å fokusere på avfallshåndtering?
- Synes <part> det er viktig å ta de miljømessige gevinstene i betraktning?

Spørsmål 5: Har <part> sett resultater av at det blir stilt krav til aktører i byggebransjen?

- Virker det motiverende for de det gjelder?
- Har dere fått eventuelle tilbakemeldinger på dette området?
- Blir det godt nok fulgt opp?

Del 3: Barrierer i byggebransjen

Spørsmål 6: Føler part at det er fokus på avfallssortering i byggebransjen?

- Er folk motiverte til å ta i bruk nye løsninger?
- Tar folk kontakt med dere for utfyllende informasjon eller hjelp?
- Tar dere direkte kontakt med noen i bransjen?
- Er myndighetene med på avfallsløsninger?

Spørsmål 7: Hvilke barrierer stikker seg ut med tanke på sortering av byggavfall?

- Hva er vanskelig for et organ som <part>?

- Er det forskjell på noen grupper i byggebransjen?
- Trengs det flere støtteordninger, sertifiseringsordninger osv.?

Del 4: Løsninger og potensial

Spørsmål 8: Hvordan tenker <part> at det er mulig å få til en holdningsendring?

- Hva kan <part> bidra med når folk i byggebransjen skal jobbe mot strengere krav fra myndighetene med tanke på høyere materialgjenvinning av byggavfall (og senere gjenbruk og reduksjon)?
- Har <part> erfart at noe de gjør bidrar til bedre resultater ute hos byggherrer enn andre ting?

Spørsmål 9: Hvilken rolle ser part for seg at teknologien spiller i fremtiden?

- Bør det bli mer avanserte teknologier hos leverandører av materialer?
- Bør man ta i bruk flere hjelpemidler i planleggingsfasen på byggeplassen?
- Bør det bli mer avanserte behandlingsteknologier nedstrøms?

Spørsmål 10: Hvordan ser <part> for seg avfallshåndtering fra byggeprosjekter i fremtiden?

- Hvordan er veien videre?
- Vil restavfallsfraksjonen bli borte fra byggeplasser?
- Vil man fokusere på det samme som nå?
- Vil man stille strengere krav til behandlingsmetoder nedstrøms?
- Vil det bli mer fokus på minimering/gjenbruk – i så fall hvordan?

Del 5: Avslutning av intervjuet

Spørsmål 11: Er det noe du vil tilføye?

- Er det noe som har vært uklart?
- Er det noen temaer du føler vi ikke har snakket om?
- Har du andre kommentarer?

Vedlegg 3: Intervjuguide til utøvende i byggebransjen (gruppe 2)

Del 1: Introduksjon

Spørsmål 1: Hva driver <part> med?

Spørsmål 2: Når startet dere å fokusere på sortering av avfall?

- Hvorfor startet dere?
- Hvordan startet dere?

Spørsmål 3: Hva slags avfallshåndtering har dere per dags dato?

- Hvilke fraksjoner sorteres ut?
- Har <part> stort fokus på avfallshåndteringen på byggeplassen?
- Hvem har ansvar for å følge opp at selve sorteringen blir gjort riktig?

Del 2: Utfyllende informasjon

Spørsmål 4: Helt overordnet, hvilke holdninger har <part> til avfallshåndtering?

- Hva betyr avfallshåndtering for <part>?
- Kan <part> forsøke å forklare hva som er årsaken til den holdningen?
- Hva mener <part> er de positive og negative sidene ved avfallshåndtering?

Spørsmål 5: Har <part> vært med på den faktiske avfallssorteringen?

- Hvis ja, hva tenker <part> om det?
- Føles det mest stress å sortere eller går det greit?

Spørsmål 6: Føler <part> at det er noen fraksjoner som ikke får så mye fokus?

- Er det noen fraksjoner som er vanskelig å sortere ut?
- Føler <part> at det er noen fraksjoner det er viktigere å fokusere på?
- Er det noen fraksjoner man bør få bedre behandlingsrutiner på?

Spørsmål 7: Ser <part> en gevinst av ytterligere reduksjon av restavfallsfraksjonen?

- Tror <part> at det er økonomisk lønnsomt å fokusere på avfallshåndtering?
- Synes <part> det er viktig å ta de miljømessige gevinstene i betraktning?

Spørsmål 8: Hva tenker <part> om at myndighetene stiller strengere krav til avfallssortering?

- Er det bra? Er det motiverende?
- Føler <part> at det blir gitt god nok forklaring til hvorfor det stilles strengere krav, og hvordan man skal etterleve kravene?

Del 3: Bedriftens verdier

Spørsmål 9: Opplever <part> noen barrierer knyttet til egen avfallshåndtering?

- Er ledelsen positiv til avfallssorteringen?
- Oppmuntrer de til å fokusere på god avfallshåndtering? Hvordan?
- Hvordan jobbes det mot forbedring på området?
- Er det god kommunikasjon i alle ledd når det kommer til avfallshåndtering?

Spørsmål 10: Hva tenker de ansatte til <part> om avfallssorteringen på byggeplassen?

- Virker det som om ansatte er innstilte og positive til sorteringssystemet?
- Følger alle prosedyrer eller beskjeder ved eventuelle avvik?
- Er det forskjell på noen grupper av ansatte? (nyansatte vs. ansatte som har vært der lenge, gamle vs. unge)

Spørsmål 11: Virker det som om det er noen generelle barrierer i byggebransjen knyttet til avfallshåndtering?

Del 4: Løsninger

Spørsmål 12: Hvordan tenker <part> at det er lurt å jobbe mot strengere krav fra myndighetene med tanke på høyere materialgjenvinning av byggavfall?

- Hva motiverer?
- Hva hjelper til å nå målene?
- Hvordan kan man overvinne barrierene hos <part>?
- Hvordan kan man overvinne barrierene i bransjen?

Spørsmål 13: Hvordan ser <part> for seg deres avfallshåndtering/-fokus om 10-15-20 år?

- Vil <part> fokusere på det samme som nå?
- Vil <part> stille strengere krav til behandlingsmetoder nedstrøms?

Spørsmål 14: Ser <part> for seg at restavfallsfraksjonen vil bli borte fra byggeplass i fremtiden?

Del 5: Avslutning av intervjuet

Spørsmål 15: Er det noe du vil tilføye?

- Er det noe som har vært uklart?
- Er det noen temaer du føler vi ikke har snakket om?
- Har du andre kommentarer?

Vedlegg 4: Godkjenning fra NSD

NSD sin vurdering

Prosjekttittel

Miljømessige og økonomiske effekter knyttet til en ytterligere reduksjon av restavfallsfraksjoner fra byggeprosjekter i Norge

Referansenummer

996277

Registrert

10.09.2019 av Tiril Susan Bratt - tiril.susan.bratt@nmbu.no

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet / Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Ole Jørgen Hanssen, ole.jorgen.hanssen@nmbu.no, tlf: 90727977

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

Kontaktinformasjon, student

Tiril Susan Bratt, tiril.susan.bratt@nmbu.no, tlf: 92482263

Prosjektperiode

05.08.2019 - 31.01.2020

Status

11.09.2019 - Vurdert

Vurdering (1)

11.09.2019 - Vurdert

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg 11.09.2019. Behandlingen kan starte.

MELD VESENTLIGE ENDRINGER

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde:

https://nsd.no/personvernombud/meld_prosjekt/meld_endringer.html

Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 31.01.2020.

LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake. Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER

NSD vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

- lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke behandles til nye, uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

DE REGISTRERTES RETTIGHETER

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20).

NSD vurderer at informasjonen om behandlingen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1. f) og sikkerhet (art. 32).

Dersom du benytter en databehandler i prosjektet må behandlingen oppfylle kravene til bruk av databehandler, jf. art 28 og 29.

Ettersom det skal brukes private enheter til behandling av personopplysninger, forutsetter vi at behandlingen er i tråd med institusjonens retningslinjer for bruk av private enheter til behandling av personopplysninger.

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og/eller rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

Vedlegg 5: Samtykkeskjema sendt ut til potensielle informanter

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt om miljømessige og økonomiske effekter knyttet til en ytterligere reduksjon av restavfallsfraksjoner fra byggeprosjekter i Norge

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å se nærmere på sortering av byggavfall for å analysere de økonomiske og miljømessige effektene av å redusere restavfallsfraksjonen fra byggeprosjekter. I dette skrevet gir jeg deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg, med bakgrunn i Norsk senter for forskningsdata (NSD) sine personvernstjenester og EUs personvernforordning fra 2018.

Formål

Prosjektet er en masteroppgave skrevet ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) som en avslutning på masterstudiet innen fornybar energi. Oppgaven ser nærmere på følgende problemstilling:

«Hva er de miljømessige og økonomiske effektene av sortering av avfall fra byggeprosjekter i et historisk perspektiv samt potensial i fremtiden, og vil det være hensiktsmessig med en ytterligere reduksjon av restavfallsfraksjonen?»

Jeg skal da se nærmere på (1) hvilken sammensetning norsk byggavfall har hatt historisk, og hvordan man kan forvente at sammensetningen og mengden blir i fremtiden, (2) årsaken bak reduksjonen i restavfall fra byggeprosjekter, samt drivkreftene og barrierene man står overfor med tanke på en ytterligere reduksjon, og (3) nytte-kost-faktoren knyttet til å endre håndteringen på byggeplass og nedstrøms hos behandlingsanlegg, med fokus på å bevege seg lenger opp i avfallshierarkiet. Med dette ønsker jeg å finne ut av hvordan byggebransjen og avfallsselskaper må omstille seg når det er ønske om at restavfallsfraksjonen skal bli mindre.

Resultatene som fremkommer kan bli brukt av Norsk Gjenvinning (NG) til å finne gode løsninger for håndtering av byggavfall som er best for både NG, kunder og samfunnet som en helhet.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) ved fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA) er ansvarlig for prosjektet med Ole Jørgen Hanssen som hovedveileder. Prosjektet er gjennomført i samarbeid med Norsk Gjenvinning med Jørn Frydenlund som biveileder.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Gruppe 1: Du har fått spørsmål om å delta, på bakgrunn av at jeg mener du står i posisjon til å komme med innspill til denne oppgaven.

Gruppe 2: Biveileder Jørn Frydenlund hos Norsk Gjenvinning har trukket ut interessante aktører for deres del, samt aktører han mener kan bidra til min prosjektoppgave. Foreløpig er det fire lokale aktører som er plukket ut til intervju. All kontaktinformasjon er mottatt fra Jørn Frydenlund.

Hva innebærer det for deg å delta?

Dersom du velger å delta i prosjektet innebærer det at du stiller opp på intervju i løpet av september. Intervjuet er antatt å ta *inntil 1 time*, og intervjuformen vil avtales på forhånd ut fra hva som er mest hensiktsmessig. Alternativene er per mail, telefon, Skype eller et møte. Jeg vil ta notater under intervjuet og lagre dette elektronisk på min private PC, samt at det vil bli tatt opptak slik at jeg kan gå tilbake for å få med meg alt som blir sagt. Etter intervjuet vil jeg lage et resyme av intervjuet som blir sendt over til deg for kontrollsjekk og eventuell tilføyning av essensielle punkter.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer, bruker og senere sletter dine opplysninger

Jeg vil kun bruke opplysningene om deg til formålene jeg har fortalt om i dette skrivet. Jeg behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Du får lese igjennom resymeet av intervjuet før det brukes videre i prosjektoppgaven. Om du ønsker å stå frem med fullt navn er opp til deg og din bedrift, og direkte sitater skal godkjennes av dere før de brukes direkte i min tekst.
- Ved behandlingsansvarlig institusjon vil det derfor kun være jeg som ha tilgang til primærdata. Hovedveileder Ole Jørgen Hanssen vil bli presentert ferdig resyme, som du først har godkjent, for videre veiledning til implementering i oppgaven.
- For å sikre at ingen uvedkommende får tilgang til personopplysningene dine, vil jeg lagre informasjonen i låste dokumenter som kun jeg har tilgang til med filnavn som ikke indikerer dine personopplysninger.
- Prosjektet skal etter planen avsluttes 16. desember 2019, med forsvar og fremføring av oppgaven 6 uker etter dette. Etter prosjektets slutt vil personopplysninger, notater og eventuelle opptak bli slettet da de ikke skal brukes til videre forskning. Oppgaven i sin helhet vil bli publisert på NMBU sine nettsider, med de opplysningene dere på forhånd har gitt samtykke til å ta med.

Dine rettigheter

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

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg. Jeg behandler kun opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til oppgaven, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Norges miljø- og biovitenskapelige universitet ved:
 - Student Tiril Susan Bratt (tirilsusan@gmail.com eller 92 48 22 63).

- Hovedveileder Ole Jørgen Hanssen (ole.jorgen.hanssen@nmbu.no eller 90 72 79 77).
- Biveileder Jørn Frydenlund (jorn.frydenlund@ngn.no eller 97 05 14 24).
- Personvernombud ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
 - Advokat Hanne Pernille Gulbrandsen (personvernombud@nmbu.no eller 40 28 15 58).
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS (personverntjenester@nsd.no eller 55 58 21 17).

Oppgaven er meldt til Personvernombudet for forskning, NSD - Norsk senter for forskningsdata AS.

Med vennlig hilsen

Tiril Susan Bratt

Prosjektansvarlig
(Forsker/student)

Hovedveileder
(NMBU)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Miljømessige og økonomiske effekter av ytterligere reduksjon av restavfallsfraksjonen fra byggeprosjekter*», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i intervju i løpet av september/oktober.
- å bidra med svar på eventuelle spørsmål om det skulle dukke opp underveis i prosjektperioden.
- at jeg kan trekke meg når som helst i løpet av prosjektperioden dersom det er ønskelig.
- at opplysninger om meg publiseres slik at jeg kan gjenkjennes.
- at opplysninger om meg blir anonymisert.
- at notater og taleopptak lagres lokalt på studentens personlige PC etter avtale med NMBU.

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. *31.januar 2019*.

(Signert av prosjektdeltaker, dato)



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway