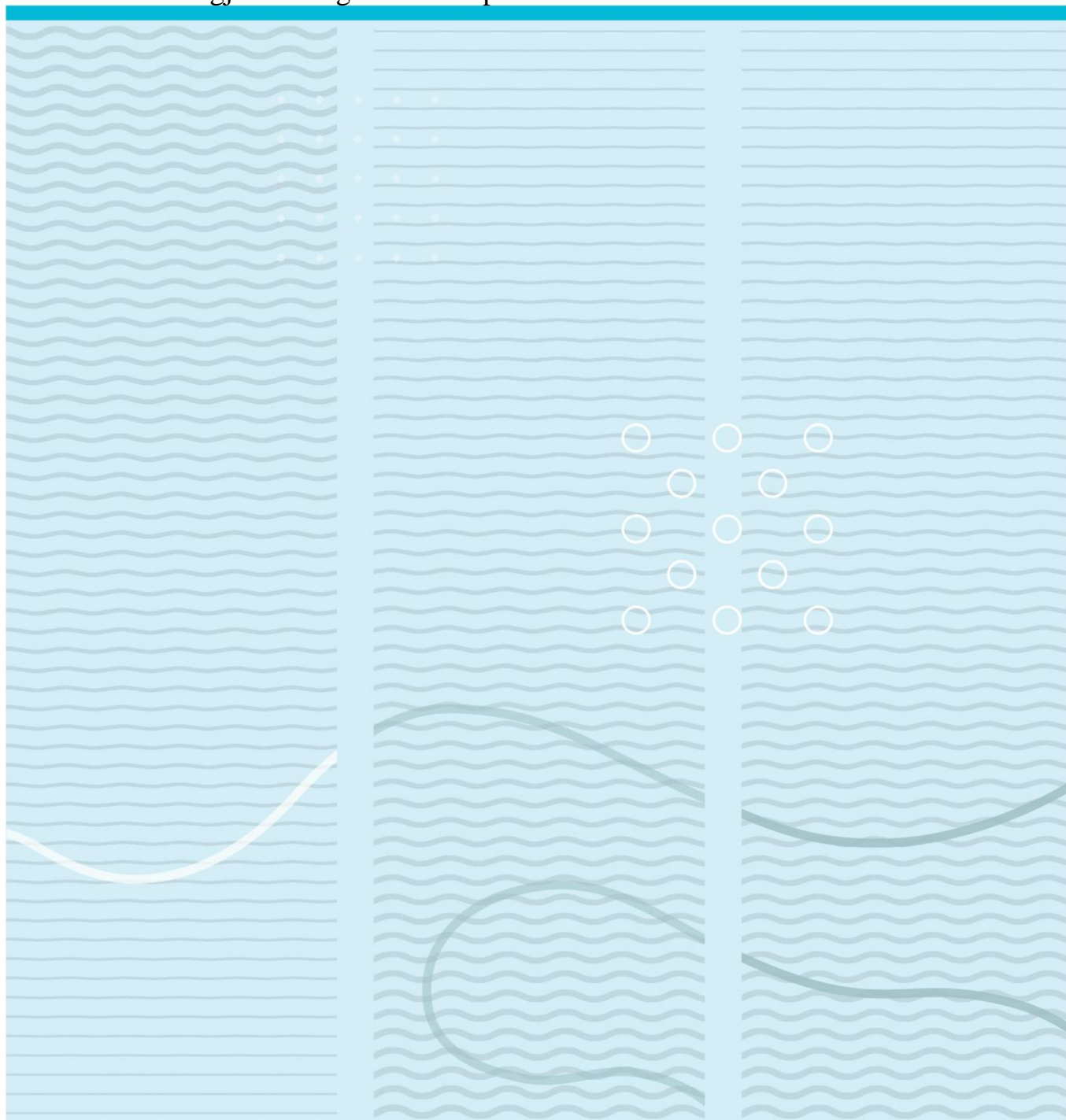


Anita Dahl Hystad og Cecilie Kjølleberg

## Fra avfall til ressurs

Et casestudie om gjenvinning av avfall i prosessindustrien



Høgskolen i Sørøst-Norge

Fakultet for Handelshøgskolen

Institutt for industriell økonomi, strategi og statsvitenskap (IØSS)

Postboks 235

3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2017 Anita Dahl Hystad og Cecilie Kjølleberg

Denne avhandlingen representerer 30 studiepoeng

## Forord

Masteavhandlingen er avslutningen på studiet økonomi og ledelse med spesialisering i industriell økonomi. Studien tar for seg avfallshåndtering i prosessindustrien og muligheter for fremtiden. For å besvare problemstillingen er det gjennomført et kvalitativt case studie med dybdeintervju og arkivdata. Arbeidet med avhandlingen har vært både utfordrende og krevende da W2V er et komplekst og spesielt prosjekt. Det har også vært en spennende og lærerik prosess som har gitt oss mye kunnskap på området.

Vi ønsker å rette en stor takk til vår veileder Roland Hellberg for morsom og innholdsrik veiledning samt konstruktive tilbakemelding. I tillegg vil vi gi en stor takk til Gro Eide som gav oss tilgang til W2V-prosjektet og hennes engasjement for studien. Avslutningsvis vil vi takke våre informanter for deres tilgjengelighet og rask respons.

Kongsberg 15.05.2017

---

Anita Dahl Hystad

---

Cecilie Kjølleberg

## Sammendrag

Studien tar for seg avfallshåndtering i prosessindustrien i dag og muligheter i tiden fremover. Vi ønsket å studere dette fenomenet fordi prosessindustrien totalt sett genererer store mengder restmateriale fra produksjonen som i dag blir plassert på deponi. Materialer som plasseres på deponi er ressurser på avveie og en potensiell miljøfare og burde derfor reduseres til et minimum. Hensikten med studien er å kunne bidra med mer kunnskap om konsekvenser ved å snu materialstrømmene fra deponering til gjenvinning i prosessindustrien. Basert på dette har vi valgt følgende problemstilling:

*Hvilke økonomiske- og miljømessige konsekvenser vil gjenvinning av avfall fra produksjon ha for prosessindustrien?*

For å besvare problemstillingen har vi benyttet et pågående gjenvinningsprosjekt, Waste 2 Value, som grunnlag for datainnsamlingen samt et teoretisk rammeverk. Prosjektet omhandler muligheter for gjenvinning av prosessavfall til et nytt produkt. Deltakende bedrifter i prosjektet er metallprodusentene: Alcoa, Norsk Hydro, Eramet og Glencore Nikkelverk, samt forskningsaktørene: Elkem Technology, ReSiTec, NTNU og SINTEF. Forskningsmetoden som er anvendt i studien er kvalitativ case studie. Prosjektet er benyttet som case og deltakende bedrifter som analyseenheter. Gjennom datainnsamlingen innhentet vi informasjon om dagens avfallshåndtering, tidligere gjennomførte prosjekter og bedriftenes miljøfokus. I tillegg fikk vi innblikk i potensielle behandlingsalternativer og tilhørende estimerte kostnader.

Med utgangspunkt i innsamlet datamateriale og det teoretiske rammeverket har vi gjennomført en analyse. I analysen samlet vi funn knyttet til blant annet metallprodusentenes avfallsstrømmer, fokus på avfallsreduksjon og erfaringer ved tidligere prosjekter. I tillegg samlet vi forskningsaktørenes potensielle behandlingsalternativer for avfallet og analyserte lønnsomheten. Studien har avdekket flere miljømessige- og økonomiske konsekvenser i forhold til gjenvinning av avfall fra prosessindustrien. Vi ser blant annet at ved gjenvinning vil bedrifter kunne redusere kostnader knyttet til deponi og mulig oppnå en potensiell inntjening ved videresalg av gjenvunnet produkt. I tillegg vil gjenvinning ha en positiv effekt på miljøet da naturressurser blir spart, landområder blir ivaretatt og forurensning reduseres.

## Executive Summary

The study encompasses waste management in the process industry. The reason is that the process industry generates vast amounts of waste through the production, which today is placed at disposal sites. This way of handling the waste is regarded as the least environmental friendly and should be avoided. The purpose of the study is to contribute and enlighten people regarding the consequences of changing waste management method from a disposal site to recycling in the process industry. This has led to our research question:

*Which economical- and environmental consequences will recycling of production waste have for the process industry?*

To answer the research question we have used the Waste 2 Value- project as a base for data collection, as well as a theoretical framework. The project discloses possibilities for recycling of process waste into a new product. Participating businesses in the project are the metal producers: Alcoa, Norsk Hydro, Eramet, and Glencore Nikkelverk, and also the research institutes: Elkem Technology, ReSiTec, NTNU and SINTEF. The research method used in this study is a qualitative case study. The project is used as case and participating businesses as units of analysis. Through the collection of data, we gathered information regarding the current waste management, previously implemented projects and the businesses environmental focus. In addition, we also acquired insight in potential treatment options and corresponding estimated costs.

We have conducted an analysis, based on collected data material and the theoretical framework. The analysis included waste streams, the businesses focus on reduction of waste and experiences through earlier projects. We also analyzed the potential treatment for waste with corresponding calculations of the profitability. The study has revealed several environmental- and economic consequences in regards of recycling of waste from the process industry. Amongst other things, we see that through recycling, businesses will be able to reduce costs regarding waste disposals and possibly achieve potential earnings through resale of recycled product. In addition, recycling will have a positive effect on the environment as there will be less use of natural resources, land areas are preserved and pollution reduced.

# INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>FORORD</b>	<b>II</b>
<b>SAMMENDRAG</b>	<b>III</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY</b>	<b>IV</b>
<b>FIGURLISTE</b>	<b>VII</b>
<b>1. INNLEDNING</b>	<b>1</b>
1.1 VALGT TEMA	1
1.2 PROBLEMSTILLING	3
1.3 VALG AV EMPIRI	3
1.4 AVGRENSNINGER	4
<b>2. FORSKNINGSOMRÅDET</b>	<b>5</b>
2.1 WASTE 2 VALUE-PROSJEKTET	5
2.2 PROSESSINDUSTRIEN	6
2.3 INDUSTRIELT AVFALL	7
2.4 BÆREKRAFT	8
2.5 NÅVERDIMETODEN	8
<b>3. TEORETISK RAMMEVERK</b>	<b>10</b>
3.1 AVFALLSHÅNDTERING	11
3.2 AVFALLSHIERARKI	11
3.3 AVFALLSHÅNDTERINGSSYSTEM	13
3.3.1 <i>Vurdere og evaluere</i>	15
3.3.2 <i>Behandle og håndtere</i>	15
3.4 HOVEDTILNÆRMINGER TIL AVFALLSHÅNDTERING	16
3.4.1 <i>Nærmere om null-avfall</i>	18
3.5 LOVER, AMBISJONER OG ANBEFALINGER	19
3.6 SIRKULÆR ØKONOMI	23
3.7 CLOSED-LOOP SUPPLY CHAIN	26
3.8 OPPSUMMERING TEORETISK RAMMEVERK	31
<b>4. METODEKAPITTEL</b>	<b>32</b>
4.1 VITENSKAPSIDEALER	33
4.2 FORSKNINGSMETODE	35
4.3 FORSKNINGSDSIGN	36
4.4 CASESTUDIE SOM FORSKNINGSDSIGN	36
4.4.1 <i>Kontekst i caset</i>	38
4.4.2 <i>Utvalg av informanter</i>	39
4.5 DATAINNSAMLING	41
4.5.1 <i>Intervju</i>	42
4.5.2 <i>Sekundærdata</i>	44
4.6 DATAANALYSE	45
4.6.1 <i>Datareduksjon</i>	45
4.6.2 <i>Presentasjon av dataene</i>	48
4.6.3 <i>Trekke konklusjoner</i>	49
4.7 VURDERING AV STUDIENS KVALITET	51
4.7.1 <i>Reliabilitet</i>	51

4.7.2	<i>Validitet</i>	54
4.7.3	<i>Overførbarhet</i>	56
4.8	FORSKNINGSETIKK	56
4.9	REFLEKSJON AV METODEN	58
4.10	OPPSUMMERING METODE	59
<b>5.</b>	<b>ANALYSE AV DATAMATERIALET</b>	<b>60</b>
5.1	METALLPRODUSENTER	60
5.1.1	<i>Avfallsstrømmer</i>	61
5.1.2	<i>Behandle og håndtere</i>	62
5.1.3	<i>Avfallsreduksjon</i>	65
5.1.4	<i>Null-avfall</i>	68
5.1.5	<i>Interne prosjekter</i>	69
5.2	FORSKNINGSAKTØRER	72
5.2.1	<i>Beskrivelse av prosessene</i>	73
5.2.2	<i>Kostnadsdrivere</i>	75
5.2.3	<i>Forventet inntjening</i>	77
5.2.4	<i>Nettverksbygging</i>	78
5.3	LØNNSOMHETSBEREGNING	78
<b>6.</b>	<b>DRØFTING</b>	<b>88</b>
6.1	FAKTORER SOM PÅVIRKER LØNNSOMHETEN	88
6.2	AVFALLSHIERARKIET	91
6.2.1	<i>Håndteringsmetoder</i>	92
6.2.2	<i>Avfallstilnæringer</i>	93
6.3	EUS OG NORGES MILJØLOVER	94
6.3.1	<i>FNs bærekraftsmål</i>	95
6.4	SIRKULÆR ØKONOMI OG CLOSED LOOP SUPPLY CHAIN	96
6.4.1	<i>Fra lineær til sirkulær økonomi</i>	97
6.4.2	<i>Gjenvinningsprosessen</i>	98
6.4.3	<i>Det gjenvinnende produktets egenskaper</i>	100
<b>7.</b>	<b>KONKLUSJON, IMPLIKASJONER OG VIDERE FORSKNING</b>	<b>100</b>
7.1	KONKLUSJON	101
7.2	PRAKTISKE OG TEORETISKE IMPLIKASJONER	103
7.3	VIDERE FORSKNING	104
	<b>REFERANSELISTE</b>	<b>105</b>
	<b>VEDLEGG</b>	<b>110</b>
	VEDLEGG 1 NSD	110
	VEDLEGG 2 INTERVJUGUIDER	113

## Figurliste

<i>Figur 1 Nåverdimetoden (Bredesen 2015)</i>	8
<i>Figur 2 EUs avfallshierarki (E. Directive, 2008)</i>	13
<i>Figur 3 Sirkulær- og lineær økonomi (Song et al., 2015)</i>	25
<i>Figur 4 Business process view (Guide Jr &amp; Van Wassenhove, 2009)</i>	30
<i>Figur 5 Case design (Yin, 2014)</i>	37
<i>Figur 6 Case med tilhørende analyseenheter</i>	39
<i>Figur 7 Utvalg av informanter</i>	40
<i>Figur 8 Kodematrise</i>	49
<i>Figur 9 Avfallsstrømmer</i>	62
<i>Figur 10 Drivkrefter for avfallsreduksjon</i>	68
<i>Figur 11 ReSiTecs fremgangsmåte nr.1</i>	73
<i>Figur 12 ReSiTecs fremgangsmåte nr. 2</i>	74
<i>Figur 13 Elkems fremgangsmåte nr. 1</i>	74
<i>Figur 14 Elkems fremgangsmåte nr. 2</i>	75
<i>Figur 15 ReSiTecs behandlingsalternativ nr. 1</i>	80
<i>Figur 16 ReSiTecs behandlingsalternativ nr. 2</i>	81
<i>Figur 17 ReSiTecs behandlingsalternativ nr. 3</i>	82
<i>Figur 18 Elkems behandlingsalternativ nr. 4</i>	83
<i>Figur 19 Elkems behandlingsalternativ nr.5</i>	84
<i>Figur 20 Elkems behandlingsalternativ nr.6</i>	84
<i>Figur 21 Elkems behandlingsalternativ nr.7</i>	85
<i>Figur 22 Samlet nåverdi</i>	86
<i>Figur 23 Nåverdi år 1</i>	86



# 1. Innledning

I dette kapittelet har vi presentert studiens tema og hvorfor vi mener at dette er både viktig og dagsaktuelt. Videre har vi presentert studiens problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål. Avslutningsvis har vi gitt en beskrivelse av studiens avgrensninger og bakgrunn for beslutningene vi har tatt.

## 1.1 Valgt tema

De siste årene har det, både i Norge og andre land, vært en økning i levestandard og dermed en endring i forbruksmønster. Dagens befolkning har bedre økonomi enn tidligere som igjen fører til at de oftere kjøper flere- og nye produkter (SSB, 2008). Som en følge av økt levestandard og forbruk blir det produsert flere materialer og produkter som igjen fører til at det blir generert mer avfall fra produksjon. Det har vært en klar økning i mengde prosessavfall og en ser at en slik vekst ikke vil være bærekraftig på lang sikt. I 2008 genererte industrien i Norge 2,3 millioner tonn avfall, mens det i 2014 ble generert 2,6 millioner tonn. Dette tilsvarer en økning på ca. 13 % siden 2008. Industrien er den sektoren som genererer mest avfall i Norge, og regnes derfor som den største avfallskilden (SSB, 2011, 2016). Av den grunn er det viktig at både industrien og myndighetene tar et felles ansvar for å redusere de store avfallsmengdene.

Selv om prosessindustrien i de siste tiårene har gjennomført store forbedringer med reduksjon både i utslipp og avfall, bidrar de fortsatt betydelig til avfallsdeponiene i Norge. Når bedriftene ikke på en enkel og kostnadseffektiv måte kan gjenbruke avfall fra produksjon i egen prosess, resulterer det i at avfallet blir plassert på deponi. Dette skal sikre en forsvarlig håndtering av materialer som de ikke kan finne andre anvendelser for i dag. Det er flere ulemper knyttet til deponering av restmaterialer fra industriprosesser og den mest åpenbare er at det er ressurser på avveie. Industriavfallet inneholder kjemiske stoffer som kan nyttiggjøres til nye materialer dersom en finner prosesser for å separere, rense og utvinne stoffene fra avfallet. Dessuten viser studier at det kan være store miljømessige konsekvenser knyttet til å deponere avfall fra prosessindustrien. Dette fordi det kan komme i kontakt med andre stoffer som kan skape en kjemisk reaksjon, i tillegg er de langsiktige konsekvensene ved denne

metoden ukjente. Når avfall blir plassert på deponi kan det bli farlig for omgivelsene ved at det skaper uønsket varme, flytende sigevann med tungmetaller og gift, i tillegg til vond lukt på grunn av gasser (Agrawal, Kumari & Sahu, 2011; David & Kopac, 2012, 2013; Hamer, 2003). En ødelegger også natur og landområder når det graves plass til nye deponier eller eksisterende utvides. I tillegg ser en at knapphet på ressurser kan være en miljøutfordring knyttet til produksjon og deponi. Dette fordi naturen kun klarer å produsere en begrenset mengde ressurser, og med et slikt overforbruk verden har i dag kan det overstige kapasiteten naturen har til å produsere nye ressurser (Schmidt-Bleek, Schmidt-Bleek & Wiegandt, 2011). Det er dermed identifisert flere negative effekter knyttet til å deponere avfall, og i tiden fremover er det viktig å utvikle alternative metoder for en bærekraftig og trygg behandling av avfallet. Vi ser at håndtering av industrielt avfall har endret seg i takt med veksten i industrisektoren, økt kunnskap om helse og avfallets påvirkning på miljøet. Det har blitt mer fokus på gjenbruk fremfor deponering og det pekes på flere positive effekter ved denne tilnærmingen.

Som beskrevet ovenfor er det flere negative miljøeffekter knyttet til deponering, og vi har derfor et ønske om å kunne bidra med mer kunnskap om konsekvenser ved å endre avfallshåndteringsmetode fra deponering til gjenvinning i prosessindustrien. For å spisse området valgte vi å studere konsekvensene ved gjenvinning av avfall fra prosessindustrien i forhold til dagens håndteringsmetode. Vi avgrenset området videre til å gjelde de økonomiske- og miljømessige konsekvensene for å belyse hvilken virkning gjenvinning fremfor deponering vil ha for prosessindustrien og miljøet. I delkapittelet nedenfor har vi presentert studiens problemstilling som er utviklet med bakgrunn i temaet som er presentert i dette delkapittelet.

## 1.2 Problemstilling

Basert på bakgrunnen for valgt tema, presentert ovenfor, valgte vi følgende problemstilling for studien:

*Hvilke økonomiske- og miljømessige konsekvenser vil gjenvinning av avfall fra produksjon ha for prosessindustrien?*

For å besvare problemstillingen ovenfor er følgende forskningsspørsmål utarbeidet:

1. Hvilke kostnader er knyttet til dagens håndteringsmetode av avfallet?
2. Hvilke estimerte kostnader er knyttet til gjenvinningsprosessen?
3. Hvilke estimerte inntekter er knyttet til det nye produktet som er et resultat av gjenvinningsprosessen?
4. Hvilke miljøeffekter ser metallprodusenter ved gjenvinning av avfall fra produksjon?

## 1.3 Valg av empiri

For å belyse studiens problemstilling har vi benyttet prosjektet Waste 2 Value (W2V) som grunnlag for datainnsamling. Prosjektet er nærmere presentert i delkapittel 2.1 prosjektet Waste 2 Value. Som beskrevet i delkapittel 1.1 er prosessindustrien en stor leverandør av avfall, og det har blitt et større fokus på å redusere avfallet i denne industrien. Tilgangen på W2V-prosjektet ga oss mulighet til å studere hvordan avfallet håndteres i dag og muligheter for fremtiden. De ulike metallprodusentene har ulike former for avfall, noe som har gitt studien et bredt perspektiv.

I tillegg til W2V-prosjektet har vi også benyttet litteratur som grunnlag for studien. Med bakgrunn i studiens problemstilling har vi tatt for oss hvilke økonomiske faktorer som påvirker lønnsomheten av gjenvinning av prosessavfall. Vi valgte denne tilnærmingen for å kunne redegjøre for økonomiske konsekvenser som gjenvinning av avfall vil ha for prosessindustrien. Det innebar en vurdering av flere økonomiske faktorer som blant annet deponeringskostnader, produksjonskostnader, investeringsutgifter og potensielle

salgsinntekter. I arbeidet med å belyse de miljømessige konsekvensene ved gjenvinning har vi tatt for oss avfallshåndtering i prosessindustrien i dag og hvordan denne kan endres dersom prosjektet blir industrialisert. Dette er gjort med utgangspunkt i det teoretiske rammeverket. Basert på valgt empiri anser vi det som mulig å gi gode indikasjoner på mulighetene for å gjenvinne avfall fra prosessindustrien samt hvilke miljømessige- og økonomiske konsekvenser som gjenvinning vil ha for industrien.

#### 1.4 Avgrensninger

I dette delkapittelet har vi beskrevet avgrensninger som er gjort i studien og bakgrunnen for valgene som er tatt. Dette har vi gjort for å klargjøre hvilke områder studien fokuserer på og hvorfor enkelte områder ikke er inkludert eller blitt beskrevet nærmere i studien.

Studien omhandler avfall som genereres i produksjon i prosessindustrien. Innenfor prosessindustrien har vi avgrenset studien til å kun gjelde metallindustrien, og ikke plastikk, gummi, glass eller liknende. Forskningsområdet avgrenses til industrielt avfall basert på restmateriale fra produksjon og andre avfallstyper som husholdningsavfall ekskluderes fra studien. Avfallstypene som inngår i W2V-prosjektet er både farlige- og ikke farlige, og det er avfallsstrømmenes egenskaper som avgjør dette. Studien er ikke avgrenset til å kun omhandle én avfallstype da en slik avgrensning ikke ville være hensiktsmessig for å belyse forskningsområdet. Av den grunn er både farlig- og ikke farlig avfall inkludert i begrepsforklaringer og teoretisk rammeverk videre i studien. Avfallsstrømmene som inngår i prosjektet genereres i produksjon av andre materialer, og kan kalles interne strømmer. Studien er avgrenset til å kun omhandle interne strømmer, og ikke eksterne strømmer som innebærer at avfallet har blitt samlet inn fra sluttbruker. Bakgrunnen for dette er at kun interne strømmer blir inkludert i W2V-prosjektet og at det er gjort lite forskning på dette området innen prosessindustrien. I studien har vi ikke inkludert eventuell økonomisk støtte som W2V-prosjektet kan få fra offentlige institusjoner.

## 2. Forskningsområdet

I dette kapitlet gir vi en kort beskrivelse av W2V-prosjektet og sentrale begreper innenfor studiens forskningsområde. I tillegg har vi presentert nåverdimetoden som er et verktøy som er benyttet for å belyse problemstillingen. Formålet med kapitlet er å gi leseren økt forståelse for fenomenet som studeres og valgt fremgangsmetode for vurdering av lønnsomhet. Innledningsvis har vi presentert prosjektet for deretter å gi en beskrivelse av prosessindustrien. Videre har vi tatt for oss industrielt avfall og hva dette innebærer. Deretter er begrepet bærekraft presentert og avslutningsvis er nåverdimetoden beskrevet.

### 2.1 Waste 2 Value-prosjektet

Prosjektet “Waste 2 Value” (W2V) er et samarbeidsprosjekt hvor målet er å skape verdi av avfallet fra prosessindustrien. Forkjemperen for prosjektet er Eyde-klyngen, som ble etablert i 2007, og har samlet prosessindustrien på Sørlandet i en kunnskapsklynge. Målet til Eyde-klyngen er å skape en lavutslippsindustri i Norge og forhindre at bedrifter legges ned som følge av innstramminger i miljø-lovverket. W2V ble etablert for å kunne bidra til å oppnå målet til Eyde-klyngen. I prosjektet er det åtte deltakende aktører, hvorav fire er metallprodusenter som bidrar med deres avfallsstrømmer og fire er forskningsaktører. Forskningsaktørene gjennomfører analyser av avfallets egenskaper og utvikler metoder for å omdanne avfallet til en ressurs, enten som et salgbart produkt eller som et materiale som kan tilbakeføres til produksjon. Prosjektet foregår over en treårsperiode, med oppstart i 2016 og avslutning i 2018. Det betyr at prosjektet fortsatt har en resterende levetid etter at studien vår er gjennomført.

Bedriftene som bidrar med avfallsstrømmer til prosjektet er Alcoa, Eramet, Glencore Nikkelverk og Norsk Hydro. Alcoa og Norsk Hydro er to globale aktører som produserer primæraluminium. Alcoa er amerikansk med to verk i Norge, henholdsvis på Lista og i Mosjøen. I 2015 hadde Alcoa Norge en omsetning på kr 6,2 milliarder (Alcoa, 2015). Norsk Hydro er norsk med verk over hele verden og flere i Norge. De hadde i 2016 en omsetning på kr 81,9 milliarder (Hydro, 2016). Konsernet Eramet er en fransk aktør med verk i flere land. De har tre verk i Norge, henholdsvis på Kvinesdal, Porsgrunn og Sauda. Eramet i Norge

hadde i 2015 en omsetning på kr 4,8 milliarder (Eramet, 2016). Den siste metallprodusenten er Glencore Nikkelverk. Det er et kanadisk-eid firma med verk i blant annet Australia, Canada, Europa, og Kristiansand i Norge. Glencore Norge hadde i 2015 en omsetning på kr 1,2 milliarder (Cluster, 2017).

Alcoa og Hydro bidrar med følgende avfallsstrømmer i prosjektet; spent pot lining (SPL), elektrostatfilter sot (ESP) og rake offs. Eramet produserer legeringer til stålindustrien og bidrar med avfallsstrømmen manganslam til prosjektet. Glencore Nikkelverk produserer nikkel og kobalt, og bidrar med jernslam i prosjektet.

Forskningsaktørene i prosjektet er Elkem Technology, ReSiTec, NTNU og SINTEF. NTNU og SINTEF bidrar med forskning og analyser på området, mens Elkem Technology og ReSiTec utvikler prosesser og teknologi til prosjektet. Elkem Technology er en forsknings- og utviklings avdeling i Elkem konsernet, mens ReSiTec er spesialisert på å omdanne industriavfall.

## 2.2 Prosessindustrien

Prosessindustrien kan kjennetegnes ved at råvarer blir omgjort til materialer som kan videreselges til en kunde (Stindt & Sahamie, 2014). Med andre ord produserer prosessindustrien materialer som kan benyttes i videre produksjon i andre industrier. Stindt og Sahamie (2014) definerer prosessindustri som en produksjon som tilfører verdi til materialer ved å blande, separere, forme eller skape kjemiske reaksjoner. En liknende definisjon av prosessindustrien er omtalt av Flapper, Fransoo, Broekmeulen og Inderfurth (2002). Denne definisjonen er som følger: *"Businesses that add value to materials by mixing, separating, forming, or chemical reactions where processes may be either continuous or batch and generally require rigid process control and high capital investment"*. French (2002) definerer prosessindustrien som der homogene- og ikke-adskilte produkter blir produsert. Stindt og Sahamie (2014) beskriver at de ulike industriene blir kategorisert etter type produkter og at det i dag finnes ni industrisektorer. Disse er: kjemikalier, mat, glass, papir, legemidler, metall, plast, tekstiler og bygningsmaterialer. Som beskrevet i delkapittel

1.4 avgrensninger, valgte vi å rette vår studie mot metallindustrien innenfor prosessindustrien. Ved produksjon av materialer i prosessindustrien oppstår industrielt avfall. Begrepet industrielt avfall er redegjort for i delkapittelet nedenfor.

## 2.3 Industrielt avfall

Industrielt avfall er avfall som oppstår under produksjon i industrien. Dette avfallet kan også gå under begrepet næringsavfall. Inglezakis og Zorpas (2011) definerer industrielt avfall slik: *”Industrial waste is a type of waste produced by industrial activity. Furthermore, industrial waste could be gaseous, liquid (most frequently aqueous) and solid waste generated by an industrial activity”*. En definisjon på næringsavfall er hentet fra Norges Lover, og er som følger: *”Som næringsavfall regnes avfall fra offentlige og private virksomheter og institusjoner”* (Forurensningsloven, LOV-1981-03-13-6). Begrepene industrielt avfall og næringsavfall inkluderer samme avfallstype som begge har opphav fra produksjon.

Industrielt avfall, også kalt næringsavfall, kan inndeles i farlig- og ikke farlig avfall. Farlig avfall blir definert som: *”Any waste or combination of waste which pose a substantial present or potential hazard to human health or living organisms because they are non-degradable, persistent in nature, or may otherwise cause detrimental cumulative effects”* (Inglezakis & Zorpas, 2011). Vi ser en likhet mellom denne definisjonen og forurensningsloven § 27 i Norges Lover, som definerer farlig avfall slik *”Som spesialavfall regnes avfall som ikke hensiktsmessig kan behandles sammen med annet husholdningsavfall eller næringsavfall på grunn av sin størrelse eller fordi det kan medføre alvorlig forurensning eller fare for skade på mennesker eller dyr”* (Forurensningsloven, LOV-1981-03-13-6). I litteraturen oppdaget vi flere likheter i defineringen av farlig avfall, og typisk går følgende karakteristikk igjen: avfallet er giftig, eksplosivt, smittsomt, brennbart, og/eller skadelig for omgivelser og mennesker (Duan, Huang, Wang, Zhou & Li, 2008; El-Fadel, Zeinati, El-Jisr & Jamali, 2001; Herzik, 1992; Inglezakis & Zorpas, 2011; Lilja & Liukkonen, 2008; Navia & Bezama, 2008). Avfallstyper som ikke har en negativ effekt på omgivelsene eller levende organismer blir ikke regnet som farlig avfall. I følge Miljødirektoratet (2013) er klassifiseringen av farlig avfall basert på innholdet og mengden av farlige stoffer i avfallet. Konsentrasjonsgrensen på

farlige stoffer er definert i kjemikalierregelverket til forurensningsloven (Forurensningsloven, LOV-1981-03-13-6).

## 2.4 Bærekraft

Bærekraft blir definert som en situasjon der menneskelig aktivitet er gjennomført på en måte som bevarer funksjonene til jordens økosystem (Geissdoerfer, Savaget, Bocken & Hultink, 2017). En av de mest kjente definisjonene av bærekraftig utvikling ble utarbeidet av Brundtland kommisjonen og er som følger: *“Utvikling som imøtekommer behovene som er tilstede uten å ødelegge mulighetene for at fremtidige generasjoner skal få dekket sine behov”* (Brundtland & Dahl, 1987). I litteraturen forbindes ofte bærekraft med miljøproblemer, men det er likevel viktig å huske at bærekraft også er et sentralt element innenfor områdene økonomi, samfunn og miljø (Witjes & Lozano, 2016). Sirkulær økonomi er et av de nyeste forslagene for å oppnå miljømessig bærekraft (Murray, Skene & Haynes, 2015). Dette oppnås gjennom økonomisk vekst parallelt med en reduksjon i bruk av råvarer og energi (Witjes & Lozano, 2016).

## 2.5 Nåverdimetoden

For å undersøke lønnsomheten til en investering er det hensiktsmessig å benytte nåverdimetoden. Denne metoden beregner verdien til et prosjekt (Bredesen, 2015). I nåverdimetoden inngår det fire hovedelementer: investeringsutgift ( $CF_0$ ), årlig kontantstrøm ( $CF_t$ ), prosjektets levetid ( $n$ ) og avkastningskrav ( $i$ ). Investeringsutgiften er de kostnadene som påløper i år 0, mens de årlige kontantstrømmene består av innbetalinger minus utbetalinger (Bredesen, 2015). Kostnader som ikke krever utbetalinger, som avskrivninger, tas ikke med ved utregning av nåverdi. Formelen til nåverdimetoden er illustrert i figur 1.

$$NNV = -CF_0 + \frac{CF_1}{1+i} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+i)^n} = -CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

Figur 1 Nåverdimetoden (Bredesen 2015)



Nåverdien til en investering er summen av de neddiskonterte kontantstrømmene fratrukket investeringsutgiften til prosjektet (Bredesen, 2015). Avkastningskravet benyttes for å neddiskontere kontantstrømmene til virkelig verdi, og blir betegnet som et veid gjennomsnitt av kostnaden for egenkapital og gjeld (Bredesen, 2015). Dersom nåverdien til investeringen er positiv, det vil si større enn null, er investeringen lønnsom. Er investeringen lavere enn null skal en i teorien forkaste prosjektet da investeringen er ulønnsom (Bredesen, 2015).

### 3. Teoretisk rammeverk

I dette kapittelet er studiens teoretiske rammeverk presentert. Innledningsvis gis en beskrivelse av hvilke søkeord og databaser som er benyttet i litteratursøket samt hvordan vi gikk frem for å finne aktuell litteratur. Videre er aktuell litteratur som er anvendt i studien presentert.

Vi gjennomførte et omfattende litteratursøk for å finne aktuell litteratur til studien. Litteraturen ble i hovedsak identifisert gjennom søkeordene “industrial waste management”, “circular economy”, “cradle to cradle industry waste”, “cleaner production” og “closed-loop supply chain”. Søket startet i Google Scholar for å få en oversikt over eksisterende litteratur på området. Deretter gikk vi dypere inn i ulike databaser. Vi benyttet i hovedsak databasen ORIA, men også Sciencedirect og EBSCO. De fleste artiklene som er inkludert i studien er publisert av Elsevier og Springer. For å avgrense søkene ble det benyttet anførselstegn, som medfører at søkene kun inkluderer de ordene som er skrevet. Søket ble også avgrenset til artikler som er utgitt de siste ti til femten årene. Da vi hadde funnet relevante artikler gikk vi gjennom tilhørende litteraturlister for å finne flere artikler. For videre søk ble også definerte nøkkelord fra aktuelle artikler benyttet for å utvide søkeområdet.

I delkapitlene nedenfor er de ulike teoriene som er benyttet i studien presentert. Blant annet har vi gjennomgått teori om avfallshåndtering, avfallshierarkiet og hovedtilnærminger for behandling av avfall. I tillegg har vi beskrevet lover og reguleringer knyttet til avfallshåndtering og deponering i Norge og EU. Avslutningsvis har vi presentert tilnærmingene sirkulær økonomi og closed-loop supply chain.

### 3.1 Avfallshåndtering

Riktig håndtering av avfall fra produksjon er et viktig fokusområde i industrien, og særlig prosessindustrien hvor det ved store produksjonsvolumer av hovedprodukt også genereres store mengder avfall. I dagens samfunn har en større fokus på god ressursutnyttelse og at alt avfall i utgangspunktet er ressurser på avveie. Avfallshåndtering er også blitt et viktig tema på grunn av avfallets potensielle fare for miljøet og menneskers helse dersom det blir håndtert feil i behandlingsprosessen. Denne prosessen kan inkludere flere aktiviteter, men noen vanlige er: identifisering, behandling, resirkulering, lagring og transport (Duan et al., 2008). Duan et al. (2008) beskriver farlig avfall som en av de største ulempene som følger av økt industrialisering. For å sørge for en hensiktsmessig håndtering av dette avfallet har det blitt utviklet ulike tilnærminger som skal beskytte mennesker og miljø. I avsnittene nedenfor har vi redegjort for EUs avfallshierarki, avfallshåndteringssystemer og metode for vurdering av riktig håndtering.

### 3.2 Avfallshierarki

For å få en overordnet oversikt over alternative metoder for avfallshåndtering er det utviklet et avfallshierarki. Dette er beskrevet av flere forskere og modernisert i senere tid. Den Europeiske Union (EU) har benyttet hierarkiet i direktivet for avfallshåndtering (E. Directive, 2008) for å skape en felles forståelse og mål for avfallshåndtering. Faniran og Caban (1998) illustrerer et avfallshierarki som inneholder fire alternative tilnærminger. Alternativene har hver sine mål for håndteringen og inndeles i: unngå avfall, gjenbruke, resirkulere og deponere. Hierarkiet gjelder for alle typer avfall. Det inkluderer både industrielt avfall og husholdningsavfall. I E. Directive (2008) ble avfallshierarkiet modernisert, med en prioriteringsliste over mulige behandlingsmetoder for avfallet og hvilken påvirkning de har på miljøet. Desto høyere en er i hierarkiet, jo mer miljøvennlig er behandlingen av avfallet. Det høyeste- og beste nivået er nivå 1, mens nivå 5 er det laveste og burde unngås. Nivåene er nærmere beskrevet nedenfor:

### *Nivå 1 - forebygge*

Dette nivået, er det høyeste i hierarkiet og innebærer å forlenge levetiden til et produkt slik at det ikke oppstår avfall. Det innebærer også gjenbruk av produkter og materialer. Ved anvendelse av denne tilnærmingen oppstår det ikke avfall og dette er derfor den foretrukne metoden. Det er likevel viktig å påpeke at det er umulig å unngå all avfall fra hele bedriften.

### *Nivå 2 - forberedelse for gjenbruk*

Dette nivået innebærer at avfallets tilstand blir endret slik at det kan gjenbrukes. Aktiviteter som inngår i dette nivået er å reparere, rengjøre og forbedre produktet eller komponenten.

### *Nivå 3 - resirkulere*

Dette nivået innebærer å bruke deler- eller hele avfallet til nye formål. Dette gjøres gjennom resirkulering hvor avfallet blir omdannet til et nytt produkt. Gjennom denne tilnærmingen spares naturressurser og avfallsmengden reduseres.

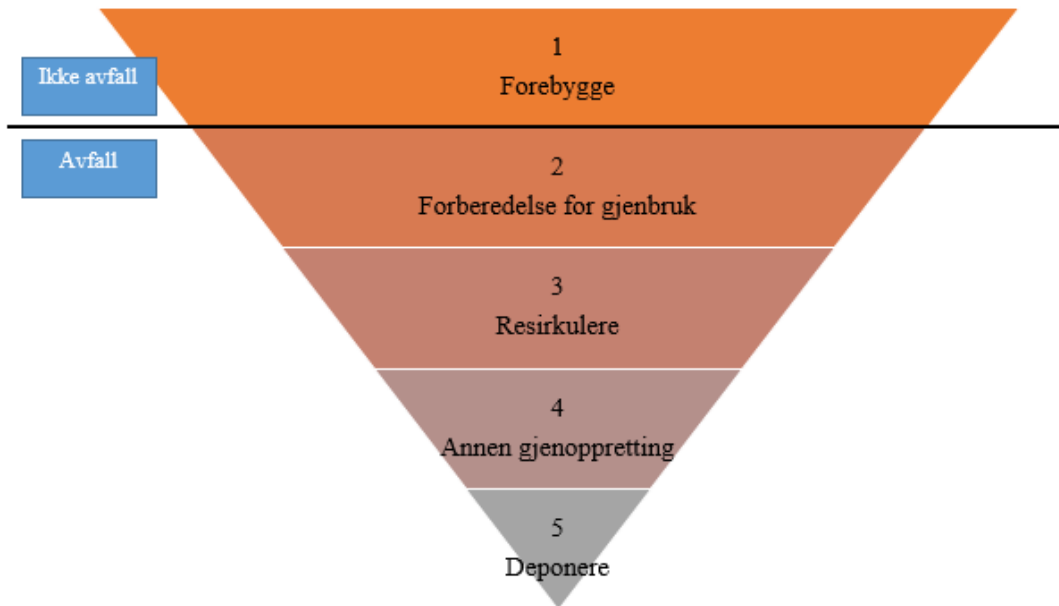
### *Nivå 4 - annen gjenoppretting*

Dette nivået innebærer gjenvinning av varme og energi fra avfallet, og er en miljømessig sluttbehandling av avfallet. Behandlingen er ikke utslippsfri, men sparer landområder og blir sett på som en miljøvennlig energikilde.

### *Nivå 5 - deponere*

Dette er det siste og minst attraktive nivået i avfallshierarkiet. Behandlingsmetoden på dette nivået innebærer å plassere avfallet på godkjent deponeringsanlegg (Directive, 2008).

I figur 2 er EUs avfallshierarki illustrert. Figuren viser de ulike nivåene som ble beskrevet ovenfor, og skiller mellom nivåene hvor det genereres avfall og ikke.



Figur 2 EUs avfallshierarki (E. Directive, 2008)

Med utgangspunkt i avfallshierarkiet har vi redegjort for ulike avfallshåndteringssystemer og metoder i delkapitlene nedenfor.

### 3.3 Avfallshåndteringssystem

Avfallshåndtering er et system sammensatt av fysiske objekter, menneskelige aktiviteter og koblingen mellom disse. Dette systemet kan kalles for et avfallshåndteringssystem. I et slikt system er de fysiske objektene avfall fra industri og husholdning, og de menneskelige aktivitetene er alle aktiviteter som er påvirket av- og har en effekt på de fysiske objektene (Seadon, 2010). I følge (Inglezakis & Zorpas, 2011) er det nødvendig med en avfallsplan som er basert på en strategi for å håndtere avfall konsekvent og kostnadseffektivt. En av de viktigste oppgavene, som må iverksettes i starten av prosessen, er å identifisere avfallskildene, typene og mengdene avfall som genereres i det aktuelle området, selskapet eller industrien. Definisjoner for de forskjellige avfallstypene er beskrevet i den europeiske avfallskatalog (EAK) utviklet av EU. Det er avgjørende å identifisere avfallstypene riktig for

å utføre en rekke funksjoner som blant annet regulering og kontroll av avfallshåndteringen (Inglezakis & Zorpas, 2011).

Håndtering av industrielt avfall har endret seg i takt med veksten i industrisektoren, økt kunnskap om helse og avfallets påvirkning på miljøet. Som en virkning av dette har riktig vurdering av konsekvenser for klimaet og knappe ressurser vært en viktig del av avfallshåndteringen i Europa. Samtidig kan knapphet på ressurser ha bidratt til å utvikle nye strategier for å fremme livssyklus tenkning i avfallspolitikken på europeisk nivå (Pires, Martinho & Chang, 2011). Avfallshåndtering er beskrevet som identifisering, forebygging, klassifisering, overvåkning, behandling, håndtering, gjenbruk og rest-disponering av fast avfall (Pichtel, 2005). Ved bruk av livssyklus perspektivet gjelder alle de operative fasene i avfallshåndteringen fra samling, forflytting, behandling, resirkulering og deponering (Pires et al., 2011). Resirkulering er kun aktuelt dersom det er mulig å oppnå dette. Dersom det ikke er mulig vil avfallet gå direkte fra behandling til deponering.

Hogland og Stenis (2000) har beskrevet et tre-steps avfallshåndteringssystem. Dette systemet inkluderer tre ulike aktiviteter. Disse er:

- Karakterisere – identifisere avfallsets egenskaper
- Kategorisere – vurdere avfallstype og riktig behandling
- Evaluere – vurdere type risiko og deretter etablere retningslinjer for behandling

Dette er et generelt avfallshåndteringssystem som gir en overordnet beskrivelse av hvordan avfallet skal håndteres. For riktig bruk må en gå dypere inn i hver av de tre kategoriene. Det betyr at det er nødvendig å identifisere og rangere avfallet før det kan kategoriseres og tilegnes riktig behandlingsmetode. En av metodene for å vurdere avfallsets egenskaper er en livssyklusanalyse som benyttes for å anslå faregraden til avfallet gjennom dens livssyklus (Hogland & Stenis, 2000).

### **3.3.1 Vurdere og evaluere**

Ved håndtering av avfall oppstår det ofte konflikter mellom økonomi og miljø (Cheng, Chan & Huang, 2003). I følge Hogland og Stenis (2000) og Pires et al. (2011) er det viktig å vurdere egenskapene til avfallet for å se hvilken påvirkningsgrad det har på miljøet og mulige risikoer som kan oppstå. Dette kan gjennomføres ved flere forskjellige metoder. Livssyklus vurdering er en av de best definerte og mest objektive metodene for evaluering av miljøpåvirkningen som avfallet har og handtering knyttet til dette (Clift, Doig & Finnveden, 2000; Nouri, Nouri & Moeeni, 2012). Barton, Dalley og Patel (1996) definerer livssyklus vurdering som en objektiv prosess for å evaluere belastningen som miljøet blir påført gjennom et produkt, en prosess eller en aktivitet. Dette konseptet vurderer den miljømessige påvirkningen til hele aktiviteten. Det innebærer alle stegene fra produksjon, transport, design, distribusjon, forbruk til gjenvinning (Kobza & Schuster, 2016). Ved å identifisere og kvantifisere energi og materialer kan en evaluere og implementere muligheter for å forbedre miljøet (Barton et al., 1996). Metoden kan benyttes for å identifisere riktig behandlingsmåte for avfallet, da analysen gir en indikasjon på hvilken behandlingsmåte som er mest hensiktsmessig for miljø og økonomi gjennom matematiske modeller (Nouri et al., 2012). Modellen vil med andre ord gi et bilde av hvilken behandlingsmetode som er bærekraftig for både selskapet og miljøet.

### **3.3.2 Behandle og håndtere**

De siste fasene i avfallshåndteringen inkluderer hvordan avfallet skal håndteres og behandles. Slik det er beskrevet i avfallshierarkiet finnes det flere metoder for å behandle og deponere avfall (E. Directive, 2008; Faniran & Caban, 1998). Generelt vil resirkulering, repressering og deponering i godkjente deponier være muligheter. Det beste alternativet er resirkulering, når det er mulig. Repressering er også en god mulighet dersom det ikke er anledning til å resirkulere avfallet. Dersom avfallet skal represseres må komplekse- eller farlige komponenter fjernes. Deponering av avfall er siste mulighet og den metoden som blir anvendt når ingen av de overnevnte alternativene kan benyttes (Hamer, 2003). I dag er det store mengder avfall fra prosessindustrien som blir plassert på deponi da det ikke har blitt identifisert alternative metoder som er bærekraftige for bedriftene (Agrawal et al., 2011; David & Kopac, 2012, 2013). Tidligere har mye industrielt avfall blitt håndtert ved bruk av

enkle og lite miljøvennlige metoder. De ulike metodene som ble anvendt varierte fra dumping i lokale deponier uten klare retningslinjer til nedgraving på eget området. Det er også blitt deponert mye avfall i ferskvann og sjø samt ukontrollert brenning av avfallet. Alle metodene nevnt ovenfor kan være helsefarlige og skadelige for omgivelsene (Hamer, 2003). Dersom forskjellige avfallstyper kommer i kontakt med hverandre i deponier kan nedbrytningsfasen endres og forurensningspotensialet øke (Hamer, 2003). I neste delkapittel har vi tatt for oss hovedtilnærmingene til avfallshåndtering og målet med disse.

### 3.4 Hovedtilnærminger til avfallshåndtering

Hovedtilnærmingene til avfallshåndtering er utviklet av Shahbazi, Kurdve, Bjelkemyr, Jönsson og Wiktorsson (2013) og beskriver hvilken type avfallshåndtering bedriften skal velge ut fra hvilket mål de ønsker å strekke seg mot (Shahbazi et al., 2013). De ulike tilnærmingene er i tråd med avfallshierarkiet, som er redegjort for tidligere, men blir ikke rangert etter miljøpåvirkning slik som avfallshierarkiet. De blir derimot kategorisert etter utslippsgrad og avfallsmengde.

Det er definert fire hovedtilnærminger til avfallshåndtering i industrien. Disse er:

- Null-avfall
- Forebygging av avfall
- Renere produksjon
- Null utslipp

Nedenfor er de ulike tilnærmingene beskrevet nærmere:

#### *Null-avfall*

Null-avfall har fokus på forebygging, minimering og gjenbruk av avfallet. Avfallet blir da ansett som en verdifull ressurs istedenfor et problem for bedriften. Denne tilnærmingen tar sikte på å utnytte materialene effektivt. Det innebærer å utnytte så mye materialer som mulig i sluttproduktet, eller å ta hele eller deler av avfallet inn i en annen prosess (Shahbazi et al., 2013; Song, Li & Zeng, 2015). Denne tilnærmingen vil i utgangspunktet ikke etterlate seg avfall, da det som er mulig å benytte blir tilbakeført i produksjonen.



### *Avfallsforebygging*

Avfallsforebygging er en visjon med både kvantitativt og kvalitativt fokus på reduksjon av avfall. Det betyr at en ønsker et mindre volum og en lavere giftandel før materialet eller produktet blir omgjort til avfall. Denne definisjonen dekker de tre øverste trinnene i avfallshierarkiet; forebygging, reduksjon og gjenbruk. Derimot inneholder avfallsforebygging verken resirkulering, energigjenoppretting, eller produksjonsdesign for resirkulering av avfall. Avfallsforebygging er det høyeste målet i avfallshierarkiet, og krever andre metoder enn investering i avfall, gjenvinning eller sluttbehandling (Lilja, 2009).

### *Renere produksjon*

Renere produksjon innebærer å forsikre at negative miljøeffekter fra produksjonen reduseres. Denne tilnærmingen har fokus på å bruke råmaterialer effektivt, redusere vann og energibruk, redusere utslipp og designe miljø-kostnadseffektive produkter (Shahbazi et al., 2013). Renere produksjon er basert på miljøeffektivitet som har økonomiske fordeler, mens miljøeffektivitet er basert på miljømessige fordeler. Renere produksjon krever også renere teknologi, som har vært sentralt i prosessindustrien de siste årene (Agrawal et al., 2011; David & Kopac, 2012, 2013). Nyere og renere teknologi blir assosiert med innovativ teknologi som har både økonomiske- og miljømessige fordeler for reduksjon og eliminering av farlig avfall (Shahbazi et al., 2013).

### *Null-utslipp*

Null-utslipp er en mer omfattende visjon enn renere produksjon og andre relaterte konsepter, slik som produktforvaltning. Denne tilnærmingen er nært knyttet til eco-design gjennom livssyklus vurdering og karbonfotavtrykk. Tilnærmingen samsvarer med utslipps- og avfallsforebygging med fokus på å redusere avfall og utslipp til null uten å redusere produksjon eller produktivitet (Shahbazi et al., 2013).

### 3.4.1 Nærmere om null-avfall

Song et al. (2015) omtaler Paul Palmer som grunnlegger av begrepet null-avfall. Det startet i 1973 da Palmer begynte å utvinne ressurser fra kjemikalier. I et slikt null-avfall system er det en sirkulær materialflyt, som betyr at de samme materialene blir brukt om igjen helt til de ikke lenger innehar ønskede egenskaper og kvalitet. Sirkulær materialflyt kan være innhenting av produkter som sluttbruker anser som søppel. Disse produktene blir videre reparert og gjenbrukt. Dersom det ikke er mulig å gjenbruke eller reparere produktet kan det bli resirkulert til et materiale. Da går produktet fra å være en avfallsstrøm til å bli en input i produksjon. Ved å resirkulere produkter til materialer som kan benyttes i produksjon vil naturressursene spares (Song et al., 2015).

Det eksisterer flere verktøy, metoder og tilnærming som er aktuelle i arbeidet med å innføre null-avfall i industrien. Song et al. (2015) har organisert nøkkelstrategiene for å implementere filosofien i en fire-trinns modell. De ulike stegene er nærmere beskrevet nedenfor:

#### *Design*

Dette nivået innebærer valg av metode(r) for å gjennomføre miljø- og materialflytsanalyser. Song et al. (2015) tar for seg flere ulike metoder som kan benyttes i den sammenheng. Blant annet er closed-loop supply chain, eco-design og livssyklusvurdering passende analyseverktøy.

#### *Produksjon*

Dette nivået omfatter valg av strategi for hvordan en skal oppnå ren produksjon. Her må produktets design og produksjonsprosess vurderes ut ifra et miljøperspektiv. Målet med dette nivået er å minimere avfall og maksimere verdien til det endelige produktet. Dette gjøres med utgangspunkt i resultatet fra analysene gjennomført i det første nivået.

### *Innføring*

Dette nivået innebærer forståelse og bevissthet knyttet til industriens negative miljøpåvirkning, og strategier for å forebygge og forhindre dette. Song et al. (2015) påpeker at dersom en bedrift ikke er bevisst på miljøutfordringene knyttet til avfall vil den ikke kunne oppnå målet om null-avfall.

### *Resirkulering*

Dette nivået innebærer valg av metode(r) for å håndtere avfallet på bærekraftig vis. Det vil i dette nivået bli etablert et system for håndtering av avfallet, som inkluderer: planer, implementering og styring, og aktiviteter som skal bidra til null-avfall.

## 3.5 Lover, ambisjoner og anbefalinger

Avfallshåndtering i Norge blir styrt av lover og regler vedtatt av Stortinget, samt den politikken som føres i landet. Gjennom EØS-avtalen er Norge også pliktig til å følge blant annet Avfallsdirektivet og Deponidirektivet som er utarbeidet av EU (Stortinget, 2015). I tillegg er FNs bærekraftsmål gjeldende for Norge, og statsminister er pliktig til å rapportere hvordan Norge følger opp målene (Regjeringen.no, 2016b).

### **FNs bærekraftsmål**

I 2015 utviklet FNs medlemsland 17 bærekraftsmål med formål å styrke landenes miljøarbeid og fokus på klimautfordringer i arbeidet med å oppnå sirkulær økonomi. Bærekraftsmålene til FN er gjeldende for alle land, men er ikke juridisk bindende. Til tross for at de ikke er juridisk bindende får de tyngde ved å bli vedtatt av stat. For å stimulere landene til å arbeide med bærekraftsmålene er de pliktige til å rapportere nasjonal oppfølging av målene. Norges bærekraftsrapportering til FN peker på politiske prioriteringer samt nasjonale- og internasjonale utfordringer. Av bærekraftsmålene er det fem som kan knyttes direkte til miljøfokus. Disse er: bekjempe klimaendringer, forvaltning av land og biologisk mangfold, forvaltning av hav og økosystemer i ferskvann, bærekraftig produksjon og forbruk og bærekraftige byer (Regjeringen.no, 2015a).

Under hvert mål er det flere delmål. Nedenfor er tre delmål som er sentrale i arbeidet med å oppnå en ressurseffektiv produksjon presentert:

- Oppnå en bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser innen 2030
- Redusere avfallsmengden betydelig gjennom forbud, reduksjon, gjenvinning og ombruk innen 2030
- Stimulere bedrifter til å innføre bærekraftige arbeidsmetoder og integrere informasjon om bærekraft i rapportering (Norad, 2016)

Klimamålene ovenfor innebærer en effektiv bruk av ressurser for å redusere utslipp og sikre bærekraft.

## **EUs miljølover**

Som en følge av EØS-avtalen legger EU sin miljø- og klimapolitikk i stor grad føringer på norsk lovgivning og politikk. I EU sitt rammeverk er det to ”datterdirektiv” kalt avfallsdirektivet og deponidirektivet. Førstnevnte inkluderer metoder for håndtering av avfall, og sistnevnte stiller krav til tillatelser og drift av deponier (Inglezakis & Zorpas, 2011). Disse er nærmere beskrevet nedenfor:

### **Avfallsdirektivet**

I 2008 utarbeidet EU et nytt direktiv for avfallshåndtering, “*Directive 2008/98/EC of European parliament and of the council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives*” (E. Directive, 2008). Dette direktivet har satt nye standarder for hvordan avfall skal- og burde håndteres og et krav om at det skal utvikles nasjonale programmer for å bedre avfallshåndtering og redusere utslipp av miljøgasser (Grosso, Motta & Rigamonti, 2010). Formålet med direktivet er å få EU til å bli et resirkuleringssamfunn og skape en sirkulær økonomi, ved å håndtere avfallet mer ressurseffektivt gjennom avfallshierarkiet, som beskrevet i delkapittel 3.2, og dermed unngå deponering (Commission, 2015).

### **Deponidirektivet**

Som det fremkommer av avfallshierarkiet er deponering den minst foretrukne metoden for avfallshåndtering, og burde derfor bli begrenset til et minimum. For å sikre at deponering

gjennomføres tryggest mulig har EU etablert et eget deponidirektiv. Målet med direktivet er å redusere og forebygge de negative effektene som deponering kan påføre miljø og mennesker. “*Council directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste*” er utviklet av deponidirektivet og er gjeldende lovgivning for deponering i EU. Denne inneholder ulike definisjoner, krav til deponier og pakkingen av avfallet, tillatelser og prosedyrer for drift og lukking av deponi og mer (Council, 1999).

I 2014 ble et forslag til en revidert utgave av direktivet publisert. Målet med forslaget er å fase ut deponi innen 2025 for resirkulerbart avfall i ikke-farlige deponier (Comission, 2014). Forslaget har stort fokus på bærekraftig bruk av naturressurser, og beskriver at EU i dag mister store mengder ressurser som finnes i avfallsstrømmene gjennom deponering. Det betyr at EU er lite ressurseffektive i dag, og har behov for å skape en sirkulær økonomi, som igjen gir økonomisk vekst og flere miljøfordeler som blant annet ivaretagelse av naturressurser (Comission, 2017).

### **Norges forurensningslov**

I Norge er forurensningsloven den gjeldende lov med hensyn til håndtering av avfall og utslipp. Målet med loven er å verne miljøet mot forurensning gjennom å redusere eksisterende forurensning, redusere mengde avfall som blir generert og fremme en bedre behandling av avfall. Alle bedrifter og privatpersoner i Norge er pliktige til å følge forurensningsloven. Dette gjelder også bedrifter av utenlandsk opprinnelse som opererer i Norge. Det er Stortinget som utarbeider reguleringer for hva som er tillatt og ikke. Stortinget utarbeider også økonomiske skatter, som skal tvinge bedrifter til å ha større fokus på miljøet og oppnå en renere produksjon. Det innebærer også at det gis fordeler til bedrifter som har en god avfallsledelse, og som ikke har utslipp av farlige klimagasser (Forurensningsloven, LOV-1981-03-13-6).

### **Norges deponiforskrift**

Norge har også en egen deponiforskrift som stiller strenge miljøkrav for avfallsdeponier. Denne ble vedtatt av Miljøverndepartementet 21.mars 2002, og innebærer en implementering av EUs deponidirektiv. Formålet med forskriften er at deponering av avfall skal foregå

forsvarlig for å minimere og forebygge skadevirkninger på miljø og menneskers helse. Forskriftene gjelder for alle deponier, både private og kommunale, i tillegg til bedriftenes interne deponier hvor de deponerer eget avfall på egen eller andres tomt (Miljøverndepartementet, 2002).

### **Anbefalinger for grønn konkurransekraft**

Basert på FNs bærekraftsmål og Paris-avtalen har Norge en visjon om å være et lavutslippssamfunn innen 2050 (Regjeringen.no, 2016a). I den forbindelse utviklet regjeringens ekspertutvalg for grønn konkurransekraft en rapport kalt “Grønn konkurransekraft”. Målet med rapporten er å undersøke hvordan en kan omstille Norge til å bli et lavutslippssamfunn innen 2050, samtidig som det skapes nye arbeidsplasser og verdier. Som ekspertutvalget påpeker er det ikke gratis å jobbe med reduksjon av avfall og utslipp, men det vil bli enda dyrere dersom en ikke handler i tide. For å kunne skape en grønn konkurransekraft må alle ressurser brukes effektivt samtidig som fremtidens løsninger må være rimeligere og bedre for å kunne konkurrere med eksisterende løsninger. I den forbindelse anbefaler ekspertutvalget at det må skapes en tettere kobling mellom næringspolitikk, forskningspolitikk og klimapolitikk. Bakgrunnen for dette er at det må utvikles ny teknologi som må vurderes i forhold til hvordan den bidrar til måloppnåelse innen næringspolitikk og klima (Regjeringen.no, 2015b).

I rapporten har regjeringens ekspertutvalg presentert 10 prinsipper som vil være aktuelle for Norges politikk i arbeidet med å redusere mengden avfall og utslipp. Vi har valgt å kun presentere de tre prinsippene som er mest relevante for studien. Disse er beskrevet nedenfor.

### *Den som forurenses skal betale*

Dette prinsippet innebærer at den som forurenses må betale for det. Det er allerede etablerte lover på dette området, men de må også etterleves (Regjeringen.no, 2015b).

### *Insentiver for grønne valg*

Dette innebærer at den som påfører samfunnsøkonomiske gevinster eller kostnader skal godskrives eller belastes økonomisk. I følge rapporten vil ikke et marked fungere optimalt uten prising av eksternaliteter. Gjennom prising skapes markeder for miljøvennlige løsninger som fører til insentiver for å ta grønne valg (Regjeringen.no, 2015b).

### *Det skal være høyere skatter for det som vi vil redusere. Det skal skattes mindre av det vi vil ha mer av*

Det er viktig at skatte- og avgiftssystemet legger til rette for at bedrifter skal kunne drive grønn produksjon. Det betyr at skatter og avgifter på utslipp, avfall og bruk av naturressurser må øke, samtidig som de må reduseres for bærekraft (Regjeringen.no, 2015b).

## 3.6 Sirkulær økonomi

Industriell økologi er et forskningsfelt som har som ambisjon å oppnå bærekraft innen miljømessige- og økonomiske systemer. Det innebærer at energi- og materialbruk optimaliseres samtidig som generert avfall minimeres. Dette kan oppnås ved å gå fra en lineær- til en sirkulær gjennomstrømming for material- og energibruk (Ehrenfeld & Gertler, 1997; Loiseau et al., 2016). I fotsporene til industriell økologi ble konseptet sirkulær økonomi populært (Loiseau et al., 2016). Sirkulær økonomi er motsetningen til lineær økonomi, der naturressurser blir omdannet til avfall gjennom produksjon. Lineær økonomi fører til forringelse av miljøet, og to alvorlige negative effekter som oppstår er:

- Naturressursene blir fjernet fra omgivelsene. For eksempel gjennom gruvedrift og overdreven høsting.
- Naturressurser blir redusert som følge av forurensing (Murray et al., 2015)

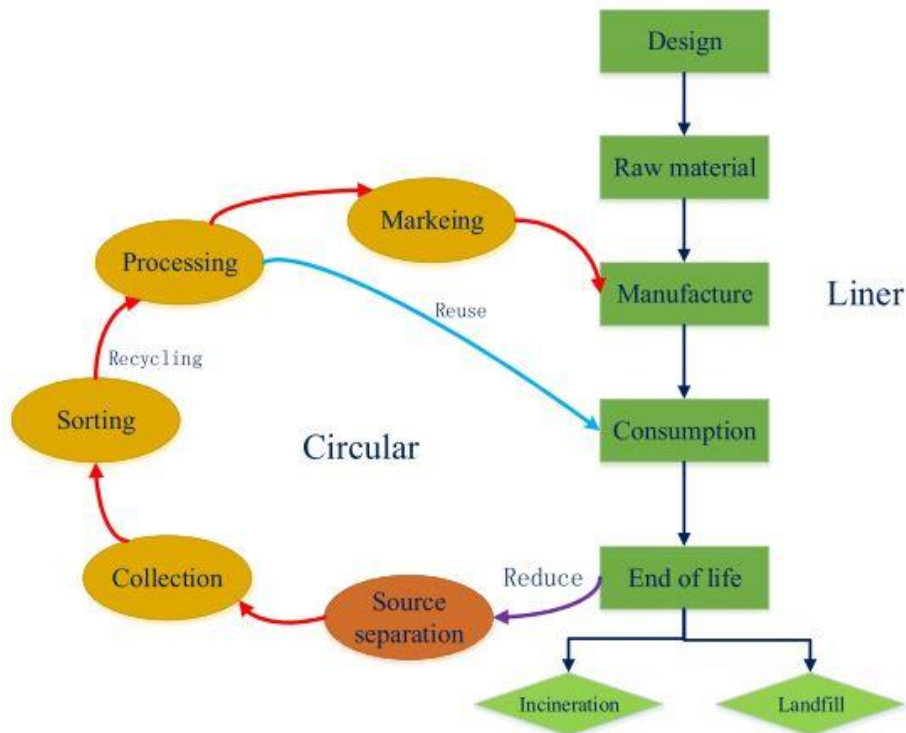
Det er flere ulike begreper som har samme betydning som sirkulær økonomi og industriell økologi. Av litteratursøket oppdaget vi at begrepene ”cradle to cradle” og ”performance

economy” er mye anvendt i litteraturen. Cradle-to-cradle er et begrep som er utviklet av McDonough og Braungart (McDonough & Braungart, 2003). Formålet med denne tilnærmingen er å lukke loopen slik at det er minimalt med avfall igjen etter prosessen. Målet er at alle råvarene som benyttes i produksjonen skal kunne gjenbrukes kontinuerlig (McDonough & Braungart, 2009). Steinberger, van Niel og Bourg (2009) beskriver performance economy som en tilnærming hvor en ønsker å optimalisere bruk av produkter med fokus på styring av eksisterende verdi i form av produkter, kunnskap og naturkapital. Det økonomiske målet med performance economy er å ha høy brukerverdi samtidig som lang levetid ved å minimere ressurs- og energibruk. Til tross for at en ønsker å gjenbruke alle ressurser vil ikke dette være mulig. Både sirkulær økonomi, ”cradle-to-cradle” og “performance economy” har som mål å kontinuerlig gjenbruke råstoffer i produksjonen slik at en produserer minst mulig avfall.

MacArthur (2013) definerer sirkulær økonomi som en industriell økonomi som fornyer design, og som gjenspeiler naturens styrke aktivt og optimaliserer systemer der den operer. Sirkulær økonomi bygger på begrepene avfallsforebygging og ressurseffektivitet ved å fremheve områdene hvor de største fordelene kan bli realisert, og ved å understreke behovet for å vurdere bærekraften i kildene til råvarene (Loiseau et al., 2016). Murray et al. (2015) utviklet en definisjon på sirkulær økonomi som de anser som mer dekkende enn tidligere definisjoner. De definerer sirkulær økonomi som en modell som inneholder planlegging, ressurser, innkjøp, produksjon, repressering og design. En annen definisjon på sirkulær økonomi er et regenereringssystem hvor ressursinnsats, avfall, utslipp og energilekkasje minimeres ved å bremse, lukke og innsnevre material og energisløyfer. For å oppnå dette kan en benytte langvarige design, vedlikehold, reparasjon, gjenbruk, oppussing og resirkulering (Geissdoerfer et al., 2017). Kobza og Schuster (2016) beskriver livssyklus vurdering som en av nøkkelfaktorene til sirkulær økonomi. I tillegg må det vurderes om det er mulig å oppnå en closed loop for produktet og produksjonsprosessen.



Figur 3 illustrerer hvordan en sirkulær økonomi oppstår. For at det skal bli en fungerende sirkulær økonomi må ”sirkelen” oppnås. Dette innebærer at alle aktiviteter som inngår i prosessen er avhengige av hverandre. I praksis betyr dette at bedrifter skal, så langt det er mulig, gjenvinne ressurser, slik at sirkelen ikke blir brutt.



Figur 3 Sirkulær- og lineær økonomi (Song et al., 2015)

Målet med sirkulær økonomi er å benytte det som en løsning for en rekke utfordringer som bedrifter, industrier og land står overfor. Disse utfordringene er hovedsakelig avfallsproduksjon og ressursknapphet (Lieder & Rashid, 2016). Basert på definisjonene i tidligere avsnitt, ser en at sirkulær økonomi er et overordnet system som brukes i verdikjeden. Sirkulær økonomi har i flere år vært benyttet i Kina, og stadig flere får øynene opp for systemet. I dag har det blitt mer globalt kjent (Zhou, Bonet Fernandez, Wan, Denis & Juillard, 2014).

Det er utviklet et rammeverk for sirkulær økonomi som fokuserer og gir en beskrivelse på ressursknapphet, miljøbelastning og økonomiske fordeler. Økonomiske fordeler innenfor en sirkulær økonomi er når hver bedrift tilstreber å oppnå økonomiske fordeler for å sikre

lønnsomhet og konkurransefortrinn. Dette krever en integrerende tilnærming til valg av materialer, produktdesign, forsyningskjedens design og forretningsmodeller (Lieder & Rashid, 2016). Innen ressursknapphet beskriver Lieder og Rashid (2016) at klodens ressurser blir oppbrukt som følge av overforbruk. Gjennom sirkulær økonomi reduseres ressursbruken og dermed ivaretas naturressursene bedre. Med miljøpåvirkning i sirkulær økonomi menes det at miljøbelastningen på kloden skal minimeres. Målet med sirkulær økonomi er her å redusere avfallsmengden, deponering og utslipp gjennom gjenbruk, gjenvinning og/eller resirkulering (Lieder & Rashid, 2016). Innen tilnærmingen sirkulær økonomi er ikke målet å ha en netto effekt på miljøet, men heller å gjenopprette eventuelle skader på ressurser, samt generere lite avfall gjennom hele produksjonsprosessen og produktets livsløp (Greyson, 2007).

### 3.7 Closed-loop supply chain

Closed-loop supply chain (CLSC) har fått økende oppmerksomhet både i industrien og litteraturen de siste årene (Moritz Fleischmann et al., 1997; French & LaForge, 2006; Guide Jr & Van Wassenhove, 2009; Stadtler, 2005; Talaei, Moghaddam, Pishvae, Bozorgi-Amiri & Gholamnejad, 2016). Talaei et al. (2016) og Stindt og Sahamie (2014) beskriver dette som et resultat av strengere lover og reguleringer knyttet til miljøet og kundenes forventninger. Stindt og Sahamie (2014) skriver at prosessindustrien opplever store utfordringer knyttet til strengere lover og reguleringer, i tillegg til økende konkurranse, som oppfordrer til bærekraftige løsninger og en lavere negativ miljøpåvirkning. Målet med de strenge reguleringene er å få selskapene til å etablere miljømessige mål i sine planer, for å skape en bærekraftig produksjon (Stindt & Sahamie, 2014). I følge Kleindorfer, Singhal og Wassenhove (2005) er innføring av CLSC en sentral tilnærming for å oppnå bærekraftige operasjoner i prosessindustrien. I avsnittet nedenfor har vi gitt en beskrivelse av historien bak CLSC.

#### **Historien bak closed-loop supply chain**

Gjenvinning av produkter og materialer er ikke et nytt fenomen, og har lenge vært gjennomført via panteordninger, miljøstasjoner og skraphandlere. Bakgrunnen for dette er at

det har vært mer økonomisk å gjenvinne produktene fremfor å kaste de (Moritz Fleischmann et al., 1997).

Guide Jr og Van Wassenhove (2009) har gjennomført en studie på utviklingen innen forskning på gjenvinning som en del av CLSC. I denne studien inndeler de tidligere forskning i fem ulike faser, hvor hver fase tilfører et nytt perspektiv på området. Fasene er beskrevet nedenfor:

#### *Fase en*

Den første fasen har Guide Jr og Van Wassenhove (2009) kalt ”gullalderen for gjenvinning som et teknisk problem”. De tidlige studiene på CLSC deler inndeler tilnærmingen i to ulike dimensjoner. Den ene var markedsdrevet, hvor målet var maksimert profitt, mens den andre var drevet av avfallsstrømmer med mål om å minimere kostnadene. Den tidlige forskningen, gjennomført i USA, var drevet av behovet for å oppnå mer effektive prosesser for å øke profitten av gjenvinningen. I Europa lå fokuset på miljøet og kostnadsminimering. Bakgrunnen for miljøfokus som closed-loop hadde i Europa var lovgivning bestemt av EU.

#### *Fase to*

Den andre fasen fikk navnet “fra gjenvinning til verdsetting av den reverserte logistikk prosessen” og introduserte koblingen mellom optimaliseringsaktiviteter og bedriftsøkonomiske tilnærminger.

#### *Fase tre*

Den tredje fasen er ”koordinering av den reverserte forsyningskjede”. I denne fasen ble det gjennomført studier som koblet det økonomiske forretningsperspektivet sammen med produktreturene.

### *Fase fire*

Den fjerde fasen er kalt for ”å lukke sløyfen (loop)”. Forskningens fokus i denne fasen var et globalt system-design for å oppnå profitt. Denne fasen hadde fokus på det store bildet, og viktigheten av riktig design på produktet. Guide Jr og Van Wassenhove (2009) argumenterer for at det er kostbart å returnere produkter, og derfor er det viktig at selskapene minimerer returkostnadene.

### *Fase fem*

Den siste fasen som Guide Jr og Van Wassenhove (2009) omtaler er ”pris og markeder”. I denne fasen var fokuset på markedet og frykten for markeds-kannibalisme. Forskere begynte her å koble markedsføring og regnskap i closed-loop perspektivet.

I følge Stindt og Sahamie (2014) er mesteparten av forskningen på CLSC knyttet til produktproduksjon fremfor prosessindustri. Forskjellen på de ulike industriene er at førstnevnte produserer produkter, mens sistnevnte produserer materialer. Stindt og Sahamie (2014) tar for seg flere CLSC studier som er gjennomført på produktproduksjon, og nevner blant annet bilindustri, elektronikkindustri og mobilindustri. I neste avsnitt har vi gått nærmere inn på closed-loop tilnærmingen og hva den innebærer.

## **Tilnærmingen CLSC**

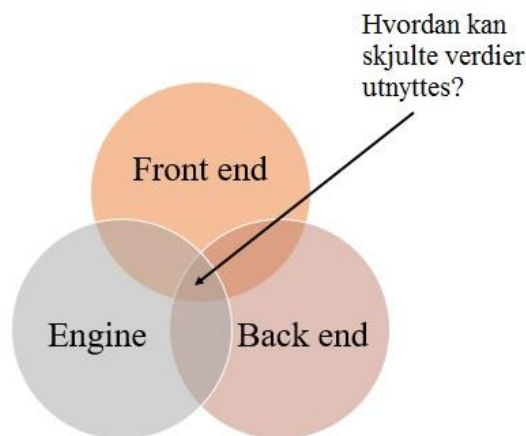
Talaei et al. (2016) beskriver forsyningskjede ledelse som en tilnærming for å forbedre forsyningskjedens ytelse gjennom integrering av organisatoriske enheter, koordinering av materialer og informasjon, i tillegg til finansiell flyt. En generell forsyningskjede kan bestå av enten ”fremover”- eller ”reverserte” verdistrømmer. Fremover forsyningskjeder innebærer alle aktiviteter hvor råmaterialer blir omgjort til endelige produkter, altså materialflyten fra start til slutt i produksjonsprosessen. Motsatt, innebærer reverserte strømmer at en samler inn brukte produkter fra sluttbrukere og resirkulerer disse til nye produkter (Abdallah, Farhat, Diabat & Kennedy, 2012; Moritz Fleischmann et al., 1997; French & LaForge, 2006). Reversert strøm i en forsyningskjede kan også gå under begrepet *reversert logistikk*. Dersom en kombinerer de to ulike strømmene oppnår en CLSC (Wells & Seitz, 2005). Guide og Van Wassenhove (2000) beskriver CLSC som en sløyfe som går fra kunde, tilbake til fabrikken,

gjennom reproduksjon og ut igjen til kunde. Gjennom denne prosessen skapes det verdi ved gjenvinning (Guide Jr & Van Wassenhove, 2009). Det fremste målet med en CLSC er å minimere selskapets kostnader, men tilnærmingen har også fått stor oppmerksomhet da den kan benyttes for å minimere negative miljøeffekter som følge av produksjon (Brandenburg, 2015; French & LaForge, 2006; Talaei et al., 2016). Schmidt (1992) beskriver følgende positive effekter av CLSC:

- Primær ressursene blir beskyttet
- Natur og landområder blir spart for deponi
- En unngår forurensning og spredning av mulige giftstoffer

I følge French og LaForge (2006) og Stindt og Sahamie (2014) har det vært lite fokus på bruk av CLSC i prosessindustrien. Det betyr at viktige områder knyttet til avfallshåndtering og gjenvinning av restprodukter fra produksjon fortsatt står åpne. French og LaForge (2006) beskriver gjenvinningsprosessen i forsyningskjeden som svært viktig for å minimere mengden avfall fra prosessindustrien. Denne prosessen kan benytte returprodukter fra både interne- og eksterne kilder, også kalt interne- og eksterne strømmen. Det som skiller disse kildene fra hverandre er at eksterne strømmen er returnerte produkter eller materialer fra sluttbruker, mens interne strømmen er retur av restprodukter fra produksjon som ikke har forlatt selskapet (Morltz Fleischmann, 2001; French & LaForge, 2006; Stindt & Sahamie, 2014). French og LaForge (2006) beskriver restprodukter som en intern verdikilde, men påpeker at variasjon i råmaterialer kan resultere i produkter som ikke møter spesifikasjonene. Guide Jr og Van Wassenhove (2009) forklarer at ikke all gjenvinning er økonomisk fornuftig for bedrifter. Dersom det skal være økonomisk bærekraftig må bedriften få riktig mengde av returnerte produkter, materialer eller restprodukter. Disse må også være av egnet kvalitet og kunne kjøpes tilbake for en fornuftig pris. I tillegg må det være et marked for det nye produktet som blir utviklet fra de returnerte produktene.

CLSC er en prosess som inkluderer flere ulike aktiviteter for å skape verdi av avfall. Guide Jr og Van Wassenhove (2009) inndeler aktivitetene i ”front end”, ”engine” og ”back end”. Aktivitetene er illustrert i figur 4.



*Figur 4 Business process view (Guide Jr & Van Wassenhove, 2009)*

Guide Jr og Van Wassenhove (2009) beskriver ”front end” som styring av de returnerte produktene, som innebærer timing, mengde og kvalitet på de returnerte produktene. ”Engine” er de aktiviteter som knyttes til gjenvinning, som blant annet testing, sortering, demontering og gjenvinning. Et viktig moment i denne aktiviteten er valg av gjenvinningsmetode. Bedrifter er nødt til å vurdere dette nøye, da valgt metode vil avgjøre verdien av det nye produktet og bedriftens bærekraft (Stindt & Sahamie, 2014). Den siste aktiviteten er ”back end” og innebærer markedsorientering og kanaler for salg av det utviklede produktet. Guide Jr og Van Wassenhove (2009) påpeker at det kan være flaskehalser innenfor de ulike aktivitetene som kan redusere gevinsten av closed-loop tilnærmingen. Det vil derfor være viktig å identifisere disse for å oppnå en bærekraftig CLSC.

### 3.8 Oppsummering teoretisk rammeverk

Studiens teoretiske rammeverk dekker et bredt område knyttet til avfallshåndtering og beskriver blant annet ulike tilnærminger til avfallshåndtering, hvilke metoder som burde etterstrebes, lovverk og fokus på bærekraft, og tilnærminger som kan benyttes for å oppnå redusert avfall på deponi og en grønnere produksjon.

Innledningsvis i det teoretiske rammeverket er avfallshierarkiet utviklet av EU presentert (E. Directive, 2008). Avfallshierarkiet er ulike behandlingsalternativer for avfall strukturert og rangert etter hva som er best for miljøet. Hierarkiet er inndelt i fem nivåer kalt; forebygge, forberedelse for gjenbruk, resirkulering, annen gjenoppretting og deponering (E. Directive, 2008). Videre tok vi for oss avfallshåndteringssystem og Hogland og Stenis (2000) sitt tre-steps system som inkluderer; karakterisering, kategorisering og evaluering. Det er også presentert ulike tilnærminger til avfallshåndtering som en bedrift kan etterstrebe.

Tilnærmingene tar ikke utgangspunkt i miljøpåvirkning slik som avfallshierarkiet, men blir kategorisert ut fra utslippsgrad og avfallsmengde. Disse er; null-avfall, forebygging av avfall, renere produksjon og null-utslipp (Shahbazi et al., 2013). Vi gikk nærmere inn på null-avfall og beskrev Song et al. (2015) sine nøkkelstrategier for å implementere dette. De ulike strategiene er; design, produksjon, innføring, resirkulering og håndtering (Song et al., 2015).

I det teoretiske rammeverket er også aktuelt lovverk og bærekraftsmålene til FN beskrevet. Herunder har vi presentert FN's bærekraftsmål, avfallsdirektivet, deponidirektivet, deponiforskriften og forurensningsloven som alle setter rammer for hvordan avfallshåndtering skal gjennomføres. I dette delkapittelet ser vi også hvordan bedriftene må tilpasse seg gjeldende lover, og hvordan myndighetene forsøker å rette fokus mot avfallsreduksjon. I presentasjonen av FN's bærekraftsmål er de fem bærekraftsmålene som er direkte knyttet til miljøfokus presentert (Regjeringen.no, 2015a). Videre gikk vi dypere inn i målene om en ressurseffektiv produksjon. Deretter er regjeringens ekspertutvalg sine strategier for grønn konkurransekraft og oppnåelse av bærekraftsmålene presentert. Herunder gav vi en nærmere beskrivelse av de strategiene som vi anser som mest relevante for studien: den som forurensere skal betale, insentiver for grønne valg, det skal være høyere skatter for det som vi vil redusere og lavere skatter på det vi vil ha mer av (Regjeringen.no, 2015b).

Videre tok vi for oss sirkulær økonomi og hvordan en bedrift kan oppnå dette ved å gå fra en lineær- til en sirkulær gjennomstrømning for material og energiforbruk (Ehrenfeld & Gertler, 1997; Loiseau et al., 2016). Vi presentere også to utfordringer knyttet til bærekraft gjennom lineær økonomi. Disse er; naturressurser blir fjernet fra omgivelsene og blir redusert (Murray et al., 2015). Vi tok også for oss Geissdoerfer et al. (2017) sin beskrivelse av sirkulær økonomi og hvordan en kan oppnå dette. De beskriver sirkulær økonomi som et regenereringssystem hvor ressursinnsats, avfall, utslipp og energilekkasje minimeres ved å bremse, lukke og innsnevre material og energisløyfer. Det kan oppnås ved å benytte langvarig design, vedlikehold, reparasjon, gjenbruk, oppussing og gjenvinning (Geissdoerfer et al., 2017). Avslutningsvis er CLSC, som er en sentral tilnærming for å oppnå bærekraftige operasjoner i prosessindustrien, presentert (Kleindorfer et al., 2005). Herunder har vi gikk en beskrivelse av tilnærmingen, og at CLSC oppnås ved kombinasjon av ”fremover”- og ”reverserte” verdistrømmer (Abdallah et al., 2012; Moritz Fleischmann et al., 1997). Vi har også beskrevet positive effekter ved CLSC; primær ressurser blir beskyttet, natur og landområder blir spart for deponi, forurensning unngås (Schmidt, 1992). Til slutt er aktivitetene som CLSC inkluderer beskrevet. Disse er; ”front end”, ”engine” og ”back end” (Guide Jr & Van Wassenhove, 2009).

Med utgangspunkt i studiens problemstilling ser vi at eksisterende forskning peker på flere positive effekter ved gjenvinning av avfall, særlig knyttet til miljøet. Forskingen beskriver blant annet hvordan miljøet kan bli ivaretatt gjennom en mer ressurseffektiv bruk av naturressursene. Vi ser derimot at fokuset på økonomiske konsekvenser av gjenvinning er mindre. I tillegg er det, som også beskrevet av French og LaForge (2006) og Stindt og Sahamie (2014), gjort lite forskning på avfallsreduksjon og tilnærminger til dette i prosessindustrien. Vi ser dermed at studien kan bidra til mer kunnskap på området. Studiens teoretiske rammeverk skal videre benyttes som grunnlag for drøfting av innsamlet datamateriale og utarbeidelse av konklusjon.

## 4. Metodekapittel

I dette kapitlet har vi presentert forskningsmetoden som vi har benyttet, og bakgrunn for beslutningene som er tatt i arbeidet med å innhente data til studien. Delkapitlene er strukturert



slik at de starter med en presentasjon av aktuell metodeteori for videre drøfting og beskrivelse av de metodiske beslutningene som er tatt. Gjennom denne strukturen gir vi en oversikt over stegene i forskningsprosessen samtidig som vi rettferdiggjør de metodiske valgene.

Innledningsvis har vi en kort presentasjon av valgt tilnærming til vitenskapsteori. Videre har vi beskrevet valgt forskningsmetode og forskningsdesign. Herunder har vi gått nærmere inn på konteksten i caset og utvalget av informanter. Videre har vi beskrevet hvordan vi samlet inn- og analyserte datamaterialet. Deretter argumenterte vi for studiens kvalitet gjennom reliabilitet, validitet og overførbarhet. Avslutningsvis gjorde vi en vurdering av studiens forskningsetikk og refleksjon av metoden.

#### 4.1 Vitenskapsidealer

I en studie er det helt avgjørende å ta hensyn til vitenskapsteori for å gi prosessen en filosofisk forankring (Savin-Baden & Major, 2013). Det er også viktig at forskeren forstår opprinnelsen og omstendighetene rundt ulike filosofiske tilnærminger. Dette fordi det kan bidra til å fastslå hvilke filosofier som er hensiktsmessig for studien og hvilke som kan hjelpe forskeren til å gjennomføre en bedre studie (Savin-Baden & Major, 2013). Vitenskap defineres som systematiske studier av fysiske eller sosiale fenomener. Vitenskap skapes gjennom samspill mellom teori og observasjon av virkeligheten som videre gir vitenskapelig kunnskap som ofte er empirisk eller erfaringsbasert (Ringdal, 2013).

Det er tre ulike vitenskapelige antakelser innenfor vitenskapsteorien. Disse er: epistemologi, ontologi og axiology. Epistemologi er et kunnskapssyn og trekker antakelser basert på menneskelig kunnskap, hva som er akseptabel-, gyldig- og legitim kunnskap og hvordan kunnskap kommuniseres til andre. Ontologi refererer til antagelser om virkelighetens natur. Ontologiske antakelser danner veien til hvordan en ser studiens objekt. Dette kan være organisasjon, ledelse, arbeidsliv, organisatoriske hendelser eller gjenstander. Ontologi er ulike syn på virkeligheten og omhandler realitetene i forskningen som utføres. Epistemologi er mer åpenbart i forhold til ontologi som er mer abstrakt. Axiology omhandler hvordan forskerens egne verdier påvirker forskningsprosessen og antagelser baseres på forskerens egne verdier (Ringdal, 2013; Saunders, Lewis & Thornhill, 2016).

Objektet i studien er W2V-prosjektet. Vi har basert studien på informasjon som er innhentet fra informantene i W2V-prosjektet samt det teoretiske rammeverket og trukket konklusjoner ut ifra dette. Antakelser i studien er også basert på denne informasjonen. I neste avsnitt har vi beskrevet forskjellen mellom induktiv- og deduktiv tilnærming og bakgrunnen for valget vi har tatt.

I forskningsmetode skilles det mellom induktiv- og deduktiv tilnærming. Gjennom en induktiv prosess arbeider forskeren ut fra data for å deretter utvikle teori. Dette innebærer at forskeren tar utgangspunkt i empirien og videre utvikler en forståelse for de temaene som studeres (Thagaard, 2013). Forskeren utforsker et tilbakevendende fenomen i felt-erfaringer og finner tilbakevendende sammenhenger mellom de (Matthew B. Miles, Huberman & Saldaña, 2014). Den deduktive prosessen innebærer at forskeren knytter begreper fra andre teoretiske bidrag opp mot studien som analyseres. Gjennom denne tilnærmingen synliggjøres sammenhenger mellom fenomener i prosjektet og tilsvarende fenomener i andre prosjekter (Thagaard, 2013). Deduktiv forskning starter med et foreløpig årsaksnettverk, mens induktiv forskning ender opp med et. Når datainnsamlingen er ferdig er begge tilnærmingene på samme sted og begge har et årsaks-virkningsforhold. Deduktiv tilnærming har en ovenfra og ned tankegang, mens induktiv bygges nedenfra og opp (Matthew B. Miles et al., 2014). Vi tok utgangspunkt i data for å deretter utvikle teori, som tilsier en induktiv tilnærming. Det teoretiske rammeverket for studien er en sammenfatning av eksisterende litteratur på området,

men vi har ikke identifisert litteratur som er direkte knyttet opp mot W2V-prosjektet sitt mål. Da det er få etablerte teorier på området tilsvarer studien et eksplorerende studie fordi det ikke er utført mye forskning på området tidligere (Tjora, 2012). Valgt tilnærming for studien avgjorde også valg av forskningsmetode. I neste delkapittel har vi gitt en beskrivelse av dette.

## 4.2 Forskningsmetode

Som beskrevet ovenfor har vi valgt en induktiv tilnærming til studien basert på at det ikke eksisterer mye teori på dette området (Ringdal, 2013). Videre har vi valgt forskningsmetode, hvor det skilles mellom kvalitative- og kvantitative studier. For å finne riktig forskningsmetode tok vi også utgangspunkt i om studien tilhørte en varians- eller prosessmodell. For å se hvilken modell som er passende for studien tar en utgangspunkt i problemstillingen (Van de Ven, 2007). Det er en sammenheng mellom varians- og prosessmodell og kvantitativ- og kvalitativ metode. Innen en variansmodell benyttes kvantitativ metode, og innenfor prosessmodell brukes kvalitativ metode (Van de Ven, 2007). Forskjellene på metodene er at kvalitativ metode søker å gå i dybden, og vektlegger betydningen, mens kvantitativ vektlegger tall og utbredelse (Thagaard, 2013). Samtidig har kvalitative studier en fleksibilitet som ikke kvantitative studier innehar. Det vil si at fremgangsmåter kan bli endret underveis når dataene blir samlet inn, og forskeren må kontinuerlig vurdere dataenes relevans i forhold til problemstillingen. I kvantitative studier ferdigstilles ofte datainnsamlingen før analysen kan starte (Thagaard, 2013). Dataene i kvalitative studier innsamles i fenomenets naturlige omgivelser og forskeren er en nøkkelperson fordi hun selv samler inn dataene og videre tolker og analyserer (Creswell, 2009). For å vurdere hvilken metode som var hensiktsmessig for vår studie tok vi utgangspunkt i problemstillingen. En problemstilling som inneholder et hva-spørsmål representerer oftest en kvantitativ tilnærming, mens et hvordan-, hvorfor- eller hvilke-spørsmål representerer en kvalitativ tilnærming. Bakgrunnen for hvorfor de forskjellige spørreordene representerer ulike tilnærminger er at de innhenter ulik informasjon (Thagaard, 2013). Ved bruk av spørreordene hvordan, hvorfor eller hvilke går en i dybden på det en studerer, og ser på det bakenforliggende til fenomenet (Yin, 2014). Da problemstillingen i studien er *”Hvilke økonomiske- og miljømessige konsekvenser vil gjenvinning av avfall fra produksjon ha for prosessindustrien?”* valget vi en kvalitativ tilnærming som også tilsvarer en prosessmodell. Dette er i samsvar med Yin (2014) og Van de Ven (2007) sine teorier. I

neste delkapittel har vi gitt en beskrivelse av hvilket forskningsdesign som vi har valgt for studien og bakgrunnen for dette.

### 4.3 Forskningsdesign

Som det ble skrevet i delkapittel 4.2 valgte vi en kvalitativ tilnærming med bakgrunn i studiens problemstilling (Thagaard, 2013; Van de Ven, 2007; Yin, 2014). For å gå videre med studien måtte vi velge forskningsdesign. Thagaard (2013) definerer dette som den faglige konteksten av undersøkelsen; hvem, hvor, hva og hvordan. Det er et viktig skille om studien gjennomføres på ett eller flere tidspunkter. Dersom studien utføres på flere tidspunkter har forskeren mulighet til å se om fenomenet endrer seg over tid. Da vi baserer studien på W2V-prosjektet var det mest hensiktsmessig å velge case studie som design.

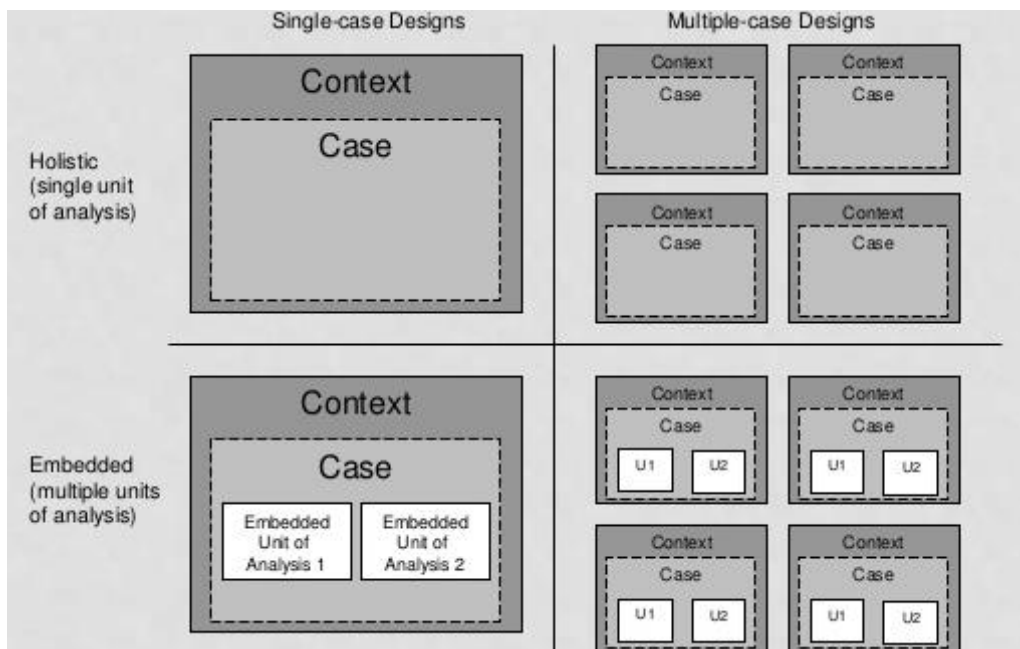
Det finnes flere ulike design innen kvalitativ forskning. Disse er narrative studier, fenomenologiske studier, empiribasert teori (grounded theory), etnografi og casestudier (Creswell, 2007). Narrative studier har flere former, og er best egnet dersom studiens mål er å få detaljerte livserfaringer eller livshistorier fra få personer. Fenomenologiske studier baseres på hvordan individer opplever et bestemt fenomen eller en bestemt type livserfaring. Den neste typen design er empiribasert. Her er målet å utvikle en generell forklaring på teori eller en prosess basert på et stort antall personer som har erfart det samme. Etnografiske studier innebærer å fokusere på å tolke felles adferd, verdimønstre og språk i en felles kultur. Det siste designet er case studie som er basert på få case. Eksempelvis kan dette være: familier, bedrifter, organisasjoner eller land (Creswell, 2007). Da vi hadde tilgang til W2V-prosjektet fant vi det mest hensiktsmessig å benytte case som forskningsdesign. I neste delkapittel har vi redegjort for Yin sine tilnærminger for casestudie.

### 4.4 Casestudie som forskningsdesign

I følge Thagaard (2013) kan casestudier kjennetegnes ved at det er en undersøkelse som søker å studere mye informasjon om få enheter eller case. Yin (2014) avgrensner casestudier til å

være analyser av fenomener i deres naturlige omgivelser og undersøkelsene baseres på flere datakilder.

Yin (2014) presenterer to ulike casestudier med to dimensjoner. De ulike casestudiene er singel- og multiple case. Ved single case blir ett case studert, mens i multiple case er det flere. Eisenhardt (1989) argumenterer for at en burde strebe etter flere case for å bygge teori, mens Dubois og Gadde (2002) mener at en burde velge singel case for å kunne gå i dybden på fenomenet. Casestudienes to dimensjoner er holistisk- og embedded design. Ved embedded design studeres flere analyseenheter, mens ved holistisk design er det kun én analyseenhet. De ulike casestudiene kan kombineres med de to dimensjonene. Det utgjør til sammen fire tilnærminger; singel case med holistisk design, singel case med embedded design, multiple case med holistisk design og multiple case med embedded design. Tilnærmingene er illustrert i figur 5.



Figur 5 Case design (Yin, 2014)

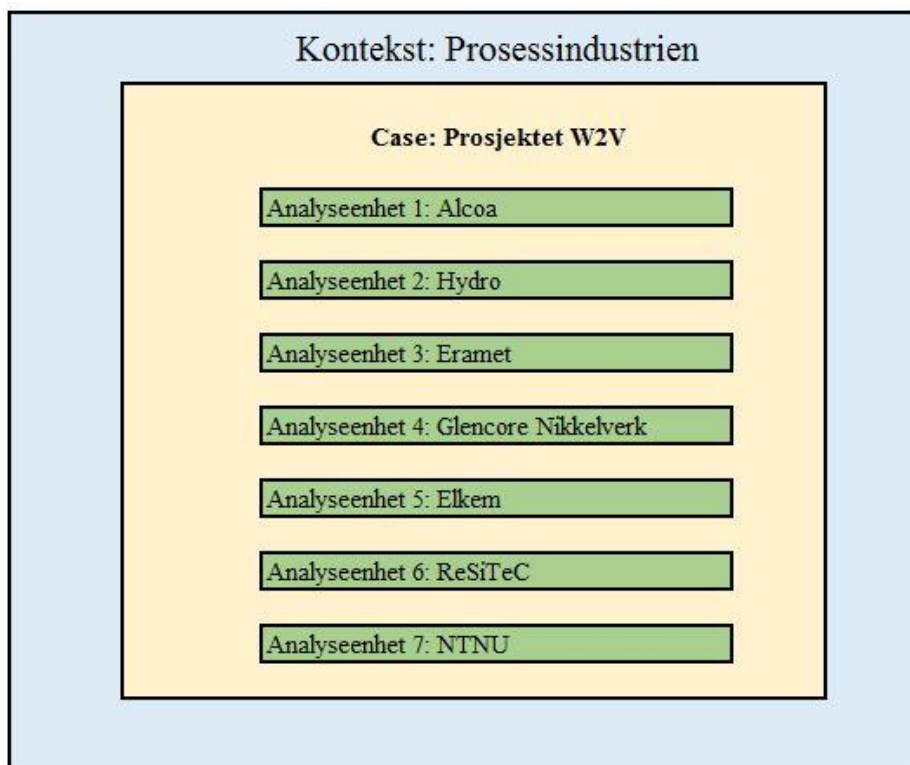
Yin (2014) har utviklet flere rasjonaler for singel case design. Disse går i hovedsak ut på at forsker burde velge et singel case dersom caset er kritisk, uvanlig, en åpenbaring eller foregår over lengre tid. Det er også utviklet rasjonaler for multiple case. Disse har opphav i forståelse om både litterære og teoretiske replikasjoner. En multiple case studie velges enten når det er

to eller flere case som en tror at vil ha en litterær replikasjon, eller ved mer komplekse multiple cases som ønsker resultat fra tall og typer av teoretisk replikasjon (Yin, 2014).

Vi besluttet at det var mest hensiktsmessig å gjennomføre singel case med embedded design. Bakgrunnen for dette er at vi ikke har flere case tilgjengelig. W2V-prosjektet er et spesielt prosjekt og det er få andre som har tilsvarende fokus. I tillegg er prosjektet i første fase etter oppstart sommeren 2016. Samtidig er tidsrammen for masterarbeidet kun over fem måneder og vi har derfor hatt begrenset med tid. På bakgrunn av dette vil det være vanskelig å gjennomføre en multiple case studie. Siden vi valgte singel case har vi hatt muligheten til å gå i dybden på fenomenet og se det fra flere ulike vinklinger som vi ikke kunne gjort dersom vi hadde studert flere case. Siden fenomenet vi studerer er nytt og det foreligger begrenset teori på området anser vi det også som mulig å bygge teori med kun ett case. Dette er i samsvar med Dubois og Gadde (2002) sin teori. Vi hadde kun ett case, men det er et komplekst case med flere deltakende bedrifter. Det var derfor omfattende mengder informasjon som ble innhentet for å studere fenomenet i dybden.

#### **4.4.1 Kontekst i caset**

Case og analyseenheter er sentrale elementer i konteksten til Yin (2014) sine case tilnærminger. Som skrevet i kapittel 4.4 kom vi frem til at singel case embedded design var mest hensiktsmessig for vår studie. Dermed har vi studert ett case, og flere analyseenheter. Konteksten er prosessindustrien og caset er W2V-prosjektet. Analyseenheterne er de deltakende bedriftene i prosjektet: Alcoa, Eramet, Glencore og Norsk Hydro som bidrar med avfall i prosjektet og forskningsaktørene: Elkem Technology, ReSiTec og NTNU. SINTEF, som også er en forskningsaktør, ble ikke benyttet som analyseenhet da det ville være kostbart å intervju dem. I tillegg ville det sannsynligvis ikke bidratt med mer relevant informasjon. Bedriftene ble presentert i kapittel 2.1 og blir ikke nærmere beskrevet her. I figur 6 er case med tilhørende analyseenheter illustrert.



*Figur 6 Case med tilhørende analyseenheter*

#### **4.4.2 Utvalg av informanter**

I dette delkapittelet har vi gått nærmere inn på studiens utvalg av informanter og bakgrunnen for valgene vi tok. Et kvalitativt studie går i dybden på et fenomen ved bruk av et begrenset antall informanter. Det innebærer at den enkelte informant bidrar med store mengder data som skal gi dybdeinformasjon om fenomenet. Da det er få informanter er kvaliteten på disse kritisk for å innhente nødvendig data til studien. Utvelgelsen burde derfor bli basert på hva som anses som mest hensiktsmessig for studien (Savin-Baden & Major, 2013). I følge Thagaard (2013) er utvalget i kvalitative studier ofte valgt med bakgrunn i informantenes egenskaper og kvalifikasjoner.

Studien har som formål å undersøke økonomiske- og miljømessige konsekvenser som gjenvinning av avfall fra produksjon vil ha for prosessindustrien. For å belyse dette området benyttet vi W2V-prosjektet som case, og vi var avhengige av informanter med mye erfaring og riktige kvalifikasjoner relatert til området for å innhente relevant data. Vi valgte en

selektiv utvelgelse av informanter til datainnsamlingen med formål å innhente kvalitetssikker og relevant data som ville gi en mer robust konklusjon. Selektiv utvelgelse kan defineres som et utvalg hvor valg av informanter er basert på forskerens egne vurderinger av hvem som er mest hensiktsmessig for å besvare studiens problemstilling (Black, 2009). For å sikre informanter med god kjennskap til fenomenet og minimere vurderingsfeil kontaktet vi prosjektleder i W2V-prosjektet og vår kontaktperson i Eyde-klyngen for å diskutere hvem i prosjektet som det ville være mest hensiktsmessig å intervju. Diskusjonen innebar en vurdering av vårt behov for å kunne belyse problemstillingen i forhold til prosjektdeltakernes erfaringer og kunnskapsområder. Gjennom en slik diskusjon fikk vi bekreftet at utvalget kunne bidra med relevant data for å besvare problemstillingen. Vi valgte å intervjué én sentral person fra hver bedrift som hadde en rolle i prosjektet, med unntak av SINTEF slik det er beskrevet i delkapittel 4.4.1. Det var dermed sju informanter totalt. Utvalg av informanter er presentert i figur 7.

Utvalg av informanter
<ul style="list-style-type: none"><li>• Alcoa</li><li>• Norsk Hydro</li><li>• Glencore Nikkelverk</li><li>• Eramet</li><li>• Elkem Technology</li><li>• ReSiTec</li><li>• NTNU</li></ul>

*Figur 7 Utvalg av informanter*



Utvalget av informanter bestod av personer med erfaring og kompetanse innen blant annet forskning og utvikling, bedriftene, industrien og miljøet, som er områder direkte relatert til vår studie. Informantene har høye stillinger med et stort nettverk både innad og utad i bedriften, og har dermed god tilgang på informasjon. De var også tilgjengelige og viste stor interesse for studien. Gjennom dette utvalget tilegnet vi oss dybdeinformasjon belyst fra flere vinkler gjennom informanter fra ulike bedrifter med forskjellige roller i W2V-prosjektet. Da det er et spennende prosjekt, som vil ha stor betydning for bedriftenes fremtid dersom det industrialiseres, har informantene et sterkt engasjement for prosjektet.

Da vi hadde avklart hvem og hvor mange informanter utvalget skulle bestå av begynte vi arbeidet med å kontakte disse. Prosjektleder informerte prosjektdeltakerne om studien på styremøte til W2V-prosjektet slik at bedriftene visste at de kunne bli kontaktet. Vi mener at dette kan ha bidratt til en mer effektiv rekrutteringsprosess, og opplevde at rekrutteringen av informantene gikk bra. De var svært imøtekommende og avsatte tid til oss. Informantene ble kontaktet pr. mail og vi kom sammen frem til passende dato og tidspunkt for å gjennomføre intervjuene. Alle intervjuene ble gjennomført i tidsperioden februar – mars.

#### 4.5 Datainnsamling

Innen kvalitativ metode er det flere ulike metoder for å innhente data. Det kan gjøres gjennom intervjuer, observasjoner og/eller arkivdata og andre sekundære kilder. Andre sekundære kilder kan for eksempel være video, bilder og dokumenter (Yin, 2014). Thagaard (2013) beskriver innsamling av data som hvordan en forsker blir påvirket av utsagn, tekst og visuelle uttrykk samt hvordan forskeren forstår observasjoner. Kvalitativ forskning, er som beskrevet tidligere, fleksibel og forskeren kan underveis i forskningsprosessen endre innsamlingsstrategien (Thagaard, 2013). I dette delkapittelet har vi presentert hvordan vi samlet inn data og hvilke datakilder som vi benyttet.

### 4.5.1 Intervju

Thagaard (2013) beskriver at intervju er den dominerende metoden innen kvalitativ forskning. Yin (2014) og Savin-Baden og Major (2013) hevder også at intervju er den viktigste datakilden til et casestudie. Intervjuer i kvalitativ forskning er en samtale mellom to individer, der intervjueren stiller spørsmål og informanten besvarer disse. I de tilfeller hvor det er mulig burde det være et mål å oppnå en naturlig samtale (Savin-Baden & Major, 2013). Vi valgte å benytte intervju som metode for datainnsamlingen, i tillegg til arkivdata. Bakgrunnen for dette er at vi mener at metoden vil bidra med mye informasjon på kort tid. W2V-prosjektet er komplekst og vi måtte samle inn data fra metallprodusentene samt bedriftene som utvikler den nye teknologien i prosjektet. Som oftest gjennomføres intervjuer ansikt til ansikt, men innen kvalitativ forskning er det også blitt mer vanlig å foreta intervjuer ved hjelp av teknologi, som for eksempel telefon, e-mail og datakonferanser (Savin-Baden & Major, 2013). Vi foretok intervjuene ansikt til ansikt, og via Skype i tilfeller hvor det ikke var mulig å møtes. Alle bedriftene som deltar i prosjektet, utenom Hydro og NTNU er stasjonert på Sørlandet. Vi valgte dermed å reise dit for å foreta intervjuene i informantenes naturlige omgivelser. I de tilfellene hvor det ikke var mulig å reise var Skype et godt alternativ. Vi opplevde at vi fikk mye relevant og nyttig informasjon fra alle intervjuene, både via Skype og personlig møte.

Vi valgte først å intervju bedriftene som bidrar med avfall i prosjektet. Det gjorde vi fordi vi mente at det ville gi oss økt forståelse for prosessene knyttet til håndtering av avfallet, deres kostnader og utfordringer med dette. Det ville gjøre oss forberedt til vi senere skulle intervju forskningsaktørene angående hva som er videre plan for håndtering av avfallet. Etter å ha gjennomført intervjuene med bedriftene som bidrar med avfall gikk vi videre til forskningsaktørene.

Utvalgets størrelse må veies opp mot et metningspunkt. En studies metningspunkt er nådd når informasjon fra flere enheter ikke gir ytterligere forståelse for fenomenet som studeres (Thagaard, 2013). Da studien omfattet faktiske metoder for håndtering av avfall, mål med prosjektet, forskning, kostnader og liknende ville vi få konkrete og konstante svar som ikke varierer fra person til person. Av den grunn så vi det ikke hensiktsmessig å intervju flere fra

samme selskap til tross for at det kunne gitt økt validitet og reliabilitet for studien (Yin, 2014). Vi oppdaget tidlig at vi fikk mye lik informasjon fra de ulike informantene, men de individuelle prosessene, tidligere forskning og kostnader varierte fra bedrift til bedrift. Etter å ha gjennomført intervjuer med de fire selskapene som bidrar med avfall opplevde vi at vi ikke ville oppnå ytterligere forståelse på det området da mye av informasjonen ble gjentatt i hvert intervju. Det samme gjaldt forskningsaktørene. Dermed var studiens metningspunkt nådd.

### **Intervjuguide**

Et forskningsintervju kan utformes og gjennomføres på flere ulike måter (Thagaard, 2013). Ringdal (2013) og McCracken (1988) tar for seg fire faser som en gjennomgår når det utarbeides en intervjuguide. Den første fasen er starten av intervjuet og begynner gjerne med spørsmål knyttet til biografiske data. Deretter går en over til fase to hvor spørsmålene omhandler utdanningen og arbeidserfaringen til informanten. Disse spørsmålene kan også omtales som grand tour spørsmål og har til formål å skape en samtale. Spørsmålene i fase tre er knyttet opp mot problemstillingen. Fase fire er en oppsummerende fase der forsker spør informanten om han eller hun er forstått riktig og om det er noe de ønsker å legge til (Ringdal, 2013). I utarbeidelsen av intervjuguiden benyttet vi Ringdal (2013) og McCracken (1988) sine fire faser. Vi utviklet to ulike intervjuguides med bakgrunn i at vi ønsket å stille ulike spørsmål til de forskjellige type bedriftene. Det ble utarbeidet én intervjuguide for de bedriftene som bidrar med avfall inn i prosjektet (Alcoa, Eramet, Glencore og Hydro) og én for forskningsaktørene (Elkem, ReSiTec og NTNU). Underveis i datainnsamlingen endret vi også på intervjuguidene fordi vi tilegnet oss ny kunnskap, og oppdaget at noen spørsmål ikke lenger var relevante eller ga oss de svarene vi ønsket.

Det finnes ulike oppsett for intervjuer: strukturert, semi-strukturert, ustrukturert og uformelt (Savin-Baden & Major, 2013; Yin, 2014). Strukturert intervju betyr at forskeren følger en oppskrift. Det innebærer at forskeren stiller alle informantene de samme lukkede spørsmålene og bruker lik ordstilling i alle intervjuene. I et semi-strukturert intervju har forskeren utarbeidet en intervjuguide på forhånd og dekker temaer i en gitt rekkefølge. Når det er hensiktsmessig kan forskeren gå bort fra intervjuguiden for å eksempelvis stille oppfølgingsspørsmål eller andre spørsmål som er knyttet til et tema som ikke var klargjort på forhånd. Et ustrukturert intervju innebærer at den som intervjuer har et mål og en plan for intervjuet, men ikke utarbeidet spørsmål. Intervjuet foregår som en samtale og spørsmålene oppstår underveis. Det siste oppsettet er et uformelt intervju. Det innebærer at forskeren har en uformell samtale med personer i felten uten en strukturert intervjuguide (Savin-Baden & Major, 2013). Vi benyttet semi-strukturerte intervjuguides, der intervjuene ble klargjort og strukturert på forhånd. Med bakgrunn i dette oppsettet hadde vi muligheten til å stille oppfølgingsspørsmål og endre på rekkefølgen til spørsmålene, samt stille nye spørsmål som oppstår. Det var svært nyttig for oss å kunne tilpasse spørsmålene underveis i intervjuet. Dette fordi informanten tok opp nye temaer og interesseområder, og gjennom dette oppsettet hadde vi muligheten til å stille oppfølgingsspørsmål knyttet til dette. På den måten kunne vi samle inn mye relevant data som vi ikke hadde fått dersom vi ikke hadde gravd dypere i svarene til informantene. Intervjuguidene følger som vedlegg 2.

Før vi gjennomførte intervjuene holdt vi to testintervju med en medstudent som var utenforstående med studien og det aktuelle temaet. Vi valgte å gjennomføre testintervjuene for å sikre at intervjuguidene var forståelige for informantene og at de gav oss svar på det vi ønsket. Medstudenten bidro med konstruktive tilbakemeldinger og belyste blant annet hvordan enkelte spørsmål kunne stilles på en mer forståelig måte. Vi ble også oppmerksomme på at noen spørsmål kunne oppfattes som ledende. På bakgrunn av dette endret vi noen spørsmål i intervjuguidene før den faktiske intervjuprosessen startet.

#### **4.5.2 Sekundærdata**

I arbeidet med studiens datainnsamling valgte vi også å benytte sekundærdata. De sekundære kildene er skrevet av andre, og kan være offentlige dokumenter, praktiske dokumenter, filer

og personlige dokumenter (Savin-Baden & Major, 2013). Sekundærdata skiller seg fra data som forskeren har samlet inn i felten, da det er skrevet for et annet formål (Thagaard, 2013). I studien ble sekundærdata i form av rapporter, prosjektdokumenter, planer og presentasjoner benyttet for å få en oversikt over prosjektet samt hva som er gjort i lignende prosjekter tidligere. Vi mener at det ga en god oversikt over hva som var gjort i prosjektet før studien vår startet.

## 4.6 Dataanalyse

I dette delkapittelet har vi redegjort for dataanalyse-prosessen i studien og hvordan vi gikk frem for å organisere og strukturere datamaterialet med formål å kunne utvikle en verifiserbar konklusjon. Lawrence og Tar (2013) omtaler dataanalyse i kvalitativ forskning som en prosess som innebærer å arbeide med dataene, organisere dem og bryte de ned for så å se etter mønster som kan bidra til en oppdagelse av viktige funn. Matthew B Miles og Huberman (1994) beskriver dataanalyse som en prosess som består av tre aktiviteter som kan utføres samtidig og parallelt med datainnsamlingen. Denne prosessen har navnet “den interaktive modell” og inkluderer aktivitetene datareduksjon, presentasjon av data og konklusjon. Matthew B Miles og Huberman (1994) argumenterer for at det er hensiktsmessig å gjennomføre aktivitetene parallelt med datainnsamlingen fordi det gir økt fleksibilitet som kan føre til at forskeren får nye ideer samt muligheten til oppdage mønstre som kan dukke opp underveis.

Vi har i kommende delkapitler presentert analyse-aktivitetene i den interaktive modellen. Først har vi redegjort for arbeidet med datareduksjon og bakgrunn for valgene vi har tatt. Videre har vi beskrevet vår presentasjon av dataene, og til slutt hvordan konklusjoner i studien ble trukket og verifisert.

### 4.6.1 Datareduksjon

Matthew B Miles og Huberman (1994) beskriver datareduksjon som en del av dataanalysen, og er en prosess hvor studiens data blir forkortet, fokusert og organisert. Denne prosessen

foregår kontinuerlig gjennom hele studien, med formål om å utvikle en konklusjon som også er verifiserbar (Matthew B Miles & Huberman, 1994). Vi startet datareduksjonen i en tidlig fase i studien gjennom litteraturgjennomgang, valg av tema, problemstilling og forskningsspørsmål, utvalg av informanter og metode for datainnsamling. Videre fortsatte vi å redusere dataene gjennom utarbeidelsen av intervjuguiden. Her snevret vi inn området til å kun omhandle tre ulike kategorier: økonomi, miljø og W2V-prosjektet. Gjennom denne fremgangsmåten reduserte vi dataene ved å avgrense intervjuet til kun å omhandle relevante tema som kunne belyse studiens forskningsspørsmål og problemstilling. Vi reduserte også dataene etter hvert som intervjuene ble gjennomført. Dette gjorde vi ved å fjerne spørsmål i intervjuguiden som viste seg å være irrelevante for studien. Videre i datainnsamlingen reduserte vi dataene gjennom egne notater og koding. I følge Matthew B Miles og Huberman (1994) er kontinuerlig datareduksjon en viktig prosess som bidrar til at relevant datamateriale blir skilt fra det irrelevante, og videre inkludert i analysen samt i utarbeidelsen av en endelig konklusjon.

## **Transkribering**

Transkribering av intervjuer innebærer å konvertere lyd-data til et skriftlig format (Halcomb & Davidson, 2006). McCracken (1988) anbefaler forskere å bruke profesjonelle aktører for å gjøre denne delen av dataanalysen, men vi valgte å gjøre det selv for å oppnå økt kunnskap og forståelse for innholdet i intervjuene. Når en skal transkribere intervju er det viktig å vurdere detaljgrad og representasjon av dataene. Dette innebærer blant annet å velge mellom en fullstendig- eller delvis transkribering. Det som skiller disse er at et fullstendig transkribert intervju er skrevet tilnærmet ordrett, mens et delvis er et overordnet sammendrag av intervjuet (King & Horrocks, 2010).

Vi valgte å foreta en fullstendig transkribering av rådata fordi vi hadde begrenset kunnskap på området og ville ikke risikere å overse viktig informasjon. I tillegg ville et fullstendig transkribert intervju gi oss større innsikt og dybdeforståelse samt øke studiens troverdighet. Det var viktig for oss at de transkriberte intervjuene skulle være forståelige for oss og eventuelt informanten dersom han eller hun ønsket å lese gjennom det ved et senere tidspunkt. Med bakgrunn i dette valgte vi å utelate småord som “ehh” og “hmm”, og våre

bekreftelser som “ja” og “mm”. Vi transkriberte intervjuene fortløpende for å raskt tilegne oss ny kunnskap og stille mer forberedt til neste intervju, men også for å ikke glemme opplevelsene knyttet til intervjuene. Under intervjuene tok vi notater som hadde til hensikt å gi et bilde av informantenes engasjement samt fokusområder. De notatene som bidro med nyttig informasjon tilføyde vi i det transkriberte intervjuet, mens de andre ble utelatt. I transkriberingsfasen reduserte vi dermed ikke datamengden fra lydopptakene av intervjuene, men noe data fra notatene ble redusert.

## **Koding**

Da vi hadde transkribert intervjuene begynte vi å kode datamaterialet. Å tilordne materialet koder er en sentral del av dataanalysen og datareduksjonen da det bidrar til fortolkning. I følge Thagaard (2013) kan koding beskrives som en prosess som har til hensikt å skape et grunnlag for refleksjon av materialet og videre analyse. Savin-Baden og Major (2013) beskriver to tilnærminger til koding hvor den andre bygger videre på det som er identifisert i den første. De to tilnærmingene er åpen- og axial koding (Lawrence & Tar, 2013; Savin-Baden & Major, 2013). Åpen koding er den første tilnærmingen. Gjennom denne tilnærmingen blir datamaterialet grundig undersøkt, brutt ned og sammenlignet, og videre blir sentrale begreper og kategorier identifisert (Lawrence & Tar, 2013). Flick (2013) beskriver tre spørsmål som skal fungerer som en guide for forskeren i arbeidet med åpen koding. Spørsmålene tvinger forskeren til å ha fokus på mønstre mellom hendelser gjennom kodingsprosessen. Spørsmålene er:

*“What is this data a study of? What category does this incident indicate? What is actually happening in the data?”* (Flick, 2013)

Den andre tilnærming er en axial koding. Når en gjennomfører en axial koding har forskeren de identifiserte begrepene og kategoriene i bakhodet med mål om å oppdage forhold mellom dem. Gjennom axial koding begynner forskeren å få brikkene i data-puslespillet til å passe sammen (Lawrence & Tar, 2013).

Vi startet kodingen med en åpen koding. Her identifiserte vi sentrale begreper og kategorier i datamaterialet med utgangspunkt i spørsmålene som er presentert av Flick (2013). Kodene vi valgte var basert på studiens teoretiske rammeverk og ble fordelt i tre ulike nivåer. Det øverste nivået delte vi inn i “avfallshåndtering”, “miljø”, “myndigheter”, “W2V-prosjektet” og “sirkulær økonomi”. Vi valgte disse kodene fordi de er dekkende for fenomenet som vi skulle studere. Neste nivå bestod av mer detaljerte koder innenfor kodene på det øverste nivået. Eksempelvis hadde vi blant annet “avfallsreduksjon”, “behandling og håndtering” og “deponi” under “avfallshåndtering” i nivå en. Disse kodene var mer detaljerte og gjorde det mulig å dele de overordnede områdene inn i flere sentrale dimensjoner. Det siste nivået, nivå tre, gikk enda dypere i detaljene og fordelingen av datamaterialet. Eksempelvis hadde vi i nivå en “W2V-prosjektet, i nivå to “behandlingsmetoder for avfallet” og i nivå tre “kostnader”. I arbeidet med kodingen benyttet vi programvaren Nvivo. Ved bruk av dette verktøyet kunne vi kode, klassifisere, søke og se sammenhenger i det ustruktureerte datamaterialet. Videre gjennomførte vi en axial-koding hvor vi så forholdet mellom kodene vi identifiserte i den åpne kodingen. Axial-kodingen i studien ble skrevet som sammenhengende tekst og er presentert gjennom analysen i analysekapittelet.

Neste steg i Matthew B Miles og Huberman (1994) sin interaktive modell er presentasjon av dataene. I avsnittet nedenfor har vi beskrevet hvorfor det er viktig å presentere dataene på en ryddig måte og hva vi gjorde i studien vår.

#### **4.6.2 Presentasjon av dataene**

Den neste aktiviteten som Matthew B Miles og Huberman (1994) inkluderer i den interaktive analysemodellen er presentasjon av dataene. De beskriver en presentasjon av dataene som en organisert og sammenfattet samling av informasjon som skal være grunnlag for å trekke konklusjoner (Matthew B Miles & Huberman, 1994). Vi komprimerte dataene gjennom koding av de transkriberte intervjuene. Det førte til at de viktigste og mest aktuelle områdene som kunne bidra til å besvare studiens problemstillingen ble fremhevet. Med bakgrunn i dette kunne vi se sammenhenger mellom funnene og begynne å trekke konklusjoner.



For å få en oversiktlig presentasjon av dataene valgte vi å lage en kodematrix. Matrisen bidro til at vi lettere kunne se et mønster i uttalelsene og hvilke temaer som var av stor betydning for informantene. Dette fremkommer av antall referanser per kode som er oppgitt som tall i parenteser, presentert i figur 8.

Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3
Avfallshåndtering (3)	Avfallsreduksjon (11)	
	Avfallsstrømmer (7)	
	Behandling og håndtering (9)	Kostnader (8)
	Deponi (8)	Kostnader (14)
	Interne prosjekter (9)	
	Avfallsvurdering (1)	
Miljø (4)	Null-avfall filosofi (4)	
	Ressurser (3)	Bærekraft (4)
Myndigheter (11)	EU (3)	
	Miljødirektoratet (2)	
W2V-prosjektet (16)	Avfall fra (5)	
	Behandlingsmetode (6)	Kostnader (4)
	Inntekter (9)	
	Kostnader (7)	
	Muligheter (26)	
	Nettverksbygging (4)	
	Samarbeid (4)	
Utfordringer (6)		
Sirkulær økonomi (5)		

Figur 8 Kodematrixe

#### 4.6.3 Trekke konklusjoner

Den tredje aktiviteten som Matthew B Miles og Huberman (1994) inkluderer i dataanalysen er å trekke konklusjoner og verifisere disse. Gjennom hele datainnsamlingsprosessen resonnerer forskeren over hendelser, meninger og mønstre i dataene, men det er ofte vanskelig å etablere en endelig konklusjon før datainnsamlingen er ferdig (Matthew B Miles & Huberman, 1994). Underveis i arbeidet med datainnsamlingen dannet vi stadig et klarere bilde av hva som ville bli konklusjonen på studien vår, men det var ikke før vi hadde samlet inn data fra forskningsinstitusjonene at vi kunne trekke en endelig konklusjon. Bakgrunnen for dette var at vi hadde inndelt datainnsamlingen i to hvor vi først intervjuet de som bidro med avfall til senere å kunne intervjuet de som bidro med teknologi og forskning. Det var

dermed nødvendig å gjennomføre intervjuer med både metallprodusentene og forskningsaktørene for å kunne etablere en dekkende konklusjon. Etter å ha gjennomført datainnsamlingen, reduserte- og analyserte vi datamaterialet som gjorde det mulig å trekke endelige konklusjoner. I denne prosessen opplevde vi stor nytte av å være to forskere som vurderte datamaterialet. Det gjorde det mulig å diskutere våre refleksjoner og opplevelser for å sammen skape en fullverdig og dekkende konklusjon.

I denne aktiviteten til Matthew B Miles og Huberman (1994) inkluderes også å kunne verifisere de endelige konklusjonene. Det innebærer å teste dataene for å sikre at konklusjonen gir et riktig bilde av virkeligheten. Da vi hadde begrenset med tid var det vanskelig å teste konklusjonen og vi måtte derfor gå ut ifra at konklusjonen gir et riktig bilde av virkeligheten basert på de tiltakene vi har gjort for å sikre høy reliabilitet og validitet. I delkapittelet nedenfor har vi vurdert studiens kvalitet og gitt en nærmere beskrivelse av reliabilitet og validitet.

## 4.7 Vurdering av studiens kvalitet

Kvalitet er viktig for en studies troverdighet og avhenger av valg som er tatt før-, under- og etter datainnsamlingen (Matthew B Miles & Huberman, 1994). Hva som menes med begrepet kvalitet er mye diskutert i litteraturen, og det er opp gjennom tidene utviklet flere ulike kjernekonsept for kvalitet i kvalitative studier. Savin-Baden og Major (2013) presenterer en matrise som inkluderer flere eksempler på kjernekonsept; troverdighet, ektehet, relevans og sannsynlighet. Det er ulike metoder for hvordan en skal oppnå kvalitet i kvalitative studier. To mye benyttede tilnæringer er reliabilitet og validitet.

Johnson (1997) argumenterer for at reliabilitet og validitet ikke er relevant i kvalitativ forskning og at tilnærmingene i kvalitative- og kvantitative studier er uforenlige. Til tross for dette er det flere kvalitative forskere som argumenterer for at skillet mellom en god og en bedre kvalitativ studie ofte er studiens reliabilitet og validitet (Johnson, 1997).

Vi har i avsnittene nedenfor vurdert studiens kvalitet gjennom refleksjon over vår fremgangsmåte i datainnsamlingen og dokumentasjon underveis. Vi har også presentert de reliabilitet og validitet, samt ulike strategier for å sikre høy kvalitet og bakgrunnen for valgene vi har tatt. Delkapittelet blir videre avsluttet med en beskrivelse av studiens overførbarhet.

### 4.7.1 Reliabilitet

Som nevnt i avsnittet over er det to tradisjonelle tilnæringer for å oppnå god kvalitet i kvalitative studier. Disse er reliabilitet, som gjenspeiler studiens pålitelighet, og validitet som viser til studiens gyldighet. I dette avsnittet har vi gått nærmere inn på studiens reliabilitet og hva vi gjorde for å styrke den.

Reliabilitet i kvalitative studier innebærer at studien skal kunne etterprøves og da gi samme eller tilsvarende likt resultat. Reliabilitet har fokus på om datainnsamlingsprosessen er konsis og stabil over tid på tvers av forskere og metoder (Matthew B Miles & Huberman, 1994). Det

betyr at dersom forskere følger en bestemt prosedyre gitt av tidligere forskere og gjennomfører studien på nytt, skal studien resultere i samme funn og konklusjoner. I følge Yin (2014) skal fokuset på reliabilitet i kvalitative studier være tilstede gjennom hele forskningsprosessen.

Meyer (2001) beskriver to spørsmål som kan forskeren kan stille seg for å vurdere studiens reliabilitet. Disse er som følger:

- Kan den samme studien produsere de samme funnene når den gjennomføres av to forskere?
- Kan studien bli gjentatt av de samme forskerne og informantene og fortsatt gi de samme funnene?

Vi stilte oss spørsmålene ovenfor for å vurdere studiens reliabilitet, og har beskrevet våre refleksjoner i dette avsnittet. Studien er gjennomført av to forskere som arbeidet med datamaterialet og videreutviklet konklusjoner. Vi begynte analysearbeidet med å resonnerer og reflektere over dataene individuelt. Dette gjorde vi for å kunne skape diskusjoner, identifisere flere funn og oppnå en bredere forståelse av fenomenet. Videre analysearbeid gjorde vi sammen slik at vi kunne samle våre tanker og erfaringer. Gjennom denne fremgangsmåten kunne vi se at vi hadde oppfattet situasjonene og informantene likt eller tilsvarende likt, og at det ikke var betydelige avvik i vår oppfattelse. Studiens informanter er kunnskapsrike med mye erfaring og høy kompetanse på forskningsområdet, i tillegg har de sentrale roller i W2V-prosjektet. Med bakgrunn i dette, og at intervjuguiden bestod av spørsmål relatert til fakta og ikke den individuelle informant sine holdninger, anser vi det som høyst sannsynlig at informantene hadde svart tilsvarende ved en ny datainnsamling og at de samme funnene ville blitt identifisert.

Ryen (2002) tar for seg ulike tiltak som forskeren kan gjøre for å sikre høy reliabilitet i studien. Hun forklarer at tiltakene kan bli anvendt som en del av arbeidet med datainnsamlingen, analysearbeidet og i rapporten eller presentasjonen. Den første anbefalingen innebærer at forskeren burde spille inn intervjuene i datainnsamlingen med opptaker for å få nøyaktige data. Vi spilte inn intervjuene med lydopptaker på mobilen som gjorde at vi kunne utvikle fullstendig transkriberte intervju. Dette bidro til at vi fikk detaljert og nøyaktig datamateriale, som ikke var farget av våre tanker eller notater. Vi skrev notater i stikkordsform underveis i intervjuene for å huske opplevelsen og viktige utsagn. Hadde vi kun hatt disse måtte vi rekonstruere stikkordene under analysen. Det kunne ha ført til at den faktiske meningen ble endret og at vi kanskje ikke kunne identifisert de samme funnene ved etterprøving. I dataanalysen anbefaler Ryen (2002) at ulike forskere kategoriserer det samme materiale for deretter å sammenlikne dette. Hun hevder at gjennom denne tilnærmingen blir analysen mer nøyaktig. Som det fremkommer i avsnittet ovenfor fulgte vi denne anbefalingen da vi var to som kategoriserte individuelt for deretter å sammenlikne. Den siste anbefalingen er å presentere et større utsnitt fra datamaterialet i rapporten slik at de gir et godt nok grunnlag for leseren til å vurdere forskerens konklusjoner. For å etterleve anbefalingene til Ryen (2002) valgte vi å presentere noe rådata i analysekapittelet gjennom sitater.

Som presentert ovenfor er det flere metoder for å øke reliabiliteten til en studie, og det er svært viktig å ha kontinuerlig fokus på dette for at studien skal kunne anses som pålitelig (Yin, 2014). I neste avsnitt har vi presentert studiens validitet.

## **4.7.2 Validitet**

Den andre tilnærmingen som skal øke kvaliteten i kvalitative studier er validitet. Validitet kan forklares som gyldigheten til funnene i studien, og må vurderes i forhold til formålet med forskningen. Validiteten i en kvalitativ studie refereres ofte til forskningens sannsynlighet, pålitelighet, troverdighet og forsvarlighet (Johnson, 1997; Yin, 2014).

Dette avsnittet er basert på artikkelen til Johnson (1997) hvor han beskriver forskjellige typer validitet i kvalitative studier og ulike strategier som kan benyttes for å styrke studiens gyldighet. Nedenfor har vi gjennomgått de ulike typene og beskrevet hvordan vi har gått frem for å øke studiens validitet.

### **Beskrivende validitet**

Beskrivende validitet refererer til i hvilken grad faktiske hendelser er beskrevet korrekt, altså studiens nøyaktighet. Johnson (1997) anbefaler forskertrianglering for å oppnå en mer troverdig og forsvarlig studie. Forskertrianglering innebærer at en eller flere uavhengige forskere beskriver deres opplevelse, for så å kryssjekke observasjonene for å sikre at hendelsene blir beskrevet nøyaktig (Johnson, 1997; Martin & Eisenhardt, 2010). Vi valgte å gjennomføre alle intervjuene sammen, men vi kan ikke kalle dette forskertrianglering da vi begge er delaktige i studien og dermed har etablerte meninger om fenomenet som studeres. Likevel anser vi det som verdifullt å ha gjennomført intervjuene sammen fordi vi kunne dele meninger, opplevelser og erfaringer, med mål om å oppnå en presis beskrivelse.

### **Fortolkende validitet**

Fortolkende validitet er i hvilken grad forskeren har forstått og rapportert informantenes tanker, verdier, synspunkter og følelser korrekt (Johnson, 1997). For å styrke studiens fortolkende validitet stilte vi flere oppfølgingsspørsmål under intervjuene for å få bekreftet at vi hadde forstått informantene riktig. Vi ga også informantene mulighet til å lese gjennom analysen og rådata som var presentert i analysen gjennom sitater. Dette gjorde at vi fikk

tilbakemeldinger fra informantene som gjorde det mulig å rette opp eventuelle misforståelser og faktafeil.

### **Teoretisk validitet**

Teoretisk validitet innebærer at de teoretiske forklaringene fra forskningen er i overensstemmelse med innsamlede data (Johnson, 1997). I arbeidet med å styrke studiens teoretiske validitet benyttet vi teoritriangulering. Denne tilnærmingen innebærer bruk av flere teoretiske perspektiver for å tolke og forklare data. Ved bruk av teoritriangulering økte studiens validitet da vi benyttet ulike teorier i drøfting av datamaterialet. Det bidro også til å gi en mer robust konklusjon. Vi fikk også kollegavurderinger gjennom jevnlig tilbakemeldinger fra veileder. For å øke den teoretiske validiteten ytterligere ville det være relevant å gjennomføre et utvidet feltarbeid, men med bakgrunn i studiens tidsramme var ikke dette mulig å gjennomføre.

### **Intern validitet**

Intern validitet er forskerens evne til å begrunne og rettferdiggjøre sine påstander om at det eksisterer kausale forhold mellom observerte fenomener (Johnson, 1997). For å styrke studiens interne validitet benyttet vi datatriangulering. Det innebærer at forskeren benytter flere datakilder for å forstå et fenomen (Johnson, 1997). Vi gjennomførte flere intervjuer og benyttet i tillegg sekundærdata i studien. Gjennom denne tilnærmingen samlet vi data på ulike tidspunkt, på ulike lokasjoner og av forskjellige mennesker fra ulike bedrifter.

### **Ekstern validitet**

Ekstern validitet er i hvilken grad studiens funn kan bli generalisert eller overført til å gjelde andre settinger, personer, tider eller bransjer. En kan dermed si at ekstern validitet er ivarettatt dersom funnene i studien er overførbare (Johnson, 1997). I neste avsnitt har vi gått nærmere inn på overførbarhet og i hvilken grad studien kan generaliseres.

### 4.7.3 Overførbarhet

Johnson (1997) hevder at generalisering ikke er målet med kvalitativ forskning. Bakgrunnen for dette er at kvalitative studier har svak utvalgsvaliditet da menneskene og settingen er selektivt valgt. I tillegg vil flere kvalitative forskere studere unike fenomener og ikke generalisere funn (Johnson, 1997). Likevel beskriver Johnson (1997) to typer overførbarhet i kvalitative studier. Disse er: naturalistisk generalisering og replikasjonslogikk. Naturalistisk generalisering referer til likheter mellom mennesker og setting i en studie og det som studien skal overføres til. Overførbarheten vil være mer forsvarlig desto flere likheter det er. Den siste typen innebærer at en får mer tillit til en studies overførbarhet desto flere ganger funnene er gjeldende ved flere ulike sett med individer (Johnson, 1997). I følge Johannessen, Tuft og Christoffersen (2010) er målet med kvalitativ forskning i større grad å overføre kunnskap enn å generalisere den.

Med bakgrunn i studiens tidsbegrensning så vi det vanskelig å gjennomføre replikasjonslogikk, men vi anser det som mulig å kunne overføre våre funn til andre studier gjennom naturalistisk generalisering. Dermed kan vi si at ekstern validitet er opprettholdt.

## 4.8 Forskningsetikk

I en studie er det viktig at forskerne viser god forskningsetikk og de samme etiske retningslinjer gjelder for kvalitative prosjekter som i andre prosjekter. Forskerne må kontinuerlig forholde seg til etiske prinsipper internt i forskningsmiljøer og i omgivelsene rundt (Thagaard, 2013). Før datainnsamlingen startet ble studien innmeldt til Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste (NSD). Dette er i henhold til personopplysningsloven som sier at alle forsknings- og studentprosjekter som inneholder personopplysninger skal meldes til NSD (Ringdal, 2013). Søknaden til NSD ble godkjent og prosjektmeldingen er vedlagt som vedlegg 1. Vi informerte informantene om at sensitiv informasjon fra intervjuene ville bli sensurert eller utelatt, og at informantene ville bli anonymisert. Vi snakket med prosjektleder som bekreftet at prosjektet ikke er hemmelig og at de deltakende bedriftene er kjent gjennom blant annet media. Det ville i tillegg være vanskelig å anonymisere deltakende bedrifter da de er svært store både i Norge og internasjonalt. Det gjorde at vi ikke anonymiserte verken bedrifter eller W2V-prosjektet, men kun enkelt sensitiv informasjon



som vi innhentet gjennom intervjuene. Informantene samtykket også til at intervjuene ble tatt opp på bånd. Lydopptakene er blitt holdt konfidensielt og all annen informasjon som er samlet inn i studien er samlet slik det er kun forskerne i denne studien som har tilgang på dette.

Vi har også tatt forhåndsregler rundt konsekvensene for informantene ved at de deltar i forskningsprosjektet. Slik det er nevnt i delkapittel 4.7.1 har vi sendt analysen til alle informantene for å sikre at den stemmer overens med virkeligheten. Ved å gjøre dette sikrer en at informantene kjenner seg igjen i teksten som er skrevet (Thagaard, 2013). Det er viktig at forskerne ikke trekker konklusjoner basert på egne verdier og antakelser. Dette er sikret ved å få bekreftelse på at analysen er i overensstemmelse med hva informantene har uttalt. Ved bruk av publikasjoner og annen teori utgitt av andre forskere har vi vært nøye på å sitere disse riktig. Dataverktøyet Endnote er benyttet for å sikre at alle kilder er sitert riktig. I tillegg har det gitt oss en oversiktlig referanseliste der en enkelt kan finne kilden som er benyttet.

I datainnsamlingen har vi etter beste evne opptrådd nøytralt i forhold til samling og drøfting av datamaterialet. Vi har ikke arbeidet med fenomenet tidligere og hadde begrenset kjennskap til området før studien startet. Da vi var utenforstående hadde vi heller ingen interesse av å forvrengte data. Med bakgrunn i dette anser vi våre roller som forskere som nøytrale. Vi mener at vi som forskere har fulgt etiske retningslinjer på en god måte og tatt forhåndsregler for å ivareta informanter og deltakende bedrifter på en god måte.

## 4.9 Refleksjon av metoden

Vi gjennomførte et omfattende arbeid med datainnsamlingen og er tilfredse med beslutningene vi tok. Likevel ser vi at vi kunne gått annerledes frem på enkelte områder for å skape en mer robust studie.

Da antall informanter i studien er begrenset til én fra hver bedrift som deltar i W2V-prosjektet ser vi at vi kunne valgt å intervju flere personer fra de aktuelle bedriftene. Det kunne gitt oss dypere innsikt i fenomenet som videre hadde bidratt til en mer robust studie og konklusjon. Vi opplevde tidlig i datainnsamlingen at vi fikk lite ny informasjon fra informantene fra de forskjellige bedriftene og at svarene samsvarte i stor grad. Da ulike bedrifter med forskjellig produksjon bidro med tilsvarende svar antok vi at informanter fra samme bedrift ville bidra med svært like svar og tilføre lite ny informasjon. I tillegg hadde intervjuguiden fokus på bedriften sine holdninger, kostnader og mål, og svarene ville derfor i liten grad avvike mellom informanter fra samme bedrift. Dermed så vi det ikke hensiktsmessig å intervju flere informanter fra samme bedrift. Studien hadde også en gitt tidsramme som begrenset tidsbruken som kunne benyttes til datainnsamling.

Vi kunne også valgt å intervju eksterne personer uten en rolle i prosjektet. Det kunne vært aktuelt med bakgrunn i at svarene fra informantene kunne være farget av positiviteten og engasjementet for prosjektet. Det kunne gitt et mer realistisk bilde av prosjektet og muligheter for suksess. I tillegg hadde vi sett fenomenet fra enda flere vinkler og vi hadde fått innblikk i hva en utenforstående tenker om avfallsbehandling og nyttiggjørelse av ressurser på avveie. Vi mener likevel at dette ikke var nødvendig da det kom klart frem i datainnsamlingen at informantene hadde ulike syn på prosjektet og fremgangen. Informantene hadde også et realistisk syn på prosjektet og vi opplevde ikke at svarene var farget av optimisme eller engasjement. Fordelen med informantenes engasjement for W2V-prosjektet var at de var tilgjengelige og interessert i vårt arbeid. Det gjorde at vi kunne kontakte dem dersom vi hadde ubesvarte spørsmål.

#### 4.10 Oppsummering metode

I metodekapittelet presenterte vi forskningsmetoden som vi benyttet for å samle inn data til studien og bakgrunnen for beslutningene vi har tatt. Vi startet kapittelet med en presentasjon av vitenskapsidealer og forklarte at antakelsene i studien er basert på informasjon som vi har innhentet fra informantene og studiens teoretiske rammeverk. Videre tok vi for oss forskjellen på deduktiv og induktiv tilnærming og gav en forklaring på hvorfor studien vår benyttet en induktiv tilnærming. I neste delkapittel gikk vi nærmere inn på valgt forskningsmetode hvor det skilles mellom kvantitative- og kvalitative studier. Vi valgte å gjennomføre en kvalitativ studie med bakgrunn i problemstillingen som stilles med spørreordet hvilke. Denne tilnærmingen tilsvarer også en prosessmodell.

Neste delkapittel innebar valg av forskningsdesign. Herunder valgte vi å benytte case som forskningsdesign da dette var mest hensiktsmessig ettersom vi baserte studien på W2V-prosjektet og ønsket å gå i dybden på fenomenet. Videre gav vi en presentasjon av casestudie som forskningsdesign og begrunnet hvorfor vi valgte et singel case med embedded design. Bakgrunnen for valget var at vi ikke hadde tilgang på flere case og at prosjektet er sjeldent og nytt i prosessindustrien. I neste delkapittel gikk vi nærmere inn på konteksten i caset og forklarte at konteksten er prosessindustrien, W2V-prosjektet er caset og bedriftene er analyseenheter. Deretter beskrev vi utvalget av informanter og at det var selektivt valgt.

I neste delkapittel tok vi for oss datainnsamlingen og gav en beskrivelse av intervju inkludert intervjuguiden og sekundærdata som var valgte metoder for datainnsamling i studien. Videre redegjorde vi for dataanalysen med utgangspunkt i (Matthew B Miles & Huberman, 1994) sin interaktive modell; datareduksjon, presentasjon av dataene og trekke konklusjoner. Deretter gjorde vi en vurdering av studiens kvalitet med utgangspunkt i reliabilitet og validitet hvor vi benyttet oss av blant annet lydopptaker og teoritriangulering for å styrke disse. Vi beskrev også studiens overførbarhet og forskningsetikk. I delkapittelet om forskningsetikk gikk vi nærmere inn på søknaden til NSD og våre forhåndsregler knyttet til studien. Avslutningsvis reflekterte vi over hva som kunne vært gjort annerledes.

## 5. Analyse av datamaterialet

I dette kapittelet har vi presentert analysen av datamaterialet fra datainnsamlingen. Denne analysen har vi i neste kapittel trukket opp mot teori og studiens problemstilling;

*Hvilke økonomiske- og miljømessige konsekvenser vil gjenvinning av avfall fra produksjon ha for prosessindustrien?*

W2V-prosjektet er presentert tidligere i avhandlingen, og er et samarbeidsprosjekt mellom de bedriftene som produserer avfall og de som utvikler metoder for å håndtere avfallet. Av datainnsamlingen fikk vi vite at prosjektet er i startfasen, men vi opplevde at informantene hadde ulike oppfatninger av prosjektets fremgang. Bedriftene som bidrar med avfall ønsker å finne alternative håndteringsmetoder for avfallet, mens bedriftene som forsker på nye håndteringsmetoder har ambisjoner om å utvikle ny teknologi som kan omdanne avfallet til ressurser.

Vi har i dette kapittelet valgt å inndele analyseenheter i metallprodusenter og forskningsaktører. Dette fordi vi ville samle analyseenheter med tilsvarende roller i prosjektet med bakgrunn i at vi hadde to ulike intervjuguidere tilpasset disse. Vi mente også at denne inndelingen ville gjøre analysen mer oversiktlig. Avslutningsvis har vi presentert lønnsomheten til de ulike behandlingsalternativene med bakgrunn i tall fra datainnsamlingen.

### 5.1 Metallprodusenter

Som beskrevet innledningsvis valgte vi i analysekapittelet å dele analyseenheter i metallprodusenter og forskningsaktører. I dette avsnittet har vi gått nærmere inn på de fire metallprodusentene fra prosessindustrien, og analysert datamaterialet fra Eramet, Glencore Nikkelverk, Alcoa og Norsk Hydro. Gjennom analysen identifiserte vi avfallstypene som bedriftene genererer, hvordan de håndterer disse og kostnader knyttet til håndteringsmetoden.

I tillegg gjorde vi en analyse av bedriftenes forhold til avfallsreduksjon og null-avfall og tidligere gjennomførte prosjekter.

### **5.1.1 Avfallsstrømmer**

Gjennom intervjuene fikk vi et anslag på avfallsmengden som de ulike bedriftene genererer, og vi ser at det er stor variasjon i antall tonn avfall som genereres av de ulike bedriftene.

Eramet og Glencores avfallstrømmer skal i sin helhet benyttes i W2V-prosjektet, men det er ifølge informantene fra Alcoa og Norsk Hydro ikke helt avklart hvilke avfallstyper som de skal bidra med i W2V-prosjektet. Dette fremkommer av utsagnene nedenfor:

*“(...) Men vi har egentlig spilt inn alle disse (viser avfallstyper på presentasjon) bortsett fra støperavfallet, det ser jeg at ikke er aktuelt. (...) Men i utgangspunktet tenker jeg at vi ikke har utelukket noen avfallstyper, så lenge de kan ha en nytte inn mot den prosessen.”*

Informant Alcoa

*“(...) De tre viktigste er i dag brukt katodeforing eller spent pot lining (SPL), og så er det det vi kaller usortert prosessavfall som består av litt forskjellige fraksjoner, men det er hovedbetegnelsen. Og utenom det, i forhold til prosjektet, så er det viktigste avfall fra rensing av avgasser. (...) Ja, vi får nå se hva prosjektet finner på. Men akkurat nå er det de slik jeg ser det.”*

Informant Hydro

I figur 9 er de ulike avfallsstrømmene til Alcoa, Norsk Hydro, Eramet og Glencore Nikkelverk illustrert.

Bedrifter	Avfallstype	Mengde (tonn/år)
Alcoa, Lista	Ovnssot	2 314 t
	Katode-avfall	1 560 t
	ESP-Sot	1 393 t
	Slagg fra bolterens	97 t
	Oppsop	456 t
Norsk Hydro, Norge	SPL (katodeavfall)	19 825 t
	Usortert prosessavfall	11 708 t
	Avfall fra rensing av gasser	782 t
Eramet, Kvinesdal	Manganslam	25-30 000 t
	Tørt støv fra støvfilter	150 t
Glencore Nikkelverk, Kristiansand	Jernslam	15 000 t

*Figur 9 Avfallsstrømmer*

### 5.1.2 Behandle og håndtere

Som beskrevet i avsnittet ovenfor genererer de ulike bedriftene forskjellige typer avfall. På bakgrunn av de ulike avfallsstrømmene stilles det også ulike krav til hvordan disse skal håndteres. Dette kom frem i alle intervjuene som vi gjennomførte i datainnsamlingen. Det er myndighetene som stiller krav til hvordan avfallet skal håndteres og deponeres. Både Eramet og Alcoa har egne landdeponier, mens Glencore benytter egne fjellhaller for avfallet. Alle de interne deponiene driftes med tillatelse fra Miljødirektoratet. Norsk Hydro deponerer alle avfallsstrømmene på eksternt deponi på Langøya, som også er i henhold til myndighetenes krav. De har valgt å benytte denne håndteringsmetoden fordi det er et kostnadmessig alternativ, i tillegg er det få alternative metoder.

Gjennom analysen ser vi at myndighetene stadig stiller strengere krav til hvordan avfallet skal håndteres og bedriftene er nødt til å tilpasse seg disse. Alcoa forklarer at de har to interne deponier, som ble opprettet på 70- og 80-tallet etter datidens krav, som fortsatt er i drift. Siden den gang har myndighetene strammet inn kravene for deponering og Alcoa må tilpasse avfallshåndteringen etter dette.

*“Disse er fremdeles i drift, men de er bygd med datidens krav og forutsetninger. Vi er i en prosess med myndighetene nå for å finne veien videre. Nye deponier som bygges i dag har et annet design og opplegg for å hindre utrenninger. Det er et ganske stort arbeid med deponiene og prosessavfallet som pågår nå.”*

Informant Alcoa

Strengere reguleringer kan også innebære krav om at enkelte avfallsstrømmer, som tidligere har blitt deponert på landdeponier, ikke kan bli plassert der i fremtiden. Da må bedriftene finne en alternativ lokasjon for bruk eller plassering av avfallet, og det påløper kostnader knyttet til analyser og undersøkelser. Dersom bedriftene blir pålagt å deponere eksternt fremfor internt kan det føre til at rutiner knyttet til behandling og håndtering må legges om. Dette er tilfellet med ESP-sotet til Alcoa, som ikke lenger kan deponeres på eget deponi grunnet innstramminger i lovverket. For å overholde lovverket måtte de gjennomføre undersøkelser for å identifisere en ekstern aktør for denne avfallsstrømmen.

Dagens behandlingsmetode for avfallet er fortrinnsvis landdeponi, mens Glencore benytter fjellhall. Å deponere avfall i fjellhaller er ifølge informanten fra Glencore en trygg og kostnadmessig akseptabel løsning for bedriften. Av intervjuet fremkommer det at de tidligere har benyttet landdeponier, men ble senere pålagt å bruke fjellhaller fordi avfallet støvet og skapte ubehag for omgivelsene rundt deponiet.

*“Så endte det opp med at det ble pålagt å lagre i fjellhaller. For det hadde de allerede begynt med i Odda på sink raffineriet. Der hadde de begynt med fjellhaller og så kom de til oss med det også. Den gangen var jo det en kraftig kostnadsøkning for oss å lagre det sånn, men i dag er vi glade for at vi lagrer det på en trygg måte.”*

Informant Glencore Nikkelverk

Det er flere kostnader knyttet til håndtering og behandling av avfallet, men ingen av bedriftene ønsket å oppgi eksakte kostnader på dette. Likevel bidro de med estimer for å gi noen referansepunkter til studien. Grunnen til at de ikke ønsket å oppgi kostnadene skyldes konkurransesituasjoner og dersom det blir aktuelt med eksterne deponier. Referansepunktene for deponi er ca. 800 kr/ tonn pluss eventuelle fraktkostnader på ca. 400 kr/tonn. Ved egne landdeponier påløper det kostnader knyttet til bygging av deponi, analyser, lekkasjetester, avfallskarakterisering og kostnader ved lukking av deponier. Det fremkommer av alle informantene at summen av kostnadene ved å deponere avfallet på deponier er mer kostnadmessig akseptabelt enn alternative løsninger knyttet til håndtering. Informanten fra Eramet uttaler følgende:

*“Det som er i dag, er at ting er markedsstyrt. Det er billigere å legge avfall på deponi. Nye løsninger som er dyrere enn andre løsninger blir ikke valgt.”*

Informant Eramet.

Angående deponering i fjellhaller har vi heller ikke fått oppgitt eksakte tall, og benytter derfor estimer. Basert på tall fra datainnsamlingen har vi utviklet et kostnadsestimat på 600



kr/tonn for å deponere avfallet i fjellhall. Denne kostnaden inkluderer driftskostnader, vedlikeholdskostnader samt sprenging av fjellhaller. I delkapittelet nedenfor har vi gått nærmere inn på bedriftenes forhold til avfallsreduksjon og drivkrefter bak dette fokuset.

### **5.1.3 Avfallsreduksjon**

Det kom frem av analysen at alle bedriftene har stort fokus på avfallsreduksjon og har hatt det i mange år. I avsnittene nedenfor har vi gitt en nærmere beskrivelse av viktige drivkrefter for avfallsreduksjon som fremkommer av intervjuene.

#### **Myndigheter**

Både informanten fra Glencore Nikkelverk og Alcoa forklarte at forholdet til avfallshåndtering var annerledes før i tiden, men at de alltid har vært opptatte av å tilfredsstille gjeldende lover. Gjennom tidene har lovene blitt strammet inn, og bedriftene har måtte endre håndteringsmetoder for avfall og utslipp. Norsk Hydro beskriver fokuset på avfallsreduksjon som bølger hvor det i perioder har stort fokus, mens i andre er det roligere. I dag setter EU og norske myndigheter stadig strengere krav til sikker håndtering av avfallet som bedriftene må følge. Som en virkning av dette må bedriftene kontinuerlig arbeide for å overholde kravene som settes.

*”Så er det klart at når det gjelder deponier så er det veldig omfattende regelverk og andre strenge retningslinjer.”*

Informant Eramet

## **Interne regler**

Både Alcoa og Norsk Hydro har interne krav for bedriftens utslipp og avfall. Det er dermed ikke kun politikken og myndighetene som setter rammer for avfallshåndteringen, men også selskapene selv. Kravene som bedriftene stiller til egen drift er ofte strengere enn de som pålegges av myndighetene for å vise at de tar samfunnsansvar. Dette fremkommer i Alcoa og Norsk Hydro sine utsagn presentert nedenfor:

*“Alcoa har en visjon og et mål om å redusere avfallet som legges på deponi med 75% basert på tall fra 2005 frem til 2020. 100% innen 2030.”*

Informant Alcoa

*“Vi har et mål i Hydro konsernet om å være CO2 nøytrale innen 2020.”*

Informant Hydro

## **Grønn produksjon og bærekraft**

Av intervjuene fremkom det også at interessen for avfallsreduksjon skyldes et ønske om en grønnere produksjon med redusert negativ innvirkning på miljøet. I den sammenheng påpeker både Eramet og Glencore Nikkelverk at dagens produksjon ikke er bærekraftig for miljøet på lang sikt og at det derfor er viktig å nyttiggjøre seg av restproduktene for å ivareta råvarene.

*“Vi kan ikke fortsette på denne kloden og bare ta ut ressurser i den ene enden og kaste det i den andre enden. Hvis vi skal ha en sjanse må vi ta bedre vare på ressursene.”*

Informant Eramet

*“For vi tror egentlig, at hvis du ser i et langt perspektiv, så er det ikke bærekraftig. Da må man finne på noe.”*

Informant Glencore Nikkelverk

## **Omdømme**

Informanten til Glencore Nikkelverk forklarer også at det er bra for bedriften å kunne fortelle myndighetene og Norges befolkning at de har fokus på avfallsreduksjon da det kan styrke deres renommé. Norsk Hydro deler denne tankegangen, og forteller at det er viktig for dem å delta på de arenaene hvor avfall blir diskutert.

*“Det er bra for oss å kunne fortelle omverden at vi er med i prosjekter hvor drivkraften er en fornuftig anvendelse av reststoffer i stedet for å lagre det i fjellhaller.”*

Informant Glencore Nikkelverk

*“(…)Så blir det ansett som viktig for Hydro å være tilstede på de arenaene hvor man diskuterer avfall. At man er med i de forumene som er gjennom Eyde-nettverket for eksempel.”*

Informant Norsk Hydro

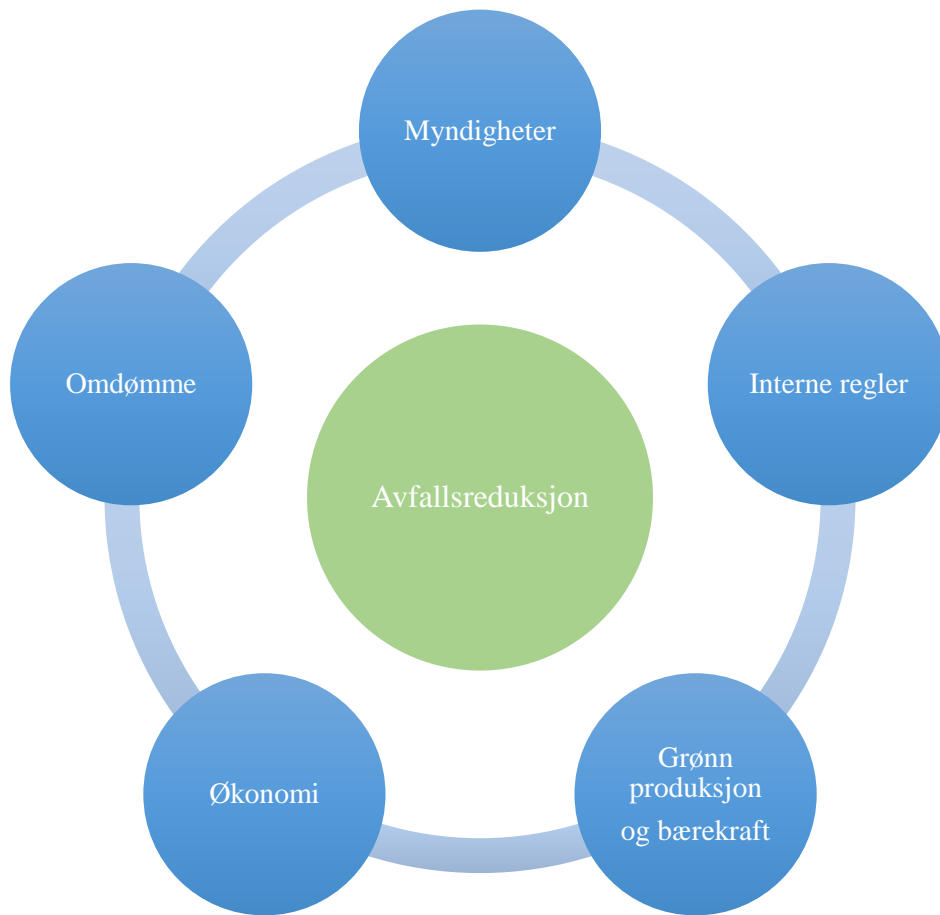
## **Økonomi**

En siste faktor, som alle informantene har gitt uttrykk for at bidrar til fokuset på avfallsreduksjon, er kostnadsbildet. Dette fremkommer også av sitatene som er presentert tidligere i avhandlingen. Bedriftene ønsker å redusere avfallsmengden for å redusere kostnadene knyttet til deponi. I tillegg ser de en verdi i avfallet som potensielt kan skape inntekter ved en kostnadseffektiv behandling.

*“(…) Det er ikke bare kostnadene som driver oss. Det er et ønske om at man skal få mindre avfall og heller gjøre det om til noe som kan brukes”.*

Informant Glencore Nikkelverk

For å gi en oversikt over de viktigste drivkreftene for avfallsreduksjon i prosessindustrien har vi oppsummert disse i figur 10.



*Figur 10 Drivkrefter for avfallsreduksjon*

#### **5.1.4 Null-avfall**

Vi stilte informantene spørsmål om hvilket syn bedriften har på null-avfall filosofien. Her fikk vi blandede svar, men de fleste stiller seg tvilende til hvorvidt det er mulig å oppnå dette i dag. Eramet er tydelige på at å oppnå null-avfall er umulig per i dag, men sier også at det kan være mulig i fremtiden – men at veien dit er veldig lang. I tillegg vil det være vanskelig å ikke generere noe avfall da enkelte stoffer må ut av kretsløpet for å beholde en effektiv produksjon. Glencore Nikkelverk forklarer at det er viktig å redusere avfallsmengden, og at dette er deres mål innen null-avfall filosofien i dag. Alcoa, på den andre siden har fastsatt mål om 100 % reduksjon i avfall innen 2030, altså null-avfall. Dette målet tilsier at de har tro på at filosofien om null-avfall er oppnåelig. Informanten til Norsk Hydro er også åpen for at

null-avfall kan være en mulighet i fremtiden, men påpeker at han tror at det vil være avhengig av hvor mye det koster å deponere.

*“Jeg tror jo at det er en mulighet for fremtiden. Men jeg tror det avhenger hovedsakelig av hvor mye det koster å deponere.”*

Informant Norsk Hydro

### **5.1.5 Interne prosjekter**

Av intervjuene ser vi at Alcoa, Eramet, Norsk Hydro og Glencore Nikkelverk har gjennomført flere interne prosjekter med formål å redusere avfallsmengden de genererer. De har alle bidratt med mye ressurser inn i prosjektene, og har i flere tilfeller kommet nærmere et mål om en alternativ metode for å redusere avfallsmengden. Det har vært gjennomført forsøk på å resirkulere noen avfallstyper internt, skille ut råstoffer og tilbakeblande i egen prosess eller omgjøre til salgbare produkter for alternative bruksområder. Informanten til Norsk Hydro fortalte at de gjennomførte et prosjekt med mål om å nyttiggjøre seg av avfallet fra anoden i elektrolyseprosessen.

*“Det har vært mange forskjellige prosjekter med mange forskjellige mennesker de siste 10-15 kanskje 20 siste årene. (...) Vi har en elektrolyseprosess hvor vi har en anode og en katode. Og den potlinen er hovedsakelig av katoden, men det er også en del avfall fra anoden. Og det jobbet vi med for ca. fem år siden. Og det gikk før til Langøya, men i dag går det hovedsakelig til sementproduksjon. Det er i snitt ca. 15 000 tonn per år som da ble tatt fra deponi og inn i en produksjonsprosess og brukt som en energikilde.”*

Informant Norsk Hydro

Dette var et vellykket prosjekt, men ut fra datamaterialet ser vi at det har vært vanskelig å gjøre de alternative metodene lønnsomme for bedriften. Det er flere faktorer som bidrar til at prosjektene har vist seg å være ulønnsomme. En sentral faktor er at deponiavgiftene er lave og at de alternative metodene blir kostbare i forhold. Dermed blir deponi ofte valgt fremfor nye- og mer miljøvennlige alternativer.

*“Pris hovedsakelig. Alternativer, det er ikke så mange alternativer. (...) På noen så vet vi det, men da er det prisen som er avgjørende”.*

Informant Norsk Hydro

I tillegg kommer det frem av intervjuene med Alcoa, Eramet og Glencore Nikkelverk at det er kostbart å investere i nye anlegg for alternativ behandling av avfallet.

*“I det regnestykket regner du inn kostnader for å legge avfall på deponi. For hvis du begynner med dette så slipper du deponeringskostnader. Hvis du vil gå inn i dette må det være en økonomi i det. Det er der vi prøver, gjennom W2V, å se om det er mulig gjennom å slå sammen flere avfallsstrømmer å til sammen gi et salgbart produkt. Og kan du ha en synergi i å ta avfallsstoffer fra flere bedrifter. Da kan du ha et anlegg som kan bli driftet fra flere bedrifter. Du kan sannsynligvis redusere noen av kostnadene der.”*

Informant Eramet

Alcoa påpeker også at det hele er et kostnadsspørsmål hvor en er avhengig av å utvikle en kostnadseffektiv metode for å skille ut råstoffet fra avfallet for at det skal være lønnsomt å ta det tilbake i produksjon, eller videreselge det.

*“Det er jo interessant å ha det ganske tidlig, og ikke ha jobbet med det i tre år og så er det til slutt opplagt at kostnaden ikke står i stil med alternativene. Men for vår del er det også sånn at dersom vi kan finne effektive og billige måter å separere noen av avfallstypene på, for å kunne resirkulere deler av det inn i egen produksjon eller ekstern produksjon, så prøver vi å finne løsninger for det. “*

Informant Alcoa

Et annet forhold som flere av informantene tar for seg er råvareprisen som er flytende og varierer over tid. Det vil ha innvirkning på lønnsomheten til metoder hvor råvarer blir skilt ut av avfallet for videresalg. Det vil si at et prosjekt kan virke lønnsomt på et tidspunkt hvor innkjøpsprisen på en råvare er høy, men ved en senere anledning kan det være ulønnsomt for da har innkjøpsprisen sunket. Dette ser vi eksempel på hos Eramet, som gjennomførte et stort prosjekt hvor de utviklet metoder for å skille ut mangan fra avfallet som videre kunne selges til kunder. Den nye prosessen var tilsynelatende lønnsom, men etter hvert som prosjektet gikk fremover forandret dette seg og det ble ulønnsomt. At prosjektet ble ulønnsomt skyldes to faktorer; det var en kraftig reduksjon i manganprisen, i tillegg økte investeringskostnadene betraktelig på grunn av tekniske utfordringer knyttet til anlegget. Til tross for at de kunne unngå deponikostnader gjorde faktorene ovenfor at prosessen ble ulønnsomt.

*“Da kan du rent skjematisk si at på den tiden de startet var manganprisen på råvaren kanskje 12 dollar pr. enhet. (...) Da det var ferdig viste det seg at manganprisen inn hadde sunket til tredjeparten samtidig som investeringskostnadene hadde blitt tredoblet. Begge de to faktorene går i feil retning.”*

Informant Eramet

Glencore Nikkelverk var inne på den samme problemstillingen og beskrev mulighetene for å skille ut nikkel av jernslammet. I perioder har nikkel hatt en høy verdi, men i dag er nikkelpriisen svært lav og dermed blir den alternative behandlingsmetoden ulønnsom.

*“Det er litt nikkel i jernslammet og i de periodene som nikkelpriisen har vært veldig høy har det vært en ganske stor verdi. Men nå er nikkelpriisene så lave at det er så vidt de henger sammen. Da blir det ikke mye verdi i det jernslammet heller.”*

Informant Glencore Nikkelverk

Basert på informantenes utsagn og analysen av bedriftenes interne prosjekter ser vi at det er flere faktorer som har påvirkning på lønnsomheten til prosjektene. Disse faktorene har vi oppsummert punktvis nedenfor:

- Deponikostnader
- Investeringskostnader
- Behandlingskostnader for å skille ut materialer fra avfallet
- Variabel råvarepris

## 5.2 Forskningsaktører

I dette avsnittet har vi gått nærmere inn på forskningsaktørene, og analysert datamaterialet fra Elkem, ReSiTec og NTNU. I analysekapittelet har vi tatt for oss hvilke alternative behandlingsprosesser som er under utvikling og identifisert tilknyttede kostnadsdrivere. Vi har også analysert forventet inntjening ved realisering av W2V-prosjektet, og nettverksbyggingen som oppstår som følge av prosjektet.

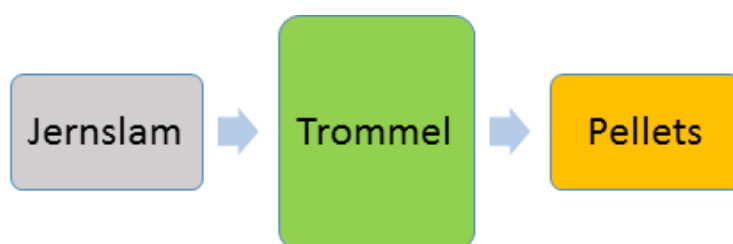


### 5.2.1 Beskrivelse av prosessene

Elkem og ReSiTec har utviklet ulike behandlingsalternativer for å omgjøre avfall til et nytt produkt. Produktet som de skal utvikle er pellets som kan benyttes i metallprodusentenes- eller andre interessenters produksjon. Av prosessene som vi har fått innblikk i ser vi at begge bedriftene har utviklet to alternative fremgangsmåter. De har også laget alternativer hvor prosessene benytter utstyr som har større kapasitet og dermed får omdannet mer avfall til et nytt produkt. Da det fortsatt arbeides med forskning og utvikling i prosjektet kan det bli utviklet andre alternativer i tiden fremover, men vi forholder oss til metodene som er beskrevet nedenfor da det er disse vi har fått innblikk i.

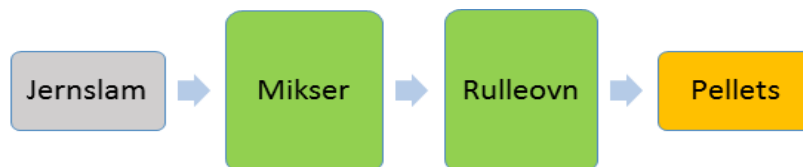
#### ReSiTec

Det første fremgangsmåten til ReSiTec innebærer at en fører jernslam inn i en trommel som omdanner slammet til tørre pellets. Den samme metoden kan gjennomføres med en større trommel med høyere kapasitet. Ved bruk av en større trommel vil det være nødvendig å investere i nytt utstyr som fører til høyere investeringskostnader. Prosessen er illustrert i figur 11.



*Figur 11 ReSiTecs fremgangsmåte nr.1*

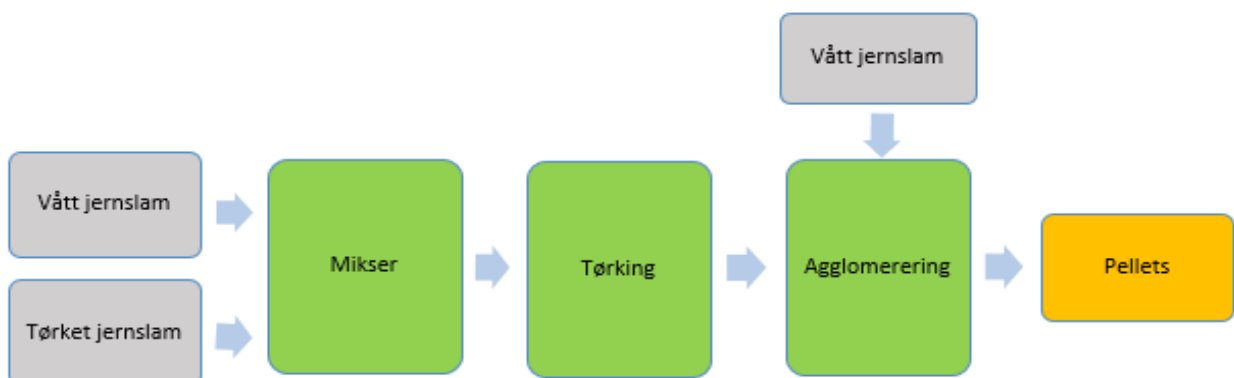
Den andre fremgangsmåten til ReSiTec innebærer to aktiviteter og starter med en Eirich mikser. Her føres jernslammet inn i mikseren som blander materialet til våte pellets. Videre blir pelletsene ført inn i en rulleovn som tørker materialet. Når behandlingen i rulleovnen er fullført har en produsert tilnærmet tørre pellets. Utstyret som benyttes i denne behandlingsmetoden eksisterer, men det må investeres i metoder for logistikk da ovnen har en annen lokasjon enn mikseren. I figur 12 er den andre fremgangsmåten illustrert.



Figur 12 ReSiTecs fremgangsmåte nr. 2

## Elkem

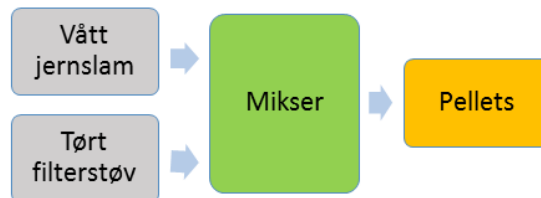
Den første fremgangsmåten til Elkem er en tre-trinns prosess som avfallet må gjennom. Den første aktiviteten innebærer en før-miksing som blir gjennomført i en Eirich mikser. Her blir både tørt og vått jernslam ført inn i mikseren. Når materialet er mikset og har en fuktighet på 30 % blir den videre ført inn i en Vortair separator for tørking. Når fuktigheten er redusert til 5 % blir materialet agglomerert i Eirich mikseren og det blir tilført vått jernslam i blandingen. Når denne prosessen er fullført har en produsert pellets. Kapasiteten kan økes ved at det investeres i en større Eirich mikser. En fordel med denne fremgangsmåte er at prosessen ikke er avhengig av andre tørrstoffer. I figur 13 er den første fremgangsmåten til Elkem illustrert.



Figur 13 Elkems fremgangsmåte nr. 1

Elkem sin andre fremgangsmåte består av én aktivitet. Her tilføres vått jernslam og tørt filterstøv inn i en Eirich mikser. Når miksing er fullført har en produsert pellets med en

fuktighet på tilnærmet 10 %. Som ved de andre alternativene beskrevet ovenfor kan en også her øke kapasiteten ved å investere i en større Eirich mikser. For at denne prosessen skal være aktuell er det en forutsetning at det er nok kurant tørrstoff. Elkem sin andre fremgangsmåte er illustrert i figur 14.



Figur 14 Elkems fremgangsmåte nr. 2

### 5.2.2 Kostnadsdrivere

Det er flere kostnadsdrivere som vil være sentrale i prosessen ved å omdanne avfallet til et nytt produkt. Av analysen fremkom det at valgt behandlingsmetode for avfallet vil være avgjørende for hvilke kostnadsdrivere som er mest kritiske. Ut fra intervjuene ser vi at kostnadsdriverne til prosjektet hovedsakelig vil være deponeringskostnader, energiforbruk samt operatørtimer.

*“De viktigste kostnadsdriverne i caset og ellers vil være deponikostnader, energiforbruk og manhours – lønnskostnader.”*

Informant Elkem

Deponeringskostnaden vil være en alternativkostnad, der en vurderer hvor mye det koster å deponere avfallet fremfor å levere det til prosjektet. Energikostnader vil være kostnader knyttet til energibruk i omdanningsprosessen av avfallet. Den siste kostnadsdriveren er mannskapskostnader og er kostnader knyttet til bemanningsbehovet.

ReSiTec uttaler at deres viktigste kostnadsdrivere vil være kostnader knyttet til tørking av avfallet og operatørtimer. Kostnader knyttet til tørking kan anses som energikostnader fordi tørkingen gjennomføres i en trommel.

*“De viktigste kostnadsdriverne vil nok være tørking av materialet og operatørtimer.”*

Informant ReSiTec

Oppsummert ser vi to kostnadsdrivere som påløper under prosessen hvor avfallet omdannes til et nytt produkt eller materiale. I tillegg vil deponeringskostnaden være en alternativkostnad. Disse er oppsummert punktvis nedenfor:

- Energiforbruk
- Operatørtimer/ mannskapskostnader
- Deponeringskostnad

I tillegg vil investeringer være en sentral kostnad. En kostnadsdriver for hele prosjektet vil være investering i ny teknologi og nødvendig utstyr, og eventuelle oppgraderinger av eksisterende utstyr. Denne kostnadsdriveren vil være sentral når bedriftene går over fra å teste alternative behandlingsmetoder til å produsere det nye produktet.

### 5.2.3 Forventet inntjening

Av intervjuene fremkom det at det ikke er avklart en forventet inntjening på produktet som skal bli et resultat av prosjektet. Dette fremkommer av sitatene nedenfor:

*“Potensielle inntektskilder kan være hvilke kostnader man unngår ved realisering av prosjektet, knyttet til deponi (alternativkostnader), og de faktiske inntektene på det nye produktet.”*

Informant Elkem

*“Det sliter jeg med å svare på, men det tror jeg ikke det er. (...) Det er jo mange faktorer der og hvilke prosess har en da funnet for å komme frem til det.”*

Informant ReSiTec

*“Hvis vi kan blande flere avfallsprodukter sammen og lage et produkt som vi kan selge videre. Så er jo det veldig økonomisk og da kan jo industrien få inntekter på dette. Så la oss si vi får noe jernavfall fra en bedrift og mangan fra en annen og kan kombinere dette sammen. Så da blir spørsmålet hvor mange steg er økonomisk, går det an å kombinere alt i ett steg. Det er veldig mange slike variabler som må optimaliseres.”*

Informant NTNU

Usikkerheten knyttet til forventet inntjening skyldes, som nevnt tidligere, at det ikke er identifisert eller valgt en optimal behandlingsmetode for avfallet. Det er flere ulike typer avfall som skal inn i gjenvinningsprosessen, og det må derfor gjennomføres flere grundige analyser for å identifisere metoden som skal benyttes for å produsere det nye produktet. Slik som beskrevet i delkapittel 5.2.1 har vi likevel fått innblikk i ulike prosesser som gir en indikasjon på hva gjenvinningen av avfallet vil koste. Siden prosessen som skal benyttes for å produsere produktet ikke er identifisert er det heller ikke utviklet noen estimer for verdien til produktet. Produktet som resultat av de ulike fremgangsmåtene vil ha tilsvarende egenskaper som råmaterialet jernpellets, men verdien må justeres da det er et gjenvunnet produkt.

*”Det som lages i dag (gjennom prosjektet) finnes ikke og en må derfor finne et marked. Da materialet ikke har de samme egenskapene som råmaterialet må prisen justeres.”*

Informant fra Elkem

#### **5.2.4 Nettverksbygging**

W2V-prosjektet er et stort prosjekt hvor bedrifter fra ulike bransjer jobber sammen for å nå et felles mål. Det kom frem av analysen at alle forskningsaktørene ser store muligheter og fordeler ved deltakelse i W2V-prosjektet. Alle informantene forklarer at det ikke kun er prosjektets eventuelle inntjening ved nye håndteringsmetoder og anlegg som har verdi for dem, men også den felles plattformen som blir etablert. Informantene beskriver prosjektmøter som en arena hvor mye informasjon og kunnskap blir delt. Her møtes de og utveksler tanker, erfaringer og ideer knyttet til blant annet prosjektets fremgang, utfordringer, testing og dagens status. I tillegg til informasjonsdelingen i møtene er det også uformelle samtaler i kaffepauser og liknende. På den måten har det blitt skapt et verdifullt diskusjonsforum hvor bedriftene deler alt fra erfaringer, kunnskap, utfordringer til kontakter. Av intervjuene opplevde vi at ReSiTec, Elkem og NTNU er svært stolte av samarbeidet og informasjonsdelingen som er i prosjektet. De påpeker at det ikke er noen selvfølge at ulike bedrifter, som også er konkurrenter, er positive til å dele informasjon som de besitter. Ut fra analysen har vi inntrykk av at bedriftenes holdninger til å dele informasjon kan komme av at alle står overfor felles utfordringer knyttet til avfallshåndtering og strenge krav fra myndigheter.

*“Det er veldig spesielt dette prosjektet. Det er et stort samarbeidsprosjekt hvor også konkurrenter deler erfaringer og utfordringer med mål om å skape en sirkulær økonomi.”*

Informant Elkem

#### **5.3 Lønnsomhetsberegning**

Lønnsomheten til de ulike behandlingalternativene er basert på tall og informasjon vi har innhentet i datainnsamlingen. I tilfeller hvor vi ikke har fått oppgitt tall har vi tatt

forutsetninger og laget estimerer. For å utarbeide lønnsomheten til de ulike alternativene er nåverdimetoden, som er redegjort for i kapittel 2.5, benyttet. Det er blitt gjort noen antakelser for å kunne benytte nåverdimetoden. Disse er beskrevet i avsnittene nedenfor.

Ved beregning av fremtidige kontantstrømmer har vi tatt utgangspunkt i forventet inntjening på produktet som blir et resultat av gjenvinningsprosessen. Basert på datainnsamlingen ser vi at det ikke er identifisert en forventet inntjening. Vi har derfor tatt utgangspunkt i råvareprisen på jernpellets og trukket fra et ”second hand” beløp. Dette er gjort fordi det nye produktet er gjenvunnet og for å ikke beregne en for høy inntjening. Vi valgte å benytte råvarepris for jernpellets for å bestemme verdien til pelletsene. Bakgrunnen for dette er at det er høyt innhold av jern i jernslammet som inngår i behandlingsalternativene. Vi har da forutsatt at pelletsene vil ha et høyt jerninnhold i likhet med jernpellets som selges i dag. Per 31.01.2017, var råvareprisen på jernpellets 88,15 \$ per tonn (InfoMine, 2017) og med dagens kurs tilsvarende det 756 NOK per tonn. Dollarkursen var på 8,57 kroner per 25.04.2017. Vi har da tatt utgangspunkt i en pris på 600 NOK per tonn i våre beregninger. I tilfeller hvor energikostnader ikke har blitt oppgitt har vi benyttet et estimat på kroner 0,30 per kWh for å beregne produksjonskostnader per tonn.

Vi har også inkludert alternativkostnaden i beregningen. Med alternativkostnaden menes det som metallprodusentene sparer ved å levere avfallet til prosjektet. Det at de leverer avfallet til gjenvinning fremfor deponering er en mer bærekraftig håndteringsmetode. Vi har tatt utgangspunkt i kostnaden som er mest nærliggende prisen for å deponere på det offentlige deponiet på Langøya. Dermed har vi benyttet en alternativkostnad på 1000 kroner per tonn. Dette inkluderer deponeringsavgift samt transport til deponiene. Vi valgte å inkludere transportkostnader fordi avfallet må transporteres fra metallprodusentene til der gjenvinningsprosessen foregår ved industrialisering av prosjektet.

Nåverdien er beregnet for både fem- og ett års drift, og det er forutsatt et avkastningskrav på 10%. Produksjonsmengden er basert på 12 000 tonn med vått jernslam. Vi ser at mengden pellets, som blir et resultat av gjenvinningsprosessen, vil være mindre enn dette i behandlingsalternativene 1 og 2 til Elkem. Jernslammet inneholder ca. 30% vann og når vannet blir fjernet forutsetter vi at mengden pellets er tilnærmet lik 7 200 tonn.

Behandlingsalternativene 2 og 3 tar også utgangspunkt i 12 000 tonn jernslam, men benytter i tillegg filterstøv i omdanningsprosessen. Mengden som blir et resultat av denne prosessen antar vi at vil være tilnærmet 12 000 tonn. Nedenfor har vi presentert lønnsomheten til de ulike alternativene til både ReSiTec og Elkem basert på innhentede tall og estimater.

ReSiTec har utviklet tre ulike behandlingsalternativer. Nedenfor har vi presentert verdien til disse alternativene. Videre har vi analysert alternativene til ReSiTec, og deretter presentert Elkems fire behandlingsalternativer. Slik det er nevnt under forutsetningene ovenfor har vi estimert en pris for pelletsene. Denne prisen er lik for alle behandlingsalternativene. Det samme er produksjonsmengden. ReSiTec sine alternativer inkluderer kun jernslam.

<b>Cashflow Resitec alternativ 1</b>							
Avkastningskrav		10 %					
<b>Kostnader pr tonn</b>	kr	900,00					
<b>Produksjonsmengde</b>		12000	7200				
<b>Alternativkostnad pr tonn</b>	kr	1 000,00					
<b>Estimert råvarepris</b>	kr	600,00					
<b>Investeringsutgift</b>	kr	3 000 000,00					
År		0	1	2	3	4	5
Investeringsutgift	-	3 000 000,00	0	0	0	0	0
Produksjonskostnader		- 10 800 000,00	- 10 800 000,00	- 10 800 000,00	- 10 800 000,00	- 10 800 000,00	- 10 800 000,00
Forventet inntjening		7 200 000,00	7 200 000,00	7 200 000,00	7 200 000,00	7 200 000,00	7 200 000,00
Alternativkostnad		12 000 000,00	12 000 000,00	12 000 000,00	12 000 000,00	12 000 000,00	12 000 000,00
Verdi av prosjekt uten alternativkostnad	-	3 000 000,00	- 3 600 000,00	- 3 600 000,00	- 3 600 000,00	- 3 600 000,00	- 3 600 000,00
Verdi av prosjekt med alternativkostnad	-	3 000 000,00	8 400 000,00	8 400 000,00	8 400 000,00	8 400 000,00	8 400 000,00
Cashflow per år Uten alternativkostnad	-	3 000 000,00	- 3 600 000,00	- 3 600 000,00	- 3 600 000,00	- 3 600 000,00	- 3 600 000,00
Neddiskontert cashflow	-	3 000 000,00	- 2 880 000,00	-2304000	-1843200	-1474560	-1179648
Nåverdi av prosjekt uten alternativkostnad			<b>-kr 15 133 483,97</b>				
Nåverdi av prosjektet med alternativkostnad			<b>kr 26 220 553,51</b>				
Nåverdi av prosjektet år 1 uten alternativkostnad			<b>-kr 5 702 479,34</b>				
Nåverdi av prosjekt år 1 med alternativkostnad			<b>kr 4 214 876,03</b>				

Figur 15 ReSiTecs behandlingsalternativ nr. 1

ReSiTec sitt første alternativ har en negativ kontantstrøm når alternativkostnaden ikke er medregnet. Dette fører naturlig nok til en negativ nåverdi. Ved å inkludere alternativkostnaden i beregningen gir det en positiv kontantstrøm, som igjen gir en positiv nåverdi. Investeringsutgiften til alternativ 1 er 3 000 000 kroner, og kostnader per produserte tonn er 900 kroner. Figur 15 illustrerer budsjetteringen av behandlingsalternativet basert på tall fra ReSiTec.



<b>Cashflow Resitec alternativ 2</b>						
Avkastningskrav		10 %				
Kostnader pr tonn	kr	700,00				
Produksjonsmengde		12000,00	7 200,00			
Alternativkostnad pr tonn	kr	1 000,00				
Estimert råvarepris		600,00				
Investeringsutgift	kr	4 000 000,00				
ÅR		0	1	2	3	4
Investeringsutgift	-	4 000 000,00				
Produksjonskostnader			- 8 400 000,00	- 8 400 000,00	- 8 400 000,00	- 8 400 000,00
Forventet inntjening			7 200 000,00	7 200 000,00	7 200 000,00	7 200 000,00
Alternativkostnad			12 000 000	12 000 000	12 000 000	12 000 000
Verdi av prosjekt uten alternativkostnad	-	4 000 000,00	- 1 200 000,00	- 1 200 000,00	- 1 200 000,00	- 1 200 000,00
Verdi av prosjektet med alternativkostnad	-	4 000 000,00	10 800 000,00	10 800 000,00	10 800 000,00	10 800 000,00
Nåverdi av prosjekt uten alternativkostnad			<b>-kr 7 771 767,38</b>			
Nåverdi av prosjektet med alternativkostnad			<b>kr 33 582 270,10</b>			
Nåverdi av prosjektet år 1 uten alternativkostnad			<b>-kr 4 628 099,17</b>			
Nåverdi av prosjekt år 1 med alternativkostnad			<b>kr 5 289 256,20</b>			

*Figur 16 ReSiTecs behandlingsalternativ nr. 2*

ReSiTecs alternativ 2 har en høyere investeringsutgift enn alternativ 1 og er på kroner 4 000 000. Investeringsutgiften for dette alternativet er høyere fordi det investeres i en større mikser. Kostnader per tonn er 700 kroner, noe som er lavere enn ved det forrige alternativet fordi mikseren som produserer er større. Nåverdien til dette alternative er illustrert i figur 16. Nåverdien er negativ dersom alternativkostnaden ikke er medregnet, men er positiv dersom den inkluderes. Da kontantstrøm medregnet alternativkostnad år 1 overstiger investeringsutgiften er nåverdien også positiv.

<b>Cashflow Resitec alternativ 3</b>						
Manskapskostnader pr tonn	kr	1 624,00				
Estimert pris pr kW		0,3				
Effektforbruk		440,00				
Avkastningskrav		10 %				
Produksjonsmengde		12000	7200,00			
Alternativkostnad pr tonn	kr	1 000,00				
Estimert råvarepris	kr	600,00				
Investeringsutgift	kr	5 200 000,00				
<b>ÅR</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Investeringsutgift	-	5 200 000				
Effektforbruk	-		1 584 000,00	1 584 000,00	1 584 000,00	1 584 000,00
Manhours	-		19 488 000,00	19 488 000,00	19 488 000,00	19 488 000,00
Samlede produksjonskostnader	-		21 072 000,00	21 072 000,00	21 072 000,00	21 072 000,00
Forventet inntjening			7 200 000	7 200 000	7 200 000	7 200 000
Alternativkostnad			12 000 000	12 000 000	12 000 000	12 000 000
Netto kontantstrøm uten alternativkostnad	-	5 200 000	13 872 000,00	13 872 000,00	13 872 000,00	13 872 000,00
Netto kontantstrøm med alternativkostnad	-	5 200 000	1 872 000,00	1 872 000,00	1 872 000,00	1 872 000,00
Nåverdi av prosjektet uten alternativkostnad			-kr 52 532 540,06			
Nåverdi av prosjekt med alternativkostnad			-kr 11 178 502,57			
Nåverdi av prosjektet år 1 uten alternativkostnad			-kr 16 191 735,54			
Nåverdi av prosjektet år 1 med alternativkostnad			-kr 6 274 380,17			

Figur 17 ReSiTecs behandlingalternativ nr. 3

Det tredje alternativet til ReSiTec er presentert i figur 17. Dette alternativet har en klar negativ nåverdi både med- og uten alternativkostnaden medregnet. Dette skyldes en høy investeringsutgift, samt er kostnader per tonn høyere enn de to andre alternativene. Kontantstrømmen per år er negativ både med- og uten alternativkostnad inkludert. Dette gjør alternativet klart ulønnsomt.

Basert på presentasjonen av lønnsomheten til ReSiTecs behandlingalternativer ser vi at det er alternativ 1 og 2 som vil være lønnsomme - dersom alternativkostnaden medregnes. Uten denne vil ingen av alternativene være lønnsomme. Nedenfor har vi presentert lønnsomheten til Elkems fire behandlingalternativer. Disse alternativene er også basert på tallmaterialet som vi har innhentet gjennom datainnsamling, i tillegg til estimert pris per kW.

<b>Cashflow Elkem case 1 alternativ 1</b>						
Manskapskostnader pr tonn	kr	4 203,00				
Estimert pris pr kW		0,3				
Samlet effektforbruk		440				
Avkastningskrav		10 %				
Produksjonsmengde		12000	7200			
Alternativkostnad pr tonn	kr	1 000,00				
Estimert råvarepris	kr	600,00				
Investeringsutgift	kr	3 700 000,00				
ÅR		0	1	2	3	4
Investeringsutgift	-	3 700 000,00				
Effektbruk		- 1 584 000	- 1 584 000	- 1 584 000	- 1 584 000	- 1 584 000
Manskapskostnader		- 50 436 000,00	- 50 436 000,00	- 50 436 000,00	- 50 436 000,00	- 50 436 000,00
<b>Produksjonskostnader</b>		<b>- 52 020 000</b>	<b>- 52 020 000</b>	<b>- 52 020 000</b>	<b>- 52 020 000</b>	<b>- 52 020 000</b>
Forventet inntjening		7 200 000	7 200 000	7 200 000	7 200 000	7 200 000
Alternativkostnad		12 000 000	12 000 000	12 000 000	12 000 000	12 000 000
<b>Kontantstrøm uten alternativkostnad</b>	-	<b>3 700 000,00</b>	<b>44 820 000</b>	<b>44 820 000</b>	<b>44 820 000</b>	<b>44 820 000</b>
<b>Kontantstrøm med alternativkostnad</b>	-	<b>3 700 000,00</b>	<b>32 820 000,00</b>	<b>32 820 000,00</b>	<b>32 820 000,00</b>	<b>32 820 000,00</b>
Nåverdi av prosjektet uten alternativkostnad		<b>-kr 157 820 966,37</b>				
Nåverdi av prosjekt med alternativkostnad		<b>-kr 116 466 928,88</b>				
Nåverdi av prosjektet år 1 uten alternativkostnad		<b>-kr 40 404 958,68</b>				
Nåverdi av prosjekt år 1 med alternativkostnad		<b>-kr 30 487 603,31</b>				

Figur 18 Elkems behandlingsalternativ nr. 4

Behandlingsalternativ nr. 4, illustrert i figur 18, omdanner kun jernslam til pellets. De samlede produksjonskostnadene er på 52 000 000 kroner og er basert på inntjeningen som er lik for alle behandlingsalternativene. Det vil si at dette alternativet er svært ulønnsomt både med- og uten alternativkostnad medregnet. Dette skyldes i hovedsak høye mannskapskostnader per produserte tonn, og i forhold til forventet inntjening gir dette en negativ kontantstrøm. Siden kontantstrømmene er negative vil det ikke være et lønnsomt behandlingsalternativ.

<b>Cashflow Elkem case 1 alternativ 2</b>						
Manskapskostnader pr tonn	kr	1 624,00				
Estimert pris pr kW		0,3				
Effektforbruk		440,00				
Avkastningskrav		10 %				
Produksjonsmengde		12000	7200			
Alternativkostnad pr tonn	kr	1 100,00				
Estimert råvarepris	kr	600,00				
Investeringsutgift	kr	4 300 000,00				
ÅR		0	1	2	3	4
Investeringsutgift	-	4 300 000,00				
Effektforbruk	-	1 584 000,00	- 1 584 000,00	- 1 584 000,00	- 1 584 000,00	- 1 584 000,00
Manskapskostnader	-	19 488 000,00	- 19 488 000,00	- 19 488 000,00	- 19 488 000,00	- 19 488 000,00
Produksjonskostnader	-	21 072 000,00	- 21 072 000,00	- 21 072 000,00	- 21 072 000,00	- 21 072 000,00
Forventet inntjening		7 200 000	7 200 000	7 200 000	7 200 000	7 200 000
Alternativkostnad		13 200 000	13 200 000	13 200 000	13 200 000	13 200 000
<b>Kontantstrøm uten alternativkostnad</b>	<b>-</b>	<b>4 300 000,00</b>	<b>- 13 872 000,00</b>	<b>- 13 872 000,00</b>	<b>- 13 872 000,00</b>	<b>- 13 872 000,00</b>
<b>Kontantstrøm med alternativkostnad</b>	<b>-</b>	<b>4 300 000,00</b>	<b>- 672 000,00</b>	<b>- 672 000,00</b>	<b>- 672 000,00</b>	<b>- 672 000,00</b>
Nåverdi av prosjektet uten alternativkostnad			<b>-kr 51 714 358,24</b>			
Nåverdi av prosjekt med alternativkostnad			<b>-kr 6 224 917,01</b>			
Nåverdi av prosjektet år 1 uten alternativkostnad			<b>-kr 15 373 553,72</b>			
Nåverdi av prosjekt år 1 med alternativkostnad			<b>-kr 4 464 462,81</b>			

Figur 19 Elkems behandlingsalternativ nr.5

Elkems behandlingsalternativ nr. 5, illustrert i figur 19, har en høyere investeringsutgift, men en lavere mannskapskostnad per produserte tonn. Dette skyldes at det er nødvendig med investering i utstyr som har kapasitet til å produsere større kvantum. Likevel er ikke dette alternativet heller lønnsomt da de samlede produksjonskostnadene er høyere enn forventet inntjening både med- og uten alternativkostnadene inkludert.

<b>Cashflow Elkem case 2 alternativ 1</b>						
Manskapskostnader pr tonn	kr	3 120,00				
Estimert pris pr kW		0,3				
Effektforbruk		150,00				
Avkastningskrav		10 %				
Produksjonsmengde		12000				
Alternativkostnad pr tonn	kr	1 100,00				
Estimert råvarepris	kr	600,00				
Investeringsutgift	kr	1 200 000,00				
ÅR		0	1	2	3	4
Investeringsutgift	-	1 200 000,00				
Effektforbruk	-	540 000	- 540 000	- 540 000	- 540 000	- 540 000
Manskapskostnader	-	37 440 000	- 37 440 000	- 37 440 000	- 37 440 000	- 37 440 000
Produksjonskostnader	-	37 980 000	- 37 980 000	- 37 980 000	- 37 980 000	- 37 980 000
Forventet inntjening		7 200 000	7 200 000	7 200 000	7 200 000	7 200 000
Alternativkostnad		13 200 000	13 200 000	13 200 000	13 200 000	13 200 000
<b>Kontantstrøm uten alternativkostnad</b>	<b>-</b>	<b>1 200 000,00</b>	<b>- 30 780 000</b>	<b>- 30 780 000</b>	<b>- 30 780 000</b>	<b>- 30 780 000</b>
<b>Kontantstrøm med alternativkostnad</b>	<b>-</b>	<b>1 200 000,00</b>	<b>- 17 580 000</b>	<b>- 17 580 000</b>	<b>- 17 580 000</b>	<b>- 17 580 000</b>
Nåverdi av prosjektet uten alternativkostnad			<b>-kr 107 164 015,24</b>			
Nåverdi av prosjekt med alternativkostnad			<b>-kr 61 674 574,01</b>			
Nåverdi av prosjektet år 1 uten alternativkostnad			<b>-kr 26 528 925,62</b>			
Nåverdi av prosjekt år 1 med alternativkostnad			<b>-kr 15 619 834,71</b>			

Figur 20 Elkems behandlingsalternativ nr.6

De to siste behandlingsalternativene til Elkem inneholder, slik det er nevnt tidligere i analysen, jernslam og filterstøv. Først har vi presentert behandlingsalternativ nr. 6, illustrert i figur 20. Investeringsutgiften knyttet til dette alternativet er 1 200 000 kroner, og samlede produksjonskostnader er på 37 980 000 kroner. Basert på estimert inntjening vil dette alternativet være ulønnsomt uansett om alternativkostnad medregnes eller ikke. Dette skyldes at produksjonskostnadene blir for høye og verdien av produktet er for lav.

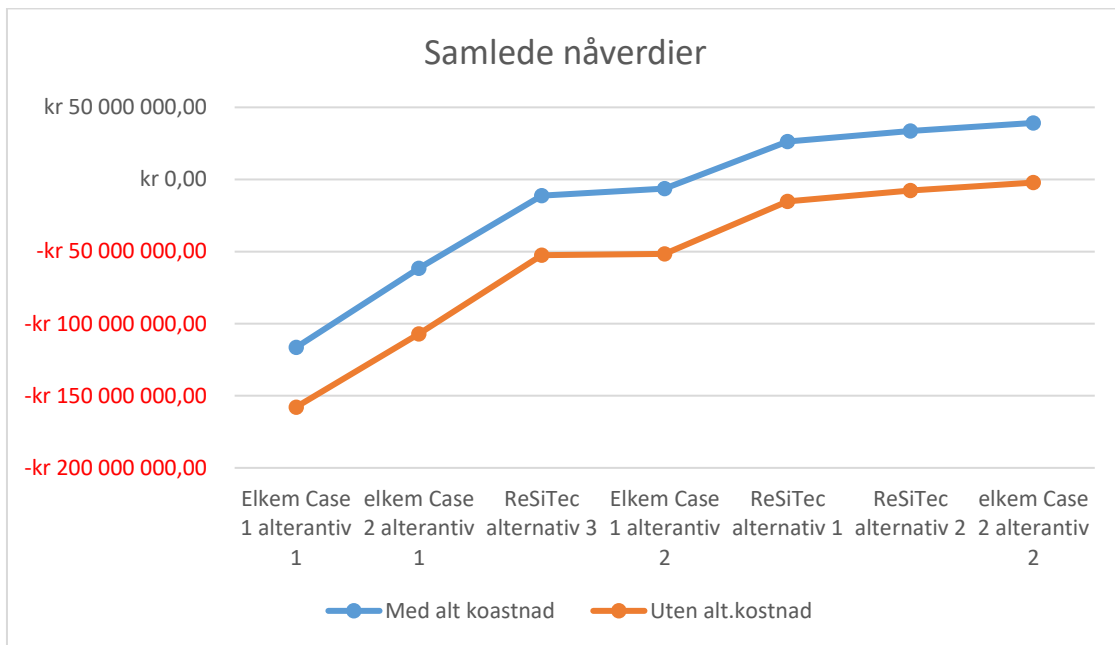
<b>Cashflow Elkem case 2 alternativ 2</b>						
Manskapskostnader pr tonn	kr	541,00				
Estimert pris pr kW		0,3				
Effektforbruk		150,00				
Avkastningskrav		10 %				
Produksjonsvolum		12000				
Alternativkostnad	kr	1 000,00				
Estimert råvarepris	kr	600,00				
Investeringsutgift	kr	3 000 000,00				
ÅR		0	1	2	3	4
Investeringsutgift	-	3 000 000,00				
Effektforbruk			- 540 000,00	- 540 000,00	- 540 000,00	- 540 000,00
Manskapskostnader			- 6 492 000	- 6 492 000	- 6 492 000	- 6 492 000
Produksjonskostnader			- 7 032 000	- 7 032 000	- 7 032 000	- 7 032 000
Forventet inntjening			7 200 000	7 200 000	7 200 000	7 200 000
Alternativkostnad			12 000 000	12 000 000	12 000 000	12 000 000
<b>Kontantstrøm uten alternativkostnad</b>	<b>-</b>	<b>3 000 000,00</b>	<b>168 000,00</b>	<b>168 000,00</b>	<b>168 000,00</b>	<b>168 000,00</b>
<b>Kontantstrøm med alternativkostnad</b>	<b>-</b>	<b>3 000 000,00</b>	<b>12 168 000,00</b>	<b>12 168 000,00</b>	<b>12 168 000,00</b>	<b>12 168 000,00</b>
Nåverdi av prosjektet uten alternativkostnad			<b>-kr 2 148 316,20</b>			
Nåverdi av prosjekt med alternativkostnad			<b>kr 39 205 721,28</b>			
Nåverdi av prosjektet år 1 uten alternativkostnad			<b>-kr 2 588 429,75</b>			
Nåverdi av prosjekt år 1 med alternativkostnad			<b>kr 7 328 925,62</b>			

Figur 21 Elkems behandlingsalternativ nr.7

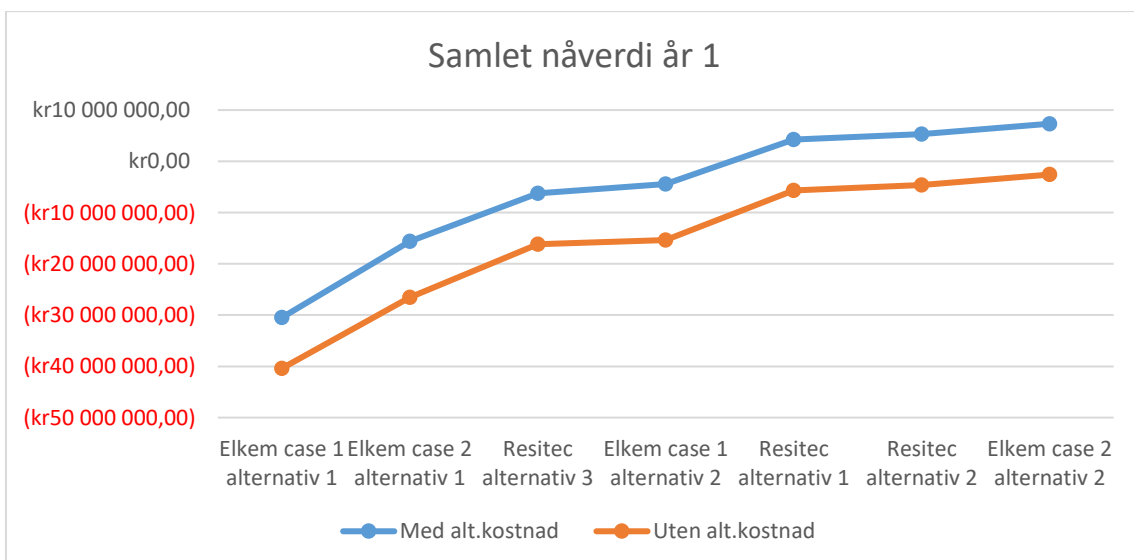
Det siste alternativet som vi har analysert har en investeringsutgift på 3 000 000 kroner og samlede produksjonskostnader på 7 032 000 kroner. Det gir en negativ nåverdi når ikke alternativkostnader er medregnet. Ved et lengre perspektiv vil denne nåverdien bli positiv grunnet positiv kontantstrøm. Dette er det alternativet som er nærmest å være lønnsomt uten medregnet alternativkostnader. Medregnet alternativkostnader er dette alternativet helt klart lønnsomt. Behandlingsalternativet er illustrert i figur 21.

I figur 22 har vi samlet nåverdiene til de ulike behandlingsalternativene i en graf for å illustrer lønnsomheten til de ulike alternativene. Denne viser nåverdien med 5 års levetid. Den blå linjen er nåverdi uten alternativkostnad og oransje er med alternativkostnad. Figur 23

illustrere nåverdiene ved år 1. Vi har valgt å også illustrere nåverdi år 1 fordi prosjektet ikke vil være lønnsomt i det hele tatt dersom denne er negativ. Samlet er ingen av alternativene lønnsomme å gjennomføre kun med utgangspunkt i forventet inntjening. De samlede produksjonskostnadene er for høye og inntjening i et eksternt marked for lav.



Figur 22 Samlet nåverdi



Figur 23 Nåverdi år 1

Av figur 22 og 23 ser vi at ingen av alternativene er lønnsomme dersom en kun tar med forventet inntjening i beregningen. Når en vurderer hvor mye metallprodusentene sparer er

ReSiTecs alternativ 1 og 2 samt Elkems alternativ 4 lønnsomme da nåverdien er større enn null. Det er viktig å presisere at de ulike behandlingsalternativene som er presentert i denne studien er eksempler. Dette fordi prosjektet ikke er ferdig og alle alternativene ikke er avklart. En kan dermed ikke per dags dato konkludere med at prosjektet er ulønnsomt.

## 6. Drøfting

I dette kapitlet har vi drøftet analysen av studiens datamateriale, presentert i kapittel 5, opp mot teoretisk rammeverk presentert i kapittel 3. Innledningsvis har vi drøftet faktorer som påvirker lønnsomheten til prosjektet med utgangspunkt i lønnsomhetsberegningen. Videre har vi tatt for oss avfallshierarkiet og bedriftenes forhold til dette. Herunder har vi drøftet hvilket nivå prosessbedriftene er på i dag og hvor de kan befinne seg ved industrialisering av W2V-prosjektet. Videre har vi vurdert håndteringsmetodene og hvorvidt de kan anses som kostnadseffektive. Deretter har vi presentert bedriftenes forhold til de ulike avfallstiltningene og hvordan W2V-prosjektet kan bidra til å oppnå en mer bærekraftig tilnærming. Vi har også tatt for oss bedriftenes og EUs forhold til bærekraft og hvordan industrien er styrt av miljølover vedtatt av EU og Norges lover og politikk. Avslutningsvis har vi gjort en vurdering av sirkulær økonomi og CLSC som mulige løsninger for bedre avfallstyring i prosessindustrien og som et potensielt resultat ved industrialisering av W2V-prosjektet.

### 6.1 Faktorer som påvirker lønnsomheten

I analysen oppdaget vi at flere av behandlingsalternativene til ReSiTec og Elkem er ulønnsomme, mens andre er lønnsomme ved at en inkluderer alternativkostnaden i beregningen. Inntjeningen som vi har tatt utgangspunkt i er ikke høy nok til å overstige produksjonskostnadene, og det er kostnaden metallprodusentene sparer ved å levere avfallet til prosjektet som har størst innvirkning på lønnsomheten. Til tross for at dette ikke vil være en direkte inntektskilde for prosjektet mener vi at det er riktig å inkludere denne for å beregne lønnsomheten til et slikt prosjekt. Dette skyldes at prosjektet i hovedsak ikke har et mål om å maksimere profitten, men heller å være et mer bærekraftig alternativ enn dagens håndteringsmetode. I de kommende avsnittene har vi drøftet hvilke faktorer som kan ha innvirkning på lønnsomheten og bidra til et mer lønnsomt prosjekt.



Slik det er beskrevet i kapittel 3.5 er det myndighetene i Norge samt lover utgitt av EU som styrer hvordan bedriftene skal håndtere avfallet. Vi mener at disse vil ha innvirkning på lønnsomheten til et prosjekt som W2V-prosjektet. For eksempel kan nye lover kreve at deponering på egne deponier blir forbudt, og bedrifter tvinges da til å levere avfallet på godkjente eksterne deponier. Dette kan føre til at deponeringsavgiften til de eksterne deponiene øker, noe som igjen fører til at alternativkostnaden øker. Det kan videre gjøre det mer attraktivt å levere avfallet til gjenvinning fremfor deponi. Vi har sett en trend i EU om at det vil bli strengere krav til deponier (Comission, 2014). Informanten fra Norsk Hydro beskrev at deres deponeringsavgifter tidligere var  $\frac{1}{3}$  av dagens. Basert på dette tror vi det er grunnlag for at deponeringsavgiftene på sikt vil øke mer, noe som igjen kan føre til at prosjektet blir mer lønnsomt. De ulike metallprodusentene i prosjektet har strenge krav fra myndighetene som må oppfylles i dag, og dersom disse blir enda strengere er dette også en faktor som på sikt vil bidra til å gjøre prosjektet mer lønnsomt enn i dag. Ved innføring av strengere reguleringer tvinger myndigheter bedriftene til å ha en mer bærekraftig håndtering av avfallet. Dersom det kommer endringer i lover og regulering vil dette kunne påvirke alternativkostnaden og ikke ha innvirkning på inntjeningen. Dette fordi inntjeningen ikke er styrt av lover eller reguleringer, men av markedet.

Til tross for at inntjeningen til de ulike behandlingsalternativene er forholdsvis lav vil råvareprisene ha innvirkning på lønnsomheten til et slikt prosjekt. Dette kom også frem av intervjuene med metallprodusentene da de beskrev prosjekter som er gjennomført tidligere. Råvareprisene er markedsstyrt og vil være i kontinuerlig endring. Dette er noe som gjenspeiles i prosjektet som Eramet hadde for noen år tilbake. Prosjektet ble budsjettet med en råvarepris, men etterhvert ble råvareprisen kraftig redusert som videre førte til at prosjektet ble ulønnsomt. Vi ser derfor at en endring i råvareprisen vil kunne ha innvirkning på lønnsomheten til prosjektet ved de behandlingsalternativene vi har undersøkt. Siden prosjektet er i startfasen og alle behandlingsalternativene ikke er identifisert kan vi ikke si noe om hele prosjektets lønnsomhet. Likevel, basert på de behandlingsalternativene vi har vurdert i denne studien, ser vi at endring i råvarepris vil ha en innvirkning på lønnsomheten, men ikke i like stor grad som det alternativkostnaden har.

Pelletsene fra de ulike behandlingsalternativene vil ha noe ulike egenskaper, da det er ulike typer avfall som benyttes. Alle alternativene vil ha et høyt innhold av jern, men det vil være noen ulikheter i egenskapene. Basert på de ulike egenskapene til produktene kan disse ha innvirkning på lønnsomheten ved at de har enkelte egenskaper som kan bli verdsatt høyere. Dette gjelder også for andre prosesser som vil bli utviklet i prosjektet og det kan derfor være naturlig å ta utgangspunkt i salgsprisen til det eventuelle produktet. Det kan være at et alternativ har en lav omgjøringskostnad og er mindre salgbart, mens et annet alternativ har en høyere omgjøringskostnad, men er mer salgbart. Da vil det mest sannsynlig være bedre å velge det siste alternativet. Slik det fremkom i analysen var det tre alternativer som var lønnsomme medregnet alternativkostnaden; ReSiTecs alternativ 1 og 2 samt Elkems alternativ 4. Disse tre hadde helt klart en lavere omdanningskostnad enn de fire andre alternativene. De andre alternativene har en høy omdanningskostnad som gjør at det ikke vil være sammenlignbart. Det er vanskelig å si noe om hvilke av de ulike pelletsene som vil være mest etterspurt, da ingen er representert på markedet i dag. Vi har heller ikke hatt mulighet til å gå dypere inn i pelletsenes egenskaper på grunn av studiens omfang og tilgjengelig tid.

Andre faktorer som kan påvirke lønnsomheten til prosjektet er endring i investeringskostnader samt produksjonskvantum. Da prosjektet ikke er ferdigstilt kan de budsjetterte investeringen endres. Dette var, som beskrevet i kapittel 5.1, tilfellet hos Eramet med et av deres prosjekter hvor investeringen ble tredobbelt så dyr som budsjettert. De ulike alternativene som er presentert i kapittel 5 har ulik produksjonskapasitet. Vi ser at de alternativene som investerer i større kvantum blir mer lønnsomme enn de med en lavere kapasitet, for eksempel ved at mannskapskostnadene blir redusert ved større produksjonskapasitet. En annen faktor som spiller inn er tilgjengeligheten på avfall som kan inngå i prosjektet. Det fremkommer i analysen at de to alternativene der filterstøv inngår i prosessen er avhengig av at det er nok avfall tilgjengelig. Dersom det ikke er nok avfall tilgjengelig vil det ikke være mulig å gjennomføre denne prosessen eller å produsere i større kvantum. Da W2V-prosjektet er et samarbeidsprosjekt vil kostnadene deles på flere. Prosjekter som er gjennomført tidligere i de ulike bedriftene har ikke vært lønnsomme fordi kostnadene har vært for høye. Vi anser derfor også samarbeid som en faktor som vil kunne bidra til at prosjektet vil bli lønnsomt. Selv om bedriftene ikke direkte kan påvirke inntjeningen er det flere aktører å fordele kostnadene på. Når markedet for

gjenvinningsteknologien vokser, vil også investeringskostnaden for utstyret reduseres. Basert på drøfting av lønnsomhetsberegningene ser vi at det er flere faktorer som vil være med å påvirke lønnsomheten til W2V-prosjektet både på et kort- og langt tidsperspektiv.

Oppsummert ser vi at de viktigste økonomiske faktorene ved gjenvinning av avfall er:

- Endring i deponeringskostnader
- Forventet inntjening
- Endring i investeringsutgifter

## 6.2 Avfallshierarkiet

Alle metallprodusentene i studien benytter i dag deponi som håndteringsmetode, både i form av landdeponier og fjellhaller. I avfallshierarkiet, beskrevet av E. Directive (2008) og Faniran og Caban (1998), er deponi oppgitt som det nederste nivået og det minst miljøvennlige alternativet. Deponi anses som siste mulighet og den metoden som skal benyttes når ingen andre alternativer er tilgjengelige (Hamer, 2003). Dette fremkommer også av intervjuene, i tillegg til det økonomiske perspektivet. For å beskytte menneskers helse og miljø er det viktig at metallprodusentene benytter mer miljøvennlige håndteringsmetoder slik som Duan et al. (2008) beskriver og unngår det nederste nivået i avfallshierarkiet. Det kommer frem av analysen at bedriftene arbeider for å skape mer miljøvennlige håndteringsmetoder som videre fører dem opp på et høyere nivå i avfallshierarkiet. Blant annet ser vi at gjennom industrialisering av W2V-prosjektet vil avfallet fra metallprodusentene kunne gå fra nivå fem (deponi) opp til nivå tre (resirkulering). Den individuelle bedrift kan oppleve flere positive følger ved å gå fra nivå fem til nivå tre. Dette kan være positive effekter i form av godt omdømme da de går foran som et forbilde for ressurseffektiv produksjon og enklere vei til oppnåelse av EU og myndigheters krav. I tillegg kan de erfare økonomiske gevinster da redusert avfallsmengde gir reduserte deponikostnader. Den samlede industrien vil kunne oppleve at den blir ansett som fremtidsrettet og samfunnsansvarlig for den miljøbelastningen prosessindustrien påfører. Som en følge av endring i nivå på avfallshierarkiet vil også miljøet bli ivaretatt ved at mindre mengder avfall blir generert og plassert på deponi. Dette fører til mindre behov for deponier som igjen gjør at naturområder blir spart. Det kan også føre til redusert forurensning som følge av at deponering av avfall blir redusert. I tillegg vil gjenvinning redusere behovet for nye naturressurser ved at avfallet blir gjenbrukt i

produksjon. Dermed blir naturressurser bevart da de oppnår en mer ressurseffektiv produksjon. De positive miljøkonsekvensene ved gjenvinning samsvarer med E. Directive (2008) og Song et al. (2015).

### **6.2.1 Håndteringsmetoder**

Håndteringsmetodene til metallprodusentene i studien er tilnærmet lik for alle bedrifter fra prosessindustrien. Alle har en avfallsplan slik som Inglezakis og Zorpas (2011) anbefaler for å oppnå en konsekvent og kostnadseffektiv håndteringsmetode. De ulike bedriftene genererer forskjellige typer avfall og har ulik karakterisering og avhenger derfor av ulik behandling. Alcoa og Eramet har egne landdeponier som de i dag deponerer avfallet. Alcoa har også en avfallstype som de ikke lenger har lov til å deponere på interne deponier fordi Miljødirektoratet ikke lenger gir tillatelse for dette. For å løse problemet har de identifisert en ekstern lokasjon for deponering. Norsk Hydro benytter også deponi som håndteringsmetode for avfallet, men de leverer til eksterne deponier på Langøya. Denne metodene er for dem den mest optimale og kostnadseffektive.

Løsningene for avfallshåndtering som metallprodusentene benytter i dag er kostnadmessig optimal for dem, men er ikke ideell i forhold til miljømessige faktorer. Samtidig som de representerer ressurser på avveie. I bedriftenes valg av håndteringsmetode kan det, slik som Cheng et al. (2003) skriver, oppstå konflikter mellom økonomi og miljø. Alle bedriftene har et miljøfokus og er opptatt av deres miljøpåvirkning, likevel er de klare på at miljøfokus ikke kan stille sterkere enn bedriftens økonomi. Av analysen ser vi at dersom valgt behandlingsmetode skal være bærekraftig for miljøet, må den også være bærekraftig for bedriften. Når avfallet blir vurdert og klassifisert ser en hvilken påvirkningsgrad det har på miljøet. En viktig oppgave i W2V-prosjektet er å vurdere avfallet gjennom karakterisering, kategorisering og evaluering for å utvikle gode håndteringsmetoder (Hogland & Stenis, 2000). Dette gjennomføres av forskningsaktørene i W2V-prosjektet. Avfallsstrømmene som inkluderes i W2V-prosjektet blir klassifisert som både farlig og ikke farlig. Til tross for at noe avfall kan klassifiseres som ikke farlig betyr ikke det at det er miljøvennlig. Dette fordi avfallet kan avgi gasser eller sige ned i grunnvannet, som kan bety at avfallet blir farlig etter at det er deponert (Hamer, 2003). Det er derfor nødvendig å gjennomføre en

livsyklusvurdering av avfallet for å evaluere miljøpåvirkning og riktig håndteringsmetode av avfallet (Barton et al., 1996; Clift et al., 2000; Nouri et al., 2012).

### **6.2.2 Avfallstilnæringer**

I kapittel 3 ble det gjennomgått ulike tilnæringer til avfallshåndtering. Disse er; null-avfall, forebygging av avfall, renere produksjon og null utslipp. Tilnærmingene tar ikke utgangspunkt i miljøpåvirkning slik som avfallshierarkiet gjør, men blir kategorisert i henhold til utslippsgrad og avfallsmengde (Shahbazi et al., 2013). Ut fra analysen ser vi at det er vanskelig å oppnå null-avfall i prosessindustrien. Bakgrunnen for dette er at det er enkelte stoffer som må ut av prosessene for å oppnå en optimal produksjon. Likevel vil en i fremtiden kunne oppnå tilnærmet null-avfall. W2V-prosjektet vil bidra til at prosessbedriftene leverer avfallsstrømmer til resirkulering og forebygging som videre medfører lavere genererte avfallsmengder. Likevel vil ikke prosjektet løse alle avfallsutfordringer, da det fortsatt er usikkert om alt avfallet fra Alcoa og Norsk Hydro kan inngå i prosjektet. Dersom W2V-prosjektet blir industrialisert vil en kunne forebygge avfall på de avfallsstrømmene som i dag inngår i prosjektet, og en kan også utforske muligheter for andre avfallsstrømmer i andre omdanningsprosesser.

Gjennom analysen kom det frem at alle bedriftene har fokus på avfallsreduksjon og har et mål om å tilegne seg en av de ulike tilnærmingene for avfallshåndtering. I dag benytter metallprodusentene, som det er nevnt tidligere, en form for deponi og det er et kostnadsspørsmål om de klarer å utarbeide en strategi for å kunne redusere produksjon av avfall. Alcoa har satt interne mål om blant annet å redusere deponert avfall med 75% innen 2020 og 100% i 2030. Gjennom disse målene strekker de seg mot null-avfall tilnærmingen. Norsk Hydro har som mål å være CO<sub>2</sub> nøytrale innen 2025 som er et mål for å oppnå hovedtilnærmingen null utslipp. De to andre metallprodusentene hadde ingen klare interne mål for avfallsreduksjon. Det er derfor usikkert hvilken tilnærming de ønsker å følge. Ettersom både Eramet og Glencore Nikkelverk bidrar med store deler av sine avfallsmengder inn i prosjektet vil de få redusert avfallsmengdene sine betraktelig dersom prosjektet blir industrialisert. Eramet og Glencore Nikkelverk vil da kunne tilnærmet oppnå null-avfall (Shahbazi et al., 2013; Song et al., 2015).

### 6.3 EUs og Norges miljølover

Krav fra EU og Norge setter rammer for hvordan avfall fra produksjon skal håndteres i Norge. Det kommer frem av kapittel 5 og kapittel 3 at kravene har blitt strengere med årene og at bedriftene har måtte tilpasse seg disse. Endringene som bedriftene har opplevd er fastsatt i avfallsdirektivet (E. Directive, 2008), deponidirektivet (Council, 1999), deponiforskriften og forurensningsloven (Forurensningsloven, LOV-1981-03-13-6).

Lovgivning presser bedriftene til å opptre mer miljøvennlig, men bidrar også til innovasjon og revidering av egne prosesser. I tillegg stiller bedriftene sterkere i møtet med fremtidige miljøutfordringer. Det kommer frem av analysen at alle metallprodusentene har opplevd å måtte endre og tilpasse håndteringsmetoder med bakgrunn i strengere krav fra myndighetene. Noen er også i store endringsprosesser i dag for å overholde kravene. Det er en krevende prosess som også genererer store kostnader. Vi ser en trend i lovgivningen om at bruk av deponier skal reduseres og med tiden fases ut. I forslaget til nytt deponeringsdirektiv er det stort fokus på avfallsreduksjon, men det er ikke fastsatt noen konkrete mål per i dag. For at det skal bli deponert mindre avfall må det bli strengere reguleringer knyttet til deponering, slik at deponering av avfall ikke er lønnsomt eller eneste alternativ. I analysen kom det frem at Norsk Hydros deponeringskostnader tidligere var omtrent  $\frac{1}{3}$  av det de er i dag.

Avfallshåndteringen til Norsk Hydro er eksternt deponi, og de må betale en deponeringsavgift for å deponere avfallet på Langøya som er en offentlig aktør. De andre metallprodusentene har interne deponier og vil ikke oppleve en prisstigning slik Norsk Hydro gjør ved eksterne aktører. Derimot vil også de med interne deponier kunne oppleve å måtte betale deponeringsavgift dersom myndighetene forbyr interne deponi.

Av intervjuene ser vi at metallprodusentene opplever at regelverket i flere tilfeller går imot deres arbeid for å bli mer miljøvennlige fremfor å rettlede. Blant annet kommer det frem av metallprodusentene at kravene for transport av avfall er til hinder for å oppnå mer ressurseffektiv håndtering av avfallet. I tillegg opplever forskningsaktørene utfordringer knyttet til å transportere avfall til testanlegg. Det blir også sagt at lovgivning gjør det

vanskelig å gjenvinne avfallet på eget området. Gjennom intervjuene fremkom det at informantene til tider opplever lovverket som et hinder for de som forsøker å utvikle mer miljøvennlige metoder. Det kan være flere årsaker til hvorfor lovverket oppleves som tungvint, eller som en “papirmølle” som en av informantene omtaler det. Politikken som føres i landet bestemmer, men det er opp til styringspartiene hvilke lover og regler som skal gjelde. Dette kan være en faktor som bidrar til at det ikke er etablert en permanent endring, men heller flere små justeringer i lovverket. Det kan videre føre til at det ikke er klarhet i hvordan en skal håndtere regler knyttet til nye metoder. Det er også mange aktører som deltar i prosessene. De som styrer avfallspolitikken i Norge jobber kontinuerlig for å møte utfordringer knyttet til avfallshåndtering. Dette gjennomføres ved bruk av virkemidler som skal sikre en god samfunnsøkonomisk balanse mellom avfallsmengden som oppstår og de mengdene som blir gjenvunnet.

### **6.3.1 FNs bærekraftsmål**

Av analysen fremkom det at bærekraftsproblematikken har fått stor oppmerksomhet i prosessindustrien, og er en klar drivkraft for å utvikle en mer ressurseffektiv produksjon. Bedriftene i studien vet at dagens bruk av naturressurser- og avfallsmengden som deponeres ikke er bærekraftig på lang sikt. Dette ønsker de å endre og har derfor iverksatt flere prosjekter. Det kan trekkes paralleller mellom bedriftenes fokus på bærekraft og FNs bærekrafts mål (Regjeringen.no, 2015a), til tross for at ingen av informantene henviser direkte til målene. Det er en tydelig rød tråd mellom Alcoa sitt mål om null-avfall i 2030 og FNs mål om betydelig reduksjon av avfallsmengden innen 2030. Begge målene er svært krevende å oppfylle, har fokus på bærekraft i industrien og skal være oppfylt innen 2030. Det er også sammenhenger mellom W2V-prosjektet og FNs bærekraftsmål da industrialisering av prosjektet vil være et viktig bidrag for hver enkelt bedrift i arbeidet med å oppnå en mer ressurseffektiv produksjon (Regjeringen.no, 2015a). Det var interessant at alle bedriftene har fokus på bærekraft gjennom fokus på avfallsreduksjon og gjenvinning av materialer til tross for at FNs bærekraftsmål ikke er juridisk bindende for bedriftene (Regjeringen.no, 2015a). Dette viser at bedriftene selv tar samfunnsansvar, men også at verdens miljøfokus har flere positive effekter. Det er også viktig å påpeke at EU og myndighetens innstramminger av regelverket tvinger bedriftene til å ha fokus på riktig behandling av avfallet (Council, 1999; W. F. Directive, 2006).

## 6.4 Sirkulær økonomi og closed loop supply chain

I drøfting av kapittel 3 og kapittel 5 ser vi en sammenheng mellom begrepene sirkulær økonomi og CLSC. Det vil ikke være mulig å oppnå en sirkulær økonomi uten å lukke sløyfen i forsyningskjeden (CLSC). Dersom prosessindustrien klarer å lukke sløyfen ved å gjenvinne avfallet og føre avfallet tilbake til forsyningskjeden vil det være mulig å oppnå en sirkulær økonomi (Geissdoerfer et al., 2017; Lieder & Rashid, 2016). For å oppnå dette er en avhengig av å close loopen (lukke sløyfen). Ved beskrivelse av sirkulær økonomi og CLSC ser vi sammenhengen mellom tilnærmingene og at de er avhengig av hverandre.

Ut fra datainnsamlingen fremkom det at det er mulig å tilbakeføre avfallet og omdanne det til nye ressurser. Dersom en klarer å tilbakeføre avfallet i andre prosesser, slik at sløyfen i prosessindustrien blir lukket, kan en oppnå sirkulær økonomi. Slik det drøftes ovenfor er en avhengig av å klare å lukke sløyfen og tilbakeføre avfallet til en ny produksjon, for å kunne oppnå en sirkulær økonomi. Vi ser at avfallet som genereres av metallprodusentene har ulike egenskaper som kan tilføres til prosjektet.



#### **6.4.1 Fra lineær til sirkulær økonomi**

I følge French og LaForge (2006); Stindt og Sahamie (2014) har det vært lite fokus på CLSC i prosessindustrien tidligere og fokuset rundt sirkulær økonomi har kommet de senere årene. Prosessbedriftene er av samme oppfatning som Ehrenfeld og Gertler (1997) og har iverksatt flere prosjekter for å undersøke alternative metoder for å behandle ressurser og avfall mer effektivt. Flere har også undersøkt hvordan de kan gjenvinne og gjenbruke avfall og restprodukter som oppstår fra produksjon, og på den måten oppnå CLSC. De har alle stort fokus på avfallsforebygging og ressurseffektivitet som ifølge Loiseau et al. (2016) er grunnbegrepene i sirkulær økonomi. Gjennom W2V-prosjektet håper bedriftene at de kan oppnå en sirkulær økonomi mellom bedriftene ved en felles samling- og resirkulering av avfallsstrømmene, som også kan kalles CLSC. Gjenvinningsprosessene i forsyningskjedene er viktig for å kunne minimere avfallet fra prosessindustrien (French & LaForge, 2006).

Av intervjuene med informantene til Eramet og Glencore Nikkelverk fremkom det at de tror sirkulær økonomi kan bli fremtvunget gjennom knapphet på ressurser og stigende råvareprisene. Dersom forbruksveksten i dagens samfunn fortsetter å stige vil råvarelagrene etter hvert bli tomme og prisene vil stige. Dette blir også beskrevet av Pires et al. (2011), som hevder at knapphet på ressurser kan bidra til å fremme utvikling av livssyklus tenkning i avfallspolitikken. Stindt og Sahamie (2014); Talaei et al. (2016) påpeker også at en CLSC og sirkulær økonomi blir fremtvunget grunnet strengere lover og reguleringer. Det er her samsvar mellom utsagnene til informantene fra Eramet og Glencore Nikkelverk og tidligere forskning om sirkulær økonomi og CLSC.

Ut fra dataanalysen så vi at flere av bedriftene har forsøkt å gjenvinne avfall tidligere uten at det har vært lønnsomt. På bakgrunn av dette har det vært vanskelig å gå fra en lineær til en sirkulær økonomi tidligere. Dersom W2V-prosjektet blir industrialisert vil det bidra til at avfallsmengden blir minimert slik som French og LaForge (2006) beskriver. Det er dermed mulig å oppnå en CLSC som igjen fører til en sirkulær økonomi. Basert på lønnsomhetsberegningene ser vi at enkelte behandlingsalternativer har en positiv nåverdi når alternativkostnadene tas med. Grunnen er at prosessbedriftene allerede har eksisterende kostnader knyttet til deponering. I dag benytter alle bedriftene som deltar med avfall i prosjektet ulike former for deponier, det vil si at de har en lineær økonomi. Ressursene blir fjernet fra sine naturlige omgivelser og brukt i produksjon og deretter lagt på deponi (Murray et al., 2015). Prosjektet vil bidra til at ressursene blir gjenvunnet istedenfor å bli plassert på deponier, som igjen kan bidra til en sirkulær økonomi (Ehrenfeld & Gertler, 1997; Loiseau et al., 2016). Ved hjelp av W2V-prosjektet anser vi det som mulig å fornye designet til de ulike avfallsstrømmene i prosjektet slik at de kan bli benyttet i en annen prosess.

#### **6.4.2 Gjenvinningsprosessen**

Gjennom analysen ser vi at prosessindustrien tar tak i de åpne områdene knyttet til avfallshåndtering og gjenvinning som French og LaForge (2006) og Stindt og Sahamie (2014) beskriver. Det viser at fokuset har endret seg de siste årene og at det nå er rettet mot en bærekraftig produksjon hvor avfallshåndtering står sentralt. Prosessindustriens fremgangsmåte for å oppnå bærekraftig produksjon samsvarer med French og LaForge (2006) sin teori om at gjenvinning i forsyningskjeden er en virkningsfull metode for å minimere generert avfall. W2V-prosjektet vil bidra til at en oppnår både fremover- og reverserte verdistrømmer og vil føre til at sløyfen i forsyningskjeden blir lukket og avfallet fra produksjonen minimert. Av analysen kommer det frem at metallprodusentene ønsker å redusere avfallsmengden ved å gjenvinne avfallet og tilbakeføre det i produksjon, eventuelt selge det til eksterne interessenter. Avfallet som skal gjenvinnes blir returnert fra interne strømmer og har dermed ikke forlatt bedriften (Morltz Fleischmann, 2001; French & LaForge, 2006; Stindt & Sahamie, 2014). Gjennom behandlingsmetodene som vi har fått innblikk i samles avfallsstrømmene fra metallprodusentene i et eksternt anlegg, hos Elkem eller ReSiTec. Etter at avfallet er behandlet blir det transportert til metallprodusentene som kan tilbakeføre det til produksjonen. Da blir CLSC "sløyfen" lukket. Eventuelt kan det

gjenvinnende produktet bli videresolgt til interessenter. Denne fremgangsmåten er valgt med bakgrunn i at Elkem og ReSiTec utvikler teknologien for avfallshåndteringen og besitter anlegg som kan gjenvinne det. Ved ønske om større kapasitet må også disse investere i nytt utstyr eller oppgradere eksisterende. Som Stindt og Sahamie (2014) påpeker er det viktig å vurdere gjenvinningsmetoden nøye da valget gir grunnlag for bedriftens bærekraft. Dette er alle bedriftene i W2V-prosjektet innforstått med og de tildeler mye ressurser til utvikling av behandlingsmetoder som er kostnads- og ressurseffektive.

Forskning inndeler CLSC i to ulike dimensjoner. Den ene er markedsdrevet, det vil si at målet er maksimal profitt og den andre er drevet av avfallsstrømmer med mål om å minimere kostnader (Guide Jr & Van Wassenhove, 2009). W2V-prosjektet har ikke som mål å maksimere profitten, men å redusere kostnader og ha en bærekraftig tilnærming for bedriften. Det vil si at det er en løsning som gir lavere kostnader for bedriften samt en bedre løsning for miljøet ved redusert bruk av deponi for de ulike avfallsstrømmene. Basert på dataanalysen fremkom det at metallprodusentene ikke har et mål om å tjene penger på prosjektet, men heller å redusere kostnader. De har som mål å bli kvitt avfallet på en kostnadseffektiv måte. Ut i fra analysen ser vi at hovedmålet til hele prosjektet er å ha en lønnsom omdanningsprosess, der prosessbedriftene blir kvitt deres avfall og forskningsaktørene utvikler teknologi som gjør dette mulig. Det er dermed viktig å ta i betraktning at en bærekraftig produksjon ikke vil være levedyktig dersom bedriften ikke har økonomi til å benytte den.

Ved at prosjektet inkluderer flere avfallsstrømmer fra ulike bedrifter skiller det seg fra teori og tidligere forskning som omhandler CLSC. Bedriftene i prosjektet er fra tre ulike typer prosessindustrier. I følge Stindt og Sahamie (2014) er de fleste studiene på CLSC gjennomført i produktproduksjon fremfor prosessindustri. De ulike studiene baseres på eksterne strømmer hvor avfallet blir samlet inn og håndtert på riktig måte for å oppnå CLSC. Det kan derfor være utfordrende å sammenligne hva som er blitt gjort andre steder opp mot det som gjøres i W2V-prosjektet.

Slik det er drøftet tidligere i avhandlingen er det en sammenheng mellom det å oppnå CLSC og sirkulær økonomi. Dersom prosjektet blir industrialisert vil det skapes reverserte

verdistrømmer gjennom tilbakeføring av avfallet til en produksjonsprosess til en av de deltakende bedriftene eller en ekstern produksjon. Det vil da være en bidragsyter for å oppnå en sirkulær økonomi i prosessindustrien. Sirkulær økonomi er en tilnærming som foregår på overordnet nivå innenfor verdikjeden. Kina var tidlig ute med innføring av sirkulær økonomi og benytter dette også i dag (Zhou et al., 2014). Ved at prosjektet blir industrialisert anser vi det som et riktig steg for prosessindustrien.

### **6.4.3 Det gjenvinnende produktets egenskaper**

Guide Jr og Van Wassenhove (2009) tar for seg utfordringer knyttet til egenskapene til produktene som skapes gjennom gjenvinning og muligheten for at de ikke møter produktkrav. Dette området har fått stort fokus i W2V-prosjektet og forskningsaktørene arbeider kontinuerlig med grundige analyser og vurderinger av avfallet og produktets egenskaper. Med dette ønsker prosessindustrien å oppnå gjenvinnende produkter av høy kvalitet med best mulige egenskaper.

Som Guide Jr og Van Wassenhove (2009) beskriver må det være et marked for det nye produktet som blir utviklet. Vi opplever det som vanskelig for bedriftene å innhente data om interessenter og potensiell inntjening per dags dato da fremtidig behandlingsmetoden ikke er avklart. Da behandlingsmetoden ikke er bestemt er heller ikke produktets egenskaper klart. Uten å vite produktets eksakte egenskaper og renhet er det vanskelig å fastsette bruksområder eller en pris da egenskapene må vurderes opp mot dagens råvarepriser. I tillegg er råvareprisene flytende som gjør det vanskelige å fastsette en pris i dag som vil være gjeldende når prosjektet er gjennomført.

## **7. Konklusjon, implikasjoner og videre forskning**

I dette avsluttende kapittelet er studiens konklusjon, implikasjoner og videre forskning presentert. Innledningsvis gis en presentasjon av studiens konklusjon. Videre er det diskutert hvilke praktiske- og teoretiske implikasjoner studien bidrar med. Avslutningsvis er forslag for videre forskning beskrevet.

## 7.1 Konklusjon

I denne studien har vi undersøkt økonomiske- og miljømessige konsekvenser ved gjenvinning av avfall fra produksjon i prosessindustrien. I kapittel 5. analyse av datamateriale og 6. drøfting har de fire forskningsspørsmålene blitt besvart. For å belyse de økonomiske konsekvensene undersøkte vi lønnsomheten til de ulike behandlingsalternativene som vi fikk tilgang til gjennom W2V-prosjektet. For å vurdere de miljømessige konsekvensene har vi drøftet innsamlet datamateriale opp mot studiens teoretiske rammeverk. Metallprodusentene har tidligere gjennomført prosjekter for å gjenvinne avfall, men de har ikke klart å utvikle en kostnadseffektiv metode. Dette samsvarer med Cheng et al. (2003) sin teori om at det kan oppstå konflikter mellom økonomi og miljø ved valg av håndteringsmetode. Derimot ser vi at et samarbeid gjennom W2V-prosjektet vil kunne gjøre et gjenvinningsprosjekt lønnsomt da kostnadene blir fordelt mellom deltakerne.

En økonomisk konsekvens ved gjenvinning av avfall fra prosessindustrien er at en sparer kostnader knyttet til deponering. I dag håndteres avfallet ved at det plasseres på deponier, enten på egne eller eksterne. Med dette har metallprodusentene eksisterende kostnader knyttet til denne håndteringsmetoden. Ved gjenvinning fremfor deponering vil denne kostnaden bli lavere da mengden avfall som blir deponert blir redusert, som også er tilfellet ved realisering av W2V-prosjektet. Avfallsmengdene blir redusert fordi avfall går til gjenvinning og blir et nytt produkt. En annen mulig økonomisk konsekvens er at ved salg av gjenvunnet produkt til et eksternt marked vil en få en potensiell inntektskilde. Gjennom studien fremkom det at det er flere faktorer som har påvirkning på lønnsomheten til prosjekter hvor en endrer håndteringsmetode for avfallet.

I studien er det blitt identifisert ulike faktorer som vil ha innvirkning på økonomiske konsekvenser. Av studien fremkommer det at dersom myndighetene innfører strengere krav, for eksempel knyttet til deponier, vil de økonomiske konsekvensene bli mer gunstige enn det som kommer frem i lønnsomhetsberegningene til behandlingsalternativene. Generelt vil også endringer i kostnader ha innvirkning på de økonomiske konsekvensene. Av studien kommer det frem at mannskapskostnader og energiforbruk er de viktigste kostnadsdriverne. I tillegg vil også investeringsutgifter ha innvirkning på lønnsomheten. Når markedet for

gjenvinningsteknologien vokser, vil også investeringskostnadene for utstyret reduseres. I tilknytning til potensiell inntjening har vi gjennom studien sett at råvareprisen også vil ha innvirkning på lønnsomheten.

Gjennom studien har vi også identifisert flere miljømessige konsekvenser ved å gjenvinne avfall fra produksjon i prosessindustrien. Ved å gjenvinne avfall fremfor å deponere går en opp to nivåer i avfallshierarkiet (E. Directive, 2008). Dette innebærer at mindre mengder avfall blir plassert på deponi i forhold til det som gjøres i dag, og anses derfor som en mer bærekraftig metode. Av studien fremkommer det at ved gjenvinning av avfall blir naturressurser spart ved at produksjonen har et redusert behov for nye ressurser. Natur og landområder blir også ivaretatt da færre mengder avfall plasseres på deponier. Dette fører til et redusert behov for å etablere nye deponier eller utvide eksisterende. Dermed unngår en å ødelegge ytterligere landområder. En annen miljømessig konsekvens ved gjenvinning av avfall vil være at forurensning reduseres ved at mindre mengder avfall blir lagt på deponi (Song et al., 2015).

Oppsummert ser vi at det er flere økonomiske- og miljømessige konsekvensene ved gjenvinning av avfall i prosessindustrien. De økonomiske konsekvensene er at deponikostnader blir redusert og det foreligger muligheter for en potensiell inntjening. De miljømessige konsekvensene vil være sparte naturressurser, ivaretagelse av naturområder og redusert forurensning.

## 7.2 Praktiske og teoretiske implikasjoner

Funnene i studien viser at ved å endre behandlingsmetode for avfallet er det mulig å oppnå en mer bærekraftig produksjon. Dette innebærer en mer ressurseffektiv behandling da avfallet blir gjenvunnet. I den forbindelse er det viktig å påpeke at behandlingsmetoden også må være bærekraftig for bedriften. Funnene i studien indikerer at industrien ikke har som mål å maksimere profitten gjennom gjenvinning, men har heller fokus på miljøgevinster gjennom avfallsreduksjon. Ved industrialisering av W2V-prosjektet skapes reverserte verdistrømmer og ressurser blir gjenvunnet som igjen bidrar til at sirkulær økonomi kan oppnås.

Studien kan være en inspirasjonskilde for andre industrier som også deponerer avfall. Gjennom studien får en innblikk i hvordan en kan tenke nytt og utvikle nye prosesser for å oppnå en mer bærekraftig produksjon ved gjenvinning. Studien bevisstgjør muligheter og hvordan en kan ta steget opp i EUs avfallshierarki. Den synliggjør også at det er eksisterende lover på området, men at det kan være nødvendig at myndighetene fornyer- og tilpasser disse i henhold til FNs bærekraftsmål for å bli mer dagsaktuelle. Det kom også frem at det er behov for et sterkere samarbeid mellom myndighetene og industrien for å tilrettelegge for bærekraftig produksjon og avfallshåndtering. Studien belyser også betydningen av å kunne samarbeide med bedrifter i egen- eller andre bransjer og kunne se utenfor sin egen port. Dette fordi et samarbeid kan skape et verdifullt diskusjonsforum der en kan dele alt fra kunnskap, erfaringer, utfordringer til muligheter. Gjennom studien fremkommer det også at når industrier går sammen kan de dele kostnader knyttet til forskning, utvikling og investeringer, og sammen utvikle metoder for bærekraftig håndtering av avfallet. I tillegg belyser studien at det er nødvendig å ta hensyn til økonomiske faktorer da de har innvirkning på lønnsomheten til avfallshåndteringen. Dette kan være et interessant bidrag da det i litteraturen har vært mindre fokus på økonomiske forhold ved gjenvinning av avfall i prosessindustrien. Denne studien bidrar også med mer kunnskap på området om avfallsreduksjon i prosessindustrien.

### 7.3 Videre forskning

Det er flere spennende områder for videre forskning knyttet til denne studien. Fenomenet vi har studert er dagsaktuelt og vi tror det vil få mer oppmerksomhet i tiden fremover da miljøproblemene øker. Videre forskning burde derfor rettes mot denne utviklingen.

For videre forskning kunne det være interessant å studere W2V-prosjektet ved et senere tidspunkt. Da prosjektet var i startfasen under gjennomføring av studien var det noen uavklarte områder. Det innebar at studien ble basert på potensielle løsninger og tilhørende estimater. Ved å gjennomføre studien på et senere tidspunkt kunne en fått et mer riktig bilde av lønnsomheten knyttet til behandlingsalternativene. Dette med bakgrunn i at prosesser er valgt og dermed er egenskapene til det nye produktet identifisert. I tillegg vil det høyst sannsynlig være gjennomført markedsundersøkelser som identifiserer potensielle interessenter.

Det kunne også vært spennende å undersøke økonomiske konsekvenser ved å tilbakeføre avfallet i egen produksjon fremfor videresalg til eksternt marked. Gjennom en slik studie kunne en vurdert dette alternativet opp mot videresalg. Det hadde gitt et mer helhetlig bilde av de økonomiske konsekvensene ved gjenvinning av avfall.

Vi tror også at det kan være verdifullt å gjennomføre en tilsvarende studie i andre kontekster. Studien omhandler avfallshåndtering i prosessindustrien og hvilke følger endring i behandlingsmetode av avfall medfører. For videre forskning hadde det vært interessant å undersøke dette fenomenet i andre bransjer eller industrier. Da kunne en fått innblikk i hvilke utfordringer andre står ovenfor samt hvordan de tilnærmer seg dette. Det ville også kommet frem om det er andre mulige miljømessige- og økonomiske konsekvenser. I tillegg vil en slik studie belyse om det foreligger andre kostnadsdrivere som vil ha innvirkning på lønnsomheten.



## Referanseliste

- Abdallah, T., Farhat, A., Diabat, A. & Kennedy, S. (2012). Green supply chains with carbon trading and environmental sourcing: Formulation and life cycle assessment. *Applied Mathematical Modelling*, 36(9), 4271-4285.
- Agrawal, A., Kumari, S. & Sahu, K. (2011). Studies on solvent extraction of iron (III) as a step for conversion of a waste effluent to a value added product. *Journal of Environmental Management*, 92(12), 3105-3111.
- Alcoa. (2015). *Annual Report 2015 Alcoa Norge*.
- Barton, J., Dalley, D. & Patel, V. (1996). Life cycle assessment for waste management. *Waste Management*, 16(1), 35-50.
- Black, K. (2009). *Business statistics: Contemporary decision making*: John Wiley & Sons.
- Brandenburg, M. (2015). Low carbon supply chain configuration for a new product—a goal programming approach. *International Journal of Production Research*, 53(21), 6588-6610.
- Bredesen, I. (2015). *Investering og finansiering* (5. utg. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Brundtland, G. H. & Dahl, O. (1987). *Vår felles framtid* (Our common future). Oslo: Tiden norsk forlag.
- Cheng, S., Chan, C. W. & Huang, G. H. (2003). An integrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16(5–6), 543-554. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0952-1976\(03\)00069-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0952-1976(03)00069-1)
- Clift, R., Doig, A. & Finnveden, G. (2000). The Application of Life Cycle Assessment to Integrated Solid Waste Management: Part 1—Methodology. *Process Safety and Environmental Protection*, 78(4), 279-287. doi: 10.1205/095758200530790
- Cluster, E. (2017). Glencore nikkerverk AS. Hentet 30.03 fra <https://www.eydecluster.com/no/medlemmer/kjerne-medlemmer/glencore-nikkerverk-as/>
- Comission, E. (2014). Proposal for a directive of the European parliament and of the council. Hentet 10.03 fra [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e669092f-01e1-11e4-831f-01aa75ed71a1.0001.01/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e669092f-01e1-11e4-831f-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1&format=PDF)
- Comission, E. (2017). REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS
- on the implementation of the Circular Economy Action Plan. Hentet 10.03 fra [http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/implementation\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/implementation_report.pdf)
- Commission, E. E. (2015). Communication COM (2015) 614/2: Closing the Loop—an EU Action Plan for the Circular Economy.
- Council, E. (1999). Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. *Official Journal*(L 182).
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design : choosing among five approaches* (2nd ed. utg.). Thousand Oaks, Calif: Sage.
- Creswell, J. W. (2009). *Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3rd ed. utg.). Los Angeles: SAGE.
- David, E. & Kopac, J. (2012). Hydrolysis of aluminum dross material to achieve zero hazardous waste. *Journal of Hazardous Materials*, 209, 501-509.

- David, E. & Kopac, J. (2013). Aluminum recovery as a product with high added value using aluminum hazardous waste. *Journal of Hazardous Materials*, 261, 316-324.
- Directive, E. (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. *Official Journal of the European Union L*, 312(3).
- Directive, W. F. (2006). Directive 2006/12/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on waste. *Official Journal of the European Union*, 144(9).
- Duan, H., Huang, Q., Wang, Q., Zhou, B. & Li, J. (2008). Hazardous waste generation and management in China: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 158(2–3), 221-227. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.01.106>
- Dubois, A. & Gadde, L.-E. (2002). Systematic combining: an abductive approach to case research. *Journal of Business Research*, 55(7), 553-560. doi: 10.1016/S0148-2963(00)00195-8
- Ehrenfeld, J. & Gertler, N. (1997). Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of industrial Ecology*, 1(1), 67-79.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *The Academy of Management Review*, 14(4), 532-550.
- El-Fadel, M., Zeinati, M., El-Jisr, K. & Jamali, D. (2001). Industrial-waste management in developing countries: the case of Lebanon. *Journal of Environmental Management*, 61(4), 281.
- Eramet. (2016). Bærekrafttrappport. Hentet 10.03 fra <http://eramet.no/baerekrafttrappport/>
- Faniran, O. & Caban, G. (1998). Minimizing waste on construction project sites. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 5(2), 182-188.
- Flapper, S. D. P., Fransoo, J. C., Broekmeulen, R. A. C. M. & Inderfurth, K. (2002). Planning and control of rework in the process industries: A review. *Production Planning & Control*, 13(1), 26-34. doi: 10.1080/09537280110061548
- Fleischmann, M. (2001). Quantitative models for reverse logistics: Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems: Springer-Verlag, Germany.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A. & Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 1-17.
- Flick, U. (2013). *The SAGE handbook of qualitative data analysis*: Sage.
- Forurensningsloven. (LOV-1981-03-13-6). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall* ISBN 82-504-1304-0. Hentet fra [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6/KAPITTEL\\_5\\_-\\_§34](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6/KAPITTEL_5_-_§34)
- French, M. L. (2002). *Closed-loop supply chains in process industries: an exploratory study of re-use practices*. Clemson University Clemson, SC
- French, M. L. & LaForge, R. L. (2006). Closed-loop supply chains in process industries: An empirical study of producer re-use issues. *Journal of Operations Management*, 24(3), 271-286.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P. & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- Greyson, J. (2007). An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 15(13), 1382-1390.
- Grosso, M., Motta, A. & Rigamonti, L. (2010). Efficiency of energy recovery from waste incineration, in the light of the new Waste Framework Directive. *Waste Management*, 30(7), 1238-1243.
- Guide Jr, V. D. R. & Van Wassenhove, L. N. (2009). OR FORUM—The evolution of closed-loop supply chain research. *Operations research*, 57(1), 10-18.

- Guide, V. D. R. & Van Wassenhove, L. N. (2000). Closed-loop supply chains. *WORKING PAPERS-INSEAD R AND D*.
- Halcomb, E. J. & Davidson, P. M. (2006). Is verbatim transcription of interview data always necessary? *Applied Nursing Research*, 19(1), 38-42.
- Hamer, G. (2003). Solid waste treatment and disposal: effects on public health and environmental safety. *Biotechnology Advances*, 22(1-2), 71-79. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2003.08.007>
- Herzik, E. B. (1992). The development of hazardous waste management as a state policy concern. *Review of Policy Research*, 11(1), 141-148.
- Hogland, W. & Stenis, J. (2000). Assessment and system analysis of industrial waste management. *Waste Management*, 20(7), 537-543.
- Hydro, N. (2016). *Annual Report 2016*. Hentet fra <http://www.hydro.com/globalassets/1-english/investor-relations/annual-report/2016/downloads/annual-report-2016.pdf>
- InfoMine. (2017). 6 Month Iron Ore Pellets Prices and Price Charts. Hentet 14.04 fra <http://www.infomine.com/investment/metal-prices/iron-ore-pellets/6-month/>
- Inglezakis, V. J. & Zorpas, A. (2011). Industrial hazardous waste in the framework of EU and international legislation. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 22(5), 566-580.
- Johannessen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2010). Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode.
- Johnson, R. B. (1997). Examining the validity structure of qualitative research. *Education*, 118(2), 282.
- King, N. & Horrocks, C. (2010). *Interviews in qualitative research*: Sage.
- Kleindorfer, P. R., Singhal, K. & Wassenhove, L. N. (2005). Sustainable operations management. *Production and operations management*, 14(4), 482-492.
- Kobza, N. & Schuster, A. (2016). Building a responsible Europe-the value of circular economy. *IFAC-PapersOnLine*, 49(29), 111-116.
- Lawrence, J. & Tar, U. (2013). The use of Grounded theory technique as a practical tool for qualitative data collection and analysis. *Electronic Journal of Business Research Methods*, 11(1), 29-40.
- Lieder, M. & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.
- Lilja, R. (2009). From waste prevention to promotion of material efficiency: change of discourse in the waste policy of Finland. *Journal of Cleaner Production*, 17(2), 129-136.
- Lilja, R. & Liukkonen, S. (2008). Industrial hazardous wastes in Finland – trends related to the waste prevention goal. *Journal of Cleaner Production*, 16(3), 343-349. doi: 10.1016/j.jclepro.2006.08.015
- Loiseau, E., Saikku, L., Antikainen, R., Droste, N., Hansjürgens, B., Pitkänen, K., . . . Thomsen, M. (2016). Green economy and related concepts: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 139, 361-371.
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *J. Ind. Ecol.*
- Martin, J. A. & Eisenhardt, K. M. (2010). Rewiring: cross-business-unit collaborations in multibusiness organizations.(Report). *Academy of Management Journal*, 53(2), 265.
- McCracken, G. (1988). *Long Interview* (Qualitative Research Methods, Bind v.13). Los Angeles: SAGE Publications Inc.
- McDonough, W. & Braungart, M. (2003). Towards a sustaining architecture for the 21st century: the promise of cradle-to-cradle design. *Industry and environment*, 26(2), 13-16.

- McDonough, W. & Braungart, M. (2009). *Cradle to cradle : remaking the way we make things*. London: Vintage books.
- Meyer, C. B. (2001). A Case in Case Study Methodology. *Field Methods*, 13(4), 329-352. doi: 10.1177/1525822X0101300402
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: A sourcebook*. Beverly Hills: Sage Publications.
- Miles, M. B., Huberman, A. M. & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis : a methods sourcebook* (3rd ed. utg.). Los Angeles: Sage.
- Miljødirektoratet. (2013). Hentet 16.03 fra <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tjenester-og-verktoy/Veileder/Klassifisering-av-farlig-avfall-basert-pa-innhold-av-farlige-stoffer/>
- Miljøverndepartementet. (2002). Forskrift om deponering av avfall. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2002-03-21-375>
- Murray, A., Skene, K. & Haynes, K. (2015). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*. doi: 10.1007/s10551-015-2693-2
- Navia, R. & Bezama, A. (2008). Hazardous waste management in Chilean main industry: An overview. *Journal of Hazardous Materials*, 158(1), 177-184. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.01.071
- Norad. (2016). Bærekraftsmålene: Hovedmål og delmål. Hentet 10.03 fra <https://www.norad.no/om-bistand/barekraftsmalene/barekraftsmalene-hovedmal-og-delmal>
- Nouri, J., Nouri, N. & Moeeni, M. (2012). Development of industrial waste disposal scenarios using life-cycle assessment approach. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 9(3), 417-424. doi: 10.1007/s13762-012-0076-0
- Pichtel, J. (2005). *Waste management practices: municipal, hazardous, and industrial*: CRC Press.
- Pires, A., Martinho, G. & Chang, N.-B. (2011). Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques. *Journal of Environmental Management*, 92(4), 1033-1050. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.024>
- Regjeringen.no. (2015a). FNs bærekraftsmål en stor styrke for klima og miljøarbeidet. Hentet 10.03 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/barekraftmal/id2429029/>
- Regjeringen.no. (2015b). GRØNN KONKURRANSEKRAFT. Hentet 10.03 fra <http://www.gronnkonkurranseskraft.no/files/2016/10/Strategi-for-grønn-konkurranseskraft.pdf>
- Regjeringen.no. (2016a). Forslag til klimalov - høring. Hentet 10.03 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/forslag-til-klimalov---horing/id2512623/?uid=958e6e20-9e6b-4336-b3da-dfa66e8d8b9e>
- Regjeringen.no. (2016b). Norges oppfølging av FNs bærekraftsmål. Hentet 20.03 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/sdg/id2505400/>
- Ringdal, K. (2013). *Enhet og mangfold : samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode* (3. utg. utg.). Bergen: Fagbokforl.
- Ryen, A. (2002). *Det kvalitative intervjuet : fra vitenskapsteori til feltarbeid*. Bergen: Fagbokforl.
- Saunders, M. N. K., Lewis, P. & Thornhill, A. (2016). *Research methods for business students* (7th ed. utg.). Harlow: Pearson.
- Savin-Baden, M. & Major, C. H. (2013). *Qualitative research : the essential guide to theory and practice*. London: Routledge.
- Schmidt, A. (1992). Closed-cycle technologies in the chemical industry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 31(1), 43-47.



- Schmidt-Bleek, P. D. F., Schmidt-Bleek, F. & Wiegandt, K. (2011). *The Earth : Natural Resources and Human Intervention* (Sustainability Project). London: Haus Publishing.
- Seadon, J. K. (2010). Sustainable waste management systems. *Journal of Cleaner Production*, 18(16–17), 1639-1651. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.07.009>
- Shahbazi, S., Kurdve, M., Bjelkemyr, M., Jönsson, C. & Wiktorsson, M. (2013). *INDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT WITHIN MANUFACTURING: A COMPARITIVE STUDY OF TOOLS, POLICIES, VISIONS AND CONCEPTS*. Paper presentert på The 11th International Conference on Manufacturing Research (ICMR2013), Cranfield UK, 19 September-20 September 2013
- Song, Q., Li, J. & Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, 104, 199-210.
- SSB. (2008). Vekst og velstand gjennom 50 år. Hentet 20.04 fra <https://www.ssb.no/inntekt-og-forbruk/artikler-og-publikasjoner/vekst-og-velstand-gjennom-50-aar>
- SSB. (2011). Avfall fra industrien, 2008. Hentet 20.02.2017 fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfind>
- SSB. (2016). Avfallsregnskapet, 2014. Hentet 20.02 fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfregno>
- Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*, 163(3), 575-588.
- Steinberger, J. K., van Niel, J. & Bourg, D. (2009). Profiting from negawatts: Reducing absolute consumption and emissions through a performance-based energy economy. *Energy Policy*, 37(1), 361-370. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.030>
- Stindt, D. & Sahamie, R. (2014). Review of research on closed loop supply chain management in the process industry. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 26(1-2), 268-293.
- Stortinget. (2015). EU/EØS-arbeidet. Hentet fra <https://www.stortinget.no/no/Stortinget-og-demokratiet/Arbeidet/EUEOS-arbeid/>
- Talaei, M., Moghaddam, B. F., Pishvae, M. S., Bozorgi-Amiri, A. & Gholamnejad, S. (2016). A robust fuzzy optimization model for carbon-efficient closed-loop supply chain network design problem: a numerical illustration in electronics industry. *Journal of Cleaner Production*, 113, 662-673.
- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse : en innføring i kvalitativ metode* (4. utg. utg.). Bergen: Fagbokforl.
- Tjora, A. H. (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (2. utg. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Van de Ven, A. H. (2007). *Engaged scholarship : a guide for organizational and social research*. Oxford: Oxford University Press.
- Wells, P. & Seitz, M. (2005). Business models and closed-loop supply chains: a typology. *Supply Chain Management: An International Journal*, 10(4), 249-251.
- Witjes, S. & Lozano, R. (2016). Towards a more Circular Economy: Proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models. *Resources, Conservation and Recycling*, 112, 37-44. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.04.015>
- Yin, R. K. (2014). *Case study research : design and methods* (5th ed. utg.). Los Angeles, Calif: SAGE.
- Zhou, K., Bonet Fernandez, D., Wan, C., Denis, A. & Juillard, G.-M. (2014). *A study on circular economy implementation in China*: Working papers 2014-312, Department of Research, Ipag Business School.

# Vedlegg

## Vedlegg 1 NSD



Roland Hellberg

Institutt for industriell økonomi, strategi og statsvitenskap Handelshøgskolen Høgskolen i SørøstNorge

3511 HØNEFOSS

Vår dato: 09.03.2017

Vår ref: 52564 / 3 / AMS

Deres dato:

Deres ref:

### TILBAKEMELDING PÅ MELDING OM BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 27.01.2017. Meldingen gjelder prosjektet:

52564	Verdivurdering av waste to value
Behandlingsansvarlig	Høgskolen i Sørøst-Norge, ved institusjonens øverste leder
Daglig ansvarlig	Roland Hellberg
Student	Anita Dahl Hystad

Personvernombudet har vurdert prosjektet og finner at behandlingen av personopplysninger er meldepliktig i henhold til personopplysningsloven § 31. Behandlingen tilfredsstiller kravene i personopplysningsloven.

Personvernombudets vurdering forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeskjemaet, korrespondanse med ombudet, ombudets kommentarer samt personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema, <http://www.nsd.uib.no/personvern/meldeplikt/skjema.html>. Det skal også gis melding

etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en offentlig database,  
<http://pvo.nsd.no/prosjekt>.

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 15.05.2017, rette en henvendelse angående status for behandlingen av personopplysninger.

Vennlig hilsen

Kjerst Haugstvedt

Kontaktperson: Anne-Mette Somby tlf: 55 58 24 10

*Dokumentet er elektronisk produsert og godkjent ved NSD's rutiner for elektronisk godkjenning.*

NSD – Norsk senter for forskningsdata AS    Harald Hårfagres gate 29    Tel: +47-55 58 21 17    nsd@nsd.no    Org.nr. 985 321 884  
NSD – Norwegian Centre for Research Data    NO-5007 Bergen, NORWAY    Faks: +47-55 58 96 50    www.nsd.no



Utvalget informeres skriftlig og muntlig om prosjektet og samtykker til deltakelse. Informasjonsskrivet er godt utformet.

Personvernombudet legger til grunn at forskere og studenter følger Høgskolen i Sørøst-Norge sine rutiner for datasikkerhet. Dersom personopplysninger skal lagres på mobile enheter, bør opplysningene krypteres.

Det oppgis at personopplysninger skal publiseres. Personvernombudet legger til grunn at det foreligger eksplisitt samtykke fra den enkelte til dette. Vi anbefaler at deltakerne gis anledning til å lese igjennom egne opplysninger og godkjenne disse før publisering.

Forventet prosjektslutt er 15.05.2017. Ifølge prosjektmeldingen skal innsamlede opplysninger da anonymiseres. Anonymisering innebærer å bearbeide datamaterialet slik at ingen enkeltpersoner kan gjenkjennes. Det gjøres ved å:

- slette direkte personopplysninger (som navn/koblingsnøkkel)
- slette/omskrive indirekte personopplysninger (identifiserende sammenstilling av bakgrunnsopplysninger som f.eks. bosted/arbeidssted, alder og kjønn)
- slette digitale lydopptak

Prosjektet gjennomføres av studentene Cecilie Kjølleberg og Anita Dahl Hystad



## Intervjuguide metallprodusenter

### Spørsmål

#### 1. Innledning

- Presenter oss selv
- Spør om lydopptak

#### 2. Biografisk data

- Navn:
- Utdannelse:
- Erfaring:

#### 3. Grand tour

- Fortell kort om bedriften:
- Hvilken stilling har du i bedriften?
  - Hva er arbeidsoppgavene dine?
- Hva er din rolle i W2V?

#### 4. Kategorispørsmål

##### Tema 1: Miljømessige faktorer

- Hvilke type avfall og biprodukter genererer dere?
  - Hvor mye (kg/tonn)?
  - Hvor mye vil gå til prosjektet?
  - Hvor stor andel av dette regnes som farlig?
  - Hva inneholder avfallet som dere bidrar med til prosjektet? (Avfallsanalyse)?
- Hvordan håndteres avfallet i dag (både farlig og ufarlig)?
- Hvilke faktorer har avgjort valgt håndteringsmetode?
- Vet du om andre metoder for å håndtere avfallet deres?
  - Hvis ja, hvilke?
  - Og hvorfor benyttes ikke dette?
- Når og hvorfor ble det fokus på avfallsreduksjon?
- Har dere gjennomført prosjekter tidligere med fokus på avfallsreduksjon?
- Hvilken holdning har bedriften til null-avfalls filosofien?
  - Har dere noe mål for fremtiden?

##### Tema 2: Økonomiske faktorer

- Hvilke kostnader påløper for avfallet som brukes i W2V-prosjektet? (miljøavgifter, transport og evt. deponering)
- Sett i en totalsammenheng for hele bedriften, hvor store er kostnadene knyttet til avfallshåndteringen? (miljøavgifter, transport og evt. deponering)
- Hvilke kostnader knyttet til håndtering av avfall anses som høyest for bedriften (deponi, transport eller andre)?

##### Tema 3: Prosjektet W2V

- Hvorfor valgte dere å delta i prosjektet?
- Hvor er dere i prosjektfasen i dag? (Startfase, gjennomføringsfase eller avslutningsfase)?
- Hvilke ressurser bidrar dere med i prosjektet?

- Hvilke kostnader påløper for Alcoa i prosjektet (for eksempel transport av avfall fra dere til ReSiTec, testing, analyse osv)?
- Hva ønsker dere (som individuell bedrift) å oppnå med prosjektet?
  - Anser du det nye produktet som potensiell inntektskilde for Alcoa?
  - Hva tror du at Alcoa oppnår ved prosjektet?
- Vil du anse resultatet av w2v prosjektet som bærekraftig for miljøet og bedriften? (Hypotetisk sett)
  - Er det ressursmessig forsvarlig mtp energibruk i omgjøringsprosessen?

Tilslutt har vi et mer teoretisk spørsmål knyttet til begrepene sirkulær økonomi og closed-loop supply chain. Er dette begreper du kjenner til?

- Anser du det som mulig å oppnå sirkulær økonomi eller closed-loop forsyningskjede gjennom W2V?

### **5. Oppsummering**

- Er det noe du vil legge til?
- Veien videre, mulighet for oppfølgingsspørsmål pr. mail, tlf, etc.
- Takk for oss
- **Lyddopptak slutt**

# Intervjuguide forskningsaktører

## Spørsmål

### 1. Innledning

### 2. Biografisk data

- Navn:
- Utdannelse:
- Erfaring:

### 3. Grand tour

- Fortell kort om bedriften:
- Hvilken stilling har du i bedriften?
- Hva er arbeidsoppgavene dine?
- Hva er din rolle i W2V?

### 4. Kategorispørsmål

#### Tema 1: Prosjektet W2V

- Hva er bakgrunnen for dette prosjektet?
  - Hva er formålet med prosjektet?
  - Hva ønsker bedriften å oppnå med prosjektet?
- Hva er Elkem sin rolle i prosjektet?
- Kan du si noe om utvalget av deltakende bedrifter i prosjektet? Hvorfor ble disse valgt?
- Kan du nevne noen risikoer knyttet til prosjektet?
- Hvordan håndteres de ulike avfallstypene når de kommer til dere (før omdanning)? (sortering, samling)
  - Er det forskjellig håndtering fra avfallstypene?
- Hvordan foregår prosessen med å omdanne avfallet til et nytt produkt (varme/kulde)?
  - Hvorfor har dere valgt denne prosessen?
  - Er det ressursmessig forsvarlig mtp energibruk i omgjøringsprosessen?
- Kjenner du til alternative metoder for å omdanne disse avfallene til et nytt produkt? (
  - Hvis, ja – hvorfor benyttes ikke denne?
- Kan du fortelle litt om det nye produktet som blir et resultat av prosjektet?
- Hva kan det nye produktet brukes til?
- Hvem er det nye produktet attraktivt for?
- Vil du anse resultatet av w2v prosjektet som bærekraftig for miljøet og bedriften? (Hypotetisk sett)
- Anser du det som mulig å oppnå sirkulær økonomi eller closed-loop supply chain gjennom W2V?

#### Andre prosjekter/tidligere forskning

- Har dere gjennomført prosjekter tidligere eller tidligere forskning med fokus på avfallsreduksjon?
- Hva satt dere igjen med etter dette (kunnskap, ny teknologi, nye produkt)?
- Har dere benyttet kunnskapen fra tidligere prosjekter/forskning i W2V?

#### Tema 2: Miljømessige faktorer

- Hvilken tanker har dere til null-avfall-filosofien? Er dette et realistisk mål for prosessindustrien?
- Hva anser du som prosjektets viktigste bidrag for miljøet?

### Tema 3: Økonomiske faktorer

- Er det kostnader knyttet til klargjøring av avfall før omgjøringsprosessen starter?
- Hvilke kostnader påløper under produksjon av det nye produktet (selve omgjøringsfasen)?
  - Hvilke anser du som høyest?
- Hvordan ser du for deg at kostnadene knyttet til det nye produktet vil fordeles mellom selskapene dersom prosjektet blir realisert?
- Anser du den valgte omgjøringsmetoden som ressursmessig forsvarlig mht energibruk i omgjøringsprosessen?
- Hvilken forventet inntjening vil det nye produktet gi?
- Er det gjennomført noen undersøkelser for å finne markedspris og markedsmuligheter for det nye produktet?
- Er det knyttet kontakt med mulige interessenter for kjøp av det nye produktet?

### **5. Oppsummering**

- Er det noe du vil legge til?
- Veien videre – mulighet for oppfølgingsspørsmål pr. mail, tlf, etc.
- Takk for oss
- **Lyddopptak slutt**