



Hvordan kan investeringen av et fullskala CNMP-anlegg i Norge forsvares med tanke på lønnsomhet, bærekraft og sosiale ringvirkninger?

En prosjektanalyse som skal se på effektene ved å bytte til en netto karbonnøytral produksjonsmetode for silisium

Kathrine-Linnea Jacobsen

Kristian Larsen

Veileder: Gunnar Eskeland

MASTEROPPGAVE I ENE OG FIE

NORGES HANDELSHØYSKOLE

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen eller sensorer inntår for de metoder som er anvendt, resultater som er fremkommet eller konklusjoner som er trukket i arbeidet.

Sammendrag

Denne masterutredningen studerer om et nyskapende prosjekt, Carbon Neutral Metal Production (CNMP), vil være en lønnsom investering for Elkem. Hensikten med CNMP er å gjøre produksjonen av silisium netto karbonnøytral ved å erstatte fossilt kull med trekull. Studien undersøker også hvilke konsekvenser prosjektet vil ha for miljøet, og foretar en verdsettelse av prosjektets ringvirkninger. Utredningen vår er en blanding av kvalitativ og kvantitativ metode, og består av tre hoveddeler. Den første delen er en beskrivelse av Elkem, CNMP og hvilke elementer som har innflytelse på prosjektet. Den andre delen omhandler analyse av lønnsomhet, og siste delen beskriver sysselsettingseffekter.

I studien har vi kommet frem til at investeringsanalysen gir prosjektet en negativ nåverdi på NOK 83 millioner. Nåverdiberegningen tar utgangspunkt i at utbygging av anlegget starter i år 2020, oppstart av produksjon i år 2023, og videre at prosjektet har en levetid på 30 år. Følsomhetsanalysen viser at faktorer som pris på silisium, kostnad for trevirke og karbonpris er blant de viktigste faktorene til at nåverdien blir negativ. Prosjektet vil bli lønnsomt hvis karbonprisen stiger til et nivå over 8,6 EUR i år 2020, under forutsetning av at prisen følger en estimert utvikling basert på EU sine stabiliseringsmekanismer. Gitt at karbonprisen vil holde seg på dagens nivå (6 EUR), og kun stige med inflasjon i prosjektets planperiode, vil prosjektet bli lønnsomt ved en karbonpris på over 28,1 EUR i år 2020. Det forventes at CO₂-prisen vil øke de neste årene, noe som kan påvirke prosjektets lønnsomhet på lang sikt. I tillegg angir studien at prosjektet vil gi positive sysselsettingseffekter som kan bidra til 160 direkte og 1092 indirekte arbeidsplasser.

Resultatene fra studien indikerer at Elkem bør vurdere å investere i Carbon Neutral Metal Production. På grunn av netto karbonnøytral CO₂-utslipp fra prosessen er prosjektet et bærekraftig alternativ, som i tillegg vil skape positive sysselsettingseffekter.

Forord

Denne utredningen er skrevet som en del av masterstudiet i økonomi og administrasjon ved Norges Handelshøyskole. Utredningen er skrevet innenfor hovedprofilene Finansiell økonomi og Energy, Natural Resources and the Environment.

Utredningen tar for seg det nyskapende prosjektet Carbon Neutral Metal Production, som er under utvikling av Elkem. Økonomisk lønnsomhet, sparte miljøutslipp og verdsettelse av prosjektets ringvirkninger vil bli analysert i denne studien. Dette er et prosjekt som vi mener har et stort potensiale innenfor industrien i Norge. Det blir stadig mer fokus på konsekvenser av økte klimagassutslipp, og for at Norge skal klare å nå klimamålene er det viktig at selskaper som Elkem tar ansvar.

Vi ønsker å takke vår veileder Gunnar Eskeland, for hans konstruktive tilbakemeldinger og innspill til arbeidet med denne utredningen.

Videre vil vi takke Kristin Karlstad, Alf-Tore Haug og Espen Dahl hos Elkem for deres gode bidrag, og særlig for å invitere oss med på møter som ga oss nyttig informasjon i startfasen. Vi ønsker også å takke Elkem Thamshavn og Elkem Technology for at vi fikk besøke deres produksjonsanlegg og forskningssenter.

Til slutt vil vi rette en generell takk til alle som har engasjert seg i vårt arbeid, og gitt gode innspill i en spennende prosess.

Bergen, 20. juni 2016

Kathrine-Linnea Jacobsen

Kristian Larsen

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	2
FORORD	3
INNHALDSFORTEGNELSE	4
LISTE OVER FIGURER	8
LISTE OVER TABELLER	9
1. INTRODUKSJON	10
1.1 Bakgrunn	10
1.2 Hensikt	10
1.3 Motivasjon	11
1.4 Forskningsspørsmål	11
1.5 Avgrensninger og klargjøringer	12
1.6 Oppgavens struktur	13
2 VALG AV METODE OG FORSKNINGSDESIGN	14
2.1 Valg av forskningsdesign	14
2.2 Forberedelser	14
2.3 Valg av metode	14
2.4 Datainnsamling	15
2.5 Håndtering av usikkerhet ved metoden	16
2.5.1 Validitet	16
4. PROSJEKT CARBON NEUTRAL METAL PRODUCTION	20

4.1 CO2 nøytralt	21
4.2 Pyrolyse	21
4.3 Energigjenvinning	22
4.4 Rammevilkår	23
4.5 Samarbeidspartnere	23
4.6 Tidsperspektiv for prosjektet	24
5. NORSK SKOG	25
5.1 De globale klimautfordringene	25
5.2 Skogens bidrag til verdens klimaregnskap	26
5.3 Norge gror igjen	27
5.4 Konjunkturedgang og utfordringer i næringen	27
5.5 Stor krise = store muligheter	29
6 TREKULL SOM ET KLIMANØYTRALT ALTERNATIV	31
6.1 Introduksjon	31
6.2 Innhenting av biomasse	31
6.3 Forbrenning i pyrolyse/smelteovn sammenlignet med dagens utslipp	32
7. ANALYSE AV LØNNSOMHET	37
7.1 Innledning	37
7.2 Forutsetninger	38
7.2.1 Valg av nåverdi	39
7.2.2 Produksjonskapasitet og investeringskostnad	39
7.2.3 Finansiering	42
7.2.4 Tidsramme	43
7.2.5 Planhorisont og restverdi	44
7.2.6 Valutaeffekter	44

7.2.7 Inflasjon.....	45
7.2.8 Usikkerhet	45
7.3 Inntekter i planperioden	46
7.3.1 Silisium.....	46
7.3.2 Karbonpris	48
7.3.3 Inntekt energigjenvinning.....	53
7.3.4 Øvrige inntektshensyn	53
7.4 Kostnader i planperioden.....	54
7.4.1 Investeringskostnad	55
7.4.2 Kraftkostnader	55
7.4.3 Lønnskostnader	56
7.4.4 Vedlikeholdskostnader	57
7.4.5 Kostnad trevirke	57
7.4.6 Overhead	58
7.4.7 Finansiering	59
7.4.8 Skatt.....	59
7.4.9 Arbeidskapital	59
7.5 Avkastningskrav	60
7.5.1 Risikofri rente.....	62
7.5.2 Beta	62
7.5.3 Markedets observerte markedspremie	63
7.5.4 Egenkapital og gjeld.....	63
7.5.5 Tapstillegg for gjeldsfinansiering	64
7.5.6 Lånerenten	64
7.5.7 Beregning av avkastningskrav.....	65
7.6 Avskrivning	65
7.7 Driftsbudsjett med skatteberegning.....	66
7.8 Budsjettering av kontantstrøm for utvalgte år	66
7.9 Nåverdi og internrente	67
7.9.1 Diskusjon investeringsanalyse.....	67
8 FØLSOMHETSANALYSE.....	68
8.1 Avkastningskrav	68

8.2 Silisiumpris	69
8.3 Kostnader trevirke	70
8.4 Kraftpris	71
8.5 Karbonpris	73
8.5.1 Scenario med estimert prisutvikling	73
8.5.2 Scenario med jevn prisutvikling	73
8.5.3 Diskusjon karbonpris.....	75
 9. VERDSETTELSE AV PROSJEKTETS RINGVIRKNINGER	 76
9.1 Introduksjon	76
9.1.1 Direkte sysselsettingsvirkninger	77
9.1.2 Indirekte virkninger	78
9.1.3 Økt inntektsgrunnlag og konsumentvirkninger	81
 10. KONKLUSJON	 83
 11. REFERANSER	 85

Liste over figurer

Figur 1: Konsepttegning av CNMP

Figur 2: Pyrolyseprosessen

Figur 3: Teknologiskisse CNMP

Figur 4: Oversikt over karbonbinding i trær

Figur 5: Utviklingen i sysselsettingen i skogbruket i perioden 1930-2010

Figur 6: Prosessen fra trevirke til trekull

Figur 7: Utslipp CO₂ trekull

Figur 8: Kortsiktige industrielle fordeler ved bruken av trekull

Figur 9: Tidsperspektiv prosjektet

Figur 10: Illustrasjon av prosjektets levetid

Figur 11: Utvikling i prisen på silisium

Figur 12: Historisk prisutvikling EU ETS

Figur 13: Prisutvikling karbonpris EU ETS

Figur 14: Nåverdi som funksjon av avkastningskrav

Figur 15: Nåverdi som funksjon av silisiumpris

Figur 16: Nåverdi som funksjon av kostnader til trevirke

Figur 17: Nåverdi som funksjon av kraftpris

Figur 18: Nåverdi som funksjon av karbonpris

Figur 19: Nåverdi som funksjon av karbonpris

Liste over tabeller

Tabell 1: Oversikt over pyrolyseteknologiene

Tabell 2: Oversikt over delkapitler kapittel 7

Tabell 3: Forutsetninger for prosjektet

Tabell 4: Investeringskostnad pyrolyseanlegg

Tabell 5: Inntekter i planperioden

Tabell 6: Estimert karbonpris frem til 2030

Tabell 7: Inntekter i form av redusert CO₂-utslipp

Tabell 8: Kostnader i planperioden

Tabell 9: Estimerte kraftkostnader for CNMP

Tabell 10: Estimerte kostnader trevirke levert pyrolyseanlegg

Tabell 11: Utregning av annuitet

Tabell 12: Nedbetalingsplan for lånet, de første åtte årene av planperioden

Tabell 13: Arbeidskapital

Tabell 14: Forutsetninger finansiering

Tabell 15: Avskrivninger

Tabell 16: Driftsbudsjett med skatteberegning

Tabell 17: Budsjettering av kontantstrøm

Tabell 18: Nåverdi og internrente

Tabell 19: Direkte og indirekte arbeidsplasser med bruttoprodukt

1. Introduksjon

1.1 Bakgrunn

I 2016 annonserte Verdens meteorologiorganisasjon at 2015 var det varmeste året som er blitt målt noensinne (WMO, 2016). Klimaforandringene påvirker alle land i verden på tvers av kontinentene (FN, 2016). Hvis denne utviklingen fortsetter vil temperaturstigningene vedvare, og konsekvensene som vi allerede er vitne til vil befestes for fremtidige generasjoner (FN, 2016). I norsk sammenheng er et av klimatiltakene bærekraftig forvaltning av skogen gjennom opprettholdelse eller økning av karbonlageret (St mld 21, 2016). Bakgrunnen for denne utredningen er det økende behovet for bærekraftige løsninger i industrien, kombinert med innovative teknologiske løsninger.

Denne oppgaven omhandler Elkem sitt prosjekt Carbon Neutral Metal Production (heretter CNMP). Gjennom innovative løsninger tar prosjektet sikte på å redusere, og etterhvert nøytralisere CO₂-utslippene fra produksjonen av silisium. Prosjektet skal svare på økende klimagassutslipp og myndighetenes krav om utslippsreduksjoner. CNMP bygger på prinsippene om null sløsing; at alle stoffer og all energi som puttes inn i produksjonen skal utnyttes (Elkem, 2016b). Dette er et samarbeidsprosjekt på tvers av de største forskningsinstitusjonene i Norge, hvor Teknova og Sintef er sentrale teknologiske partnere (Elkem, 2016b). Det er blitt tildelt NOK 7 millioner fra Forskningsrådet som skal brukes til forskning og utvikling (FoU) over en toårig periode.

1.2 Hensikt

Hensikten med masteroppgaven er å belyse CNMP-prosjektet ut i fra lønnsomhet, bærekraft og sosiale ringvirkninger. Hva som legges i disse tre kriteriene vil bli gjennomgått i detalj senere i oppgaven. Målsetningen til Elkem er at forskingsprosjektet skal være ferdig innen 2016. Det skal da tas stilling til om prosjektet skal videreføres med storskala tester i laboratorium og industrielle pilotanlegg (Elkem, 2016a). Vi vil på bakgrunn av vår analyse komme med en anbefaling som Elkem kan benytte i det videre arbeidet med prosjektet. Vi ønsker at oppgaven skal være til hjelp i en beslutningsprosess som skal avgjøre om prosjektet blir en realitet.

1.3 Motivasjon

Til tross for at Elkem er et av verdens ledende selskaper innenfor miljøvennlig metallproduksjon, slippes det ut betydelige mengder CO₂ fra deres virksomheter (Teknova, 2016). En samlet norsk industri stod for 22% av de nasjonale CO₂-utslippene i 2014 (SSB, 2015). For at industrien skal kunne møte kravene om utslippskutt fra europeiske og norske myndigheter er det viktig at CO₂-utslippene reduseres. Samtidig som at industrien begrenser sine utslipp for å nå klimamålene er det vesentlig at kvaliteten på produksjonsprosessen opprettholdes. CNMP skal ta i bruk andre innsatsfaktorer i produksjonen, slik at det skapes løsninger som er bærekraftige på lang sikt. Elkem må kunne forsvare en slik investering for sine aksjonærer og eiere. Det bør derfor foreligge en økonomisk analyse som kan vise om prosjektet er lønnsomt utover kriteriet om bærekraft. I tillegg til lønnsomhet og bærekraft, er målsetningen at prosjektet skal bidra til økt sysselsetting i metall- og skogindustrien.

1.4 Forskningsspørsmål

Denne studien skal gi svar på om det er grunnlag for å satse på CNMP og videreutvikle prosjektet i en større skala enn i dag. Vi ønsker å finne ut om produksjonen av silisium kan bli mer konkurransedyktig dersom den integreres i et CNMP-anlegg.

Forskningsspørsmålet vårt er:

Hvordan kan investeringen av et CNMP-anlegg i Norge forsvares med tanke på lønnsomhet, bærekraft og sosiale ringvirkninger?

For å kunne gi et svar på denne problemstillingen vil vi først gjennomføre en nåverdiberegning på bakgrunn av prosjektets forventede kontantstrøm. I investeringsanalysen vil vi ta hensyn til sparte klimagassutslipp ved å innføre CNMP. For å kunne gi et komplett bilde av prosjektets lønnsomhet vil vi kombinere nåverdiberegningen med en følsomhetsanalyse. Følsomhetsanalysen vil være et nyttig verktøy til å bedømme hvor stor påvirkning de ulike variablene har for prosjektet.

Når det gjelder sosiale ringvirkninger vil vi i analysen se på hvordan CNMP kan påvirke direkte og indirekte sysselsetting. Ringvirkningseffektene av prosjektet vil bedømmes i form

av hvor mange potensielle arbeidsplasser som kan bli skapt, i tillegg til konsumvirkninger som kan ha konsekvenser for nærområdet.

1.5 Avgrensninger og klargjøringer

CNMP er omfattende i et teknologisk og økonomisk perspektiv og fører til at omfanget av utredningen må begrenses. Vi har kun ett semester til rådighet, og må derfor avgrense oppgaven i forhold til vår tidsramme. Hvis det blir utelatt relevante faktorer i løpet av oppgavens analysedel vil dette bli argumentert for slik at forutsetningene som ligger til grunn er tydelig definerte. Dette fører til at enkelte av prosjektets momenter, som kan være relevant for den endelige investeringsbeslutningen, ikke blir vurdert i like stor grad.

Det finnes flere forskjellige produksjonsmetoder av både trekull og silisium. Vi velger å kun fokusere på en teknologi som det forventes at CNMP skal benytte seg av. Dette vil bli avklart i prosjektbeskrivelsen senere i oppgaven. Siden CNMP er et nytt prosjekt er det knyttet usikkerhet til de ulike kostnads- og inntektspostene i investeringsanalysen. I tillegg er silisium en råvare som ikke handles på en dedikert råvarebørs, noe som gjør at estimering av fremtidig prisutvikling er krevende. Begrunnelsene for valg av tall og fremgangsmåte vil bli diskutert og utredet på best mulig måte. I denne oppgaven har vi forutsatt at leseren har god forståelse for økonomi, og vil derfor ikke definere enkle økonomiske begreper. Dette er en praktisk rettet oppgave, hvor vi ønsker å analysere et reelt prosjekt i et teoretisk rammeverk.

Miljøeffekter kan måles på forskjellige måter, og den som blir relevant for analysen er utslipp av CO₂-ekvivalenter. Dette er et samlebegrep som omfatter karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O) og fluorgasser (HFK, PFK og SF₆) (Store Norske Leksikon, 2016). For å kunne sammenligne gassenes evne til å varme opp atmosfæren regnes de om til samlebetegnelsen CO₂-ekvivalenter. Terminologien brukes for å vise hvor stor global oppvarmingseffekt utslipp av 1 tonn CO₂ vil ha i løpet av 100 år (SSB, 2016c). Virkningen av de andre gassene konverteres til tilsvarende effekt av CO₂ slik at de kan sammenlignes (Volden, 2013).

1.6 Oppgavens struktur

I tillegg til en introduksjonsdel og konklusjon vil oppgaven bestå av to overordnede inndelinger i en beskrivende og en analyserende del. Den beskrivende delen vil avdekke bedriften Elkem, prosjektet CNMP, skognæringen i Norge og en diskusjon rundt klimanøytraliteten til trekull. Analysedelen tar for seg lønnsomheten til prosjektet, i tillegg til å tallfeste og verdsette ringvirkningene som prosjektet kan skape.

Hensikten med den første delen er å presentere leseren for Elkem og CNMP-prosjektet i sin helhet. Dette gjør vi for å danne grunnlaget for oppgaven og avklare motivasjonen bak utredningen. Videre vil vi avdekke den nåværende situasjonen til skognæringen i Norge, og se på hvordan den kan utvikles for å støtte opp om leveranse til et CNMP-anlegg. I kapittelet om trekull vil en dokumentanalyse avdekke om trekull kan ansees som klimanøytralt.

Formålet med del 2 er å gi leseren innsikt i lønnsomheten ved prosjektet, og om dette vil være en reell og lønnsom investeringsmulighet for Elkem. Denne delen vil inneholde en analyse av kontantstrømmen, en nåverdiberegning, og en følsomhetsanalyse. Den langsiktige bærekraften vil måles ut i fra hvor stort reduksjonspotensialet det er av å erstatte fossilt kull med trekull på tvers av verdikjeden. Den siste delen vil se på hvilke direkte og indirekte sysselsettingseffekter som blir skapt av prosjektet. Fokuset i denne delen vil være på hvordan CNMP vil skape flere arbeidsplasser på tvers av skog- og metallindustrien i Norge.

2 Valg av metode og forskningsdesign

2.1 Valg av forskningsdesign

Forskningsdesignet angir den overordnede planen for hvordan man skal besvare forskningsspørsmålet (Ghuri & Grønhaug, 2010). Det skal tas stilling til hva som skal undersøkes, og hvordan undersøkelsen skal gjennomføres (Johannessen, Kristoffersen, & Tuft, 2004). Dette kapitlet skal avklare hvilke metoder som skal benyttes for å innhente, tolke og analysere data. Vårt valg av forskningsspørsmål gjør at vi ønsker å kombinere eksplorativt og deskriptivt forskningsdesign. Eksplorativt fordi temaet er åpent og ikke utforsket tidligere, og deskriptivt fordi vi skal identifisere variabler til å belyse lønnsomheten til prosjektet. Dette gjør at forskningsdesignet kan hjelpe oss med å analysere problemstillingen ut fra et målbart økonomisk perspektiv, i tillegg til andre kriterier som bærekraft og sysselsetting.

2.2 Forberedelser

Forskningsarbeidet tilknyttet CNMP ble startet i 2014, og vårt engasjement startet høsten 2015 etter å ha vært i dialog med bedriften. Hovedfokuset i oppgaven er en investeringsanalyse som anvender kvantitative data for å gi et helhetlig bilde av lønnsomheten til prosjektet. Datamaterialet er blitt hentet gjennom dialog med Elkem, i tillegg til andre aktører som kan gi innsikt i forskningsspørsmålet. En dokumentanalyse er gjennomgående i oppgaven og er grunnlaget for argumentasjonen vi benytter i studien. Denne tilnærmingen er blitt brukt fordi prosjektet er i en tidlig fase i forskningsprosessen. Den eneste måten vi kan gi en helhetlig besvarelse av vårt forskningsspørsmål er ved å bruke all tilgjengelig forskning som er direkte relatert til vår utredning (Adams, Khan, Raeside, & White, 2007).

2.3 Valg av metode

Valg av forskningsmetode beskriver hvordan datainnsamlingen skal foretas (Ghuri & Grønhaug, 2010). Det er ulike måter dette kan gjøres på, og det avhenger av forskningsspørsmålet og studiens formål. Forskningsmetode presenteres som en systematisk innsamling av data med formål om å innhente informasjon for å besvare et bestemt forskningsspørsmål (Ghuri & Grønhaug, 2010). Det er to overordnede tilnærminger til forskningsdesign, og det er kvantitativ og kvalitativ metode. Kvantitativ metode tar

utgangspunkt i målbare tall og foretar gjerne en lang rekke av observasjoner som kan anvendes i statistiske modeller. Kvalitativ metode fremkaller informasjon som ikke lar seg måle i tall, for eksempel gjennom økt forståelse av ringvirkningene til et prosjekt (Ghauri & Grønhaug, 2010).

I tilfellet med vår utredning hvor det finnes lite tilgjengelig informasjon, mener vi at kombinasjonen av kvalitative og kvantitative forskningsmetoder er velegnet. I denne utredningen skal investeringsanalysen kombineres med andre faktorer som gjør at vi benytter begge formene for datainnsamling. Datainnsamlingen kan ofte være todelt slik at den kvalitative forskningsmetoden brukes til å utdype en problemstilling som utforskes med kvantitativ metode (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2010). Siden vi skal gjennomføre en investeringsanalyse vil den største andelen av dataene være kvantitative. Dette vil suppleres med kvalitative data, som skal gi grunnlag for argumentasjonen som de andre delene av analysen baserer seg på. Datainnsamlingen vår skal derfor bidra til å skape et helhetlig bilde av investeringsbeslutningen.

2.4 Datainnsamling

Den kvantitative datainnsamlingen har basert seg på primærdata som vi har fått fra Elkem, i tillegg til sekundærdata som er innhentet fra offentlig tilgjengelige forskningsrapporter og kilder. Vi har kontaktet produsenter av teknologien som kan supplere Elkem sine egne beregninger. Elkem vil ha incentiver til å gi et best mulig bilde av CNMP, noe som kan påvirke utfallet av oppgaven. Derfor er det viktig å ha sekundær data som et supplement til primærdata for å sikre at oppgaven vår blir objektiv. Det kan være vanskelig å estimere variabler knyttet til investeringen av CNMP, med tanke på at dette er et pilotprosjekt som ikke har blitt gjennomført tidligere. Hvis forutsetningene vi har satt viser seg å avvike fra virkeligheten, kan det påvirke resultatet til analysen. Dette vil bli diskutert ytterligere under validitet og usikkerhet.

Data til den kvalitative delen har vi fått gjennom en dokumentanalyse og samtaler med personer som jobber tett opp mot næringen. Gjennom personlig kommunikasjon har vi kontaktet forskere og rådgivere i Norsk Skogeierforbund og Norsk institutt for Bioforskning (NIBIO) for ytterligere datagrunnlag. En dokumentanalyse skal gi en dypere forståelse for de teoretiske, empiriske og metodiske aspektene ved prosjektet (Adams et al., 2007).

Dokumentanalysen kobler sammen funnene i utredningen med tidligere forskning, slik at resultatene blir godt begrunnet. Formålet med dokumentanalysen er å få en bedre forståelse for teoriene, metodene og hvilke type data som har blitt brukt.

2.5 Håndtering av usikkerhet ved metoden

For å kunne gi et objektivt bilde av investeringsbeslutningen må vi ta stilling til kvaliteten på dataene som vi har valgt. For å gjøre dette vurderes validiteten og reliabiliteten til metodene som benyttes for datainnsamling og analyse (Saunders, Kemp, & van Asselt, 2012).

2.5.1 Validitet

Validitet ser på gyldighet, relevans og i hvilken grad studien undersøker det den har til hensikt å undersøke (Ghauri & Grønhaug, 2010). Det finnes flere forskjellige former for validitet; begrepsvaliditet, intern validitet og ekstern validitet.

2.5.1.1 Begrepsvaliditet

Begrepsvaliditet sier noe om i hvilken grad studien faktisk måler det den har til hensikt å måle (Johannessen et al., 2004). Denne validiteten er viktig for å kunne skape tolkbare forskningsresultater (Ghauri & Grønhaug, 2010). Når det gjelder investeringsanalysen er informasjonen som har blitt innhentet fra Elkem blitt forsterket med sekundærdata fra produsenter og eksisterende litteratur og forskning. Dette gjør vi for å kontrollere tallmaterialet med lignende prosjekter for å styrke resultatet. I dokumentanalysen er det viktig for oss å bedømme kvaliteten på litteraturen som blir brukt. Vi bruker derfor dokumenter som er publisert av anerkjente publikasjoner og forskningsinstitusjoner. Funnene og begrunnelsen som ligger til grunn skal derfor kunne gi tolkbare og gode resultater.

2.5.1.2 Intern validitet

Intern validitet indikerer om den kausale slutningen er holdbar og om studien er egnet til å påvise årsakssammenhenger (Ghauri & Grønhaug, 2010). Det skal avdekkes om den valgte metoden gir en god besvarelse av forskningsspørsmålet. Vi mener at en investeringsanalyse er det beste verktøyet vi kan anvende for å finne lønnsomheten til et prosjekt frem i tid. Det er flere usikkerhetsmomenter ved metoden og disse er knyttet opp mot tidsaspektet og om forutsetningene bak variablene er rimelige i et langsiktig perspektiv. Dokumentanalysen

baserer seg på eksisterende forskning og litteratur. Vitenskapen utvikler seg kontinuerlig og funnene i forskningsrapportene trenger derfor ikke være gyldig om 10-20 år. Dette kan svekke prosjektets interne validitet.

2.5.1.3 Ekstern validitet

Ekstern validitet ser på om resultatene som man har kommet frem til kan generaliseres til andre sammenhenger og kontekster enn studien er foretatt i (Ghauri & Grønhaug, 2010). Ved ekstern validitet er hensikten at begreper, beskrivelser, forklaringer og tolkninger skal etableres på en forståelig måte. Vårt prosjekt er ganske unikt i en teknologisk sammenheng og er derfor vanskelig å overføre til annen forskning. De grunnleggende aspektene ved metodene vi bruker kan likevel brukes i andre sammenhenger. Det er også en teknologi som kan videreføres til andre eksisterende produksjonsanlegg i Norge og i verden. Funnene våre kan være relevant for produsenter som driver i samme bransje.

2.5.1.4 Reliabilitet

Reliabiliteten sier noe om målingene man foretar kan gi samme resultat hvis de gjennomføres flere ganger (Ghauri & Grønhaug, 2010). Reliabiliteten sier altså noe om graden av nøyaktighet ved forskningen, og i hvor stor grad man kan oppleve målefeil. Vi har forsøkt å sikre at dataene som brukes i analysen er generaliserbare og vil være de samme hvis de blir innhentet av andre enn oss. I tillegg til å få informasjon fra Elkem, har vi benyttet offentlige kilder som skal ha et objektivt datamateriale. Ved å bruke blant annet SSB, Miljødirektoratet og Regjeringen er vi sikker på studien benytter seg av pålitelige kilder.

DEL 1: BESKRIVELSE

3. Presentasjon av Elkem

3.1 Introduksjon til Elkem

Elkem er et av verdens ledende selskap innen miljøvennlig produksjon av metaller og materialer (Teknova, 2016). Selskapet har til sammen rundt 3600 ansatte og eies av China National Bluestar (Elkem, 2014). De viktigste produktene selskapet produserer er silisium, silikoner, ferrosilisium, støpelegeringer, karbonmaterialer og mikrosilica. Elkem har en omsetning i størrelsesorden NOK 14 milliarder per år (Elkem, 2016f)

3.2 Forretningsområder

Elkem har fire forretningsområder som er silisium, silikoner, støperiprodukter og karbon (Elkem, 2016f). Vi skal i denne oppgaven fokusere på forretningsområdet silisium, og velger videre å gi en kort beskrivelse av denne delen av selskapet. Silisium er Elkems største forretningsområde, og selskapet ansees som en av de fremste leverandørene av metallurgisk silisium og mikrosilica. Den årlige produksjonskapasiteten for silisium er i størrelsesordenen 150 000 tonn, noe som genererer hele 75 % av inntektene til selskapet. Silisium har mange virkeområder. Det forbedrer karakteristikken av aluminium, og er en viktig ingrediens i elektroniske produkter. Det er også hovedingrediensen for både solceller og for kjemisk behandling som konverterer silisium til silikoner. Silisium finnes i mange varierte produkter, som for eksempel elektronikk og hudpleieprodukter. Elkem Silisium har blant annet tre silisiumverk som produserer silisium og mikrosilica, og to senter for forskning og utvikling. Elkems tre smelteverk er plassert i Thamshavn, Bremanger og Salten (Elkem, 2016f).

3.3 Elkem Thamshavn

Utredningen vår tar utgangspunkt i en integrasjon med smelteverket Elkem Thamshavn som ligger like nord for Orkanger, ca. 40 km sørvest for Trondheim. Verket har sin egen kai i havnen og er lett tilgjengelig fra sjøen, da Orkedalsfjorden er isfri om vinteren. Veiforbindelsene til og fra Thamshavn er gode (Elkem, 2015c).

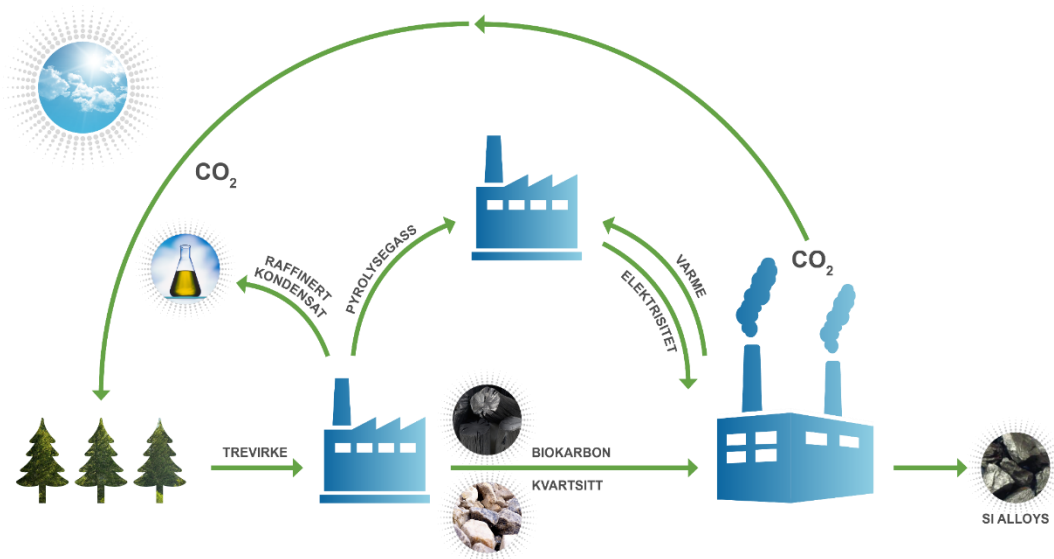
4. Prosjekt Carbon Neutral Metal Production

Dette kapitlet skal gi en grunnleggende forståelse for teknologien som prosjektet baserer seg på. CNMP har som målsetting å redusere utslipp og forbedre utnyttelse av ressurser.

Konseptet går ut på å integrere produksjonen av trekull med silisiumproduksjon, som til slutt kobles sammen med et energigjenvinningsanlegg (Elkem, 2016b). Det er ønskelig at dette skal erstatte den eksisterende teknologien ved smelteverk som baserer seg på fossilt kull.

Elkem har søkt om patentbeskyttelse for integrering av følgende prosesser:

1. Pyrolyseanlegg for produksjon av trekull, raffinert kondensat (bioolje) og pyrolysegass
2. Smelteverk for produksjon av silisium
3. Energigjenvinningsanlegg for produksjon av elektrisitet, basert på pyrolysegass og overskuddsvarme



Figur 1: Konsepttegning av CNMP (Elkem (a), 2016)

Som figur 1 viser skal det brukes trevirke i en pyrolyseprosess som skal produsere trekull, bioolje og pyrolysegass. Trekullet skal erstatte fossilt kull i smelteverket ved produksjon av silisium, mens pyrolysegassen skal brukes til å produsere strøm i energigjenvinningsanlegget. Biooljen skal videreforedles og generere inntekt på sikt.

4.1 CO₂ nøytralt

Hensikten med innføringen av et CNMP-anlegg er å oppnå en CO₂-nøytral biobasert metallproduksjon, som eliminerer bruken av fossile reduksjonsmidler (Elkem, 2016b). Diskusjon rundt CO₂-nøytraliteten til biomassen vil bli belyst i kapittel 6.

4.2 Pyrolyse

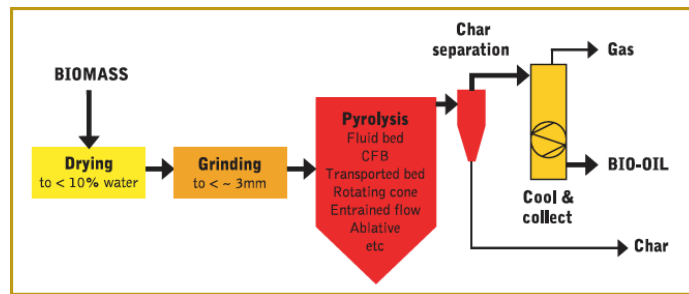
Den første delen av prosessen er fremstillingen av trekull. Produksjonen baserer seg på pyrolyse; en teknologi som har blitt videreutviklet gjennom flere hundre år. I dag eksisterer det mer enn hundre forskjellige konsept og metoder for trekullproduksjon (Grønli, 2016). Trekullet blir fremstilt ved en termisk dekomponering av de ulike innsatsfaktorene i fraværet av oksygen (IEA, 2007). Biproduktene av produksjonen er bioolje og gass. Andelen av disse biproduktene kan variere i henhold til hvilken tresort man bruker, i tillegg til temperatur og varighet på prosessen (se tabell 1) (Grønli, 2016).

Prosess	Forutsetninger	Bioolje	Trekull	Gass
Rask	Moderat temperatur, rundt 500C, kort varm oppholdstid – 1 sekund	75 %	12 %	13 %
Moderat rask	Moderat temperatur, rundt 500C, moderat varm oppholdstid – 10-20 sekund	50 %	20 %	30 %
Sakte (karbonisering)	Lav temperatur, rundt 400C, lang oppholdstid	30 %	35 %	35 %
Gassifisering	Høy temperatur, rundt 800C, lang damp oppholdstid	5 %	5 %	85 %

Tabell 1: Oversikt over pyrolyseteknologiene (IEA, 2007)

De ulike produksjonsmetodene kan deles inn i rask, moderat rask, sakte og gassifisering (IEA, 2007). Som figuren viser går andelen trekull ned når temperaturen går opp i pyrolyseprosessen. I CNMP er det ønskelig å oppnå en prosess som er i krysningpunktet mellom rask og moderat rask, for å oppnå hurtig produksjonsflyt med forholdsvis høyt utbytte av trekull (Elkem, 2016e). Denne pyrolyseteknologien blir kalt for Lambiotte-prosessen etter den franske produsenten Lambiotte som utviklet teknologien. Det er Lambiotte-teknologien som CNMP-prosjektet har tenkt til å bruke med et integrert smelteverk (Elkem, 2016e). Lambiotte teknologien er en kontinuerlig prosess som kan installeres på relativt små områder grunnet dens evne til å organisere råmaterialet, pyrolyseprosessen og sluttproduktene i selve ovnen (Balt Carbon, 2016). Det finnes flere operative verk rundt om i verden hvor de største er Usine Lambiotte i Premery Frankrike og Silicon Metal Complex i Bunbury i Vest-Australia. De produserer henholdsvis 25 000 og 27 000 tonn trekull årlig (Grønli, 2016). I

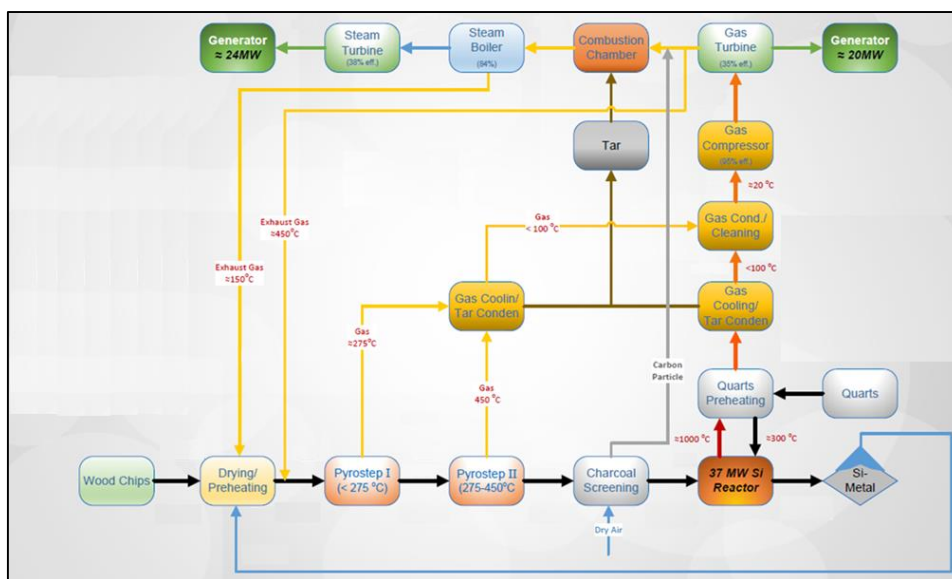
figur 2 ser man hvordan en slik prosess fungerer hvor bioolje, gass og trekull er sluttproduktene:



Figur 2: Pyrolyseprosessen (IEA Bioenergy)

4.3 Energigjenvinning

Et viktig teknologisk prinsipp med CNMP er at det skal investeres i et gjenvinningsanlegg med generator. Gjenvinningsanlegget tar sikte på å utnytte overskuddsvarmen fra pyrolyseprosessen og smelteverket, og å gjenvinne 100% av strømmen som blir brukt. Det ideelle scenarioet, som vist i figur 4, er at det skal være et fullskala produksjonsanlegg uten netto forbruk av energi. Målet til prosjektet er å produsere trekull på samme anlegg som produksjon av silisium, og koble begge produksjonssyklusene til to generatorer som skal produsere strøm (Elkem, 2016a). Denne studien baserer seg på at den integrerte prosessen skal utnytte gass og damp fra prosessene i generatorene for å produsere strøm. Det blir bevisst utelatt forklaring til hver delprosess på figur 3, fordi det blir for teknisk for denne utredningen. Figur 3 kan likevel gi leseren et innblikk i prosessen, og hvordan generatorene er koblet opp mot resten av CNMP-anlegget.



Figur 3: Teknologiskisse CNMP (Elkem, 2016a).

4.4 Rammevilkår

For at CNMP-prosjektet skal kunne gjennomføres vil det være viktig at statlige rammevilkår støtter opp under en slik teknologisk satsing. Det å tilrettelegge for en bærekraftig utvikling av metallindustri og norsk skognæring kan være avgjørende for prosjektets suksess. Elkem skriver i sin egen oppfordring til myndighetene at «svaret ligger i en helhetlig strategi for biomasse» (Elkem, 2016h). Per i dag finnes det ikke storskala trekullproduksjon i Norge, og CNMP kan derfor være med på å skape nye muligheter for næringsutvikling innen norsk skogindustri. Utfordringene ligger i det politiske rammeverket som må bli mer helhetlig for å kunne muliggjøre etableringen av nye verdikjeder. Dette kan gjøre det utfordrende å komme frem til en samlet strategi for hvilke prosjekter og satsingsområder som skal prioriteres. I tillegg har den store andelen skogeiere og interesserorganisasjoner ulike interesser, som kan hindre en effektiv styring av norske skogarealer (Elkem, 2016h).

For å kunne skape et langsiktig næringsfokus bør myndigheter oppfordre til et samarbeid som kan skape enighet om forvaltningen av norske skogressurser. Tilgang på kapital i pilotfasen er også en utfordring for mange bedrifter hvor Elkem har fått NOK 7 millioner i støtte fra Norges forskningsråd, og finansierer resten av forskningsprosjektet selv. For å kunne gjennomføre pilottesting av produksjonsfasiliteter er det helt avgjørende at prosjektet får støtte fra eksempelvis Energifondet i hundremillionersklassen (Elkem, 2016e).

4.5 Samarbeidspartnere

Sintef Energi og Teknova er teknologiske partnere for prosjektet (Elkem, 2016b). Sintef er en forskningsinstitusjon som sikter på å skape mer effektive, mindre forurensende og mer fleksible energiløsninger. Målsetningen deres er at fornybar energi skal erstatte fossil energi i fremtiden, med investering i nye løsninger og infrastruktur (Sintef, 2016). Teknova er et teknisk forskningsinstitutt, som er lokalisert i Grimstad og Kristiansand (Teknova, 2016). I tillegg har Eyde-nettverket deltatt for å se på hvilke muligheter det er for utviklingen av en velfungerende verdikjede for norsk trevirke. Siden det ikke finnes trekullproduksjon i Norge per dags dato, vil bruk av norsk trekull kreve etablering av en helt ny industriell sammensetning. Det vil da bli nye muligheter for næringsutvikling innen norsk skogsindustri (Elkem, 2015a).

4.6 Tidsperspektiv for prosjektet

Frem til utgangen av 2016 er prosjektet i forsknings- og utviklingsfasen. Første fullskala anlegg skal etter planen ha byggestart i år 2020. Hvis Elkem skal investere i prosjektet, vil de i starten av 2017 validere teknologiske løsninger og lage demonstrasjonsanlegg av kritiske komponenter og delprosesser. Hvis de foregående fasene er vellykket vil det bli demonstrert og kvalifisert en industriell pilot, for så en distribusjon av teknologien (Elkem , 2014).

5. Norsk skog

5.1 De globale klimautfordringene

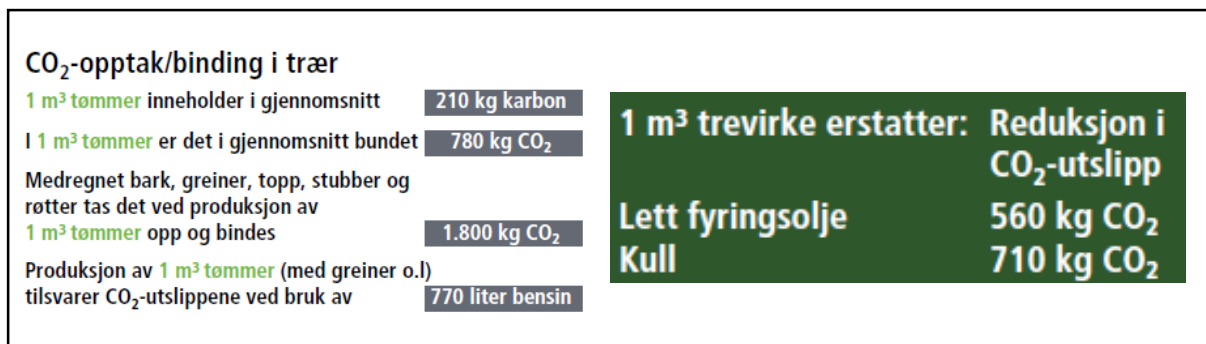
Hensikten med dette kapitlet er å beskrive den norske skognæringens utfordringer og muligheter. Dette er for å vurdere hvordan trekull kan erstatte fossilt kull ved silisiumproduksjon. Det vil bli brukt en dokumentanalyse, i tillegg til innspill fra Norsk Skogeierforbund for å redegjøre for dette.

Klimautfordringene som verden står overfor er blant annet et resultat av klimagassutslipp som er tilknyttet industriens bruk av fossile ressurser (IPCC, 2013). Siden 1960 er CO₂-utslippene fra fossilt brensel blitt mer enn tredoblet. I utgangspunktet er de naturlige utslippene av CO₂ som oppstår når dyr og planter dør en del av et bærekraftig kretsløp som har eksistert i millioner av år. Det er først når mennesket har utnyttet fossile energikilder at denne balansen har blitt forstyrret (Bøhn, 2015). Økt konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren er en direkte konsekvens av denne utviklingen, og fører til temperaturøkninger som igjen forårsaker flom, tørke og høyere havnivå (CRED, 2015). I de internasjonale klimaforhandlingene har det blitt enighet om å begrense temperaturstigningen til to grader, også kalt togradersmålet (FN, 2015).

FNs klimapanel har estimert at for å kunne bremse denne utviklingen må verden redusere sine utslipp av klimagasser betraktelig innen 2050 (IPCC, 2013). I følge FN er disse målsetningene avhengig av at det investeres mer i fornybare energikilder og energieffektivitet i transport, bygg og industri. Bruken av biomasse er et fornybart alternativ, og ved å satse på forskning og utvikling kan det sikres at biomasse gir stor verdiskaping i Norge både som energibærer, klimatiltak og næringsutvikling (Strategigruppen Skog22, 2013). Bruken av trevirke kan være sentral i denne utviklingen, og samtidig skape en bærekraftig industri for mange land i verden, deriblant Norge. I en rapport fra Miljødirektoratet ble bruken av trekull som reduksjonsmiddel i metallindustrien trukket frem som et svært viktig tiltak med potensielle positive miljøeffekter (Miljødirektoratet, 2015).

5.2 Skogens bidrag til verdens klimaregnskap

Skogen, som gjennom sin levetid har evne til å ta opp og lagre CO₂, er blitt identifisert som en viktig del av løsningen på klimautfordringene (Miljødirektoratet, 2015a). Bruken av trevirke er i utgangspunktet klimanøytral ved at CO₂ som forbrennes i prosessen allerede er bundet av fotosyntesen. Dette er CO₂ som ville blitt sluppet ut før eller siden uansett (Bøhn, 2015). Skog defineres altså som en karbonnøytral ressurs, som gjennom sin omløpstid tar opp like mye CO₂ som den slipper ut (Klima- og forurensningsdirektoratet, 2011). Dette forutsetter at skogen blir forvaltet på en bærekraftig måte, som vil legge til rette for en jevn tilvekst av ny skog. Den årlige nettoforvaltningen av norsk skog avsetter 35-40 millioner tonn CO₂, noe som utgjør 70% av de norske klimagassutslippene (Bøhn, 2015). Dette kan reduseres ytterligere hvis det legges til rette for en stabil tilvekst av nye skogressurser ved å føre en bærekraftig hogstpolitikk. Det er viktig at norsk skog blir ivaretatt slik at det opprettholdes en stabil tilvekst for fremtidige generasjoner. Dette vil kunne binde mer CO₂ i skogen, som gjør at utslippene reduseres og avhengigheten av fossile energikilder begrenses (Strategigruppen Skog22, 2013).



Figur 4: Oversikt over karbonbinding i trær (Bøhn, 2015)

Norges Skogeierforbund støtter dette synet og kommenterer at:

«FNs klimapanel er tydelige på at det ikke er mulig å begrense den globale oppvarmingen til 2 grader uten en dramatisk reduksjon i utslippene av CO₂, og at det ikke er mulig å få til dette uten bruk av meget store mengder biomasse. Klimapanelet viser videre at det er en forutsetning for å nå 2-gradersmålet at karbonnegative løsninger tas i bruk i stort omfang utover i perioden mot år 2100. De løsningene klimapanelet vurderer som mest aktuelle er storskala skogplanting, bruk av biokull som jordforbedrende middel og bioenergi kombinert med fangst og lagring av CO₂» (Sørli, 2016).

Motstanderne av økt bruk av biomasse mener at disse argumentene kun er relevant i et langsiktig perspektiv, og at klimaendringene må bli håndtert kortsiktig. Holtsmark (2010) kommenterer i sin rapport at argumentene om klimanøytraliteten til trekull er misvisende. Dette blir basert på en beregning som viser at syntetisk biodiesel produsert fra norsk trevirke kan øke CO₂-utslippene med 300 prosent i gjennomsnitt over dette århundret, i forhold til å fortsette med fossilt diesel (Holtsmark, 2010). Rapporten konkluderer med at norsk trevirke vil gi en betydelig økning i nettoutslippene gjennom hele kommende århundre. Resultatene bygger på at livssyklusen til en gitt trebestand er mye lengre enn hva perspektivet til klimaendringene tillater. Argumentene til denne rapporten er blitt etterprøvd av FN i sine egne rapporter, og det har ikke påvirket deres konklusjoner om at det er bedre for klimaet å bruke skogen enn å verne om den (Sørлие, 2016).

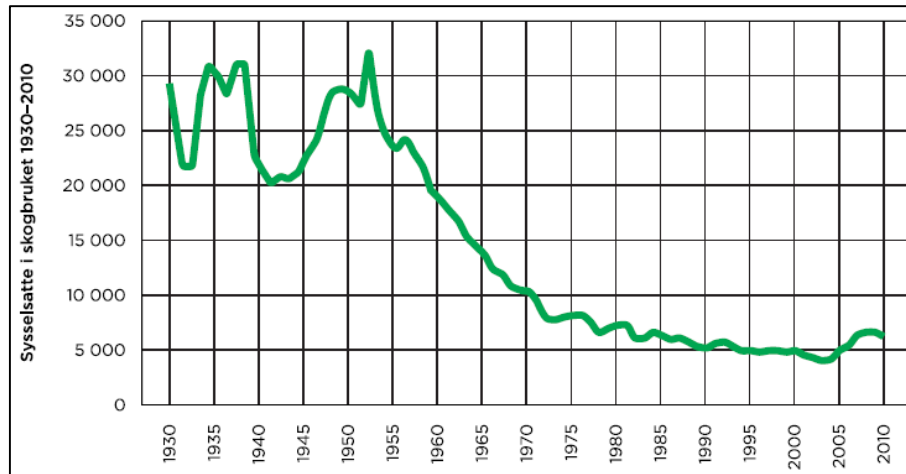
5.3 Norge gror igjen

Norske myndigheter har lenge vært positiv til at bruken av biomasse kan bidra til å redusere nasjonale utslipp av klimagasser (Miljødirektoratet, 2014). Årsaken er at Norge bare benytter seg av 40% av den årlige tilveksten, noe som fører til en årlig netto tilvekst av skog. I tillegg har store deler av den norske skogen nådd sitt vekstpotensial, som fører til at den årlige CO₂-bindingen vil avta hvis hogstaktiviteten ikke øker. Tilvekst av ny skog har tredoblet de siste 90 årene, og i dag utgjør arealet med hogstmoden skog ca. 40% av det produktive skogarealet. Skog22-rapporten viser at nettotilveksten av skog i perioden 2008-2012 var 24 millioner m³, mens den gjennomsnittlige hogsten var 11,1 millioner m³ per år. For at det skal være mulig å opprettholde en stabil virkestilgang utover de neste 30 årene anslås det et gjennomsnittlig årlig bærekraftig avvirkningskvantum i størrelsesorden 15 millioner m³ (Strategigruppen Skog22, 2013). Årsaken til den lave avvirkningen av skogressurser er relatert til økte kostnader og utfordringer knyttet til lønnsomhet (Bøhn, 2015).

5.4 Konjunkturedgang og utfordringer i næringen

Statistisk sentralbyrå viser at antall ansatte i skogsindustrien har blitt halvert på 40 år og lavkonjunkturen har vært sterkt preget av et høyt kostnadsnivå i Norge og en relativt lav kronekurs (Frønes, 2015). Kostnadsnivået har ført til at konkurranseevnen til industrien har blitt sterkt svekket, noe som ble forsterket av nedleggelsen av Norsk Union i 2005. Sammenlignet med andre land som har en etablert skogsindustri har Norge et høyt kostnadsnivå når det gjelder arbeidskostnader, drivstoffkostnader og andre transportkostnader

(von Troil, Thuresson, & Carlsson, 2014). For å kunne forsyne CNMP vil det være nødvendig å etablere et velfungerende marked for trekull i Norge. Det er flere momenter ved dagens markedssituasjon som gjør dette utfordrende.



Figur 5: Utviklingen i sysselsettingen i skogbruket i perioden 1930-2010 (Tomter & Dalen, 2014)

Kostnader knyttet til transport av trevirke i Norge er utfordrende sammenlignet med våre naboland. Topografien til Norge pekes på som en av årsakene til at transportkostnadene for hele verdikjeden er høye (Frønes, 2015). Veinettet er per dags dato ikke egnet til å takle ytterligere press som økt aktivitet fra skognæringen vil forårsake. Den norske skognæringen har nesten dobbelt så høye transportkostnader som annen norsk industri, og mesteparten av norsk trevirke eksporteres ut av landet (Lein & Løge, 2009). Sammenlignet med de andre nordiske landene ligger transportkostnadene 20-25 prosent høyere enn svenske og finske, både for vei og bane (Lein & Løge, 2009). Samme rapport anslår at 70 % av kostnadsforskjellene mellom Norge og Sverige skyldes svakere rammebetingelser knyttet til kjøretøysbestemmelser, infrastruktur og avgiftsnivå. En mulig årsak kan være at finsk og svensk skogsindustri er fritatt EU's kjøretøysbestemmelser med lavere utgifter i forhold til avgift på diesel og jernbanekostnader. De store eksportvolumene skyldes at faktormarkedene i Norge er preget av nordiske forhold, hvor kraftkostnad og tømmerkostnad er de viktigste kostnadskomponentene (Bergsaker, 2014).

De politiske rammebetingelsene har vært gjenstand for kritikk de seneste årene grunnet manglende satsing på bioenergi. Etter nedleggelsen av Norges største cellulosefabrikk Södra Cell Tofte i 2013, fremmet en samlet skognæring krav til regjeringen om økt prioritering av norsk skogsindustri (Winsnes, 2013). Et av de viktigste kravene var at næringen måtte få

samme vilkår som transportnæringen i Sverige. I korrespondanse med Norges Skogeierforbund pekes det på at det offentlige kan bidra mer til å bremse denne utviklingen, ved å stimulere til at det utvikles et marked for bærekraftige produkter og løsninger (Sørлие, 2016). Måltrettet satsing for å forbedre infrastrukturen for transport av tømmer og ferdigvarer er også avgjørende, for å styrke produktenes konkurranseevne i et internasjonalt marked. Videre vises det til at den norske selskapsbeskatningen må tilpasses den internasjonale utviklingen, og skattemessige avskrivninger må forbedres om næringen skal kunne konkurrere på like vilkår (Sørлие, 2016).

5.5 Stor krise = store muligheter

Næringens krise kan sees på som en mulighet til å støtte overgangen fra fossile brenslere til fornybare energikilder. Som Regjeringen viser til på sine hjemmesider:

«De globale klima- og miljøutfordringene krever omstilling til et samfunn hvor vekst og utvikling skjer innen naturens tålegrenser. Det må skje en overgang til produkter og tjenester som gir betydelig mindre negative konsekvenser for klima og miljø enn i dag. Samfunnet må igjennom et grønt skifte» (Regjeringen, 2014).

Kombinert med det faktum at Norge opplever en lavkonjunktur i arbeidsmarkedet for olje- og gass, kan bruken av biomasse vurderes som en del av den norske energisatsingen fremover. Potensialet til CNMP ligger i bruken av trekull som erstatning for fossilt kull ved produksjon av silisium. I følge Elkem må lønnsomheten i hele verdikjeden sikres gjennom «høy innovasjonsgrad og optimalisering på tvers av sektorer fra skogsdrift, transport, utvikling av høverdiprodukter og effektiv metall- og kraftproduksjon» (Elkem, 2015b). Det er flere forutsetninger som må være oppfylt for at trekullet skal kunne benyttes i prosessen. For det første må trekullet være av riktig kvalitet, slik at produksjonen fortsetter på samme nivå som før. Dette avhenger blant annet av hvilken renhet trekullet har, som igjen bestemmes av barking, type trevirke, vekstforhold og prosessering (Monsen B. E., 2013). Trevirket må også ha riktig tetthet og styrke for at det skal være egnet i prosessen. Dette avgjøres ut i fra hvilket treslag som velges.

Miljødirektoratet (2015a) pekte på at bruken av trekull har potensialet til å redusere norske utslipp med 1 million tonn CO₂-ekvivalenter. Rapporten peker på at overgangen til trekull

krever utprøving og demonstrasjon av prosesser i full skala, før potensialene kan realiseres. Ressursgrunnlaget er tilstede i form av tilgjengelig skog, men kostnadene oppleves som for store på nåværende tidspunkt. Dersom dette lykkes vil Norge i praksis nå to mål: bidra til å redusere CO₂-utslipp i metallindustrien og samtidig skape arbeidsplasser i norsk skogsindustri. Som diskutert er det en prosess som krever tett samspill mellom statlige institusjoner, skogeiere, skogsforbund og investorer.

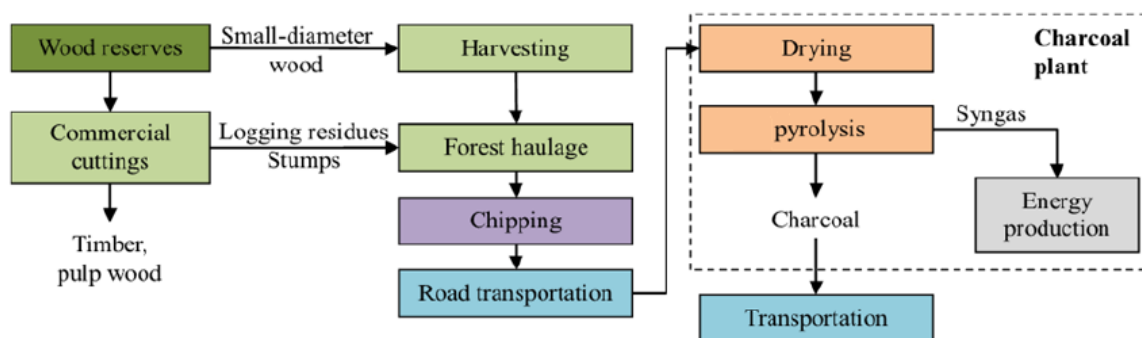
6 Trekull som et klimanøytralt alternativ

6.1 Introduksjon

Kommende kapittel vil bygge på argumentasjonen i kapittel 5, og se på hvordan trekull kan brukes av metallprodusenter som et klimanøytralt alternativt til fossilt kull. De samlede utslippene fra industrien utgjorde 12,1 millioner CO₂-ekvivalenter i 2013, der de største utslippene kom fra bruken av kull og koks som reduksjonsmiddel i metallindustrien (Miljødepartementet, 2016). Erstatningen av fossilt kull med trekull i metallindustrien er identifisert som et av tiltakene som kan ha en positiv effekt på norske klimagassutslipp (Miljødirektoratet, 2015). Følgende kapittel skal se på eksisterende forskning, og argumentere for om bruken av trekull i metallindustrien kan defineres som klimanøytralt. Det vil i tillegg dannes et bilde av produksjonsprosessen fra hogst av trevirke til produksjonen av silisium, slik at de kortsiktige miljøeffektene belyses. De kortsiktige effektene kan også føre til at metallprodusenter får incentiver til å konvertere til bruken av trekull. Energiformålet vil være det samme; å produsere silisium.

6.2 Innhenting av biomasse

I CNMP skal trevirke omdannes til trekull i en pyrolyseprosess, og videre benyttes i en smelteovn. Figur 6 viser grovt sett prosessen fra avvirkning til ferdig trekull:



Figur 6: Prosessen fra trevirke til trekull (Suopajärvi & Fabritius, 2013)

Tidligere studier har sett på effektene av utslipp forbundet med hogst. De utslippene som kan spores direkte til hogsten er relatert til prosesser i jorden, nedbryting av biologisk materiale etter hogst (røtter, stubber, og hogstavfall) og til direkte utslipp fra jorden som følge av påvirkningen fra maskiner (Norsk institutt for skog og landskap, 2015). Samme studie foretar

en effektvurdering av hogstvirksomheten med utgangspunkt i en bestand med granskog på en hektar som ble avvirket etter 90 års vekst. Da avvirkningen ble gjennomført var CO₂-utslippet avhengig av om det ble benyttet GROT (samlebetegnelse for greiner og topper) videre i prosessen. Denne formen for biomasse avgir CO₂ til jordsmonnet og vil være viktig å ta med i vurderingen. I dialog med Elkem er det klart at de ønsker å benytte seg så mye som mulig av trestammen og tilhørende GROT (Elkem, 2016e). Norsk institutt for skog og landskap brukte en tilvekstmodell for å foreta beregninger av CO₂-utslipp i forskjellige hogstscenarier. Resultatene fra et av scenarioene viser at uttak og forbrenning av GROT i utgangspunktet er klimanøytralt og samtlige former for benyttelse av GROT vil gi netto redusert global oppvarmingseffekt (Norsk institutt for skog og landskap, 2015). For variablene knyttes det imidlertid usikkerhet til hvilken klimaeffekt som kan oppnås, siden det vil være store variasjoner mellom ulike skogstyper og geografiske posisjoner.

6.3 Forbrenning i pyrolyse/smelteovn sammenlignet med dagens utslipp

De største utslippene fra prosessen vil være tilknyttet selve forbrenningsprosessen i smelteovnen som produserer silisium (Eikeland, Monsen, & Modahl, 2001). Her er det flere forskjeller som kan være verdt å nevne innledningsvis. Vanligvis har trekull lavere karboninnhold (C), men er mye mer reaktivt og har litt mindre askeinnhold enn vanlig kull (Monsen, Tangstad, & Midtgaard, 2001). Askeinnholdet er ofte avhengig av jordsmonnet som trestammen har blitt hogget fra og om det har blitt brukt gjødsling. Videre har trekull veldig høy elektrisitetmotstand, lav tetthet og høyere reaksjonsgrad med CO₂ og SiO-reaktivitet sammenlignet med kull. Disse egenskapene gjør trekull til et ideelt reduksjonsmiddel for en smelteovn (Suopajarvi, Pongràcz, & Fabritius, 2013). Samme rapport argumenterer for at det mest positive med å bruke fornybar biomasse er reduserte karbonutslipp, bedre kvalitet på metallet som blir produsert og økt produktivitet.

I en rapport fra 2009 ble det gjennomført en LCA (Life Cycle Analysis) av hele prosessen, hvor miljøutslippene ble evaluert på tvers av verdikjeden (Norgate T. , Haque, Somerville, & Jahanshahi, 2009). Til tross for at studien fokuserer på bruken av trekull som erstatning for kull i stålproduksjon, så anser vi likevel resultatene som relevant for dette kapitlet. Norgate et al. (2009) skriver i sin konklusjon at resultatene indikerer at erstatningen av kull med trekull i produksjonen av metall har et potensial for reduksjon av miljøutslipp. Disse reduksjonene utgjør 5,3- og 4,5 tonn CO₂-ekvivalenter per tonn stål produsert for henholdsvis

to forskjellige produksjonsmetoder (Norgate et al., 2009). Videre estimeres det at store deler av verdens metallproduksjon kan benytte seg av trekull i stedet for kull over de kommende tiårene. Det påpekes imidlertid at transportkostnader kan være et betydelig hinder som kan motvirke denne utviklingen. Norgate & Langberg (2009) videreførte resultatene ved bruken av trekull i metallindustrien. Resultatene fra studien kan sees i figur 7:

	Gross impact (no credits)	Electricity & euc. oil credits	Net impact (with credits)
Gross Energy Requirement			
Renewable (MJ/kg charcoal)	109.7	0.0	109.7
Non-renewable (MJ/kg charcoal)	2.8	64.6	-61.8
TOTAL (MJ/kg charcoal)	112.5	64.6	47.9
Greenhouse gases (GWP)			
Renewable (kg CO ₂ e/kg charcoal)	0.00 ¹	0.00	0.00
Non-renewable (kg CO ₂ e/kg charcoal)	0.22	6.20	-5.98
TOTAL (kg CO ₂ e/kg charcoal)	0.22	6.20	-5.98

Figur 7: Utslipp CO₂ trekull (Norgate & Langberg, 2009)

Norgate & Langberg (2009) vurderte miljøutslippene fra fornybare (biomasse) og ikke-fornybare ressurser (fossile kilder). Tabellen viser at miljøutslippene (GWP=Greenhouse gases) fra bruken av trekull i det fornybare alternativet er 0. Dette begrunnes med at utslippene fra prosessen vil bli tatt opp igjen i det naturlige kretsløpet. I et kortsiktig perspektiv konkluderer studien med at for hver kilo av fossilt kull som blir erstattet av trekull så reduseres miljøutslippene med 3,42 kg CO₂-ekvivalenter. En annen studie så på de industrielle fordelene av å bruke trekull i produksjonen av silisium (Monsen, Grønli, Nygaard, & Tveit, 2001) Funnene er listet opp i figur 8:

MAIN REASONS	EFFECTS ON THE PROCESS
PROCESS IMPROVEMENT:	Improved furnace gas distribution.
	Possible decreased charge segregation.
	Increased condensation area and mass for SiO-gas.
	Improved electrical resistance.
	Large amount of wood chips will decrease the retention time of quartz.
	Wood chips may change the energy content in the off-gas.
	Better SiO reactivity.
PRODUCT QUALITY:	Bio-based carbon material may have less impurities than fossil carbon. This may improve the silicon and silica quality.
ENVIRONMENTAL EFFECTS:	Reduction in the emission of fossil-based CO ₂ .
	Possible lower content of trace elements than fossil-based carbon materials.
	Reduction in sulphur will lower SO ₂ -emissions.

Figur 8: Kortsiktige industrielle fordeler ved bruken av trekull (Monsen et al., 2001)

De kortsiktige effektene er proporsjonal med hvor mye trekull som faktisk blir brukt i prosessen. Monsen et. al (2001) påpeker at maksimalt utbytte oppnås når 50% av fossilt kull erstattes med trekull i prosessen. I likhet med annen litteratur ble det gjennomført ulike testscenarier hvor graden av trekull ble eksperimentert i en smelteovn. Ved å erstatte kull var det tilnærmet mulig å eliminere de totale CO₂-utslippene fra prosessen (Monsen et al., 2001).

Et annet forskningsstudie foretok i tillegg en livssyklusanalyse, som beskriver miljøpåvirkningene av å bruke trekull i produksjonen av ferrosilisium (et nært beslektet produkt til silisium med tilnærmet lik produksjonsmetode) (Eikeland, Monsen, & Modahl, 2001). Resultatene fra studien viser at bruken av 40% norsk trekull som er produsert i en industriell prosess med varmegjenvinning fører til lavere CO₂-utslipp. I samme rapport argumenteres det for at utslippene tilknyttet transport er betydelig lavere enn ved import. Totalt er det beregnet at produksjonen av ferrosilisium med 40% biologisk fiksert karbon reduserer de kortsiktige prosesseutslippene av CO₂-utslipp med 35% sammenlignet med fossilt kull (Monsen et al., 2001). En annen casestudie argumenterer for at bruken av trekull kan føre til kortsiktige positive miljøeffekter (Suopajärvi & Fabritius, 2013). Studien konkluderer med at bruken av biomasse i en smelteovn kan være et bærekraftig alternativ hvis fokuset er på reduksjon av CO₂-utslipp.

Tilsvarende vurderte et annet forskningsstudie reduksjonspotensialet til bruken av biomasse i produksjonen av stål (Suopajärvi & Fabritius, 2011). Det konkluderes med at ved å introdusere biomasse i metallproduksjonen kan det oppstå signifikante reduksjoner i CO₂-utslipp (Suopajärvi & Fabritius, 2011). Bruken av trekull i en integrert metallproduksjon minimerer de kortsiktige CO₂-utslippene med opptil 26,4%. Suopajärvi & Fabritius (2011) fremhever at fordelene til bruken av biomasse sammenlignet med fossilt kull er at det er en fornybar energikilde som kan defineres som karbonnøytral.

Det argumenteres i en annen rapport at bruken av trekull i en integrert metallprosess har potensialet til å redusere de totale miljøutslippene med 42-74% (Norgate T. , Haque, Somerville, & Jahanshahi, 2012). Dette forutsetter at alle biproduktene fra biomassen i prosessen blir tatt i bruk. Avslutningsvis beskriver en norsk studie hvordan ferrosilisiumindustrien kan redusere sine CO₂-utslipp (Lindstad, Monsen, & Osen, 2007). Rapporten argumenterer for at det er et stort potensial ved bruken av trekull på grunn av klimanøytraliteten (Lindstad et al., 2007). Utfordringene ved bruken av trekull ble identifisert

som kostnadsavhengig, og innførelsen av en karbonpris ble sett på som en potensiell løsning på denne problemstillingen.

Resultatene fra dokumentanalysen viser at bruken av trekull kan ha mange kortsiktige fordeler ved at de direkte prosessutslippene blir redusert. Majoriteten av forskningsartiklene konkluderer også med at trekull er klimanøytralt i et langsiktig perspektiv. Dette vil danne grunnlaget for antakelsene vi gjør senere i oppgaven når karbonprisen diskuteres.

DEL 2: ANALYSE

7. Analyse av lønnsomhet

7.1 Innledning

I denne delen av utredningen skal vi foreta en investeringsanalyse for å vurdere om det vil være lønnsomt for Elkem å investere i CNMP-prosjektet. I analysen vil vi bruke informasjon fra den deskriptive delen til å underbygge enkelte forutsetninger som blir definert. I tillegg til en kvantifiserbar vurdering er det viktig å nevne at det kan være vesentlig å se på faktorer som ikke er direkte kvantifiserbare, før en investeringsbeslutning blir tatt. Dette kan være faktorer som positive konsekvenser for sysselsetting, politisk velvilje, og at det kan være en strategisk riktig beslutning for Elkem. Vi vil diskutere dette nærmere i kapittel 9, hvor vi vil vurdere sysselsettingseffektene av CNMP.

For å vurdere lønnsomheten til prosjektet velger vi å benytte nåverdimetoden. Denne metoden benytter ulike variabler til å estimere fremtidige kontantstrømmer, og neddiskonterer de til dagens verdi (Gjærum & Bøhren, 2009). Nåverdien vil altså vise hvilken økonomisk verdiskapning selskapet vil oppnå i fremtiden, korrigert for investeringens generelle risiko og den spesifikke selskapsrisikoen. Hvis nåverdien blir positiv er prosjektet økonomisk lønnsomt. Blir nåverdien negativ vil ikke prosjektet være økonomisk lønnsomt, da selskapet får en avkastning som er lavere enn avkastningskravet.

Formelen for netto nåverdi er vist under.

$$NNV = - \sum_{t=1}^s \frac{I_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=s}^T \frac{KS_t}{(1+r)^t} + \frac{SV_t}{(1+r)^T}$$

Det første leddet i formelen viser prosjektets investeringskostnad I_t neddiskontert med avkastningskravet r . Deretter vurderes de påfølgende årlige kontantstrømmene KS_t som også blir neddiskontert med avkastningskravet r . Videre er s antall utbyggingsår, t viser hvert enkelt år for kontantstrømmen, mens T er et uttrykk for den totale tidsrammen. Siste ledd i formelen er utrangeringsverdien SV_t .

En oppsummering av delkapitlene kan sees i tabell 2:

Kapittel	Innhold
7.2	Forutsetninger for prosjektet
7.3	Inntekter i planperioden
7.4	Kostnader i planperioden
7.5	Avkastningskrav
7.6	Avskrivning
7.7	Driftsbudsjett
7.8	Budsjettering av kontantstrøm
7.9	Nåverdi og internrente

Tabell 2: Oversikt over delkapitler kapittel 7

7.2 Forutsetninger

Investeringsanalysen baserer seg på ulike forutsetninger som vil bli diskutert i detalj i dette kapitlet. Siden prosjektet er i en tidlig utviklingsfase knyttes det usikkerhet til flere sentrale forutsetninger som inntekter, kostnader og investeringsbeløp. Usikkerheten henger blant annet sammen med at det er vanskelig å få tilgang til detaljerte kostnader for pyrolyse, på grunn av manglende sammenligningsgrunnlag fra større produksjonsanlegg (Hamaguchi, Saari, & Vakkilainen, 2013). En annen studie påpeker at produksjonen av biomasse fra trevirke er et relativt nytt forskningstema som har fått lite vitenskapelige interesse (Meyer, Glaser, & Quicker, 2011). I løpet av oppgaven vil enkelte faktorer bygge på offentlig tilgjengelige kilder fra sammenlignbare teknologiske prosjekter. Videre er forutsetningene basert på informasjon som vi har fått gjennom samtaler med ulike representanter fra Elkem med tilknytning til CNMP. Informasjonen vi har fått gjennom disse samtalene er noe begrenset av hensyn til prosjektets konfidensialitet.

En oversikt over forutsetningene er listet opp i tabell 3 med påfølgende diskusjon av hver enkelt:

Avsnitt	Forutsetninger	Sammen drag
7.2.1	Valg av nåverdi	Nominell til totalkapitelen etter skatt
7.2.2	Produksjonkapasitet og investeringskostnad	349 700 fm ³ levert trevirke årlig 46 000 tonn trekull årlig NOK 700 millioner
7.2.3	Finansiering	50% Egenkapital 50% Gjeld
7.2.4	Tidsramme	2020-2052
7.2.5	Planhorisont og restverdi	30 år
7.2.6	Valutaeffekter	7,5 NOK/USD
7.2.7	Inflasjon	7,73%
7.2.8	Usikkerhet	Justert ved avkastningskrav
7.2.9	Valutaeffekter	7,5 NOK/USD

Tabell 3: Forutsetninger for prosjektet

7.2.1 Valg av nåverdi

En nåverdiberegning kan utføres på forskjellige måter, men vi velger å bruke nominelle strømmer til totalkapitalen etter skatt. Vi analyserer altså den samlede kapitalen til prosjektet og tar hensyn til de skattemessige forpliktelsene investeringen vil stå ovenfor, i tillegg til inflasjon (Gjærum & Bøhren, 2009). Vi forutsetter at kontantstrømmene inntreffer 31.12 hvert år.

7.2.2 Produksjonkapasitet og investeringskostnad

Prosjektet har flere delkomponenter som vurderes separat, og som legges sammen når vi skal vurdere den endelige investeringskostnaden. De ulike kostnadene er estimert ut i fra informasjon fra tilgjengelige publikasjoner, Elkem og andre produsenter som benytter seg av teknologien. Flere av driftskostnadene regnes som en prosentandel av den totale investeringskostnaden. De følgende underkapitlene vil danne en oversikt over dette.

7.2.2.1 Pyrolyseprosessen

Det er presentert tidligere at det teknologiske rammeverket skal bygge på Lambiotte prosessen. Det er ønskelig at pyrolyseprosessen skal ned i 10-15 min med et slingringsmonn opp til maksimalt 3 timer (Dahl, 2016). Grunnen er at det da vil være kontinuerlig materialflyt på anlegget, slik at produksjonen vil flyte så jevnt som mulig. Dette oppnås ved å få en stor andel av trekull ut fra pyrolyseprosessen på en tidseffektiv måte, og moderat rask pyrolyse vil

derfor være best egnet. Sakte pyrolyse resulterer i den høyeste andelen trekull (35%), men ved en slik type pyrolyse så bruker prosessen alt for lang tid for hva som vil bli lønnsomt fra et operativt ståsted.

Pyrolysen krever at trevirke er av riktig fuktighetsgrad og kvalitet slik at det kan omdannes til trekull for videre bruk i prosessen. I CNMP forutsettes det at trevirket tørkes ved hjelp av lav kvalitetsvarme fra avgassen i smelteverket. Hvis CNMP sees på som en helhet er det derfor avgjørende for kapasiteten til pyrolysen hvor mye silisium som skal produseres i smelteovnen. Det forventes, basert informasjon fra Elkem, at det skal benyttes en ovn tilsvarende 37 MW i CNMP (Elkem, 2016e). Kapasiteten til en smelteovn er målt i hvor mye elektrisk kraft som kreves, og kan variere fra 10MW til 45MW (Borkowska, 2012). Dette anslaget er også underbygget av prosjekttegninger i kapittel 4. For å finne sammenligningsgrunnlag har vi sett på tilsvarende ovner som er i bruk på eksisterende smelteverk i Norge. Basert på nåværende kapasitet på Elkem Thamshavn i Orkanger er det beregnet at det vil være behov for å forsyne en ovn som produserer 26 000 tonn silisium i året¹. Videre antas det at det kreves 13,45 fm³ trevirke per tonn silisium produsert, som tilsvarer 349 700 fm³ årlig². Omregnet til trekull tilsvarer dette 46 000 tonn i året³. Dette produksjonstallet vil fungere som en indikator på hvor stort pyrolyseanlegg som vil kreves i prosjektet, og hvor stor investeringskostnad dette tilsvarer.

Siden et integrert CNMP-anlegg aldri har blitt bygget før kan det være utfordrende å anslå de totale investeringskostnadene med stor grad av nøyaktighet. Det er imidlertid flere pyrolyseanlegg som er operative i dag som produserer kvantum i den størrelsesorden som prosjektet vil kreve. Et av disse er Lambiotte-anlegget i Vest-Australia som årlig produserer 27 000 tonn trekull. Slike anlegg vil fungere som referanse ved estimering av investeringskostnad. Det er fortsatt verdt å nevne at disse estimatene er gjenstand for usikkerhet som vil diskuteres i et senere kapittel. En rapport sammenligner flere pyrolyseanlegg og beskriver en rekke økonomiske forutsetninger på eksisterende anlegg (Jahirul, Rasul, Chowdhury, & Aswatch, 2012). Tilsvarende presenterer Meyer et al. (2011) og Bagramov (2010) økonomiske beregninger bak nåværende pyrolyseprosesser som kan

¹ Kapasitet Elkem Thamshavn = 50 000 tonn/år på to ovner tilsvarende 44,7 MW (ovn 2) og 25,3 MW (ovn 1). 714,28 tonn silisium pr MW. $37 \cdot 714,28 = 26428,36$. Tallet er avrundet til 26 000.

² $26\,000 \cdot 13,45 = 349\,700 \text{ fm}^3$. 13,45 fm³ pr tonn silisium (Elkem, 2016e)

³ $349700/7,6 = 46013$. Tallet er avrundet til 46000 Estimert 7,6 fm³ pr tonn trekull (Kyrkjeide, 2014)

gjøre estimatene mer nøyaktig. I tillegg til dokumentanalysen, har vi kontaktet ulike leverandører av Lambiotte-teknologien som har gitt et anslag på hvor mye det kommer til å koste å få dette levert i en industriell skala. En av dem er selskapet Balt Carbon fra Latvia som spesialisierer seg på Lambiotte teknologien. Som oversikten i tabell 4 viser er det store kostnadsforskjeller på tvers av pyrolyseteknologiene som eksisterer i dag. Hovedtrekkene er at investeringskostnadene øker proporsjonalt med kapasiteten til anleggene.

Kapasitet (tonn/dag)	Innsatsfaktor	Investeringskostnad (NOK 100 Millioner)	Kilde
1000	Fuktig trevirke	601	Jahirul et. al 2012
550	Tørr trevirke	402	Ringer et. al 2006
200	Fuktig trevirke	73	Jahirul et. al 2012
150	Trevirke	125	Balt Carbon

Tabell 4: Investeringskostnad pyrolyseanlegg

Produksjonskapasiteten baseres derfor på tidligere investeringer som har blitt gjort i industrien og informasjon innhentet fra produsenter. Vi anslår derfor at investeringskostnaden til pyrolyseanlegget i CNMP vil være i størrelsesordenen NOK 150 millioner.

7.2.2.2 Smelteovnen

En viktig strategisk avgjørelse som må besluttes er hvordan prosjektet skal utbygges. Det er to overordnede måter man kan gå frem på i et slikt utbyggingsprosjekt, og disse kalles greenfield og brownfield. Greenfield går ut på at det planlegges å bygge produksjonsfasiliteter uten eksisterende infrastruktur eller utstyr (Beal, 2016). Dette er tilfellet hvis nye sykehus eller industrielle anlegg skal bygges hvor det ikke er tilrettelagt for dette. Ved brownfield finnes det eksisterende bygnings- eller landmasse som kan brukes til det nye prosjektet (Beal, 2016). Et eksempel på dette kan være oppgradering av kapasiteten ved en flyplass hvor det finnes eksisterende terminaler.

I et langsiktig perspektiv har CNMP en målsetning om å bli gjeldende for alle smelteverk i verden, slik at både nasjonale og internasjonale CO₂-utslipp går ned. For å kunne gjennomføre dette må det legges til rette for at teknologien skal kunne brukes på eksisterende smelteverk som allerede har blitt bygget. Vi antar at smelteovnen som skal være en del av CNMP allerede har blitt bygget og vil derfor ikke inkludere denne investeringskostnaden i investeringsanalysen. Denne utredningen tar altså for seg et brownfield anlegg hvor CNMP

integreres med eksisterende teknologi. Dette kan føre til økt usikkerhet for de neste stegene av teknologien, men det vil ikke være relevant å vurdere investeringskostnaden ettersom det forutsettes at det allerede har blitt bygget. Vi kommer imidlertid til å ta hensyn til inntekter og kostnader for smelteovnen.

7.2.2.3 Øvrige komponenter i CNMP

Prosjektet vil ha mange flere delkomponenter som både sørger for at materialflyten opprettholdes, men som samtidig generer energi som benyttes videre i prosessen. En sentral del av CNMP er energigjenvinningsanlegget som kommer til å bestå av to generatorer. Basert på et estimat i dialog med Elkem utgjør kostnadene til gjenvinningsanlegget opp mot NOK 500 millioner. Dette er en vesentlig del av investeringskostnaden som må inkluderes i investeringsanalysen. Det knyttes også en del kapital ved sammenkoblingen av pyrolyseanlegget til prosjektets øvrige deler. Elkem sine egne beregninger viser at disse kostnadene utgjør ca. NOK 50 millioner. Dette fører til en total investeringskostnad på NOK 700 millioner.

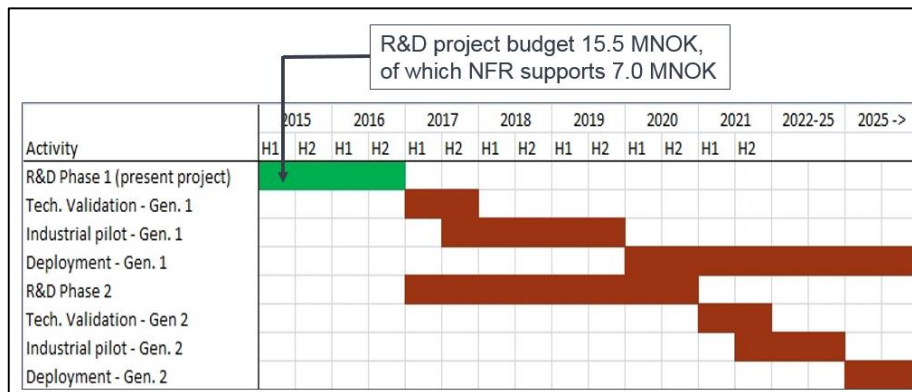
7.2.3 Finansiering

Uten tilstrekkelig innsyn i CNMP prosjektets finansieringsstruktur forutsetter vi at dette prosjektet vil bli finansiert med 50% egenkapital og 50% gjeld. Videre er det verdt å nevne at Elkem har solide eiere som skal kunne bidra med likviditet hvis det blir nødvendig.

Anleggsmidler bør finansieres med egenkapital og lån med omtrent samme løpetid som anleggsmidlenes levetid. Det antas at 50% av investeringskostnaden er lånefinansiert til syv prosent fastrente før skatt. Grunnen til at fast rente blir valgt er at selskapet da i begynnelsen av investeringsperioden vet hvilke utbetalinger lånet vil få. Fastrente før skatt vil vi begrunne i avsnitt 7.11 *Lånerenten*. Det er vanlig at lånene utbetales etter at investeringene er gjennomført, slik at sikkerhet i anlegget kan etableres (Boye & Koebakker, 2006). På grunnlag av det antar vi at lånet blir utbetalt i år 2020, rett etter at investeringen av CNMP-anlegg er foretatt. Vi forutsetter at annuitetslånet har tre års avdragsfrihet og 30 års nedbetalingstid. Ved et annuitetslån må selskapet betale en konstant sum av renter og avdrag gjennom lånets løpetid. Restlånet vil avta på grunn av avdragene, så rentedelen i annuiteten reduseres, mens avdragsdelen vil øke (Boye & Koebakker, 2006). Vi kommer tilbake til utregning av annuitetslån i avsnitt 7.4.7 *Finansiering*.

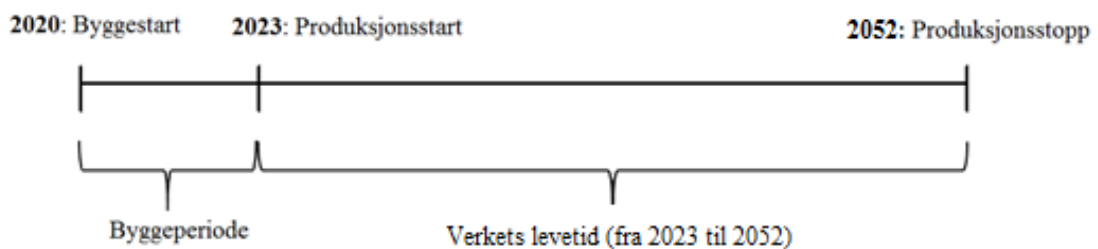
7.2.4 Tidsramme

Henføeringsåret, eller året som blir brukt som utgangspunkt for analysen vil være 2020, da dette vil være årene hvor de største investeringsbeslutningene vil bli tatt. Dette året vil også være starten av selve byggeprosessen hvor størsteparten av investeringsbeløpet blir fordelt (Elkem, 2015d). Vanligvis vil det påløpe en del kostnader forbundet med FoU før selve utbyggingen starter, men som en forenkling velger vi å se bort fra dette. Vi forutsetter videre at investeringskostnaden fordeler seg jevnt over tre år og at den ikke blir påvirket av inflasjon.



Figur 9: Tidsperspektiv prosjektet (Elkem, 2015d)

På bakgrunn av disse opplysningene vil det legges til grunn en treårig utbyggingsperiode, og at produksjonen starter i år 2023.



Figur 10: Illustrasjon av prosjektets levetid

7.2.5 Planhorisont og restverdi

Det er viktig å ta hensyn til at usikkerheten i budsjettforutsetninger øker desto lengre inn i fremtiden som det planlegges (Bøhren & Gjørnum, 2009). På grunn av lang levetid til et CNMP-anlegg, velger vi å forutsette at prosjektet vil ha en planhorisont på 30 år. Videre forutsetter vi at CNMP-anlegget ikke vil ha noen restverdi ved utgangen av planperioden, i år 2052. Dette er en forenkling da anlegget vil ha en restverdi, men vi antar at restverdien omtrent tilsvarer kostnader knyttet til avvikling av anlegget.

7.2.6 Valutaeffekter

Vi velger å bruke norske kroner (NOK) som valuta i nåverdiberegningen, ettersom dette skal være et prosjekt som hovedsakelig baserer seg på norske innsatsfaktorer. I noen avsnitt må vi ta utgangspunkt i en annen valuta, og i disse tilfellene vil vi forenkle valutaproblematikken ved å sette en langsiktig kurs. Vi kommer til å benytte oss av både dollar (USD) og euro (EUR) i oppgaven siden både inntekter og karbonpris oppgis i disse valutaene. Å forutse langsiktige valutakurser kan være vanskelig siden sammenhengene i valutamarkedet er ustabile (Eitrheim & Gulbrandsen, 2016). Forholdet mellom internasjonal valuta og den norske kronen vil variere i årene som kommer i takt med konjunktursvingningen i verdensøkonomien. Det finnes imidlertid instrumenter som kan tas i bruk av bedrifter for å sikre seg mot denne risikoen, som for eksempel valutaswap.

Valutaswap er en måte å sikre seg mot inntektssvingninger og oppnå langsiktige valutakurser. En valutaswap er en gjensidig avtale mellom to parter om bytte av valuta for en fast periode (Skatteetaten, 2016). Det vil da inngås en spotkontrakt med et angitt leveringstidspunkt mot en terminkontrakt med tilbakelevering på et senere tidspunkt. I praksis fungerer det slik at en bedrift kan selge norske kroner mot utenlandsk valuta, samtidig som det inngås en kontrakt om tilbakekjøp. Dette vil være til en fastsatt kurs på et bestemt tidspunkt i fremtiden (Skatteetaten, 2016). Byttene finner sted til avtale valutakurser, og terminkursen reflekterer i hovedsak renteforskjellen mellom valutaene (Skatteetaten, 2009). Ved å inngå slike avtaler med en bank kan Elkem inntektssikre seg for svingninger i dollarkursen. Kombinert med antakelsen om at den norske kronen vil stabilisere seg på et lavere nivå enn dagens kurs setter vi dette forholdet til 7,5 NOK/USD og 8,5 NOK/EUR.

7.2.7 Inflasjon

Regjeringen i Norge jobber mot et inflasjonsmål for pengepolitikken som er innrettet mot at konsumprisene skal vokse med 2,5% årlig (Norges Bank, 2016a). På bakgrunn av det velger vi å benytte 2,5% langsiktig inflasjon. Det er utfordrende å si noe om prisutviklingen i fremtiden, og det forutsettes derfor en langsiktig vekst på 2,5% til variablene i kontantstrømmen.

7.2.8 Usikkerhet

Mange av kostnadene for CNMP-prosjektet er vanskelig å forutse. I en slik type investeringsbeslutning er det rimelig å anta at usikkerheten øker i takt med investeringshorisonten. Dette kan være gjeldende for prosjektets langsiktige inntekter og kostnader som kan stå overfor variasjoner for lønnsnivå og prisutvikling. Vi vil justere for usikkerheten gjennom økt avkastningskrav. Usikkerhet kan også påvirkes når rammebetingelsene til prosjektet endrer seg. Skiftet til fornybare energikilder har økt de siste tiårene i takt med et større fokus på klimautfordringer. I fremtiden kan andre energikilder favoriseres, og føre til at satsingen på biomasse blir mindre attraktiv og dermed svekke den langsiktige lønnsomheten.

7.3 Inntekter i planperioden

Det forutsettes at inntektene til prosjektet baseres på tre hovedelementer. Disse hovedelementene er silisiumprisen de får på verdensmarkedet, inntekt som følge av karbonprisen og inntjeningen fra energigjenvinningen. Kapittelet kommer til å belyse forventet markedsutvikling for silisium, i tillegg til en estimering av hva prisen kommer til å være i prosjektets levetid. Det vil også bli inkludert en diskusjon av forventet utvikling av karbonprisen på klimakvoter. Avslutningsvis vil inntektene som genereres gjennom energigjenvinning avklares og tallfestes. Som kapittel 4 viste er det flere andre produkter som blir utvunnet i tillegg til trekull. Pyrolyseprosessen har flere biprodukter som for eksempel bioolje og pyrolysegass som, med riktig kvalitet, kan videreselges. Store deler av energien fra pyrolyseprosessen blir overført til disse produktene, og det er viktig å påpeke når inntektene skal avklares. Det forskes på hvordan biooljen kan videreforedles til å skape inntekter for prosjektet utover salg av silisium, men vil ikke bli tatt med i vår kontantstrøm. Inntektene er oppsummert i tabell 5.

Avsnitt	Inntektspost	NOK millioner
7.3.1	Silisium	429
7.3.2	Karbonpris	9
7.3.3	Energigjenvinning	32
7.3.4	Øvrige inntekter	-

Tabell 5: Inntekter i planperioden

7.3.1 Silisium

Silisium har en mengde forskjellige bruksområder og benyttes innenfor bransjer som bygg, elektronikk og bilindustri. Kvaliteten på silisiumet bestemmer hvilken spesifisering det får tildelt, og det er det som avgjør hvilken pris som blir klarert i markedet. Industri for kjemikalier og aluminium krever ofte strengere spesifikasjonskrav enn øvrige kjøpere som gjør at prisen varierer (Jones, 1996).

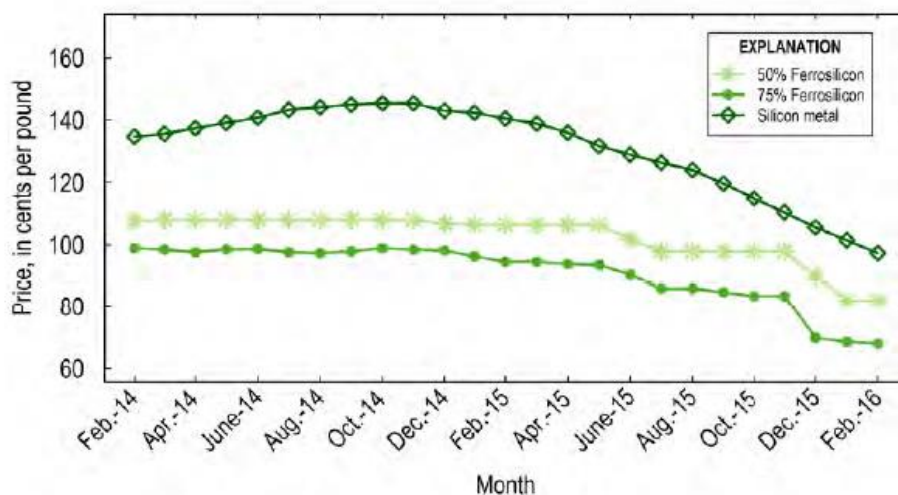
7.3.1.1 Direkte handel utenom børs

Silisium skiller seg ut sammenlignet med andre metaller som blir handlet på en etablert dedikert råvarebørs. Størstedelen av handelen av silisium foregår direkte mellom kjøper og selger til en pris man blir enige om. Dette innebærer at prisen varierer i forhold til hvor i verden man befinner seg og hvilken kvalitet det er på råvaren. Etterspørselen er videre

bestemt av aktiviteten i stål, aluminium og kjemikalie-industrien (Jones, 1996). Som et resultat er prisen svært volatil når etterspørselen eller tilbudet endrer seg marginalt.

7.3.1.2 Prisutvikling

Selv om industrien for silisium har vokst i de siste årene (355% fra 1985 til 2005), er det flere utfordringer som industrien står overfor (Camarasa & Velasco, 2005). I løpet av samme tidsperiode har prisen på silisium variert med konjunktursvingninger i verdensøkonomien. De seneste årene, med unntak av 2014, har industrien vært i en stabil vekst, men de fleste analytikere antar at etterspørselen etter silisium vil stagnere i 2015/16. Fra og med desember 2014 har spotprisene på silisium falt med 25% i USA og nedgangen har vært større i EU og Asia (CRU, 2015) Det kommende året forventes det flat utvikling av prisen grunnet svak økonomisk vekst i verden anført av fremvoksende økonomier. På tross av moderate estimater for 2015/16 forventes det at den globale økonomien tar seg opp marginalt på et nivå rundt 3% i slutten av dette tiåret, noe som kan bli merkbart i silisiumindustrien (CRU, 2015). I tillegg forventes det at etterspørselen etter silisium vil vokse som et resultat av høyere produksjon av solceller. Den langsiktige silisiumprisen påvirkes av den samlede etterspørselen for råvaren, i tillegg til kostnadsnivået til produsenten (CRU, 2015). Prisveksten er som sagt forventet å ta seg opp i slutten av tiåret i form av bedre kapasitetsutnyttelse og økning i det marginale tilbudsbildet som et resultat av en svakere dollarkurs.



Figur 11: Utvikling i prisen på silisium (USGS, 2016)

Prisen på silisium varierer med ulike produktvarianter, og vi tar derfor utgangspunkt i et gjennomsnittlig prisanslag på silisium som skal selges fra et CNMP-anlegg. Smelteovnen kommer til å levere et produkt som kommer til å brukes som legering i aluminium og til større byggeprosjekter (Elkem, 2016e). Den gjennomsnittlige prisen i februar 2016 var rett i underkant av 100 cent per pound (USGS, 2016). Omregnet til USD/tonn blir dette ca. 2150⁴.

Dette prisanslaget anser vi som konservativt i forhold til forventet utvikling i prisen. Vi forutsetter en noe høyere pris, 2200 USD, som gir grunn til å forvente at CNMP genererer inntekter tilsvarende NOK 429 millioner årlig⁵. Basert på forventet utvikling i den internasjonale etterspørselen antar vi at prisen vil ligge på dette nivået i planperioden. Vi har imidlertid tatt hensyn til den generelle prisstigningen i kontantstrømmene.

7.3.2 Karbonpris

Ved en investeringsbeslutning vil det være aktuelt å ta hensyn til en karbonpris hvis det forekommer utslipp av CO₂. I dette delkapitlet vil vi diskutere hvordan karbonprisen vil påvirke en investering i CNMP. Først vil vi gi en kort introduksjon til kvotesystemet i Norge, for så å diskutere utviklingen til karbonprisen. Det vil bli tatt utgangspunkt i hvordan karbonprisen kan utvikle seg, og hvordan denne utviklingen vil påvirke CNMP-prosjektets lønnsomhet på lang sikt.

Norge er tilsluttet EU sitt kvotesystem, noe som innebærer at norske kvotepliktige virksomheter må følge EU sitt kvotehandelsdirektiv med tilhørende bestemmelser. EU innførte et kvotesystem (EU ETS) i 2005 som tok sikte på å redusere utslippene til Eurosonen med 20% innen 2020. EUs oppdaterte målsetning er at utslippene som omfattes av det europeiske kvotesystemet skal reduseres med 43% sammenlignet med 2005. Den norske regjeringen har sluttet seg til dette og foreslått at klimagassutslippene skal kuttes med minst 40% (sammenlignet med 1990) innen 2030 (Statsministerens kontor, 2015). Videre skal det norske målet for utslipp samsvare med målet om å holde den globale oppvarmingen lavere enn to grader. Norge og EU har felles interesser i klimapolitikken, og om lag halvparten av norske utslipp er omfattet av EU ETS (Statsministerens kontor, 2015).

⁴ 1 tonn = 2204,62262 pound. $(97,38 * 2204,62262) / 100 = 2146,86$

⁵ $2200 \text{ USD} * 26\,000 \text{ mT Si} = 57\,200\,000 \text{ USD}$. $56\,250\,000 \text{ USD} * 7,5 \text{ NOK/USD} = 429\,000\,000$

Karbonprisen beskriver kostnaden per tonn utslipp av CO₂. Fra myndighetene sitt ståsted vil økte utslipp medføre en kostnad for samfunnet, mens reduserte utslipp utgjør en gevinst (Volden, 2013). I Norge har Miljødirektoratet ansvar for tillatelser til kvotepliktige utslipp av klimagasser, måling og rapportering av utslipp, tildeling av kvoter og oppgjør av kvoteplikt (Miljødirektoratet, 2016). Kvotepliktige virksomheter blir tildelt en viss mengde gratis kvoter, og må kjøpe kvoter på markedet om gratis kvotene ikke dekker deres utslipp av klimagasser. Dette betyr at hvis en kvotepliktig virksomhet klarer å redusere utslipp av klimagasser er det mulig å omsette overskuddskvotene på et marked til en kvotepris. Karbonprisen vil avhenge av antall kvoter som er tilgjengelig på markedet, og kan derfor svinge (Miljødirektoratet, 2015). Basert på dokumentanalysen i kapittel 6 forutsetter vi at CNMP ikke vil slippe ut klimagasser, noe som begrunnes med at biomassen regnes som karbonnøytral og ikke har netto CO₂-utslipp. På grunn av at CNMP-prosjektet vil være netto karbonnøytralt forutsetter vi at de kan inntektsføre besparelsene i CO₂-utslipp.

7.3.4.1 Prisutvikling 2008-2013

Høyere priser på klimakvoter kan være både samfunnsøkonomisk og miljømessig gunstig siden det oppfordrer produsenter og konsumenter til å skifte til fornybare energikilder. Investeringsbeslutninger som ellers ville vært utenkelig, kan gjennomføres hvis det finnes en økonomisk fordel av å velge klimavennlige alternativ. Prisen på kvotene har variert veldig siden oppstarten i 2005 (Tvinnerheim, 2013). Prisen har falt fra en topp på 30 EUR i 2008 til under 3 EUR i 2013. I dag ligger prisen på omtrent 7 EUR/tonn CO₂-utslipp.



Figur 12: Historisk prisutvikling EU ETS (Øvrebø, 2013)

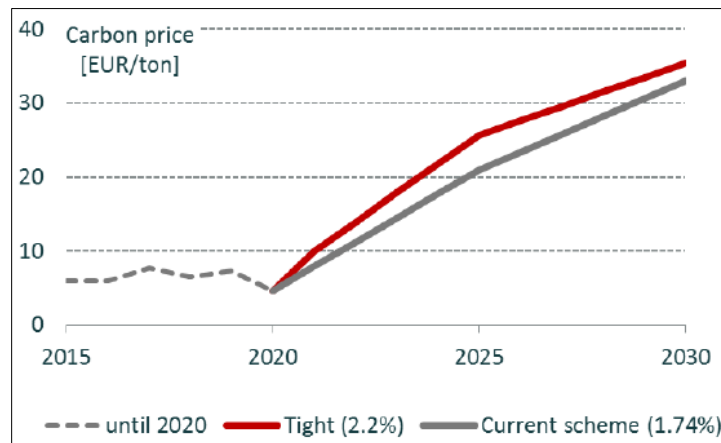
Kvotepreisen har vært lavere enn forventet og skyldes et overskudd av kvoter i markedet. Lavkonjunktur både internasjonalt og i EU har ført til at både produksjon og påfølgende CO₂-utslipp har vært mindre enn det man så for seg da kvotene ble satt i 2008. De lave kvotepriene kan ha ført til at investorer har vært avventende til satsing på fornybar energi. Dette kan skyldes usikkerheten knyttet til konkurransekraften sammenlignet med kull og om det vil være lønnsomt på lang sikt (Tvinnerheim, 2013).

7.3.4.2 Forutsetning om fremtidig prisutvikling

For å ta hensyn til kvoteoverskuddet og lave priser har EU foreslått ulike tiltak som skal skape et mer effektivt system. Det er disse mekanismene vi vil ta hensyn til når vi skal estimere fremtidig utvikling i kvotepris. Prisutviklingen har i første omgang blitt håndtert ved å utsette auksjoneringen av 900 millioner kvoter. Videre har det blitt foreslått en innføring av en stabiliseringsreserve som skal føre til at en del av overskuddskvotene blir fjernet fra markedet (Europalov, 2016). Denne stabiliseringsmekanismen skal bidra til å redusere det tilgjengelige overskuddet av kvoter som har bygget seg opp i systemet (Europalov, 2016). Fra og med 2019 vil tiltaket ta ut deler av kvoteoverskuddet, og plassere det i en reserve frem til overskuddet er under 833 millioner kvoter. Det skal til enhver tid være over 400 millioner og under 833 millioner kvoter i reserven. Dette skal føre til en tilbudsstabilitet som vil forsikre selskaper som er omfattet av EU ETS om en relativt fast karbonpris (Thema Consulting, 2014).

Et annet tiltak er den lineære reduksjonsfaktoren som skal sikre en årlig nedtrapping av den samlede kvotemengden (Europalov, 2016). Denne mekanismen ble innført i 2013, men tar sikte på å øke etter 2020. Dette fører til at den årlige nedtrappingen vil øke fra 1,74% til 2,2% fra og med 2020, noe som reduserer kvotemengden med 48 millioner tonn hvert år. Som et resultat vil kvotemengden være 43% lavere i 2030 sammenlignet med 2005. Dette utgjør en kvotereduksjon tilsvarende 100 millioner tonn sammenlignet med den opprinnelige faktoren på 1,74 % (Europalov, 2016). Inntil den tid er det forventet at kvotepreisen vil holde seg på nåværende nivå på grunn av overskuddet av kvoter (Hirth, 2016). Fra 2020 og mot 2030 er det forventet at kvotepreisen vil øke og stabilisere seg på et høyere prisnivå. Det forventes at dette nivået vil ligge på ca. 30 EUR per tonn CO₂ (Øvrebø, 2013). En forventet utvikling i karbonprisen er vist i figur 13.

Basert på de foregående avsnittene antar vi at følgende prisutvikling kan legges til grunn i analysen: I år 2020 er prisen på utslipp forventet til å være omtrent 6 EUR/CO₂, og den forventes å stige frem til år 2030 til omtrent 30 EUR/CO₂. Vi forutsetter en jevn stigning fra år 2020 til 2030, fra 6 EUR/CO₂ til 30 euro/CO₂. Prisstigningen antar vi er 17,5% per år fra år 2020 til 2030, og fra år 2030 til 2052 antar vi at den stabiliserer seg og kun øker med inflasjon.



Figur 13: Prisutvikling karbonpris EU ETS (Thema Consulting, 2014)

7.3.4.3 Reduksjon i utslipp ved innføring av ny teknologi

For å se på hvordan karbonprisen påvirker lønnsomheten til CNMP må vi sammenligne utslippene fra nåværende teknologi ved Thamshavn, og det som skal være gjeldende for CNMP. På denne måten kan vi få en oversikt over hvor stor andel av utslippene som kan inntektsføres med den nye teknologien. Vi forutsetter at de historiske CO₂-utslippene til Elkem Thamshavn vil være representativt for hvor mange klimakvoter CNMP kan selge i markedet. Vi antar at CNMP skal integreres med et smelteverk på størrelse med Elkem Thamshavn, men med mindre kapasitet. Dagens silisiumproduksjon på Elkem Thamshavn hadde i 2014 utslipp av 214 070 CO₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet, 2016).

7.3.4.4 Inntektseffekter av reduserte utslipp fra CNMP

Som diskutert tidligere er det forventet at kvoteprisen vil øke frem mot 2030 på bakgrunn av at tildelingen av gratiskvoter vil reduseres betraktelig. Beregningene under, vist i tabell 6 og 7, er basert på prinsippet om at CNMP benytter seg av 100% trekull, og vil være netto karbonnøytral. Dette er diskutert i detalj i kapittel 6, og det henvises der for ytterligere diskusjoner rundt dette.

Tabell 6 viser estimert utvikling i karbonpris i EUR, og at den vil øke betraktelig de neste årene. Tabell 7 viser inntektene Elkem vil få for besparelse i utslipp av klimagasser.

År	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Kvotepris, EUR	6	7	8	10	11	13	16

Tabell 6: Estimert karbonpris frem til 2030

År	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Estimert kvotepliktige besparelser CNMP	9	10	12	14	17	20	23	27

Tabell 7: Inntekter i form av redusert CO₂-utslipp

Beregningene er basert på forutsetningene som er lagt til grunn i avsnittene over. Ut i fra utslippshistorikken til Elkem Thamshavn, er det estimert et forventet utslipp til CNMP-prosjektet fra og med 2023. Siden anlegget skal produsere 26 000 tonn silisium, forutsettes det at CO₂-utslippene vil utgjøre omtrent 50% av Thamshavn sine utslipp. Fra 2020 er det tatt hensyn til at stabiliserings- og reduksjonsmekanismen påvirker prisnivået på karbonprisen. Dette resulterer i en høyere karbonpris i tidsperioden (se tabell 6). Valutakursen forventes stabil på 8,5 NOK/EUR. Siden prosjektet har en levetid som strekker seg utover den nåværende tidsperioden til EU ETS (2030), har vi lite grunnlag for å si noe om utviklingen etter dette året, men antar at prisen vil øke med inflasjon.

I beregningene er det ikke tatt hensyn til CO₂-kompensasjonen som utvalgte næringer er underlagt i det nåværende systemet. Denne kompensasjonen har som hensikt å motvirke karbonlekkasje; et fenomen som oppstår hvis kraftintensive industrier «flagger» ut virksomheten til andre land. Bedrifter i Norge blir kompensert for et påslag i kraftprisen som kvotesystemet medfører. De nåværende reglene, som produksjonen av silisium er underlagt, er foreslått å gjelde frem til 2020, og det er ikke blitt avgjort hvordan kompensasjonsordningen skal fungere etter dette. Ordningen blir vedtatt i Stortinget hvert år slik at den kan kuttes på et tidspunkt før planperioden starter. Den europeiske kommisjonen (EU) har ikke indikert hvordan disse kostnadene skal håndteres etter 2020 (ECOFYS, 2015). Siden CNMP har oppstart i 2023 vil ikke denne kompensasjonen bli inkludert i inntektsestimatet.

7.3.3 Inntekt energigjenvinning

Som forklart i avsnitt 4.3 skal Elkem investere i et energigjenvinningsanlegg som tar sikte på å utnytte overskuddsvarmen fra pyrolyseprosessen og smelteverket, og gjenvinne 100% av strømmen som blir brukt. Vi forutsetter at CNMP kan videreselge 100% av strømmen til et sluttbrukerselskap. I dialog med Elkem har vi fått opplysninger om at det er rimelig å anta at strømmen kan selges for 12 øre/kWh. Pyrolyseprosessen og smelteovnen bruker henholdsvis 7 000 MW og 259 000 MW årlig, og inntektene fra gjenvinningsanlegget tilsvarer derfor NOK 32 millioner årlig⁶. Vi antar at kraftprisen de vil få for strømmen vil være konstant på 12 øre/kWh, og at inntektene kun vil stige med inflasjon årlig på 2,5%. På grunn av fraværet av andre kilder, vil det være en usikkerhet knyttet til om prisen kommer til å ligge på 12 øre/kWh gjennom planperioden.

7.3.4 Øvrige inntektshensyn

CNMP vil være en kapitalintensiv investering, og kan på bakgrunn av de innovative teknologiske løsningene søke om støtte fra statlige støtteordninger. Teknologi som kan vise til reduserte miljøutslipp og økt energigjenvinning vil kunne gi grunnlag for å få tildelt støtte. Et av de store statlige programmene er Energifondet som forvaltes av Enova. I 2015 disponerte Energifondet NOK 2,8 milliarder, hvor 1,2 av disse gikk til ordinære energiprojekter og 1,4 gikk til prosjekter innenfor ny energi- og klimateknologi (ENOVA, 2015). Et av de viktigste kriteriene for å få støtte av ENOVA er at teknologien er kostnadseffektiv. ENOVA ønsker å få mest mulig igjen i form av kWh for den støtten som gis og støttenivået måles i støtte per energiresultat (kr/kWh). For nye energi- og klimateknologiprojekter er målet med satsingen at disse skal bidra til reduksjon av klimagassutslipp og bygge opp under utviklingen av energiomlegging på lang sikt (ENOVA, 2015). I tillegg er utvikling av kompetanse, spredningspotensialer og innovasjon viktige støttekriterier (ENOVA, 2015).

For et prosjekt som CNMP vil derfor støtte være viktig for investeringsbeslutningen. I henhold til prosjektets evne til å eliminere miljøutslipp fra produksjonsprosessen vil kriteriet om bærekraft være oppfylt. I tillegg kan det oppnås et vesentlig energiresultat ved å gjenvinne overskuddsenergien fra de ulike prosessene. Elkem anslår at nivået på støttebidraget fra ENOVA alene kan utgjøre opp mot 30-50%. Når investeringsbeslutningen vurderes vil det

⁶ 266000 MWh*0,12 = 31 920 000

derfor være verdt ta hensyn til at prosjektet kan få tildelt støtte på bakgrunn av de nevnte kriteriene. Utover Elkem sine anslag har vi ikke grunnlag til å si noe konkret om støttebeløpet eller når dette eventuelt skal bli utbetalt. På grunn av denne usikkerheten vil det ikke inkluderes i kontantstrømmen.

7.4 Kostnader i planperioden

Kostnadene til prosjektet samsvarer i stor grad med det som er gjeldende for en industribedrift som opererer i Norge. Dette er kostnader som energikostnader og utgifter til operasjonell drift. Siden investeringskostnaden allerede har blitt diskutert under 7.2 *Forutsetninger*, vil denne ikke bli drøftet i detalj i dette kapitlet. Overordnet kan kostnadene for et integrert CNMP-anlegg deles inn i to forskjellige kategorier (Jahirul et al., 2012):

- *Kapitalkostnader* er i hovedsak kostnader knyttet til de initiale investeringene knyttet til anlegget og tilhørende infrastruktur
- *Operasjonelle kostnader* er kostnader som er direkte knyttet til hvor mye det koster å drifte anlegget

Kostnadene for prosjektet er oppsummert i tabell 8, og fremgangsmåten vil beskrives i de kommende avsnittene.

Avsnitt	Kostnadspost	Samme ndrag
7.4.1	Investeringskostnad	700
7.4.2	Kraftkostnader	79
7.4.3	Lønnskostnader	77
7.4.4	Vedlikeholdskostnader	28
7.4.5	Kostnad trevirke	229
7.4.6	Overhead	7
7.4.7	Finansiering	50%/50%
7.4.8	Skatt	23%
7.4.9	Arbeidskapital	11%

Tabell 8: Kostnader i planperioden

7.4.1 Investeringskostnad

Investeringskostnaden for anlegget inkluderer et energigjenvinningsanlegg og er estimert til å ligge på NOK 700 millioner basert på informasjon fra Elkem, produsenter og tilsvarende anlegg som er blitt bygget tidligere. Felles for tidligere pyrolyseanlegg er at de operasjonelle kostnadene kan regnes som en prosentandel av den totale investeringskostnaden (Jahirul et al., 2012). Denne antakelsen er blitt lagt til grunn for flere av de følgende kostnadene som blant annet vedlikeholdskostnader.

7.4.2 Kraftkostnader

Det faktum at prosjektet er i en tidlig utviklingsfase, i tillegg til at industrielle kraftavtaler ofte er konfidensielle, gjør det utfordrende å anslå en langsiktig kraftpris. Langsiktige kraftavtaler er bilaterale avtaler mellom to aktører, og vilkårene er ikke kjent for allmennheten (Tungland, 2012). Det gjør det derfor krevende å fastsette et konkret prisnivå siden empirien er relativt fraværende. Selv om Elkem har gunstige avtaler for levering av kraft til sine verk, er det lite tilgjengelig informasjon angående hvilket nivå kraftprisene vil være for dette prosjektet. Det er derfor rimelig å forutsette at strømkostnadene vil ligge på et nasjonalt nivå for kraftintensiv industri. Vi bruker SSB sine offisielle prognoser for å komme frem til en pris vi føler er representativ for det langsiktige perspektivet til prosjektet.

Som diskutert i kapittel 7.3.4 *Karbonpris* er kraftintensiv industri underlagt et påslag i kraftprisen som følge av EUs klimavotesystem. Dette skjer fordi kraftprodusentene velter deler av sine kvotekostnader over i kraftprisen (Statsministerens kontor, 2012). Dette har bidratt til å svekke industriens konkurransevne sammenlignet med virksomheter i land uten klimaregulering (Statsministerens kontor, 2012). Den norske stat har derfor, i samarbeid med EU, lagt til rette for en kompensasjonsordning som skal utjevne denne kostnaden. Ordningen gjelder i første omgang frem til år 2020. Selv om kompensasjonsordningen bidrar til en lavere kraftpris frem til år 2020 er det usikkert hva som skjer med ordningen etter år 2020, og vi kommer ikke til å inkludere denne i kraftprisen til prosjektet.

I et historisk perspektiv har kraftprisen til industrien i Norge steget betraktelig de seneste årene. I følge SSB har prisen doblet seg fra 1998 til 2008, og den nåværende prisen er høy sammenlignet med tidligere år (SSB, 2016a). For kraftintensiv industri, som silisiumproduksjon faller inn under, var prisen på elektrisk kraft i gjennomsnitt 30,9 øre/kWh

i 3 kvartal 2015 (SSB, 2016a). På bakgrunn av forventningene til hvordan energimarkedet kommer til å utvikle seg de kommende år, er vi av den oppfatning av at prisen kommer til å ligge på et stabilt og høyt nivå. Denne prisutviklingen mener vi at henger sammen med at satsingen på fornybar energiproduksjon i stor grad kommer til å foregå i Sverige fremfor Norge (Nilsen, 2013). Dette kan føre til at vilkårene og konkurransekraften for norsk kraftproduksjon vil bli svekket. Vi antar at prisen på strøm i de kommende årene kommer til å være konstant på 30 øre/kWh. På grunnlag av dette forutsetter vi at strømprisen vil ligge på 30 øre per kWh i hele prosjektets levetid. Prisen vil kun justeres med inflasjon gjennom planperioden.

Energibehovet til prosjektet består i hovedsak av elektrisiteten som blir brukt til å holde pyrolyseprosessen i gang, samt smelteovnen som trekullet skal benyttes i. Ved å se på kostnader knyttet til tidligere investeringsprosjekt og gjennom samtaler med representanter fra Elkem, har vi estimert en kostnad for kraftforbruket til CNMP. Det forutsettes en operasjonell tid på 7000 timer gjeldende for begge produksjonsenhetene på henholdsvis 1 og 37MW. I teorien skal det være mulig å drifte disse anleggene 24 timer i døgnet året rundt. Ved et CNMP-anlegg er det imidlertid avdekket et behov for vedlikehold av prosessene, noe som medfører avbrudd i produksjonen. Tabell 9 gir en oversikt over kraftkostnadene til prosjektet.

	CNMP
Elektrisitetsbehov (MW)	38
Operasjonell tid (t/årlig)	7000
Strømbehov (MWt(årlig)	266000
Strømkostnad (øre/kWh)	30
Total årlig strømkostnad (NOK Millioner)	79,1

Tabell 9: Estimerte kraftkostnader for CNMP

7.4.3 Lønnskostnader

Følgende avsnitt vil se på kostnadene forbundet med arbeidskraft. På et pyrolyseanlegg viser blant annet Jahirul et al. (2012) at det vil være rimelig å forutsette at CNMP sitt pyrolyseanlegg vil ha 15 ansatte. Vi har antatt at produksjonskapasiteten til CNMP kommer til å være mindre enn Elkem Thamshavn i dag, men forutsetter at antall ansatte kommer til å være det samme. Smelteverket på Thamshavn har per dags dato 145 ansatte. Det totale behovet for arbeidskraft til CNMP vil derfor være 160 årsverk totalt. Dette baserer vi på at det

vil det være andre prosesser som krever arbeidskraft som tørking av trevirke, materialflyt og håndtering av biproduktene som bioolje og gass. Dette er også underbygget gjennom samtaler med representanter fra Elkem. Med tilhørende nåværende lønnskostnader for en industriarbeider i Norge på 480 000 i året, utgjør det samlet NOK 76,8 millioner årlig⁷ (SSB, 2014b).

7.4.4 Vedlikeholdskostnader

Vi forutsetter at vedlikeholdskostnader knyttet til CNMP er en prosentandel (4%) av samlet investeringskostnad (Jahirul, Rasul, Chowdhury, & Aswatch, 2012). Dette baserer vi på lignende pyrolyseanlegg som har blitt bygget tidligere. Samlet vedlikeholdskostnad anslås å være NOK 28 millioner⁸.

7.4.5 Kostnad trevirke

En av de største kostnadspostene til prosjektet er kostnadene tilknyttet levering av trevirke. For å kunne ha en effektiv pyrolyseprosess er det viktig å ha en stabil tilførsel av trevirke. I følge Transportøkonomisk institutt består de prosjektspesifikke transportkostnadene av framføringskostnader og kostnader knyttet til lastning og lossing (Transportøkonomisk institutt, 2008). Framføringskostnadene kan grovt deles inn i to hovedkategorier etter om de er tidsavhengige eller om de varierer med transportdistanse. De distanseavhengige kostnadene består av utgifter relatert til bruk av kjøretøy. Dette er kostnader til drivstoff, vedlikehold, vask, rekvisita og dekk. De tidsavhengige kostnadene består av utgifter til lønn, sosiale kostnader, årsavgift, forsikring, administrasjon, renter og avskrivninger på kjøretøy og eventuelt tilhenger (Transportøkonomisk institutt, 2008). Vi forutsetter at kostnadene som Elkem må betale for trevirke levert til CNMP-anlegget inkluderer levering av biomasse til anlegg, videreforedling til terminal og øvrige transportkostnader. Kostnadsbildet er derfor begrenset til å inkludere de kostnadene som oppfattes som relevant for prosjektet.

Trevirke må bearbeides før det kan brukes i bioenergianlegg (Institutt for natuforvaltning, 2012). Trevirke flises vanligvis på terminal eller ved større anlegg. Dersom det blir nødvendig med mellomlagring på terminal innebærer dette ekstra omlastnings- og lagerkostnader. Studien har tatt for seg kostnadene forbundet med transport og foredling av trevirke fra norsk

⁷ $160 * 480\ 000 = 76\ 800\ 000$

⁸ Utregning: $700\ 000\ 000 * 0,04$

skog og følgende beregning er basert på det. Elkems samlede kostnader for å få levert energiflis til CNMP-anlegg vises i tabell 10.

Kostnadsfaktor	Kostnad kr/m³
Massevirke levert bilveg	200-250
Transport	30-80
Flising	50-80
Terminalkostnader	50-90
Sum	330-500

Tabell 10: Estimerte kostnader trevirke levert pyrolyseanlegg (Bergseng, Eid, Rørstad, & Trømborg, 2012)

Disse kostnadene forutsetter en gjennomsnittlig transportavstand på 65 km. Det vises videre til at transportavstanden for trevirke til bioenergi vil variere fra fylke til fylke avhengig av skogtilstand og befolkningstetthet (Institutt for natuforvaltning, 2012). Det finnes mange forskjellige typer trevirke og ulike typer fuktighet- og kvalitetsgrader på disse. I dialog med Elkem og presentasjoner fra Eyde-nettverket er det forstått slik at pyrolysen primært skal bruke gran eller furu, ettersom disse er de tresortene som forekommer hyppigst i norsk skog (Elkem, 2016e). Våre beregninger baserer seg på at prosjektet skal bruke gran siden det fremstår som det rimeligste og beste alternativet. Prisanslaget i tabell 6 er oppgitt i 2012-kroner, og det totale beløpet er prisjustert i henhold til forventet inflasjonsmål⁹. Totale årlige transportkostnader er beregnet til NOK 229 millioner¹⁰.

7.4.6 Overhead

Denne typen kostnader omfatter utgifter til salg, forskning og utvikling, i tillegg til kostnader knyttet til den finansielle og juridiske driften av verket. Kostnader forbundet med markedsføring og til betaling av diverse avgifter kommer også inn under denne posten. Jahirul et al., (2012) viser til at overhead for et gjennomsnittlig pyrolyseverk utgjør ca. 1% av investeringskostnad, og vi forutsetter at dette vil gjelde for hele CNMP-anlegget. Dette utgjør da NOK 7 millioner¹¹.

⁹ $500 * 1,025^{11} = 656$ NOK

¹⁰ $349700 \text{ fm}^3 * 656 = 229$ millioner

¹¹ $700\,000\,000 * 0,01 = 7\,000\,000$

7.4.7 Finansiering

Vi har forutsatt at CNMP-anlegget skal finansieres med 50 % gjeld, hvor vi skal bruke etterskuddsannuitet med tre års avdragsfrihet og avdrag i de neste 20 årene. Vi fant at annuiteten er NOK 13 millioner per år.

Total investering	Lånebehov	Avdragstid (år)	Avdragsfrihet (år)	Rente p.a.	Terminer/år	Annuitet
700	350	33	3	7 %	1	kr -27

Tabell 11: Utregning av annuitet.

Et utdrag av utbetalingsplanen for de første åtte årene er vist i tabell 12:

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Inngående balanse	350	350	350	350	348	345	342
Renter	25	25	25	25	24	24	24
Avdrag	0	0	0	3	3	3	3
Restgjeld	350	350	350	348	345	342	339

Tabell 12: Nedbetalingsplan for lånet, de første åtte årene av planperioden.

7.4.8 Skatt

Våren 2016 ble det innført et skatteforlik og den nye skattesatsen vil bli 23%, og skal gjelde fra år 2018 (DN, 2016). På grunnlag av det antar vi at skattesatsen for selskapet vil være 23%. Vi forutsetter også at det kun vil skattes av positivt resultat før skatt.

7.4.9 Arbeidskapital

Arbeidskapital er differansen mellom omløpsmidler og kortsiktig gjeld. Ettersom det alltid vil finnes varer i arbeid, må Elkem ha et lager av råvarer og ferdigprodukter for at CNMP-prosjektet skal generere inntekter. Et eksempel på dette er trekull som må oppbevares på et lager før det skal brukes i smelteverket. Det vil også bindes kapital i kundefordringer og leverandørgjeld, da det er sjelden at betaling foregår kontant. Leverandørgjeld regnes som kortsiktig gjeld, da denne gjelden skal betales i løpet av en til tre måneder. Annen type kortsiktig gjeld, som for eksempel kortsiktige låntyper, kassekreditt og inntektsskatt, er også viktig å ta med i beregningen ved arbeidskapital. Det finnes ulike metoder for å beregne arbeidskapital. Vi har valgt å bruke prosent av salg-metoden hvor arbeidskapitalen er en fast andel av omsetningen gjennom prosjektets planhorisont (Bøhren & Gjærum, 2009).

I Elkem sin årsrapport for 2014 finner vi at arbeidskapitalen til Elkem lå på rundt 4% av omsetningen (PROFF, 2016). Denne arbeidskapitalen er et gjennomsnitt for hele Elkem sin virksomhet. CNMP-prosjektet er et nyskapende prosjekt, og arbeidskapitalbehovet til CNMP vil gjerne avvike fra arbeidskapitalen til de andre prosjektene i Elkem. Ved CNMP vil trevarer være inkludert, og det vil være flere ledd med råvarer før silisium blir ferdigstilt.

Arbeidskapitalen vil være bundet opp mot trevirke og delvis trekullet (Elkem, 2016g). Bøhren & Gjærum (2000) viser til en oversikt over arbeidskapital, i prosent av omsetning, i utvalgte bransjer. Oversikten viser at industribransjen har en gjennomsnittlig arbeidskapital på 11%. Vi velger derfor å anta at CNMP vil ha en arbeidskapital på 11%. Denne måten å finne arbeidskapital på er en forenklet metode, og kan ha svakheter ved seg. Tallene er hentet fra år 2000, og industrien kan ha forandret seg siden den gang. Vi velger på tross av dette å bruke et forenklet mål på 11%. Arbeidskapital og endring i arbeidskapitalen for de første syv årene er vist i tabell 13.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Omsetning	0	0	0	470	483	496	511
Arbeidskapital, 11%	0	0	0	52	53	55	56
Endring i arbeidskapital	0	0	0	52	1	1	2

Tabell 13: Arbeidskapital

7.5 Avkastningskrav

Når vi skal vurdere lønnsomheten til CNMP er vi nødt å finne prosjektets avkastningskrav. Avkastningskravet forteller oss hvilken avkastning eierne kan oppnå ved en alternativ plassering av kapitalen med lik risiko (Boye & Koekebakker, 2006).

Vi skal regne ut avkastningskravet til totalkapitalen ved å bruke totalkapitalmetoden. Dette avkastningskravet kalles også for veid gjennomsnittlig kapitalkostnad. Kapitalkostnaden er det samlede avkastningskravet til både gjelden og egenkapitalen, og brukes til å diskontere kontantstrømmene for å beregne prosjektets nåverdi. Vi får altså et avkastningskrav som reflekterer både eierne og kreditorenes krav til avkastning, ut ifra hvor mye de har investert i prosjektet (Bøhren & Gjærum, 2009).

Formelen for total kapitalkostnaden er vist under:

$$rt = \frac{E}{E + G} r_E + (1 - s) \cdot \frac{G}{E + G} r_G$$

hvor r_E er egenkapitalkostnaden etter skatt og r_G er effektiv gjeldsrente før skatt. E er innskutt egenkapital i prosjektet, G er investeringens gjeldsbeløp og s er skattesatsen (Bøhren & Gjørnum, 2009).

Formelen kan omskrives til:

$$rt = \frac{E}{E + G} [r_f + \beta_E MP] + \frac{G}{E + G} [r_f + TP] \cdot (1 - s)$$

hvor β_E står for beta til egenkapital, MP for markedets risikopremie, r_f for risikofri rente og TP tapspremie for gjeld. I denne oppgaven vil vi se bort ifra eventuelle subsidierte lån og andre typer kapital som ikke krever avkastning. Forutsetninger om ulike finansielle størrelser som angår avkastningskravet til prosjektet er vist i tabell 13.

Forutsetning	Verdi
Risikofri rente	5 %
Markedets risikopremie	5 %
Egenkapitalbeta	1,07
Egenkapital	50 %
Gjeld	50 %
Skatt	23 %
Tapspremie for gjeld	2 %

Tabell 14: Forutsetninger finansiering

7.5.1 Risikofri rente

Risikofri rente er den avkastningen et prosjekt vil få hvis det er sikkert og risikofritt. Prosjektet må minimum tjene inn risikofri rente etter skattejustering for at det skal være lønnsomt. Risikofri rente består av to elementer: en tidskostnad og en inflasjonskostnad. Tidskostnad vil si at en sikker krone i dag er verdt mer enn en sikker krone i morgen. Inflasjonskostnad vil si at den kronen som investeres med sikkerhet i dag har høyere kjøpekraft enn en fremtidig krone som mottas med sikkerhet (Bøhren & Gjørnum, 2009).

Risikofri rente etter skatt er gitt av makroøkonomiske forhold og er prosjektuavhengig. For å finne risikofri rente er det i Norge vanlig å bruke statsobligasjoner med 10 års løpetid. CNMP-prosjektet har en levetid på 30 år og det er derfor viktig å ikke ta med ekstreme observasjoner av renten på statsobligasjoner, ettersom renten på statsobligasjoner kun har 10 års løpetid. Vi ser at den effektive skattesatsen på norske statsobligasjoner med løpetid på 10 år ligger på 1,57% i 2016 (Norges Bank, 2016b). Vi ser også at det har vært store variasjoner i rentenivået over de siste 30 årene, og at 1,57% er en lav observasjon. Avkastningskravet bør ikke påvirkes av kortsiktige endringer i rentenivå. Vi velger med bakgrunn i dette å sette den risikofri renten til 5%, hvor 2,5% er sentralbankens forventning om inflasjon, mens de resterende 2,5% er langsiktig realrente (Bernhardsen & Kloster, 2010).

7.5.2 Beta

Beta er et mål på investeringens relative markedsrisiko. Det vil si den risikoen som gjenstår når investeringen inkluderes i markedsporteføljen målt i forhold til markedsporteføljens risiko. Større risiko ved prosjektet enn representativ risiko vil gi betaverdi over 1, mens mindre risiko ved prosjektet enn representativ risiko vil gi en betaverdi under 1 (Gjesdal & Johnsen, 1999). De fleste investorer er risikoavers, og hvis risikoen er stor må investor bli kompensert for ulempen ved å investere i noe usikkert fremfor sikkert. En sikker krone er verdt mer enn en usikker, og finansiell risiko vil derfor øke med gjeldsandelen (Bøhren & Gjørnum, 2009).

Beta er gitt ved uttrykket:

$$\beta = \frac{\text{Investeringens markedsrisiko}}{\text{Representativ markedsrisiko}}$$

Ved beregning av beta anbefaler Finanstilsynet å bruke lange tidsserier, mellom tre til fem år, for å øke den statistiske påliteligheten i betaen og for å redusere standardavviket. En anerkjent måte å beregne beta på er å beregne en gjennomsnittlig betaverdi for en sammenlignbar gruppe av selskaper, og benytte denne betaverdien til prosjektet (Finanstilsynet, 2010). Gjesdal & Johnsen (1999) kartlegger en beregning av betaverdier til ulike selskap og sektorer, hvor observasjoner har blitt gjort i løpet av fire år, fra 1993 til 1997. Vi finner at hele virksomheten til Elkem har en betaverdi til egenkapitalen på 1,50, mens gjennomsnittlig beta til egenkapital for industrisektoren er 1,07 (Gjesdal & Johnsen, 1999). Siden CNMP er et nyskapende prosjekt og ikke nødvendigvis vil ha lik risikokostnad som hele virksomheten til Elkem, velger vi å benytte oss av en betaverdi til egenkapitalen på 1,07.

7.5.3 Markedets observerte markedspremie

Markedets risikopremie er i likhet med risikofri rente gitt av makroøkonomiske forhold og er prosjektuavhengig. Det er et mål på investorens krav til avkastning utover risikofri investering, og er lik differansen mellom den forventede markedsavkastningen og risikofri rente. Risikopremier er ikke observerbare i markedet, og det er derfor vanskelig å estimere en eksakt størrelse (Bøhren & Gjørum, 2009). Gjesdal & Johnsen (1999) viser til at i perioden 1967-1998 har Oslo Børs totalindeks i gjennomsnitt gitt 6,2% meravkastning i forhold til kort statsrente. De beskriver videre at ingen vet hva korrekt risikopremie er for Oslo Børs, og at premien vil variere med børsens risikonivå og med investorens risikoholdning (Gjesdal & Johnsen, 1999). De påpeker likevel at det er grunn til å tro at det fremtidige normalnivå for markedspremie vil være lavere enn den historiske premien på ca. 6%. En årsak til dette er mindre variasjon i børsens likviditet og inflasjon, i tillegg til at bedre kapitaliserte selskaper har redusert markedsrisikoen. En annen grunn er at investorene nå er mer diversifiserte og tåler risikoen bedre (Gjesdal & Johnsen, 1999). Boye & Koekbakker (2006) mener at risikopremien ligger på 4-5% basert på historiske avkastningstall. På grunnlag av dette antar vi at markedspremie blir justert til 5 %.

7.5.4 Egenkapital og gjeld

I 2015 viser årsregnskapet til Elkem at de hadde 60% gjeld og 40% egenkapital i balansen (Proff, 2016). CNMP er et nyskapende prosjekt, og det er vanskelig å si noe om hva kapitalstrukturen for prosjektet vil bli. I dette tilfelle gjør vi en forenkling og antar at Elkem vil finansiere prosjektet med 50% egenkapital og 50% gjeld. Hvis gjeldsandelen øker vil den

finansielle risikoen og beta øke, i tillegg til avkastningskravet til egenkapitalen. I tillegg vil gjennomsnittlig gjeldsrente øke når gjeldsandelen øker fordi långivernes sikkerhet blir dårligere. Boye & Koekbakker (2006) beskriver at selv om begge avkastningskravene øker, behøver ikke avkastningskravet for totalkapitalen å øke. Dette skyldes at også vektene endres. De beskriver videre: «Sannsynligvis er totalavkastningskravet lite påvirket av finansieringen» (Boye & Koekbakker, 2006). Vi mener derfor at 50% egenkapital og 50% gjeld er en rimelig antakelse som ikke vil påvirke utfallet av avkastningskravet i stor grad. Videre forutsetter vi at avkastningskravet for totalkapitalen etter skatt vil være konstant for hele planperioden uavhengig av hvilken gjeldsandel og egenkapitalandel som gjenstår i prosjektet.

7.5.5 Tapstillegg for gjeldsfinansiering

Vi må justere for rentevilkårene ved et tapstillegg for gjeldsfinansiering. Sentralbankens obligasjoner og sertifikater omsettes for andre rentevilkår enn hva private selskaper gjør. Selv om et selskap er solid med lav konkursrisiko betaler selskapet en premie utover det offentlige rentevilkåret på gjelden. Det er naturlig å forutsette at tapstillegget for gjelden for dette prosjektet er 2%, i likhet med andre virksomheter som ikke er børs-notert (Gjesdal & Johnsen , 1999).

7.5.6 Lånerenten

Elkems langsiktige lånekostnad er lånerenten, og er summen av risikofri rente og et risikopåslag som vil være lik tapstillegget for gjeld i vårt tilfelle (Gjesdal & Johnsen , 1999). Den nominelle fastrenten før skatt antar vi er 7%, og er summen av risikofri rente på 5% og tapstillegg for gjeldsfinansiering på 2%. Dette kan ansees som noe høyt, da den effektive skattesatsen på norske statsobligasjoner med løpetid på 10 år ligger på 1,57% i 2016. Valg av risikofri rente begrunner vi i avsnitt 7.6 *Risikofri rente*.

7.5.7 Beregning av avkastningskrav

$$rt = \frac{E}{E + G} [r_f + \beta_E MP] + \frac{G}{E + G} [r_f + TP] \cdot (1 - s)$$

$$rt = \frac{0.5}{0.5+0.5} [0.05 + 1,07 \cdot 0.05] + \frac{0.5}{0.5+0.5} [0.05 + 0.02] \cdot (1 - 0.23) = 7,73\%.$$

Vi finner at avkastningskravet etter skatt er 7,73%.

7.6 Avskrivning

Et driftsmiddel har begrenset økonomisk levetid og avskrivningen skal uttrykke regnskapsperiodens forbruk. For prosjektets kontantstrøm er det kun skattemessige avskrivninger som er relevant, ettersom avskrivning er en kostnad som gir en skattefordel (Bøhren & Gjærum, 2009).

I Norge skal skattemessige avskrivninger baseres på saldometoden, også kalt degressive avskrivninger. På grunnlag av skattelovens §14-41 antar vi at hele investeringsbeløpet til Elkem går inn under saldogruppe h, innenfor anlegg. I §14-43 finner vi at anlegget kan avskrives med 4%. Vi antar at investeringsbeløpet til Elkem er lik skattemessig inngangsverdi, som blir grunnlaget for avskrivningene (Lovdata, 2016).

I tabell 15 er bokført verdi før avskrivning, i tillegg til avskrivninger for de syv første årene:

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Bokført verdi før avskrivning	233	457	671	645	619	594	570
Avskrivninger, saldo, 4%	9	18	27	26	25	24	23

Tabell 15: Avskrivninger

7.7 Driftsbudsjett med skatteberegning

For å beregne utbetalingene til skatt må vi sette opp et driftsbudsjett. I tabell 16 er driftsbudsjettet for de første syv årene vist.

Driftsbudsjett	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Omsetning	0	0	0	470	483	496	511
Driftsinntekter	0	0	0	470	483	496	511
Produksjonskostnader	0	0	0	-421	-432	-442	-453
Driftkostnader	0	0	0	-421	-432	-442	-453
Avskrivninger	9	18	27	26	25	24	23
Driftsresultat	-9	-18	-27	23	27	30	35
Netto rentekostnader	25	25	25	25	24	24	24
Resultat før skatt	-34	-43	-51	-2	2	6	11
Fremførbart underskudd (akkumulert)	0	-34	-77	-128	-129	-127	-121
Grunnlag for skatteberegning	-34	-77	-128	-129	-127	-121	-110
Skatt	0	0	0	0	0	0	0
Årsresultat	-34	-43	-51	-2	2	6	11

Tabell 16: Driftsbudsjett med skatteberegning

I følge skatteloven §14-6 vil det gis fradrag for underskudd som skatteyder har hatt i forutgående år (Lovdata, 2016). Vi har forutsatt at CNMP-prosjektet vil benytte seg av fremførbart underskudd.

7.8 Budsjettering av kontantstrøm for utvalgte år

ÅR	2020	2021	2022	2023	2024	2051	2052
Utbetaling lån	350						
Inntekt silisium				429	440	856	878
Inntekt klimavoter				9	10	46	47
Inntekt kraft				32	33	64	65
Investering	-233	-233	-233				
Kraft				-80	-82	-159	-163
Lønn				-77	-79	-153	-157
Vedlikehold				-28	-29	-56	-57
Trevirke				-229	-235	-458	-469
Overhead				-7	-7	-14	-14
Avdrag				-3	-3	-17	-18
Renter	-25	-25	-25	-25	-24	-10	-9
Skatt	0	0	0	0	0	-25	-26
Endring arbeidskapital				-52	-1	-3	-3
Kontantstrøm til egenkapital etter skatt	92	-258	-258	-30	23	71	73
Lånebeløp	-350						
Avdrag				3	3	17	18
Renter	25	25	25	25	24	10	9
Skattebesparelse fra renter	-6	-6	-6	-6	-6	-2	-2
Kontantstrøm til total kapital etter skatt	-239	-239	-239	-9	44	96	98

Tabell 17: Budsjettering av kontantstrøm

Tabell 17 viser kontantstrømmene til prosjektet for utvalgte år. Gitt prosjektets inntekter, kostnader og finansieringsstruktur er kontantstrømmen negativ i de første årene av levetiden. Dette medfører at kostnadene overstiger inntektene de første årene, noe som skyldes

investeringskostnadens størrelse. Tabellen inkluderer de to siste årene (2051 og 2052) for å vise at prosjektet får en positiv inntjening på slutten av planperioden.

7.9 Nåverdi og internrente

Som vist i tabell 18, får prosjektet en negativ nåverdi på NOK 83 millioner med en levetid på 30 år. Med de forutsetningene vi har tatt er det altså ikke økonomisk lønnsomt å investere i et CNMP-prosjekt. Internrenten til prosjektet er på 6.7% og når vi har et avkastningskrav som er høyere enn internrenten, på 7.73%, blir nåverdien negativ. Dette vil si at eierne og investorene vil tape NOK 83 millioner ved å investere i CNMP-prosjektet fremfor å investere i et annet prosjekt med tilsvarende risiko.

ÅR	2020	2021	2022	2023	2024	2051	2052
Kontantstrøm til total kapital etter skatt	-239	-239	-239	-9	44	96	98
Pv kontantstrøm	-239	-222	-206	-7	33	10	9
NPV 30 år	-83	IRR	6,70 %				

Tabell 18: Nåverdi og internrente

7.9.1 Diskusjon investeringsanalyse

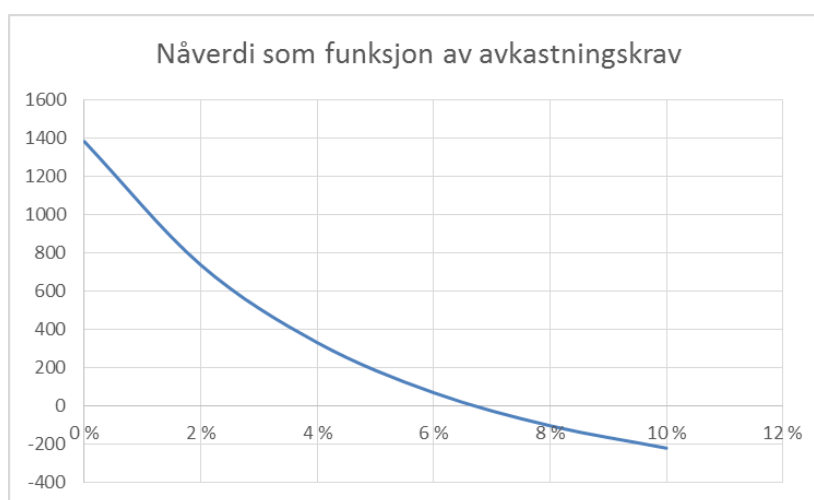
Vi har brukt en investeringsanalyse for å vurdere CNMP-prosjektets lønnsomhet i et 30 års perspektiv. Den negative nåverdien til prosjektet baserer seg på de økonomiske forutsetningene vi har definert. Investeringskostnaden til CNMP er betydelig, noe som kan være en årsak til at prosjektet ikke blir lønnsomt i løpet av planperioden. Hvis Elkem får støtte til investeringen fra for eksempel ENOVA kan dette endre prosjektets nåverdi fra negativ til positiv. Som diskutert tidligere i oppgaven er det stor sannsynlighet for at dette blir en realitet på grunn av prosjektets teknologiske forutsetninger. Dette momentet bør tas med i vurderingsgrunnlaget for den endelige investeringsbeslutningen. Hvis det optimistiske anslaget fra Elkem sine representanter blir et faktum, vil 50% av investeringskostnaden finansieres via en slik støtteordning fra ENOVA. Dette vil føre til at nåverdien blir positiv med NOK 242 millioner.

8 Følsomhetsanalyse

Formålet med en følsomhetsanalyse er å finne ut hvor følsomt prosjektet er for endringer i de økonomiske forutsetningene vi har definert (Gjørnum & Bøhren , 2009). Vi har sett på kontantstrømmene til prosjektet, og kommet frem til en nåverdi. I arbeidet med å vurdere nåverdi har vi definert en del forutsetninger som det er knyttet usikkerhet til. Vi vil vise hvilken effekt en endring av en forutsetning vil ha for nåverdien og lønnsomheten til prosjektet. Vi ønsker med det å gi leseren et tallmessig grunnlag for å bedømme CNMP-prosjektets usikkerhet. Dersom endrede verdier for forutsetningene gir stor spredning i nåverdien vil det si at prosjektet er mer usikkert enn om spredningen er liten (Gjørnum & Bøhren , 2009). Vi ønsker å se på hvordan endringer i avkastningskrav, silisiumpris, kostnad for trevirke, kraftpris og karbonpris vil påvirke nåverdien til prosjektet. Disse variablene kan ha stor betydning for hvordan nåverdien utvikler seg. I tillegg mener vi at de er viktige å vurdere fra et strategisk ståsted. Vi ser altså på disse faktorene fordi vi anser de som mest relevant for den helhetlige investeringsbeslutningen.

8.1 Avkastningskrav

Avkastningskravet skal reflektere prosjektets risiko, og viser hvilken avkastning investorer krever i retur fra investert kapital. Avkastningskravet på 7,73% er grunnleggende for hva utfallet av nåverdien blir, og det er derfor svært relevant å se på hvordan en endring vil påvirke lønnsomheten til prosjektet.

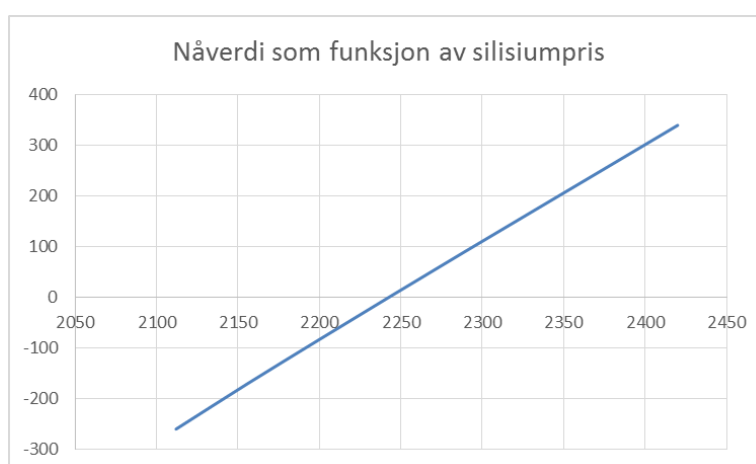


Figur 14: Nåverdi som funksjon av avkastningskrav

Figur 14 viser prosjektets nåverdi som en funksjon av avkastningskravet. Figuren viser at CNMP-prosjektet vil være lønnsomt så lenge avkastningskravet er lavere enn internrenten til prosjektet som er 6,7%. Differansen mellom internrenten og avkastningskravet er beregnet til 0,83%. Dette betyr at en reduksjon i avkastningskravet på over 0,83% gjør prosjektet økonomisk lønnsomt. Vi estimerte avkastningskravet basert på en betaverdi til industrisektoren og det knyttes usikkerhet til om denne verdien gir et riktig bilde av prosjektets risiko. Siden betaverdien tar utgangspunkt i et generelt industriestimert kan dette vise seg å være over- eller underestimert. Det kan derfor vurderes om avkastningskravet skal oppdateres etter hvert som forskningsprosjektet blir videreutviklet.

8.2 Silisiumpris

De estimerte salgsinntektene fra silisium bygger på forutsetninger vi har satt for både salgspris og produksjonsvolum. Ettersom det er en del usikkerhet knyttet til hvilken silisiumpris Elkem vil få, ønsker vi å se på hvordan en endring i pris vil påvirke nåverdien. Det meste av handelen av silisium foregår direkte mellom selger og kjøper til en pris som partene har avtalt. Dette fører til at prisen varierer avhengig av hvor i verden man befinner seg og på hvilken kvalitet det er på silisiumet. Basisforutsetningen som vi har lagt til grunn for valg av silisiumpris er 2200 USD/tonn, som er basert på framtidsutsiktene til denne råvaren. Prisen har vært volatil og påvirket av konjunktursvingninger i verdensøkonomien, men industrien har likevel vært i stabil vekst. I figur 15 vises prosjektets nåverdi som funksjon av silisiumpris.



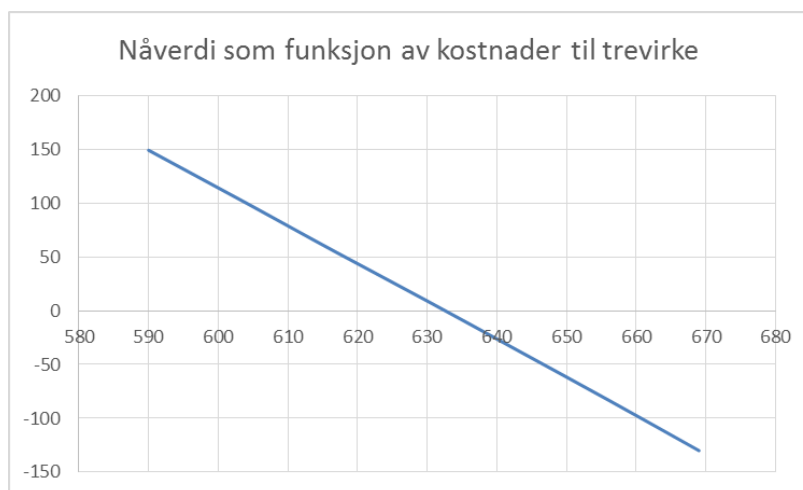
Figur 15: Nåverdi som funksjon av silisiumpris

Figuren viser at silisiumprisen har stor påvirkning på nåverdien til prosjektet. Hvis silisiumprisen øker med 2%, fra 2200 USD til 2243 USD, vil CNMP-prosjektet gå i null. Med en økning i silisiumpris på 4,5%, fra 2200 til 2300 USD, vil prosjektet bli lønnsomt med NOK 111 millioner. Hvis derimot prisen synker med 2,3%, fra 2200 til 2150 USD, vil prosjektets nåverdi bli negativ med NOK 182 millioner. Dette viser at forutsetningene som vi har definert for silisiumprisen har stor påvirkning på hvordan nåverdien utvikler seg.

Siden silisiumprisen blir påvirket av svingningene i verdensøkonomien er det rimelig å anta at prisen vil variere de kommende årene. Av denne grunn kan det være hensiktsmessig for Elkem å sikre seg en stabil valutakurs i prosjektets levetid. Dette ble diskutert under 7.2.6 *Valutaeffekter*, og kan være en måte de kan sikre seg mot ekstra risiko i inntektssvingningene. På denne måten vil ikke en prisendring få like store utslag som ved en flytende valutakurs.

8.3 Kostnader trevirke

Levering av trevirke er en av de største kostnadspostene for CNMP, og vi velger derfor å se på hvordan en endring av denne variabelen påvirker nåverdien til prosjektet. Kostnader til trevirke avhenger av veldig mange faktorer, som lossekostnader, kostnad til flising og terminalkostnader. Dette er kostnader som kan endres over tid, og har en del usikkerhet knyttet til seg.



Figur 16: Nåverdi som funksjon av kostnader til trevirke

Hvis prisen reduseres til 633 kr/fm³ vil prosjektet gå i null. Hvis kostnaden reduseres med 5,8%, fra 656 kr/fm³ til 620 kr/fm³, vil prosjektet få en positiv nåverdi på NOK 44 millioner.

Det er gjennomgående i tidligere forskning at kostnad til trevirke er et av de største hindrene for at bruken av trekull skal være økonomisk lønnsomt. For at bruken av biomasse skal bli rimeligere kan statlige inngrep være av stor betydning. Hvis det tilrettelegges for bærekraftige markedsbetingelser vil denne kostnaden kunne reduseres i løpet av prosjektets levetid.

Kapittel 5 indikerte at EU og norske myndigheter ville prioritere bærekraftig forvaltning av skogen i fremtiden. Fra en investor sitt ståsted vil gjerne denne utviklingen føre til at CNMP fremstår som en attraktiv investering på tross av den negative nåverdien.

8.4 Kraftpris

Kraftprisen endrer seg hele tiden, noe som gjør kostnaden til kraft til en usikker variabel. CNMP vil bli kategorisert som et kraftintensivt anlegg, og det medfører at kraftprisen har stor betydning for kostnadsstrukturen. Derfor vil vi se på hvordan en endring i kraftprisen vil påvirke prosjektets nåverdi.



Figur 17: Nåverdi som funksjon av kraftpris

Figuren viser at en endring i kraftprisen påvirker prosjektets nåverdi i relativt stor grad. Hvis prisen avtar med 5 øre per kWh, fra 30 øre per kWh til 25 øre per kWh, vil prosjektet få en positiv nåverdi på NOK 51 millioner. Hvis derimot kraftkostnaden stiger fra 30 øre/kWh til 35 øre/kWh, vil prosjektet få en negativ verdi på NOK 221 millioner.

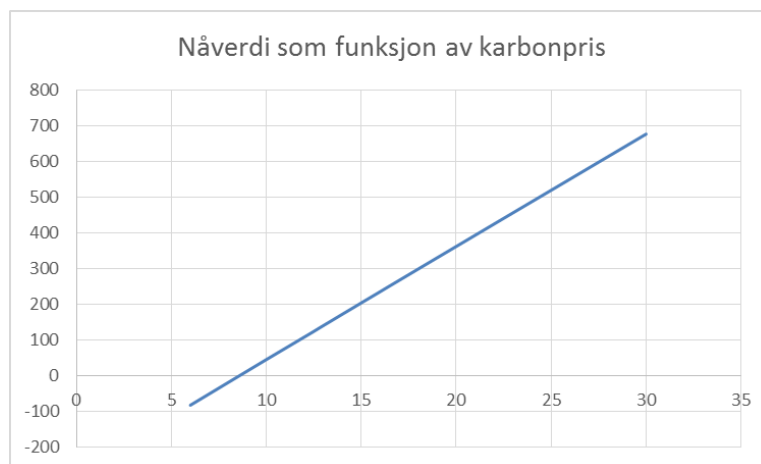
Siden det er stor usikkerhet til utviklingen i kraftprisen for norsk industri, vil det være viktig å ta hensyn til denne ved investeringsbeslutningen. Hvis myndighetene legger til rette for at kraftintensiv industri får reduserte kostnader på kraftprisen, kan dette være av stor betydning for prosjektets nåverdi. Et eksempel på dette er den nåværende kompensasjonsordningen som industrien tar fordel av. Hvis denne ordningen blir fjernet kan det føre til at CNMP vil få større kraftkostnader i løpet av prosjektets levetid. Ordningen blir vedtatt i Stortinget hvert år, noe som gjør det lite forutsigbart. De politiske prioriteringene kan forandre seg i henhold til hvilket parti som styrer, slik at kompensasjonsordningen kan bli fjernet eller redusert på vilkårlige tidspunkt. For Elkem kan dette være viktig å ta hensyn til, ettersom kraftprisen har stor påvirkning på nåverdien.

Det vil også være viktig for prosjektets lønnsomhet å sikre seg mot generelle variasjoner i kraftprisen. Dette kan Elkem oppnå gjennom inngåelsen av langsiktige avtaler for levering av kraft til anlegget. Som nevnt tidligere i oppgaven er slike avtaler hemmeligholdt mellom kraftselskapet og industriprodusenten. Det vil derfor være vanskelig å anslå om det er mulig å inngå slike avtaler ved prosjektets start. Hvis en slik avtale inngås kan det gjøre at prosjektet er mer attraktivt å investere i.

8.5 Karbonpris

8.5.1 Scenario med estimert prisutvikling

De teknologiske forutsetningene til CNMP gjør at prosjektet er netto karbonnøytralt og medfører at selskapet ikke må betale for utslipp av CO₂. I år 2020 forventes det at prisen vil ligge på ca. 6 EUR. I fremtiden regnes det med at prisen vil stige på grunn av nye bestemmelser fra EU. Vi vil se på hva prisen bør være i år 2020 for at prosjektet skal gi en positiv nåverdi.



Figur 18: Nåverdi som funksjon av karbonpris scenario 1

Figur 19 viser at en karbonpris på 8,6 EUR i år 2020 gjør at prosjektet vil gå i null. Dette er gjeldende hvis stigningen blir 17,5% fra år 2020 til 2030, og 2,5% fra år 2030 til 2052. Den forventede utviklingen i karbonprisen er lagt inn i kontantstrømmene, men siden det er en pris som omsettes på markedet er det ikke sikkert prisen vil følge vår estimering. Mekanismene som blir bestemt av EU kan endre seg i henhold til de politiske kreftene på et gitt tidspunkt. Det er derfor usikkerhet hvordan denne prisen vil utvikle seg de kommende årene, og det gjør at forutsetningene vi har tatt har stor påvirkning på prosjektets nåverdi.

8.5.2 Scenario med jevn prisutvikling

Vi ønsker nå å se på et annet scenario angående karbonprisen som vi mener er viktig å inkludere i følsomhetsanalysen. Hvis forutsetningene som har blitt definert med hensyn til prisstigning ikke stemmer, vil vi se på et annet scenario som tydeliggjør karbonprisen sin påvirkning på nåverdien. I dette scenarioet antar vi at prisen på karbon vil ligge på 6 EUR fra år 2020, og kun øke med en prisstigning tilnærmet inflasjon på 2,5% frem til år 2052.

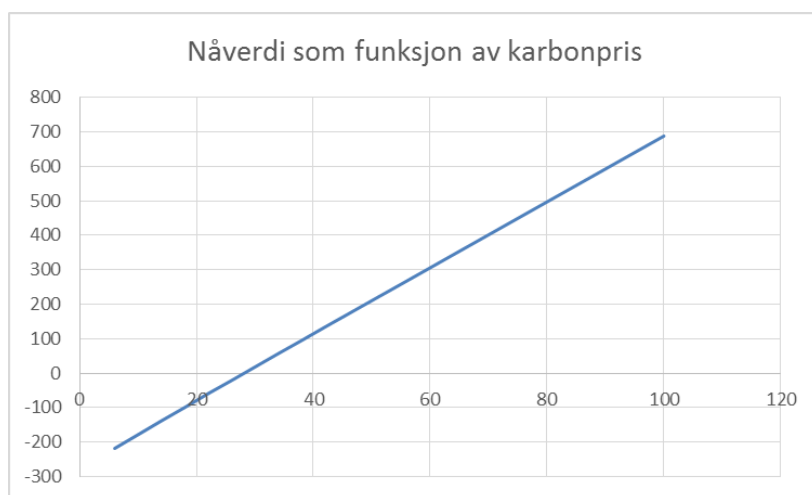
Prosjektets nåverdi blir da negativ med NOK 218 millioner og med en internrente på 4,8%.

Kontantstrømmene for utvalgte år og prosjektets nåverdi er vist i figur 20.

ÅR	2020	2021	2022	2023	2024	2051	2052
Utbetaling lån	350						
Inntekt silisium				429	440	856	878
Inntekt klimakvoter				6	6	12	12
Inntekt kraft				32	33	64	65
Investering	-233	-233	-233				
Kraft				-80	-82	-159	-163
Lønn				-77	-79	-153	-157
Vedlikehold				-28	-29	-56	-57
Trevirke				-229	-235	-458	-469
Overhead				-7	-7	-14	-14
Avdrag				-3	-3	-17	-18
Renter	-25	-25	-25	-25	-24	-10	-9
Skatt	0	0	0	0	0	-17	-18
Endring arbeidskapital				-51	-1	-3	-3
Kontantstrøm til egenkapital etter skatt	92	-258	-258	-33	19	45	47
Lånebeløp	-350						
Avdrag				3	3	17	18
Renter	25	25	25	25	24	10	9
Skattebesparelse fra renter	-6	-6	-6	-6	-6	-2	-2
Kontantstrøm til total kapital etter skatt	-239	-239	-239	-11	40	70	71
Pv kontantstrøm	-239	-222	-206	-9	30	7	7
NPV 30 år	-218			IRR	4,8 %		

Figur 20: Kontantstrømmene for karbonpris med stabil prisstigning

Figur 21 viser hvordan en endring i karbonpris påvirker prosjektets nåverdi, gitt en konstant prisstigning lik inflasjon.



Figur 19: Nåverdi som funksjon av karbonpris scenario 2

Figuren viser at karbonprisen må økes til over 28,1 EUR i år 2020 for at nåverdien skal bli positiv. En karbonpris på 40 EUR i år 2020 vil gi prosjektet en positiv nåverdi på NOK 115 millioner. Dette viser at en endring i karbonprisen vil påvirke nåverdien til prosjektet i stor grad. Scenarioet er interessant fordi det viser hvordan investeringsbeslutningen avhenger av hvilke forutsetninger som legges til grunn for karbonprisen.

8.5.3 Diskusjon karbonpris

I det første scenarioet stiger karbonprisen med en estimert prisutvikling som baserer seg på EU sine annonserte stabiliseringsmekanismer. Dette indikerer at om myndighetene satser på bruken av biomasse og fornybar energi kan CNMP bli et mer gunstig investeringsalternativ ettersom prisen forventes å stige betraktelig. Hvis Elkem forventer at prisen vil utvikle seg i henhold til EU sine mekanismer kan CNMP fremstå som et attraktivt prosjekt. Da vil nåverdien bli positiv ved en lavere karbonpris i år 2020 enn ved scenario to. Dette kan føre til at argumentet for å investere i fornybare prosjekter som CNMP blir forsterket. Virkningen av EU sine mekanismer blir også vesentlig når man ser på hvordan et høyt prisnivå på karbon påvirker lønnsomheten til et prosjekt som CNMP. Følsomhetsanalysen viser dette veldig tydelig ved at prosjektet blir lønnsomt på to forskjellige prisnivåer i år 2020. Med de framtidsutsiktene som forventes angående økning i karbonpris kan investeringen i CNMP bli økonomisk lønnsom på lang sikt.

Alternativkostnaden ved fossile investeringsprosjekt blir høyere når det tas hensyn til at prisen på karbon skal øke. Samtidig som at et prosjekt som CNMP blir mer økonomisk lønnsomt ved en høy karbonpris, blir et prosjekt innenfor olje og gass mer ulønnsomt ved økte karbonkostnader. Dette kan derfor være et signal om at beslutningstakere og myndigheter bør satse på prosjekter som er fornybare i fremtiden. Kombinert med lavkonjunkturen i den globale petroleumsindustrien kan bruken av biomasse som et karbonnøytralt alternativ påvirke hvordan investeringsbeslutningene blir tatt i årene som kommer. I et strategisk perspektiv kan derfor prosjektet, gitt forutsetningene som er definert, være et godt alternativ på tross av den negative nåverdien.

9. Verdsettelse av prosjektets ringvirkninger

9.1 Introduksjon

Det forrige kapittelet diskuterte primært investeringsbeslutningen fra et lønnsomhetsperspektiv. Det er ikke alltid slik at den mest lønnsomme investeringen gir økt verdiskapning i resten av samfunnet. En slik verdiskapning kan være et resultat av økt sysselsetting. Et prosjekt på denne størrelsen vil ofte påvirke samfunnet på en måte som krever anvendelse av et annet teoretisk rammeverk. Følgende delkapittel vil derfor se på CNMP i lys av hvilke direkte og indirekte effekter som blir et resultat av prosjektet. Verdiskapningen vil måles ut i fra hvilke sysselsettingseffekter som oppstår, og hvordan dette kan påvirke samfunnet.

En slik fremgangsmåte er vanlig i økonomiske utredninger som tar sikte på å belyse de samfunnsøkonomiske konsekvensene av en investering (Jensen, Haugen, & Magnussen, 2003). En beslutningstaker kan ha andre mål enn kun faktorer som skaper økonomisk verdi. Ved en vurdering av effektene fra et prosjekt kan en investering muligens forsvares utover kriteriene for lønnsomhet. I mange tilfeller kan verdiskapningen veie tyngre enn det bedriftsøkonomiske overskuddet. Jensen, et. al (2003) viser til at «Det er viktig å være oppmerksom på at det vil være uheldig å si nei til et samfunnsøkonomisk lønnsomt prosjekt bare fordi det eksisterer et mer bedriftsøkonomisk lønnsomt alternativ. Man vil da risikere å gå glipp av en samfunnsøkonomisk lønnsom investering» (Jensen et al., 2003). Ved å supplere lønnsomhetsvurderingen med en verdsettelse av eksterne virkninger sørges det for at prosjektet gjennomføres på et best mulig grunnlag.

Siden miljøeffektene er diskutert i foregående kapitler vil sysselsettingsvirkningene av prosjektet tallfestes i dette kapittelet. Et prosjekt på størrelse med CNMP vil kunne skape effekter på tvers av samfunnet og påvirke andre næringer som for eksempel leverandørindustrien. Her vil det skilles mellom direkte, indirekte og induserte virkninger. I tillegg til våre egne beregninger vil en dokumentanalyse gi grunnlaget for forventede virkninger. Kapittelet vil skille på hvordan arbeidsplassene skapes og hvilke næringer de skapes i. Fokuset har vært å tallfeste arbeidsplassene som skapes ved CNMP-anlegget, i tillegg til det som kan oppstå i den norske skognæringen. Kapittelet vil for øvrig, i tillegg til

en dokumentanalyse, se på hva forskere fra blant annet Norsk institutt for Bioforskning og Norsk Skogeierforbund sier til spørsmålet om sysselsetting.

9.1.1 Direkte sysselsettingsvirkninger

Direkte virkninger er interne effekter som i hovedsak kan knyttes til virksomheten i form av bedriftens aktiviteter eller investeringens ringvirkninger (Kjærland , Mathisen , & Solvoll , 2012). Det kan være faktorer som lønn, antall ansatte, omsetning fordelt på virksomhetsområder, skatter og avgifter og lignende. Virkninger som kan knyttes direkte opp mot aktiviteten er ofte mulig å måle presist.

Verdiskapningen som er et resultat av sysselsettingen måles i bruttoprodukt, eller bidrag til bruttonasjonalproduktet (SSB, 2014a). Dette er det samme verdimålet som benyttes i nasjonalregnskapet for verdiskaping. Produksjonen av en vare har en verdi i markedet og dette måles gjerne ved produksjonsverdien eller omsetningsverdien (SINTEF Teknologi og samfunn, 2012). Bruttoproductet er verdien som gjenstår, etter å ha trukket fra kostnader knyttet til forbruk av varer og tjenester i produksjonsprosessen (SINTEF Teknologi og samfunn, 2012). Her bruker vi det gjennomsnittlige tallet fra SSB i 2013 som måler BNP per sysselsatt, ekskludert kontinentalsokkel og Svalbard, som er NOK 790 tusen (SSB, 2016b).

Sintef definerer verdiskaping gjennom bruttoprodukt som: «Verdiskaping uttrykt som bidrag til BNP er et mer presist uttrykk for næringers økonomiske betydning, enn omsetning og/eller produksjonsverdi. Dette gjelder særlig når en ønsker å beregne den samlede betydning for flere næringer som tilhører samme verdikjede» (SINTEF Teknologi og samfunn, 2012). Det er slik at bruttonasjonalproduktet er det mest sentrale målet for nasjonens verdiskaping, og bidrag til BNP vil også egne seg hvis flere næringer i samme verdikjede skal sammenlignes (SINTEF Teknologi og samfunn, 2012). Ved å ta en slik generell tilnærming på bruttoproduktet er det rimelig å anta at vi overvurderer målet til det som er gjeldende for en industriarbeider. Det understrekes derfor at estimatene er usikre, og er ment til å gi et bilde av hvilke virkninger prosjektet kan skape på lang sikt. Videre oppgis antall ansatte i normalårsverk. Et normalårsverk omfatter heltidssysselsatte pluss deltids sysselsatte, omregnet til heltid (SINTEF Teknologi og samfunn, 2012).

Som vist i investeringsanalysen er det antatt at CNMP-verket vil sysselsette ca. 160 personer totalt. Denne antakelsen er basert på samtaler med Elkem og opplysninger innhentet fra tidligere pyrolyseanlegg. Her forutsettes det at 15 av disse jobber opp mot pyrolyseprosessen og at de resterende er engasjert med å sikre materialflyt, operere smelteovnen og bidra til generell drift. Dette er under forutsetning av at antall ansatte ved Thamshavn forholder seg uendret. For å få et bilde av hvor stor verdiskapning dette utgjør, vurderes det hvor mye årsverkene bidrar til bruttonasjonalproduktet. Dette utgjør et totalt bidrag til bruttoprodukt på NOK 126 millioner¹² per år i prosjektets levetid (se tabell 18). Her er det verdt å nevne at vi ikke har tatt hensyn til at arbeidsplassene kan være utsatt for leakage eller displacement. Leakage oppstår hvis arbeidere bor i et annet land og/eller hvis leverandører skaffes et annet sted enn Norge (Haga & Lyngsnes, 2015). Displacement oppstår hvis arbeidsplassene erstatter tidligere arbeidsplasser andre steder i industrien. Basert på de opplysningene vi har er det ikke grunnlag for å si noe om dette. Det kan imidlertid nevnes at Norge har en høy sysselsetningsrate, noe som kan medføre at displacement vil være tilfellet for mange av arbeiderne i et CNMP-prosjekt.

9.1.2 Indirekte virkninger

Følgende diskusjon og beregninger ser på de arbeidsplassene som kan oppstå i skognæringen i Norge, som et indirekte resultat av CNMP. Indirekte virkninger gjenspeiles i sysselsettingseffekten for underleverandører. Disse effektene kan være positive eller negative, avhengig av hvordan de skapes (Stavroulia, 2003). Indirekte virkninger genereres av etterspørselen som de direkte virkningene fører til. Tidligere kapitler har sett på Norge sitt behov for å utnytte sine skogressurser. Satsing innenfor fornybar energi har blitt høyt prioritert av EU siden det kan bidra til økt sikkerhet og diversifikasjon av energitilbudet, samtidig som samholdet mellom sosiale og økonomiske faktorer opprettholdes (ECOTEC, 2002).

Det å etablere en skogsindustri på størrelse med den som eksisterte for 50 år siden er mer relevant nå med det grønne skiftet og vedvarende fall i oljeprisen. I 2011 var det i underkant av 5000 sysselsatte i skognæringen, mens da industrien var på toppen i 1952 var det 30 000 som hadde sitt daglige virke i skogbruket (Bøhn, 2015). Skog22 rapporten konkluderer med at

¹² 160*790676= 126 508 160

skognæringen representerer viktig verdiskaping og sysselsetting for lokalsamfunn i store deler av landet (Strategigruppen Skog22, 2013). Rapporten beskriver også at norsk skog- og trenæring kan bidra vesentlig til økt verdiskaping og sysselsetting i Norge.

Med en jevn tilvekst av skog og en industri med behov for flere arbeidsplasser er vilkårene til stede for en utnyttelse av denne ressursen. En rapport fra 2004 så på de sosioøkonomiske effektene av skogsindustrien i Finland (Hakkila, 2004). Rapporten viser at produksjonen av drivstoff fra skog skaper arbeidsplasser, men er avhengig av faktorer som biomassegrunnlag, hogstforhold, generelle kvalitetskrav og størrelsen på produksjonen. Stavroulia (2003) påpeker at økning i bruk av biomasse kan skape arbeidsplasser som følge av den direkte hogsten av ressursen (Stavroulia, 2003). Norsk Skogeierforbund deler denne oppfatningen:

«Treet har et stort antall anvendelsesområder og vi må utvikle og kommersialisere ny teknologi og nye produkter for å ta ut det enorme potensialet skogen gir. Denne utviklingen og omsetningsveksten vil medføre økt sysselsetning i skogbruket i alle ledd av skogbrukets verdikjede.» (Sørli, 2016).

Hakkila (2004) presenterer at behovet for arbeidskraft innenfor skognæringen ofte er sesongbasert og kan føre til halvårslige svingninger i arbeidsstyrken. Samme rapport gjennomførte et casestudie som ble foretatt på fire forskjellige skogbruk hvor de direkte sysselsettingseffektene av skoghogst ble vurdert og sammenlignet. Studien estimerte at den totale direkte påvirkningen av produksjon av skogflis var 2275 årsverk på de fire forskjellige casestudiene og at det ble generert gjennomsnittlig 0,45 årsverk per 1000 fm³. En annen rapport beskriver hvordan treindustrien i Macquarie region i Australia skapte 1948 årsverk totalt basert på produksjonen av 1,15 millioner tonn tømmer årlig (Weldegiorgis & Franks, 2013). Denne regionen leverer primært trevirke til stålindustrien og fordelingen av direkte og indirekte arbeidsplasser var henholdsvis 904 og 1008 sysselsatte. Produksjonen av biomasse førte derfor til 0,0026 direkte ansatte per tonn stål produsert og 0,0054 indirekte ansatte per tonn stål produsert. Øyvind Hoveid i NIBIO kommenterer at næringens struktur kan tale mot en stor økning i lokal sysselsetting:

«Norsk skogsindustri er en relativt liten sektor dels fordi avvirkingen ligger lavt, dels fordi produktene har lave priser. Bruttoproduktet er derfor lite. Om en tenker seg at økt avvirking

og økte priser gir en firedobling av bruttoproduktet, vil skogsindustrien fortsatt være en relativt liten sektor.» (Hoveid, 2016)

En annen studie beskriver et anlegg med kapasitet på 100 000 tonn tørr biomasse, som genererte et behov for 20 ansatte årlig. Dette førte til at trekullproduksjonen utgjorde 0,000295 direkte jobber per tonn stål produsert (Enecon Pty Ltd, 2001). I motsetning til Hoveid sitt syn argumenteres det for at skogsindustrien kan kreve en relativt høy grad av arbeidskraft sammenlignet med andre industrier, og det bør forventes at antall ansatte stiger i takt med produksjonen (Weldegiorgis & Franks, 2013). Videre viste Dürschmidt & Van Mark (2006) at en dynamisk ekspansjon av satsing på fornybar energi kan føre til en sammenhengende og økende positiv tilførsel av netto arbeidskraft med spesielt utslag i utnyttelsen av biomasse (Dürschmidt & Van Mark, 2006). Ved å ta utgangspunkt i resultatene til studien estimeres det at de indirekte arbeidsplassene i skognæringen utgjør 1092 arbeidsplasser pr år¹³. Funnene fra de direkte og indirekte virkningene er oppsummert i tabell 18 med tilhørende totalt bruttoprodukt¹⁴.

Innvirkning	Arbeidsplasser pr år	Totalt bruttoprodukt (NOK millioner)
Direkte arbeidsplasser CNMP	160	126
Indirekte arbeidsplasser skognæring	1092	863
Totalt	1252	989

Tabell 19: Direkte og indirekte arbeidsplasser med bruttoprodukt

¹³ Gjennomsnittlig arbeidsfaktor per fm³ = Finland (0,00455) + Australia (0,001694) = 0,003122.

Gjennomsnittlig arbeidsfaktor*tømmerbehov CNMP = 0,003122*349700 = 1092

¹⁴ 1092 * 790676 = 863 418 192

9.1.3 Økt inntektsgrunnlag og konsumentvirkninger

Avslutningsvis vurderer vi konsumentvirkninger som er et resultat av de ulike sysselsettingseffektene og som kommer den norske økonomien til gode. Konsumvirkninger kan også kalles for induerte virkninger, og skapes gjennom direkte og indirekte sysselsetting og deres økonomiske forbruk i et geografisk område. Disse konsumvirkningene kan oppstå som et resultat av de sysselsattes forbruk og skattebetalinger via inntektene som opptjenes gjennom virksomheten (SINTEF Teknologi og samfunn, 2012). De induerte konsumvirkningene er kun sett på ut i fra skognæringens perspektiv. Disse virkningene er imidlertid relativt lik for sysselsatte i alle næringer.

Hakkila (2004) anslo at den disponible inntekten fra hogstindustrien og den geografiske allokeringen av inntektsgrunnlaget kommer den lokale regionen til gode. I produksjonen av trevirke estimeres det at en fjerdedel av inntektene ved storskala biomasseproduksjon blir igjen i den lokale økonomien. Opptil halvparten av inntektene ved småskala produksjon blir igjen i den lokale økonomien. Dette kommer husholdninger, næringer og kommunen til gode. Rapporten gir et bilde av hvordan den lokale skogsindustrien kan generere inntekter. Hakkila (2004) påpeker at nettoinntekten til myndighetene er sammensatt av sparing, i tillegg til skatter og avgifter. I enkelte tilfeller er det også negative effekter som gjenspeiles i ulike subsidieordninger som industrien er avhengig av (Hakkila, 2004). Nettoinntekten som blir gjenværende i den lokale kommunen er todelt og består i førsteomgang av overføringer, lønninger og subsidier til skogeiere. Den andre delen viser til inntekt som blir igjen i kommunen i form av lønninger til hogstarbeidere, maskinoperatører og entreprenører (Hakkila, 2004). Å tilrettelegge for en kommunal satsing på bioenergi kan bidra til økt inntektsgrunnlag for direkte og indirekte næringer. I dialog med Norges Skogeierforbund poengteres følgende:

«Det er i dag ca. 130 000 skogeiendommer og gjennomsnittsstørrelsen på skogeiendommene i Norge er ca. 500 dekar. Omsetningsvekst i skogbruket vil i stor grad påvirke sysselsetting og skatteinngang nasjonalt og i distriktskommunene» (Sørli, 2016).

Gjennom økt satsing på bioenergi gjennom forskning og utvikling kan økt sysselsetting oppnås (Strategigruppen Skog22, 2013). For å legge til rette for dette identifiserte Skog22 rapporten en rekke tiltak, og konkluderte med at bærekraft skal være et grunnleggende prinsipp for videreutvikling av skog- og trenæringen. For at økt sysselsetting i skognæringen

skal være mulig må rammebetingelsene rettes mot stimulering av norsk skogproduksjon, videreforedling og optimalisering av den norske verdiskapingen (Strategigruppen Skog22, 2013). Den norske satsingen på bioøkonomi må derfor være tilpasset slik at det sikres en lønnsom utvikling av markedsforutsetningene fra tilbud til etterspørsel. Norges skogeierforbund kommenterte den fremtidige utviklingen til industrien:

«Det offentlige kan bidra med sitt for å utvikle markedet for bærekraftige produkter og løsninger. Det kan gjøres gjennom å stille krav i plan- og bygningsloven, byggetekniske forskrifter og regelverk for offentlige anskaffelser, avgifter og andre produktkrav. Målrettet satsing for å bedre infrastrukturen for transport av tømmer og ferdigvarer er også avgjørende. I tillegg må norsk selskapsbeskatning tilpasses den internasjonale utviklingen, og skattemessige avskrivninger må forbedres om næringen skal kunne konkurrere på like vilkår i et internasjonalt marked» (Sørli, 2016).

10. Konklusjon

I denne utredningen har vi gjennomført en prosjektanalyse hvor investeringsbeslutningen til CNMP har blitt analysert. Kriteriene som har blitt vektlagt i analysen er lønnsomhet, bærekraft og sosiale ringvirkninger.

Investeringsanalysen viser at prosjektet har en negativ nåverdi på NOK 83 millioner over en 30 års planperiode. Et prosjekt som strekker seg over en lang tidsperiode er utsatt for variasjoner i de ulike forutsetningene som er definert. Derfor er det viktig å ta hensyn til prosjektets usikkerhet, ettersom resultatet i stor grad baserer seg på disse forutsetningene. Denne usikkerheten er tatt hensyn til i oppgaven og antakelsene våre er begrunnet ut i fra informasjonen som har vært tilgjengelig. Den påfølgende følsomhetsanalysen viser at faktorer som pris på silisium, kostnad for trevirke og karbonpris er blant de viktigste faktorene til at nåverdien blir negativ. Den totale rammen for lønnsomheten til prosjektet viste seg å være negativ, men fra år 2024 overgår prosjektets inntekter kostnadene, og kontantstrømmene utover i planperioden blir positive.

På bakgrunn av diskusjonen rundt bruken av biomasse som et klimanøytralt alternativ viser studien vår at karbonprisen vil ha mye å si for prosjektets nåverdi. Karbonprisen baserer seg på en kostnad som myndighetene har satt på utslipp av CO₂. På bakgrunn av Thamshavn sin produksjonshistorikk viser studiens resultat at et CNMP-anlegg vil føre til netto reduksjon av utslipp i størrelsesorden 107 035 tonn CO₂-ekvivalenter. Ved å studere forventet økning i karbonprisen kan det være strategisk riktig av Elkem å investere i CNMP-prosjektet. Hvis estimeringen av karbonprisen basert på EU sine stabiliseringsmekanismer viser seg å bli riktig vil kvotepliktige bedrifter få en økning i kostnader, mens Elkem vil få en kreditt.

Karbonprisen må være over 8,6 EUR i år 2020 for at prosjektet skal få en positiv nåverdi. Hvis det forventes at karbonprisen fra år 2020 vil være på dagens lave nivå (ca. 6 EUR) og kun vil utvikle seg i henhold til inflasjon, viser følsomhetsanalysen at en karbonpris på over 28,1 EUR i år 2020 gjør prosjektet lønnsomt. Analysen viser at karbonprisen kan påvirke investeringsbeslutningen, og det vil derfor være viktig at EU fortsetter å stabilisere kvotemarkedet slik at karbonprisen kommer på et bærekraftig nivå.

Ved å undersøke ringvirkningene av prosjektet indikerer studien at investeringsbeslutningen kan forsvares utover kravet om lønnsomhet. Prosjektets potensial med tanke på sysselsetting

ble kartlagt i oppgavens siste kapittel og det talte for både direkte og indirekte sysselsettingseffekter. Studien viser at CNMP kan bidra til henholdsvis 160 og 1092 direkte og indirekte arbeidsplasser med tilhørende bruttoprodukt.

På bakgrunn av studiens resultater anbefales det at Elkem fortsetter arbeidet med å utvikle teknologien, slik at prosjektet kan gjennomføres. Selv om nåverdien til prosjektet er negativ med en planperiode på 30 år, er det andre kriterier som kan påvirke lønnsomheten utover de forutsetningene som har blitt definert i studien. Hvis Elkem får støtte av ENOVA til investeringen kan prosjektets nåverdi bli positiv. Andre kriterier som kan bidra til politisk velvilje er reduserte CO₂-utslipp og økt sysselsetting. Slike positive ringvirkninger kan påvirke myndighetene til å endre rammevilkår, som kan være en fordel for bærekraftige prosjekt som CNMP. Dette prosjektet kan bidra til økt kunnskap rundt bærekraftige løsninger, som kan føre til et mer klimavennlig samfunn.

11. Referanser

- Adams, J., Khan, H., Raeside, R., & White, D. (2007). *Research methods for Graduate Business and Social Science Students*. Response.
- Bagramov, G. (2010). *Economy of converting wood to biocoal*. Lappeeranta University of Technology.
- Balt Carbon. (2016, Mars 10). *Correspondance regarding production technologies Balt Carbon Lambiotte*. Balt Carbon.
- Beal, V. (2016, May 30). *Brownfield*. Hentet fra Wepopedia:
<http://www.webopedia.com/TERM/B/brownfield.html>
- Bergsaker, E. (2014). *Utfordringer og mulige tiltak for revitalisering av skognæringen i Norge*. Oslo: Norsk Skog.
- Bergsens, E., Eid, T., Rørstad, P., & Trømborg, E. (2012). *Bioenergiressurser i skog – kartlegging av økonomisk potensial*. Insitutt for naturforvaltning.
- Bernhardsen, T., & Kloster, A. (2010). *Hva er nivået på den normale renten?* Oslo : Norges Bank.
- Bøhn, N. (2015). *Skog - En del av løsningen på klimaproblemet*. Oslo: Norges Skogeierforbund.
- Bøhren, Ø., & Gjærum, P. (2000). *Prosjektanalyse*. Skarvet forlag .
- Bøhren, Ø., & Gjærum, P. (2009). *Prosjektanalyse*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Borkowska, Z. (2012). *Silisium produksjonsprosess. Energi og eksergi analyse for Holla silisium smelteverk*. Trondheim: NTNU.
- Boye, K., & Koekbakker, S. (2006). *Finansielle emner* . Oslo: Cappelen Akademisk forlag .
- Camarasa, J., & Velasco, S. (2005). *The Worldwide Silicon Market and New Technologies*.
- CRED. (2015). *The human cost of weather disasters 1995-2015*. Centre of Research on the Epidemiology of Disasters, The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Brussels: United Nations.

- CRED. (2015). The Human cost of weather disasters 1995-2015. *Centre of the Epidemiology of Disasters, The United Nations Office for Disaster Risk Reduction*.
- CRU. (2015, December 30). *Why have silicon prices fallen so sharply*. Hentet fra CRU: <http://www.crugroup.com/about-cru/cruinsight/137461>
- Dammen, S. (2014). *Ikke sultne nok? En studie av vilkår for vekst og innovasjon i bioenerginæringa i Midt Norge*. SINTEF Teknologi og samfunn.
- De nasjonale forskningsetiske komiteene. (2010, Janua 15). *Kvalitative og kvantitative forskningsmetoder - likheter og forskjeller* Hentet fra De nasjonale forskningsetiske komiteene: <https://www.etikkom.no/forskningsetiske-retningslinjer/medisin-og-helse/kvalitativ-forskning/1-kvalitative-og-kvantitative-forskningsmetoder--likheter-og-forskjeller/>
- DN. (2016, Mai 4). *Her er hele skatteforliket*. Hentet fra: DN http://www.dn.no/nyheter/politikkSamfunn/2016/05/04/1116/Arbeiderpartiet/her-er-hele-skatteforliket?_1
- Dürschmidt, W., & Van Mark, M. (2006). *Renewable energy: employment effects, Impact of the Expansion of Renewable Energy on the German labour market*. Federal Ministry for the Environment.
- ECOFYS. (2015). *Carbon costs for the steel sector in Europe post-2020: Impact assessment of the proposed ETS revision*. ECOFYS.
- ECOTEC. (2002). *Renewable Energy Sector in the EU its Employment and Export Potential*. ECOTEC Research and Consulting Limited.
- Eikeland, I. J., Monsen, B., & Modahl, I. (2001). *Reducing CO2 emissions in Norwegian ferroalloy production*. SINTEF/Elkem.
- Eitrheim, Ø., & Gulbrandsen, K. (2016). *Norges Banks Skriftserie nr 31*.
- Elkem. (2014). *2014 Elkem Bærekraftsrapport*. Oslo
- Elkem. (2015a). *CNMP - møter om rammebetingelser*. Elkem. Oslo
- Elkem. (2015b). *Elkems innspill til regjeringens bioøkonomistrategi*. Oslo: Elkem AS.
- Elkem. (2015c). *Introduksjon Elkem Thamshavn* . Elkem .

- Elkem . (2015d). *Statusseminaret for energiforskningen* . Oslo .
- Elkem. (2016a). *Carbon Neutral Metal Production* . Oslo: Elkem .
- Elkem (2016b, May 26). *Elkems fremtid er karbon-nøytral* Hentet fra *Elkem.com*
<https://www.elkem.com/no/sustainability/barekraftsrapporter/elkems-fremtid-er-karbon-noytral/>
- Elkem. (2016c, 01 01). *Elkem Silicon Materials* . Hentet 01 21, 2016 fra *Elkem.com*:
<https://www.elkem.com/about-elkem/business-areas/elkem-silicon-materials/>
- Elkem. (2016d, 01 20). *Forretningsområder*. Hentet 01 20, 2016 fra *Elkem.com*:
<https://www.elkem.com/no/about-elkem/business-areas/>
- Elkem. (2016e, Mars). *Intervju* (K. Larsen, & K.-L. Jakobsen, Intervjuere)
- Elkem. (2016f, 01 20). *Om Elkem*. Hentet 01 20, 2016 fra *Elkem.com*:
<https://www.elkem.com/no/about-elkem/>
- Elkem. (2016g, Mai 4). *Elkem*. Hentet fra *Silisium - et fantastisk grunnstoff*:
<https://www.elkem.com/no/technology--innovation/vare-prosesser-og-produkter/silisium--et-fantastisk-grunnstoff/>
- Elkem. (2016h). *Veien til klimanøytral metallproduksjon: Nye verdikjeder i norsk bioøkonomi*. Elkem. Oslo: Elkem.
- Enecon Pty Ltd. (2001). *Integrated Tree Processing of MAllee Eucalypts*. Rural Industries Research and Development Corporation.
- ENOVA. (2015). *Resultat- og aktivitetsrapport 2015*. ENOVA.
- Europalov. (2016, Juni 11). *EUs kvotehandelsystem for klimagasser etter 2020* Hentet fra: Europalov. <http://europalov.no/rettsakt/kvotehandelsdirektivet-endring-eus-kvotehandelsystem-for-klimagasser-etter-2020/id-8293>
- Finanstilsynet. (2010). *Rundskriv Enkelte regnskapsmessige forhold basert på regnskapskontrollen 2010*. Oslo: Finanstilsynet.
- FN. (2015, Desember 22). *FN-sambandet*. Hentet fra *Hva er togradersmålet?*:
<http://www.fn.no/Tema/Klima/Hva-er-togradersmaalet>

- FN. (2016, Juni 9). *Goal 13: Take urgent action to combat climate change and its impacts:* .
Hentet Sustainable Development Goals: 17 goals to transform our world
fra <http://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change-2/>
- Frønes, B. (2015). *Skogkulturinvesteringer og ressursforvaltning i Norge og Sverige, en komparativ studie*. Norge miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Garcia-Perez, M., Garcia-Nunez, J., Lewis, T., Kruger, C., & Kantor, S. (2012). *Method for Producing Biochar and Advanced Bio-fuels in Washington State*. Washington State University.
- Ghuri, P., & Grønhaug, K. (2010). *Research methods in business studies*. Prentice Hall.
- Gjærum, P. I., & Bøhren, Ø. (2009). *Prosjektanalyse*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Gjesdal, F., & Johnsen, T. (1999). *Kravsetting, lønnsomhetsmåling og verdivurdering*. Oslo : Cappelen.
- Grønli, M. (2016). *Industrial production of charcoal*. Trondheim: SINTEF Energy research.
- Haga, E., & Lyngsnes, E. (2015). *Samfunnsøkonomisk analyse av elektrifisering av Johan Sverdrup feltet ved bruk av flytende vindturbiner i stedet for kraft fra land*. Universitetet i Stavanger.
- Hakkila, P. (2004). *Developing technology for large-scale production of forest chips*. TEKES National Technology Agency.
- Hamaguchi, M., Saari, J., & Vakkilainen, E. (2013). Bio-oil and Biochar as Additional Revenue Streams in South American Kraft Pulp Mills. *bioresources.com*, 3406.
- Hirth, M. L. (2016, Januar 1). *Sysla Grønn*. Hentet fra CO2 prisen faller kraftig: http://syslagronn.no/2016/01/20/syslagronn/co2-prisen-faller-kraftig_74405/
- Holtmark, B. (2010). *Om tømmerhogst og klimanøytralitet*. SSB.
- Hoveid, Ø. (2016). Spm til masteroppgave. (K.Larsen, Intervjuer)
- IEA. (2007, Februar). *IEA*. Hentet fra Biomass pyrolysis: <http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Task-34-Booklet.pdf>
- IEA Bioenergy . (u.d.). *Biomass Pyrolysis* . IEA Bioenergy .

- Institutt for natuforvaltning. (2012). *Bærekraftig biodrivstoff til sivil luftfart i Norge - Biomassetilgang fra landbaserte ressurser*.
- IPCC. (2013). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. New York: Cambridge University Press.
- Jahirul, M., Rasul, M., Chowdhury, A., & Aswath, N. (2012). *Biofuels Production through Biomass Pyrolysis - A Technological Review*. Energies.
- Jensen, T., Haugen, S., & Magnussen, I. (2003). *Samfunnsøkonomisk analyse av energiprojekter*.
- Johannessen, A., Kristoffersen, L., & Tufte, P. (2004). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*. Abstrakt forlag.
- Jones, T. S. (1996). *Silicon*. U.S. Geological Survey - Minerals Information.
- Killingland. (2014). *Bioenergi i Norge*. Norges vassdrag- og energidirektorat.
- Kjærland, F., Mathisen, T., & Solvoll, G. (2012, 02 01). *Verdsetting av ringvirkninger*. Hentet 05 09, 2016 fra MAGMA : <https://www.magma.no/verdsetting-av-ringvirkninger>
- Klima- og forurensningsdirektoratet. (2011). *Skog som biomasseressurs*. Oslo: Klima- og forurensningsdirektoratet.
- Koebakker & Steen Koebakker, (2006). *Finansielle emner*. Oslo: Cappelen Damm.
- Kyrkjeide, P. A. (2014). *Kortreist biokarbon til smelteverksindustrien -forutsetninger, utfordringer og muligheter*. Lyngdal: Teknova AS.
- Lein, K., & Løge, K. (2009). *Rammvilkår for skog- og trebaserte næringer i Norge*. Lillehammer: Østlandsforskning.
- Lindstad, T., Monsen, B., & Osen, K. (2007). *How the Ferroalloys industry can meet greenhouse gas regulations*. SINTEF.
- Lovdata. (2016, 06 03). *Lov om skatt av formue og inntekt*. Hentet fra Lovdata: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1999-03-26-14/KAPITTEL_15#KAPITTEL_15
- Meyer, S., Glaser, B., & Quicker, P. (2011). *Environmental Science & Technology*.

- Meyer, S., Glaser, B., & Quicker, P. (2011). *Technical, Economical, and Climate-Related Aspects of Biochar Production Technologies: A Literature Review*. Munich: Environmental Science & Technology.
- Miljødirektoratet. (2014). *Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling. Rapport M229 - 2014*. Oslo: MD.
- Miljødirektoratet. (2015a). *Faglig grunnlag for videreutvikling av den nasjonale og internasjonale klimapolitikken*. Oslo: Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet. (2015b, 05 05). *Kvotesystemet*. Hentet fra <http://www.miljostatus.no/klimakvoter>
- Miljødepartementet, (2016c, Juni 3). *Regjeringen.no*. Hentet fra St.meld nr. 54 (2000-2001): <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/stmeld-nr-54-2000-2001-/id195302/?ch=3>
- Miljødirektoratet. (2016d, Juni 19). *Norske utslipp*. Hentet fra Elkem Thamshavn: <http://www.norskeutslipp.no/no/Diverse/Virksomhet/?CompanyID=6074>
- Monsen, B. E. (2013). *Bruk av biokarbon i prosesser*. Trondheim: SINTEF - Materialer og kjemi.
- Monsen, B., Grønli, M., Nygaard, L., & Tveit, H. (2001). *The use of biocarbon in norwegian ferroalloy production*. SINTEF.
- Monsen, B., Tangstad, M., & Midtgaard, H. (2001). *Use of charcoal in silicomanganse production*. SINTEF.
- Nilsen, J. (2013, September 3). *TU*. Hentet fra Sverige bygger sju ganger mer fornybar energi: <http://www.tu.no/artikler/sverige-bygger-sju-ganger-mer-fornybar-energi/234876>
- Norgate, T., & Langberg, D. (2009). *Environmental and Economic Aspects of Charcoal Use in Steelmaking*: CSIRO Minerals.
- Norgate, T., Haque, N., Somerville, M., & Jahanshahi, S. (2009). *The greenhouse gas footprint of charcoal production and some applications in steelmaking*. CSIRO Minerals Down Under Flagship.
- Norgate, T., Haque, N., Somerville, M., & Jahanshahi, S. (2012). *Biomass as a source of renewable carbon for iron and steelmaking*.

- Norges Bank. (2016a, Juni 18). *Inflasjon*. Hentet Norges Bank: <http://www.norges-bank.no/Statistikk/Inflasjon/>
- Norges Bank (2016b, 04 13). *Statsobligasjoner gjennomsnitt*. Hentet 04 13, 2016 fra Norges Bank : <http://www.norges-bank.no/Statistikk/Rentestatistikk/Statsobligasjoner-Rente-Arsgjennomsnitt-av-daglige-noteringer/>
- Norges Skogeierforbund. (2015). Skog - En del av løsningen på klimaproblemet. *Norges Skogeierforbund*.
- Norsk institutt for skog og landskap. (2015). *Analyse av klimagassutslipp fra utnyttelse av skog til energiformål*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Norske utslipp. (2016, Juni 6). *Norske utslipp*. Hentet fra Elkem Thamshavn: <http://www.norskeutslipp.no/Templates/NorskeUtslipp/Pages/company.aspx?id=61&CompanyID=6074&epslanguage=no#>
- Øvrebø, O. A. (2013, April 15). *Energi og klima*. Hentet fra CO2-utslipp på billigsalg: <http://energiogklima.no/nyhet/aktuell-grafikk/co2-utslipp-pa-billigsalg/>
- Proff. (2016). *Elkem AS*. Hentet fra Proff: <http://www.proff.no/regnskap/elkem-as/oslo/kjemikalier-og-kjemiske-varer/ZOI64HUO/>
- PROFF. (2016, Juni 18). *Proff*. Hentet fra Elkem AS: <http://www.proff.no/selskap/elkem-as/oslo/kjemikalier-og-kjemiske-varer/ZOI64HUO/>
- PWC. (2015). *Risikopremien i det norske markedet*. Oslo : PWC.
- Regjeringen. (2014, December 1). *Grønt skifte – klima- og miljøvennlig omstilling* Hentet fra Regjeringen.no Grønt skifte – klima- og miljøvennlig omstilling: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/gront-skifte/id2076832/>
- Ringer, M., Putsche, V., & Scahill, J. (2006). *Large Scale Pyrolysis Oil Production: A Technology Assessment and Economic Analysis*.
- Saunders, M., Kemp, R., & van Asselt, M. (2012). *Research methods for Business Students*. Pearson.
- Sintef. (2016, 01 01). *Sintef.no*. Hentet 02 05, 2016 fra Sintef skaper fremtidens energiløsninger: <http://www.sintef.no/fornybar-energi/#/>

- SINTEF Teknologi og samfunn. (2012). *Verdiskaping og sysselsetting i norsk sjømatnæring*.
- Skatteetaten. (2009, Mars 16). *Kommentar til Høyesterettsdommen om rente- og valutaswapper* Hentet fra Skatteetaten
<http://www.skatteetaten.no/no/Radgiver/Rettskilder/Uttalelser/Domskommentarer/Kommentar-til-Hoyesterettsdommen-om-rente--og-valutaswapper1/>
- Skatteetaten. (2016, Juni 13). *Skatteetaten*. Hentet fra Finansielle instrumenter - renteswap, valutaswap og rente- og valutaswap:
<http://www.skatteetaten.no/no/Radgiver/Rettskilder/Handboker/lignings-abc/kapitler/f/?mainchapter=168162&chapter=168162#x168162>
- Sørli, H. A. (2016, Mai 18). Rådgiver Norges Skogeierforbund. (M. trekull, Intervjuer)
- SSB. (2013, January 18). *50 års landbrukshistorie i tekst og tall* Hentet fra Statistisk sentralbyrå : <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/50-aars-landbrukshistorie-i-tekst-og-tall>
- SSB. (2014a, November 20). *Begreper i nasjonalregnskapet* Hentet fra: SSB
<https://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/begreper-i-nasjonalregnskapet#Bruttoprodukt>
- SSB. (2014b, Januar 21). *Lønn for ansatte i industri* Hentet fra Statistisk sentralbyrå: 1 oktober 2014: <https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/statistikker/lonnind/aar/2015-01-21>
- SSB. (2015, December 18). *Utslipp av klimagasser, 1990-2014, endelige tall:* Hentet fra SSB February 9, 2016 fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn/aar-endelige/2015-12-18>
- SSB. (2016a, Februar 25). *Elektrisitetspriser, 4 kvartal 2015* Hentet fra Statistisk sentralbyrå:
<https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elkraftpris/kvartal/2016-02-25>
- SSB. (2016b, Juni 14). *Fylkesfordelt nasjonalregnskap, per innbygger per sysselsatt* Hentet fra: Statistisk sentralbyrå <https://www.ssb.no/243265/fylkesfordelt-nasjonalregnskap-per-innbygger-og-per-sysselsatt.fylkesfordelt-bruttoprodukt-er-i-basisverdi>
- SSB. (2016c). *SSB Ordforklaring*. SSB

- St mld 21. (2016, Juni 9). *Regjeringen.no*. Hentet fra Stortingsmelding 21: Norsk klimapolitikk: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-21-2011-2012/id679374/?ch=9>
- Statsministerens kontor. (2012, September 11). *CO2-kompensasjonsordning for industrien*. Hentet fra: *Regjeringen.no* <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/co2/id698862/>
- Statsministerens kontor. (2015, Februar 2). *Ny og mer ambisiøs klimapolitikk*. Hentet fra *Regjeringen.no*: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-og-mer-ambisios-klimapolitikk/id2393609/>
- Stavroulia, H. (2003). *Socio-Economic Impacts of Biomass Deployment for the Production of Heat and Electricity*. University of Strathclyde.
- Strategigruppen Skog22. (2013). *Skog 22*. Oslo: Innovasjon Norge & Norsk forskningsråd.
- Suopajarvi, H., & Fabritius, T. (2011). Effects of Biomass Use in Integrated Steel Plant - Gate-to-gate Life Cycle Inventory Method
- Suopajarvi, H., & Fabritius, T. (2013). Towards More Sustainable Ironmaking - An Analysis of Energy Wood Availability in Finland and the Economics of Charcoal Production: Laboratory of Process Metallurgy, University of Oulu.
- Suopajarvi, H., Pongràcz, E., & Fabritius, T. (2013). The potential of using biomass-based reducing agents in the blast furnace: A review of thermochemical conversion technologies and assessments related to sustainability Thule Institute.
- Teknova. (2016). *Teknova*. Hentet February 9, 2016 fra Teknova: Partners: <http://teknova.no/partners/>
- Thema Consulting. (2014, September 25). *Endringer i EU ETS vil øke kostnaden ved klimagassutslipp*. Hentet fra Thema: <http://www.thema.no/endringer-i-eu-ets-vil-oke-kostnaden-ved-klimagassutslipp/>
- Tomter, S., & Dalen, L. (2014). *Bærekraftig skogbruk i Norge*. Norsk Institutt for skog og landskap.
- Transportøkonomisk institutt. (2008). *Virkninger av endrede transportkostnader for skogbruk, skogindustri, distriktene og miljøet*.

- Tungland, T. E. (2012). *Langsiktige kraftavtaler: Hvordan handles de, og hvordan kan markedet forbedres?* Universitet for miljø- og biovitenskap.
- Tvinnerheim, E. (2013, Juni 13). Kvotehandel: Flaggskip i dødvanne Hentet fra Energi og klima: <http://energiogklima.no/kommentar/kvotehandel-flaggskip-i-dodvanne/>
- USGS. (2016, February). *Mineral Industry Surverys*. Hentet fra: USGS <http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silicon/mis-201602-simet.pdf>
- Volden, G. (2013). *Bruk av karbonpriser i praktiske samfunnsøkonomiske analyser*. Trondheim: Concept-programmet.
- von Troil, W., Thuresson, T., & Carlsson, J. (2014). *Markedsanalyse skogsnaering Norge*. Stockholm: POYRY.
- Weldegiorgis, F., & Franks, D. (2013). *Social dimensions of energy supply alternatives in steelmaking: comparison of biomass and coal production scenarios in Australia*. Journal of Cleaner Production.
- Winsnes, E. (2013, Mars 23). *Her er skognæringens krav til politikerne* Hentet fra E24: <http://e24.no/naeringsliv/her-er-skognaeringens-krav-til-politikerne/20349831>
- WMO. (2016, Januar 25). *2015 is the hottest year on record* Hentet fra: World Meteorological Organization <http://public.wmo.int/en/media/press-release/2015-hottest-year-record>
- ZERO. (2011). *En grønn industri er Norges fremtid*. ZERO.