

Martine Melleby
Hallvard Dahle

Materialgjenvinning av plastleker og blandet plast

Kan avfallshåndteringen av platleker og blandet plast gjøres mer miljøvennlig?

Mai 2023

NTNU

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

Bacheloroppgave

2023



Martine Melleby
Hallvard Dahle

Materialgjenvinning av plastleker og blandet plast

Kan avfallshåndteringen av platleker og blandet plast gjøres mer miljøvennlig?

Bacheloroppgave
Mai 2023

NTNU

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



Kunnskap for en bedre verden

Materialgjenvinning av plastleker og blandet plast

Kan avfallshåndteringen av plastleker og blandet plast gjøres mer miljøvennlig?

Martine Melleby, Hallvard Dahle

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg

Innlevert: mai 2023
Veileder: Sotirios Grammatikos

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk

Oppgavens tittel: Materialgjenvinning av plastleker og blandet plast – kan avfallshåndteringen av plastleker og blandet plast gjøres mer miljøvennlig?	Dato: 21.05.23		
	Antall sider: 60		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: Martine Melleby, Hallvard Dahle			
Veileder: Sotirios Grammatikos			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere:			
<p>Sammendrag:</p> <p>I Norge har vi et stort forbruk. For flere av avfallstypene, som barneleker og blandet plast, finnes det ingen gjenvinningsordning. Dette innebærer at det blir brent på et forbrenningsanlegg og ressursene forsvinner. Dette er ikke tråd med den sirkulære økonomien som skal etterstrebes.</p> <p>I denne oppgaven er det gjort beregninger om det er finansielt lønnsomt å bygge og drive et gjenvinningsanlegg for blandet plast hvor plasten er hentet fra Gjøviksområdet eller Innlandet. Deretter er det sett på klimaavtrykket som gjenvinningsanlegget har kontra gjenvinningsanlegget. Sistnevnte er gjort med et program for miljøanalyser, SimaPro.</p> <p>Konklusjonen av oppgaven er at det er verdt å investere i gjenvinningsanlegg for blandet plast gitt at det samles inn plast fra hele Innlandet. Dette vil være en relativt robust investering, særlig hvis det planlegges for drift i minst 15år. Når det gjelder miljøpåvirkningen så er også denne lavere for gjenvinning enn for forbrenning fra første gang plasten gjenvinnes.</p>			

Stikkord:

Blandet plast
Materialgjenvinning
LCA
Investering

(sign.)

Forord

Denne bacheloroppgaven markerer avslutningen av et krevende og interessant bachelorløp som maskiningeniør. Den endelige versjonen av denne oppgaven gjenspeiler hvor mye vi har lært i løpet av disse årene på NTNU.

Valg av tema for denne oppgaven falt på avfallshåndtering av blandet plast. Før vi begynte på denne oppgaven tenkte vi at det fantes gode avfallshåndteringer på de aller fleste materialer i Norge. Dette viste seg å ikke stemme. Det er tydelig at vi må bli flinkere til å ta vare på plastressurser lengre enn det som gjøres i dag. Vi håper at andre maskiningeniører, men også andre yrkesgrupper kan ha nytte av å lese oppgaven.

Vi ønsker å takke vår veileder Sotirios Grammatikos for støtte og veiledning underveis i denne prosessen. Ved at du hadde et kritisk blikk på oppgaven fikk det oss til å strekke oss litt lenger for å levere et godt resultat.

Abstract

We have a large consumption in Norway. For several waste types, such as children's toys and mixed plastic, there is no solution for recycling. This means that it is burned in an incineration plant and the resources disappear. This is not in line with the circular economy that should be pursued.

In this thesis, calculations have been made as to whether it is financially profitable to build and operate a recycling plant for mixed plastics, where the plastic is collected from either the Gjøvik-area or the Innlandet county. Next, the climate footprint of the recycling process is looked at. Then the results are compared to incinerations plan. This are done with the program for environmental analysis, SimaPro.

The conclusion of this thesis, is that it is worth investing in recycling facilities for mixed plastic, given that plastics are collected from all over Innlandet. As for the environmental impact, this is also lower for recycling then for incineration from the first time the plastic is recycled.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Abstract	iv
Innholdsfortegnelse	v
1. Innledning.....	1
1.1. Leserguide	2
2. Teori	3
2.1. Dagens situasjon for plastleker/blandet plast i Gjøvik.....	3
2.1.1. Hva skjer med plastleken når den kastes i restavfallet?	4
2.2. Viktigheten med å gjenvinne plast	5
2.3. Plasttyper i leker.....	8
2.4. Gjenvinning av plastleker og blandet plast	9
2.4.1. Materialgjenvinningsløsninger som finnes i Norge i dag	10
3. Case – vår løsning	11
3.1. Vårt konsept for gjenvinning av blandet plast	11
3.2. Investeringsanalyse av vårt konsept.....	12
3.2.1. Produksjonsutvikling.....	12
3.2.2. Investeringskostnader	13
3.2.3. Finansiering	13
3.2.4. Marked for resirkulert plast.....	14
3.2.5. Beregninger av inntekter	15
3.2.6. Produksjonskostnader.....	19
3.3. Livsløpsanalyse (LCA)	21
3.3.1. Mål (Goal)	23
3.3.2. Scope	23
3.3.3. Funksjonell enhet	23
3.3.4. Systemgrenser	24

3.3.5. Tilpasninger av data til SimaPro	24
3.3.6. Innholdsfortegnelse	25
3.3.7. Datakilder	26
4. Metode.....	27
4.1. Valg av metoder	27
4.2. Vurdering av metoder.....	27
5. Resultater.....	29
5.1. Resultat investeringsanalyse	29
5.1.1. Resultater Horisont.....	30
5.1.2. Resultater Innlandet.....	31
5.1.3. Robusthet på investeringen	32
5.2. Impact assessment	34
5.2.1. Resultater Scenario 1 – forbrenning	35
5.2.2. Resultater Scenario 2 – gjenvinning.....	36
5.2.3. Sammenlikning av scenarioene	37
5.2.4. Nøyaktighet av resultatene	39
6. Diskusjon og analyse.....	40
6.1. Diskusjon vedrørende investeringer.....	40
6.2. Diskusjon vedrørende miljøanalysen	41
7. Konklusjon	43
Litteraturliste	44
Vedlegg	52

Figurliste

Figur 1 - Dagens håndtering av plastleker og annet blandet plast	4
Figur 2- Forbrenning av restavfall fra Horisont	5
Figur 3 – Avfallshierarkiet	6
Figur 4 - Resultat av smart city undersøkelse Gjøvik (ITU, 2020).....	8
Figur 5 - Vårt konsept for materialgjenvinning	11
Figur 6 - Produksjonssteg for å lage gjenvunnet granulat.....	12
Figur 7 - Skjematisk utvikling for bedriften.....	12
Figur 8 - Systemgrense scenario 1 - forbrenning	21
Figur 9 - Systemgrense scenario 2 - materialgjenvinning.....	22
Figur 10 - LCA metodikk (Yue og You, 2014).....	22
Figur 11 - Elektrisitet og vannforbruk på de ulike produksjonsstegene i scenario 2.....	25
Figur 12 - Investeringsanalyse Horisont	30
Figur 13 - NNV for Horisont.....	30
Figur 14 - Investeringsanalyse Innlandet	31
Figur 15 - NNV Innlandet	31
Figur 16 - NNV avhengig av kalkulasjonsrente for 15år	32
Figur 17 - NNV avhengig av NOK/kWh	32
Figur 18 - NNV avhengig av varekost	33
Figur 19 - Nettverk for Scenario 1, forbrenning av blandet plast	35
Figur 20 - Nettverk for Scenario 2, materialgjenvinning av blandet plast.....	36
Figur 21 - CO ₂ -eq. for forbrenning og resirkulering	37
Figur 22 - Impact assessment for forbrenning og resirkulering	37
Figur 23 - tall på impact assessment for forbrenning og resirkulering	38

Tabelliste

Tabell 1 - Investeringskostnader	13
Tabell 2 - Kalkulert mengde blandet plast per år	15
Tabell 3 - Økning i produksjon av plast frem til år 2050	16
Tabell 4 - Standard plast priser Europa 2023 (bvse, 2023)	17
Tabell 5 - Teknisk plast priser Europa 2023 (bvse, 2023)	17
Tabell 6 - Estimert salg granulat Horisont (Vedlegg 1 - Excelark: Salgsinntekter Horisont) ..	18
Tabell 7 - Estimert salg granulat Innlandet (Vedlegg 1 - Excelark: Salgsinntekter Innlandet)	18
Tabell 8- Kostnader Horisont (Vedlegg 1 - Excelark - Kostnader Horisont)	20
Tabell 9 - Kostnader Innlandet (Vedlegg 1 - Excelark: Kostnader Innlandet)	20
Tabell 10 - End-of-life for blandet plast.....	24
Tabell 11 - Innholdsfortegnelse livsløpsanalyse	25

1. Innledning

Vi i Norge er i verdenstoppen når det kommer til forbruk. Vi forbruker 44,3 tonn hvert år. Dette er et så stort forbruk at hvis alle på jorden hadde levd som oss så hadde verden trengt ressurser tilsvarende tre og en halv planet (Circular Norway, 2020). Det er en sammensatt forklaring på hva som gjør at forbruket vårt er så høyt. Ett av områdene hvor vi bruker en del penger er til barna. I årene siden 2020 har det blitt brukt over én milliard kroner hvert år på nye leker og spill (SSB, 2020-2022) Dette er en høy sum, men som kanskje ikke sier så mye.

Denne summen tilsvarer at hvert barn har rundt 500 leker hver seg (Aftenposten, 2012), og hver av disse lekene har en gjennomsnitts levetid på 6 måneder (Tu, Chu, Gao og Yang, 2022). Hvis disse summene blir multiplisert med antall barn i Norge så blir det en sum av 85 millioner leker som forbrukes og kastes hvert år (SSB, 2020).

Så, hva skjer så med alle disse lekene som blir kastet hvert år?

Det generelle svaret er at lekene blir kastet i restavfallet og blir sendt til forbrenning. Det finnes noen unntak, eksempelvis leker med elektronikk. Men for 90% av lekene, som utelukkende består av plast, så er forbrenningsovnen slutten på deres «liv» (The World Counts, u.å.).

Plastleker består av plast av høy kvalitet. Det stilles strenge krav i forhold til tilsetningsstoffer og kjemikaler. Leker skal være trygge for barn (European Commission, u.å.a). Ved at leker av plast brennes opp går vi glipp av verdifulle, rene plastmaterialer. Det finnes svært begrenset med informasjon om plastleker i Norge. På bakgrunn av dette må det i denne oppgaven inkludere blandet plast, som plastleker er kategorisert inn under (Sortere, u.å.a)

Problemstillingen i denne oppgaven er dermed:

Er det mulig å lage en ordning for materialgjenvinning av blandet plast i Gjøviksområdet som er lønnsom? Og hvordan vil klimaavtrykket være på denne ordningen?

1.1. Leserguide

I denne oppgaven vil det først bli presentert noe teori. Denne delen inneholder en presentasjon av hvordan avfallshåndteringen er av plastleker og blandet plast i Gjøviks-området i dag og hvordan denne løsningen er i forhold til ønsket avfallshåndtering. Videre vil det være noe teori rundt plast og materialgjenvinning.

Dette vil danne grunnlaget for temaet og vil ligge som bakteppe inn i «casen», altså vår løsning på problemstillingen. Her vil det bli vist kalkulasjoner rundt oppstart og drift av et materialgjenvinningsanlegg. Deretter vil det blir beregnet utslipp og miljøpåvirkning tilknyttet materialgjenvinning av blandet plast.

Til slutt vil resultatene av kalkulasjonene og beregningene bli presentert og sammenliknet med dagens løsning og diskutert.

2. Teori

2.1. Dagens situasjon for plastleker/blandet plast i Gjøvik

Det er kommunene i Norge som har ansvar for håndteringen av husholdningsavfall i sin kommune (Avfallsforskriften, 2009). Med husholdningsavfall så menes avfall fra private husholdninger, også større gjenstander som inventar og liknende (Forurensningsloven, 2023). I dette tilfellet betyr det Gjøvik kommune. Det er Horisont Miljøpark IKS (HIKS) som forvalter dette i Gjøvik kommune og fire andre kommuner (HIKS, u.å.a). De har ansvar for både miljøparker hvor beboere kan komme og levere noen typer avfall, samt å hente avfall i avfallsbeholdere hjemme hos hver enkelt beboer.

I telefonsamtaler med Torunn Piro, kunde- og informasjonsmedarbeider på Horisont, forteller hun at det i dag ikke finnes noen resirkuleringsordning for annet plastavfall enn plastemballasje. Plastemballasje er emballasje laget av plast som brukes til innpakking, beskyttelse og liknende av råvarer og andre varer (Avfallsforskriften, 2009).

Leker av plastmaterialer går dermed ikke inn under denne betegnelsen. Blandet plast, som plastleker er en del av, er en samlebetegnelse for plast som ikke går inn under andre kategorier som plastemballasje. I tillegg til plastleker finnes også plastutemøbler, CD-cover og blomsterkasser i denne kategorien (Sortere, u.å.b).

2.1.1. Hva skjer med plastleken når den kastes i restavfallet?

Figur 1 - Dagens håndtering av plastleker og annet blandet plast

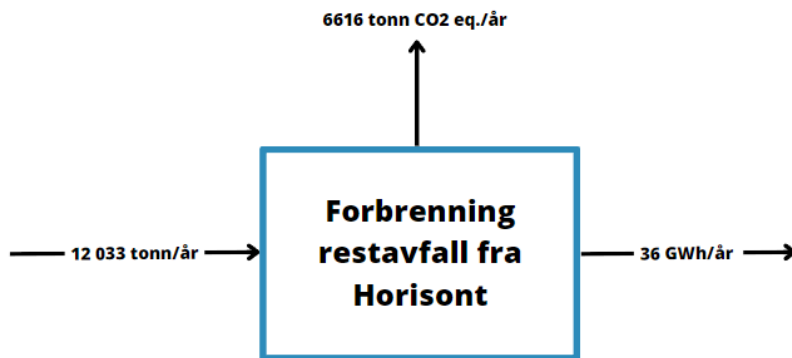


Dagens løsning innebærer at plastleken og annet blandet plast blir kastet i restavfallet. Det neste som skjer er at restavfallsdunken blir tømt av en renovasjonsbil og restavfallet blir fraktet til Dalborgmarka returstasjon. Her blir alt av restavfall fra området til Horisont samlet før det skal transporteres videre. Ida Brenna, rådgiver for ytre miljø, bærekraft og forretningsstøtte hos Eidsiva informerte om at de fikk inn 12 033 tonn med restavfall i fjor fra Horisont.

Deretter blir lekene kjørt med lastebil til Eidsiva Bioenergis forbrenningsanlegg på Hamar (HIKS, u.å.b). Her blir avfallet tømt i en ovn og brent. Forbrenningen produserer strøm, damp og fjernvarme. Røyken som blir produsert blir filtrert slik at det hovedsakelig er vandamp som slipper ut gjennom skorsteinen (Eidsiva, u.å.a)

Ut fra informasjon som er mottatt fra Ida Brenna er det lagt til grunn av det produseres 3kWh med elektrisitet per brente kilo med restavfall og at det produseres 0,5498 tonn med CO₂ per brente tonn med avfall. De mottok 78 990 tonn med restavfall fra hele Innlandet i fjor. Med alt restavfallet som blir fraktet fra Horisont i fjor så gir det følgende utslipp:

Figur 2- Forbrenning av restavfall fra Horisont



2.2. Viktigheten med å gjenvinne plast

Med dagens løsning så henter leketøyprodusenter jomfruelige råvarer, altså materialer/stoffer som utvinnes for å gå i produksjon av nye materialer/varer (Deloitte, 2020). Etter at leken er produsert blir den kjøpt og tatt i bruk. Når leken er forbrukt, eller man ikke ser nytteverdi av den lengre så kastes den i søpla. Til slutt ender leken og den andre blandede platen opp i forbrenningsanlegget. Dette er en lineær produksjon, altså “bruk-og-kast” (Vildåsen, 2022).

Ved at det hele tiden må utvinnes nye materialer og stoffer brukes mye av verdens ressurser unødvendig. Det trengs en endring i måten vi håndterer gjenstander av plast på:

“Verdens naturressurser er under økt press. Det er derfor avgjørende for klimaet, naturen og miljøet at ressursene brukes langt mer effektivt, slik at vi reduserer behovet for å ta ut nye ressurser”

(Miljødirektoratet, 2022, avsnitt 1)

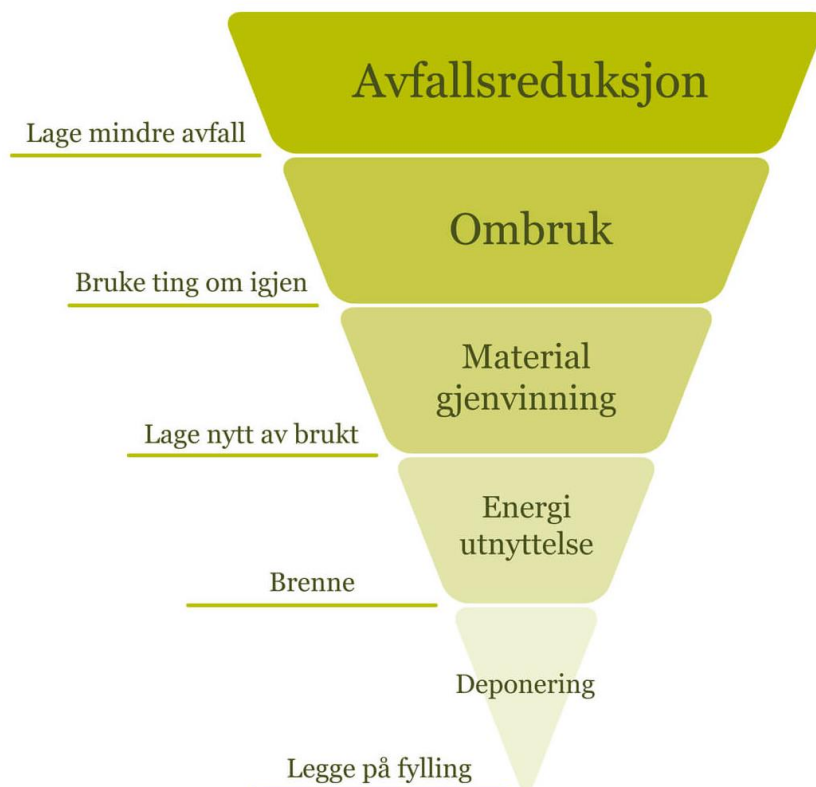
En måte å bruke plast mer effektivt på, er å få det til å inngå som en del av en sirkulær økonomi. Målet i en sirkulær økonomi er å få produktene til å vare lengst mulig. Dette gjøres ved å reparere, oppgradere og ombruk. Når det ikke er mulig å bruke produktet om

igjen så kan avfallet blir materialgjenvunnet. Dette betyr at det lages nye råvarer som kan brukes i nye produkter. Slik unyttes de samme ressursene flere ganger, og minst mulig går tapt (Miljødirektoratet, 2022).

Materialgjenvinning blir «definert» nettopp slik. Materialer fra avfall skal brukes som råvarer i nye produkter. Dette betyr at leken i teorien kan bli omvandlet til en ny leke, eller andre produkter. Det er ikke slik at plastleken må bli omdannet til det samme for at det skal være materialgjenvinning (LOOP, 2022).

Da EU laget sitt avfallsdirektiv laget de også en figur med fem steg. Denne figuren kalles avfallshierarkiet og er ment til å lage en ordnet rekkefølge på hva som bør gjøres med avfall (European Commission, u.å.b). Disse mulige handlingene er et bidrag for å øke sirkulariteten til gjenstander.

Figur 3 – Avfallshierarkiet



Som figuren viser, ønsker man helst å redusere avfall. Deretter å bruke produkter om igjen før materialgjenvinning. Produktet skal “kun” energigjenvinnes hvis det ikke er mulig å gjenvinne eller reparere det (Vildåsen, 2022). I forhold til dagens situasjon så er man lengre ned i hierarkiet enn det som er ønsket. Energiutnyttelse er under materialgjenvinning på rangstigen. Så denne oppgaven er i tråd med avfallshierarkiet ved å løfte avfallshåndteringen ett hakk opp fra energiutnyttelse til materialgjenvinning.

Dette hierarkiet er laget som en generell regel for hele EU/Europa. I forhold til Gjøvik så ble det gjennomført en evaluering av Gjøvik i 2020 hvor det ble sett på hvordan Gjøvik skal bli en smart, bærekraftig by (ITU, 2020). Her ble det sett på mange faktorer innenfor ulike kategorier. En av kategoriene som ble sett på var avfallshåndteringen.

og har kommet for kort tid siden, som fidget. Dette betyr også at det hele tiden er endring i hva av leker som produseres og hvilke materialer og hvor mye av hver plasttype som blir brukt. I tillegg har de ulike leketøysprodusenter omkring i verden sine egne «hemmelige» ingredienser i plastlekene sine.

Det har blitt forsøkt å kontakte mange av de største leketøysprodusentene (Ranker, 2018) for å få informasjon om hvilke plasttyper som er i deres leker. Det er kun Brio som har respondert. De viser til sine nettsider hvor de skriver at de som oftest bruker termoplast, men ikke PVC eller andre ftalater (Brio, u.å.). Selv om dette gir en viss pekepinn på hva slags materialer lekene deres består av er dette en veldig uspesifikt.

I EU finnes det en organisasjon som er stiftet for å representere leketøysprodusentene i Europa og deres interesser. Denne heter Toy Industries of Europe (TIE). De har som hovedfokus å sikre at leker er trygge for barn, men også å opprettholde bærekraft (TIE, u.å.). For å sikre at leker er trygge så er det opprettet en rekke sikkerhetsstandarder for ulike typer leker. De inneholder typisk hvilken størrelse som er minimum til ulike aldre og hvilke stoffer som anses som giftige (TIE, u.å.) (European commission, u.å.a). Det er heller ikke her mulig å finne informasjon om hvilke plasttyper som er vanligst eller foretrukket i plastleker.

Som Brio skriver på sine nettsider, bruker de mye termoplaster. Dette er en av hovedgruppene innenfor plast. Disse type plastene kjennetegnes ved at de blir formbare når de varmes opp, og de kan varmes opp et uendelig antall ganger (Stori, 2018) (Plastics Europe, u.å.). Ergo er leker laget av termoplaster godt egnet for materialgjenvinning da de kan formes om.

Termoplaster er allikevel en veldig vid gruppe av plast. Noen av de mest kjente typene av termoplast og som også brukes i leker er LDPE, HDPE, PP, PVC, PS, ABS, PC og PET (Polymerbase, u.å.). Det tas derfor utgangspunkt i at dette er typene plast som leker er laget av videre i oppgaven.

2.4. Gjenvinning av plastleker og blandet plast

Materialgjenvinning av blandet plast innebærer flere steg. Etter at den blandede plasten er sortert ut fra eventuelt annen type avfall så deles den opp i mindre fraksjoner også vaskes den

grundig. Da er plastbitene rene nok til å kunne prosesseres videre, eksempelvis ved omsmelting til granulat eller ekstrudering (Handelens miljøfond, 2021a).

2.4.1. Materialgjenvinningsløsninger som finnes i Norge i dag

Av alle typer plast så er det 24% som gjenvinnes. Mesteparten av denne gjenvinningen foregår i andre europeiske land (Handelens miljøfond, 2021a). Det finnes i dag to anlegg for utsortering av plast fra restavfall, ROAF anlegget på Romerike og IVAR-anlegget i Stavanger. Sistnevnte er ute av drift på grunn av en brann (Handelens miljøfond, 2021a) (IVAR, 2021). I tillegg er det noen bedrifter som har spesialisert seg på en viss type plastavfall og lager nye produkter av disse. Her kan eksempelvis Norfolier GreenTec i Folldal nevnes. De produserer plastfolie av brukt folie fra landbruk (Meld. St. 40 (2020-2021)). Av de som er listet opp er det ingen bedrifter i Norge som har mulighet til å materialgjenvinne blandet plast.

Det finnes allikevel noen områder i Norge i dag som tar imot blandet plast. I telefonsamtale med Lars B. Pedersen, leder kommunikasjon i Avfall Sør, forklarte han at de i forbindelse med en anbudsrunde ønsket blandet plast i tillegg til de øvrige materialene de tidligere har samlet inn. Dette ble imøtekommet av Returplast og det er de som vant anbudsrunder og startet opp i januar 2023.

Ordningen de har fungerer slik at Avfall Sør har containere hvor de tar imot blandet plast på sine anlegg. Deretter tar Returplast over håndteringen av avfallet. Da fraktes plasten til Polymertrade i Litauen som materialgjenvinner den (Avfall Sør, 2023). I de tre første månedene de har hatt ordningen så har det i gjennomsnitt blitt samlet inn 22,5 tonn blandet plast per måned.

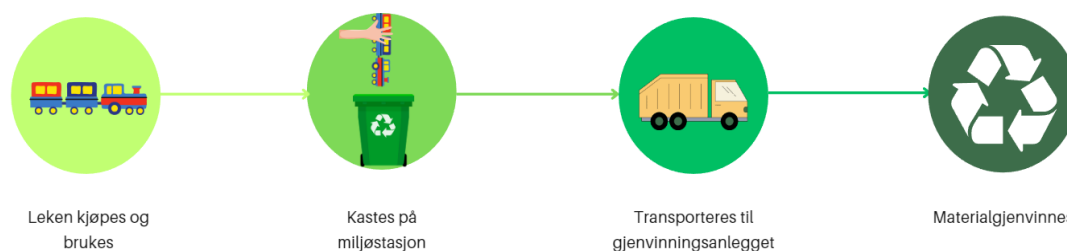
3. Case – vår løsning

Det er tydelig at det ikke finnes fasiliteter til å kunne materialgjenvinne hverken plastleker eller blandet plast i Gjøviks-området. Vi ønsker derfor å se på mulighetene for å bygge et slikt anlegg. I denne delen av oppgaven vil vår løsning bli presentert. Deretter vil det bli sett på økonomien rundt et slikt anlegg, er det realistisk å bygge det? Videre vil det bli sett på klimafotavtrykket et slikt anlegg vil ha.

3.1. Vårt konsept for gjenvinning av blandet plast

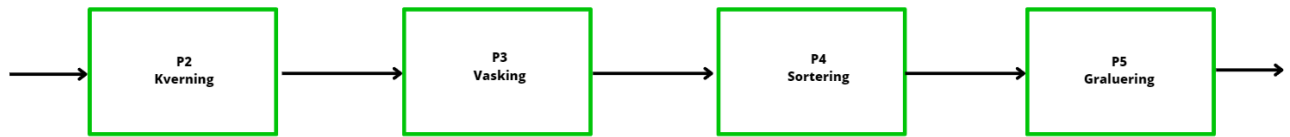
Dette prosjektet er et etterlenget industriprosjekt som kan forbedre muligheten til å forlenge livsløpet til blandet plast sammenlignet med det som finnes i dag. Målet med denne prosessen er å kunne omdanne all blandet plast som blir kastet til ny, materialgjenvunnet plastgranulat. Dette er i dag en av flaskehalsene som må overkommes for å kunne få en overgang til sirkulær plastøkonomi (Handelens Miljøfond, u.å.a).

Figur 5 - Vårt konsept for materialgjenvinning



Konseptet innebærer at plastlekene og annet blandet plastavfall blir kastet på miljøstasjonene i containere merket med blandet plast. Deretter blir plasten fraktet til Dokka hvor gjenvinningsanlegget vil ligge. På denne tomten vil det være bygget ut en produksjonslinje bestående av flere maskiner. Den første stasjonen vil være kverning hvor plasten blir delt opp i mindre deler. Deretter blir den vasket ren før de rene bitene blir sortert i de ulike plasttypene. Når dette er gjort så vil de bli smeltet om og regranulert. Deretter vil granulatet blir solgt til andre bedrifter for videre prosessering.

Figur 6 - Produksjonssteg for å lage gjenvunnet granulat



3.2. Investeringsanalyse av vårt konsept

Det vil være vanskelig å forutsi hvor mye granulat som må produseres for at dette prosjektet skal være lønnsomt. Derfor vil det bli sett på to ulike varianter. Den første varianten innebærer at det samles inn blandet plast fra området som Horisont samler inn avfall fra i dag. Den andre varianten innebærer at det samles inn blandet plast fra hele Innlandet, dette tilsvarer området som Eidsiva får inn avfall fra i dag. Dette vil primært påvirke produksjon og salgsinntektene av granulat. Investeringer når det gjelder maskiner og liknende vil bli lik uavhengig av skalering av prosjektet.

Det vil i denne oppgaven bli antatt at regjering og samfunn vil ha et økt søkelys på miljøvennlighet i tiden fremover og derfor at satsning innenfor utvinning av granulat vil være lønnsomt.

3.2.1. Produksjonsutvikling

Utviklingen for denne bedriften vil gå gjennom fire stadier (Torvatn, Rolfsen, Heggernes og Sørheim, 2016, s. 85).

Figur 7 - Skjematisk utvikling for bedriften



FoU-fasen og etableringsfasen kjennetegnes ved at det er store kostnader uten salgsinntekter. Det er sjeldent mulighet for å få banklån i denne perioden på grunn av stor usikkerhet. Dette

betyr at jo kortere disse fasene er, jo mer lønnsomt vil prosjektet bli. I denne oppgaven er disse to fasene satt til 2år. Målet med fasene er å utforme en optimal produksjonsprosess, identifisere de mest forekommende plasttypene, og justere granulatkvaliteten for å møte markedets behov. Teknologien som skal brukes for å lage granulatet er i utgangspunktet kjent, men det vil allikevel kreves tilpasninger og videre forskning før oppstart av produksjon.

De neste stegene etter etableringsfasen er kommersialiseringsfasen og vekstfasen. Det er her salgsinntektene begynner å komme.

3.2.2. Investeringskostnader

Dette prosjektet innebærer flere investeringer. Det kreves materielle investeringer i form av maskiner og lokaler til disse som må oppgraderes/utbygges. Videre vil det være en stor utgift i FoU. Alle disse utgiftene kommer i løpet av de to første årene hvor det ikke er noen inntekt (Vedlegg 1 – Excelark: Investeringer).

Tabell 1 - Investeringskostnader

Investeringer					
Forskning og utvikling					21 700 000,00
Investering maskiner					1 828 000,00
Næringseiendom Dokka 2,5 mål					5 900 000,00
Oppgradering/utbygging					20 000 000,00
Total investering					49 428 000,00

3.2.3. Finansiering

Siden FoU-fasen og etableringsfasen innebærer vanskeligheter for lån og ingen salgsinntekter vil det være behov for finansiering gjennom offentlige midler, eller «forretningsengler». Sistnevnte er investorer som investerer i unoterte bedrifter. Dette er ofte investorer som i dette tilfellet enten har en sterk tilknytning til Mjøs-området, eller driver innenfor samme bransje (Torvatn, Rolfsen, Heggernes og Sørheim, 2016).

Det er sannsynligvis finansiering gjennom offentlig midler som man må basere seg på. Disse midlene kan blant annet komme fra Innovasjon Norge. De ønsker å støtte innovative prosjekter som fremmer sirkulærøkonomi. Deriblant bedrifter som har løsninger for materialgjenvinning til nytt råstoff og nye produkter, samt andre løsninger som øker

ressursutnyttelsen og minsker produksjonen av avfall (Innovasjon Norge, 2022).

Samtidig er det aktuelt å tenke at denne bedriften kan få partnere og/eller investorer. Her kan Horisont, Eidsiva og Grønn punkt AS eller andre større private aktører i plastindustrien være aktuelle. En annen aktuell investor kan også være Handelens miljøfond. De har ved flere anledninger opplyst at de er villig til å støtte prosjekter som øker materialgjenvinningprosenten (u.å.a) (u.å.c).

Videre er det tenkt at bedriften skal ligge på Dokka. Med dette så kan prosjektet søke støtte i distriktsrettet investeringsstøtte (Forskrift om virkeområdet for distriktsrettet investeringsstøtte, 2022). Dette er en ordning som har som formål å stimulere til investeringer i grisgrendte områder.

3.2.4. Marked for resirkulert plast

Rundt 10% av all olje som produseres går til plastproduksjon (Avfall Norge, u.å.a), og det ble importerer plast til en verdi av ca. 40 milliarder NOK i 2022 (Trading Economics, u.å.). Dette er hovedsakelig jomfruelig plast.

De aktuelle kjøperne av dette plastgranulatet vil være bedrifter som skal bearbeide granulatet videre til et ferdig produkt. Undersøker viser at det er mange norske selskaper er skeptiske til bruk av resirkulert plast. Det er kun 9% av norsk plastindustri som inkluderer gjenvunnet plast i sine produkter (Handelens miljøfond, u.å.b). Til tross for skepsis så finnes det rundt 200 bedrifter i Norge som bruker resirkulert plast (Briedis, Kirkevaag, Sundt og Syversen, 2020). Det er også flere bedrifter som eksporterer til utlandet (Grønnpunkt, 2019).

Ergo finnes det er marked for gjenvunnet plast allerede i dag, men det har potensiale for å øke. Mer forskning på området kan føre til høyere tillitt til resirkulert plast, for eksempel ved å oppnå en høyere kvalitet på granulatet. Det å materialgjenvinne er et prioritert satsningsområdet, både nasjonalt og internasjonalt. Det er dermed grunn til å tro at det vil blir større press på bedrifter, både fra stat og forbrukere, til å bruke mer gjenvunnet materiale fremover.

Plasttypene som majoriteten av leker består av, er plast som også kan brukes til mange andre ting. Dette innebærer at hvis det ikke er mulig å få plasten ren nok til å produsere leker på nytt så vil det kunne egne seg til andre produkter som ikke stiller like strenge krav til plasten, men som allikevel bruker jomfruelig plast i dag.

Når det gjelder fremtidens behov for plast, vil det alltid være usikkerhet knyttet til dette. Frem til 2050 så antas det av flere kilder at plastproduksjonen og behovet skal stige med rundt 30% (Klima- og miljødepartementet, 2021) (Vedlegg 1 – Excelark: økning av produksjon plast). Selv om disse estimatene viser seg og ikke treffe helt, så vil det være rimelig å anta at behovet for plast fortsetter å øke frem til 2050. Følgelig gjelder dette også resirkulert plast.

3.2.5. Beregninger av inntekter

For denne oppgaven er mengde innlevert plast basert på tall fra Avfall Sør. De startet opp en ordning i januar 2023 med innsamling av blandet plast. Det er dermed noe mangelfull statistikk som vises til. Det vil derfor kunne være usikkerhet tilknyttet validiteten til disse tallene. Men vi har ikke lyktes å innhente andre tall for å kunne sammenlikne innhentingene Avfall Sør har. Dette er årsaken til at våre tall må baseres på de fra Avfall Sør.

i Tabell 2 er innbyggertallene til området Avfall Sør har ansvar for satt i forhold til innbyggertallet til Horisont og Innlandet. Deretter er det regnet ut hva den forventede mengden innlevert blandet plast vil være. (Vedlegg 1 – Excelark: karbonfotavtrykk)

Dette gir tall på:

Tabell 2 - Kalkulert mengde blandet plast per år

Innbyggere Avfall Sør	128007
Innbyggere Horisont	70778
Innbyggere Eidsiva	371385
Forhold Horisont/Avfall Sør	0,55

Forhold Eidsiva/Avfall Sør	3
Forventet innlevert blandet plast Avfall Sør per år	225 tonn
Kalkulert innlevert blandet plast Horisont per år	124,4 tonn
Kalkulert innlevert blandet plast Eidsiva per år	675 tonn

Det er forventet at det vil fortsette å være et økende behov for plast frem til år 2050. Dette gjelder plast på generelt grunnlag. Det er vanskelig å vite eksakt hvor mye behovet kommer til å øke, og hva slags type plast det kommer til å øke mest og minst. Etter å ha undersøkt flere kilder og funnet median når det gjelder fremtidens behov for plast så settes en årlig økning av behov for plast til 1,24% (Vedlegg 1- Excelark: økning produksjon plast).

Tabell 3 - Økning i produksjon av plast frem til år 2050

Totalt produksjon av plast globalt i 2023	368,00	
Anslått behov for produksjon av plast i 2050	1 100,00	
Prosent økning totalt 2023-2050	33,45	%
Prosent økning per år	1,24	%

Prisstigningen siste året, justert for avgiftsendringer og uten energivarer (KPI-JAE) er på 6,4% (SSB, 2023a). Denne prisutviklingen er mye høyere enn den historisk har vært. Prisveksten den siste 10 årene har ligget på 2,5% (Norges bank, 2013-2023). Dette gjør at prisstigningen som har vært i det siste kan fremstå som kunstig høy. På bakgrunn av dette vil den «historiske» prisveksten brukes i denne oppgaven.

Prisen per tonn med granulat i Europa de foregående månedene var på ca.10 000 NOK per tonn (Tabell 4,Tabell 5). Denne summen er som et overslag på de ulike aktuelle plasttypene. Denne prisen er justert etter KPI-JAE. Det er denne summen som vil bli brukt videre i oppgaven.

Tabell 4 - Standard plast priser Europa 2023 (bvse, 2023)

	March ⁵	Feb. 23	January 23	Dec. 22	Nov. 22	Feb. 22
HDPE regrind ¹	750	750	760	650	720	590
HDPE regranulates ⁵	1040	1030	1020	1020	960	950
LDPE bale goods ²	230*	400*	270*	440*	310	120*
LDPE regrind ¹	440*	470	480*	490*	520*	430*
LDPE regranulates ⁵	910	890	850	890	940	820
PP bale goods ³	340*	400*	510*	480	380	250*
PP regrind ¹	740	760	780	770	840	530
PP regranulates ⁵	1050	1170	1070	1190	1090	970
PS regrind ⁴	780*	810*	690*	800*	870*	610
PS regranulates ⁵	1160	1170	1210*	1230	1220	1040
PVC_P regrind ¹	810*	830*	850*	440*	860*	660*
PVC_U regrind ¹	790*	640*	640*	520*	730*	500*
PET bale goods	320*	340*	470*	410*	400	360*
PET regrind mixed colours	970	700	610	700	550	350
Average Price	(709)	740	729	716	742	584

Tabell 5 - Teknisk plast priser Europa 2023 (bvse, 2023)

	March ⁶ 23	Feb. 23	January 23	Dec. 22	Nov. 22	Feb. 22
ABS regrind	1040	1100	1020	850	840	810
ABS regranulates ⁵	1780	1990	1810	1730	1820	1980
PC regrind	1360	1410	1480	1360*	1310*	1080
PC regranulates ⁵	2980	3320	2710	2510	2820	2640
PBT regrind	850	1000*	900*	680*	700*	590
PBT regranulates	3390	3400	3560	2290*	2310	2330
PA 6 regrind	1010	1010	1120*	1050*	1070	930
PA 6 regranulates ⁵	2980	3140	3090	3070	3020	2450
PA 6.6 regrind	1350	1380	1370*	1350*	1180*	960
PA 6.6 regranulates ⁵	3770	3890	3770	3790	3760	2810
POM regrind	990	990*	990*	740*	860	760
POM regranulates ⁵	2940	3270	2930	2290	2790	3340
Average Price	(2037)	2158	2063	1809	1873	1723

Produksjon av plastgranulat og gjenvinning av plast er et marked med fullstendig fri konkurranse. Det er derfor lite sannsynlig at produsenten kan påvirke prisen. Hvor mye som produseres vil dermed ikke påvirke prisen. Hvor mye denne bedriften har mulighet til å produsere vil være direkte knyttet til hvor mye blandet plast som blir levert inn på miljøstasjonene.

Det totale markedet for plastgranulat av ulike typer er vanskelig å beregne ut fra kilder vi har tilgang til. I utregningene er det tatt utgangspunkt i mengde blandet plast som er kalkulert at vil bli levert inn i 1) området til Horisont og 2) Innlandet. Uten svinn vil det da kunne produseres henholdsvis 124,4 tonn og 675 tonn granulat per år. Maskinen som har minst kapasitet, altså flaskehalsen i produksjonen, har en kapasitet på 1200 tonn per år, med 2400 timers årlig drift på anlegget. Dette betyr at det vil være mulig å produsere nesten det dobbelte av granulat som det vil gjøre i det første produksjonsåret. Denne bufferen er i stor grad brukt opp når produksjonen har vart i 30 år. Da vil forventet tonn med blandet plast fra Innlandet være på 965 tonn. Underveis i produksjonen er det lagt inn et svinn på 20%.

Tabell 6 - Estimert salg granulat Horisont (Vedlegg 1 - Excelark: Salgsinntekter Horisont)

Forutsetninger	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 10	År 15	År 30
Tonn blandet avfall fra Gjøvikregionen per år med 1,24% økning	124,41	125,95	127,51	129,09	130,69	139,00	147,83	177,85
Tonn ferdig granulert plast med 20% svinn	99,53	100,76	102,01	103,27	104,56	111,20	118,27	142,28
Prognose salgspris, tonn granulert* 10 000 kroner per tonn	995 261,20	1 259 503,04	1 275 120,88	1 290 932,38	1 306 939,94	1 390 004,84	1 478 349,08	1 778 521,19

Tabell 7 - Estimert salg granulat Innlandet (Vedlegg 1 - Excelark: Salgsinntekter Innlandet)

Forutsetninger	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 10	År 15	År 30
Tonn blandet avfall fra Innlandet per år med 1,24% økning	675,00	683,37	691,84	700,42	709,11	754,18	802,11	964,97
Tonn ferdig granulert plast med 20% svinn	540,00	546,70	553,48	560,34	567,29	603,34	641,69	771,98
Prognose salgspris	5 400 000,00	6 833 700,00	6 918 437,88	7 004 226,51	7 091 078,92	7 541 765,09	8 021 095,44	9 649 742,64

3.2.6. Produksjonskostnader

Produksjonskostnadene deles i faste og variable kostnader. Faste kostnader er de som forblir konstante, innenfor visse rammer, uavhengig av produksjonsvolumet (Industriskolen, 2018). Dette inkluderer kostnader som renter på lån, avskrivninger på utstyr og generelle driftsutgifter. For denne oppgaven antas en levetid på mellom 10 til 15 år på utstyret (Barth, Cappelen, Skjerpen, Todsén og Åbyhol, 2015), med utgangspunkt i en 15-års levetid.

Avskrivninger på utstyret er beregnet til 10% årlig (Skatteetaten, 2023). I år 15 forventes det å investere i nytt utstyr tilsvarende den opprinnelige verdien på 1 828 000NOK. Deretter fortsetter avskrivningene på 10% frem til år 30. I tillegg er det lagt inn 30% av salgsinntektene til andre driftskostnader. Dette er kostnader som kommer i forbindelse med den løpende driften av virksomheten (Gårseth-Nesbakk, 2021). En annen fast kostnad er rentekostnader. I dette tilfellet er kalkulasjonsrenten lik 4,0% (Finansdepartementet, 2005).

Varekostnaden er beregnet til 0NOK. Det er gratis for privatpersoner å levere plastemballasje til Horisont (HIKS, u.å.c). Det er derfor å anta at det også vil være gratis å levere blandet plast på miljøstasjonene. Det faktum at det ikke er noen kostnader for både privatpersoner og bedrifter kan bidra til å lette innsamlingen og innsendingen, noe som potensielt kan være en konkurransefordel i fremtiden, gitt økt konkurranse innen materialgjenvinning.

De variable kostnadene derimot vil variere avhengig av hvor mye granulat som blir produsert (Industriskolen, 2018). Strøm, som er en nødvendig variabel kostnad, er tett knyttet til både strømprisen og produksjonsvolumet. I denne oppgaven er strømprisen beregnet til 0,446kr/kWh. Det er et gjennomsnitt av spotpriskontrakter til ikke-energikrevende industri for de siste ti årene (SSB, 2012-2022).

En annen variabel kostnad er lønn. Denne vil også avhenge av volum, til tross for at det planlegges for en produksjonslinje hvor mest mulig er robotisert og med en automatisert produksjonslinje. Lønnskostnader er beregnet basert på data fra tilsvarende produksjonsindustri og utgjør omtrent 20% av driftsinntektene (Vedlegg 1 – Excelark: kostnader). Prognoser for lønnskostnader kan være utfordrende, da disse varierer betydelig mellom ulike bedrifter og avhenger av bedriftens suksess. Gitt at dette er en teoretisk øvelse, kan det være utfordringer knyttet til dette, noe som er en innebygd svakhet i denne analysen.

Tabell 8- Kostnader Horisont (Vedlegg 1 - Excelark - Kostnader Horisont)

Kostnader	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 10	År 15	År 30
Varekostnad	0	0	0	0	0	0	0	0
Lønn	199 052	251 901	255 024	258 186	261 388	278 001	295 670	355 704
Strøm	469 813	475 639	481 537	487 508	493 553	524 922	558 284	671 641
Dekningsbidrag	326 396	531 964	538 560	545 238	551 999	587 082	624 395	751 176
Avskrivning på maskiner 10%	182 800,00	182 800,00	182 800,00	182 800,00	182 800,00	182 800,00	-	182 800,00
Andre driftskostnader 30%	298 578	377 851	382 536	387 280	392 082	417 001	443 505	533 556
Sum faste kostnader	481 378,36	560 650,91	565 336,26	570 079,71	574 881,98	599 801,45	443 504,72	716 356,36
Driftsresultat	- 154 982,60	- 28 687,36	- 26 776,36	- 24 841,67	- 22 882,99	- 12 719,18	180 890,61	34 819,63
Rentekostnader	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00
Resultat før skatt	- 672 982,60	- 546 687,36	- 544 776,36	- 542 841,67	- 540 882,99	- 530 719,18	- 337 109,39	- 483 180,37

Tabell 9 - Kostnader Innlandet (Vedlegg 1 - Excelark: Kostnader Innlandet)

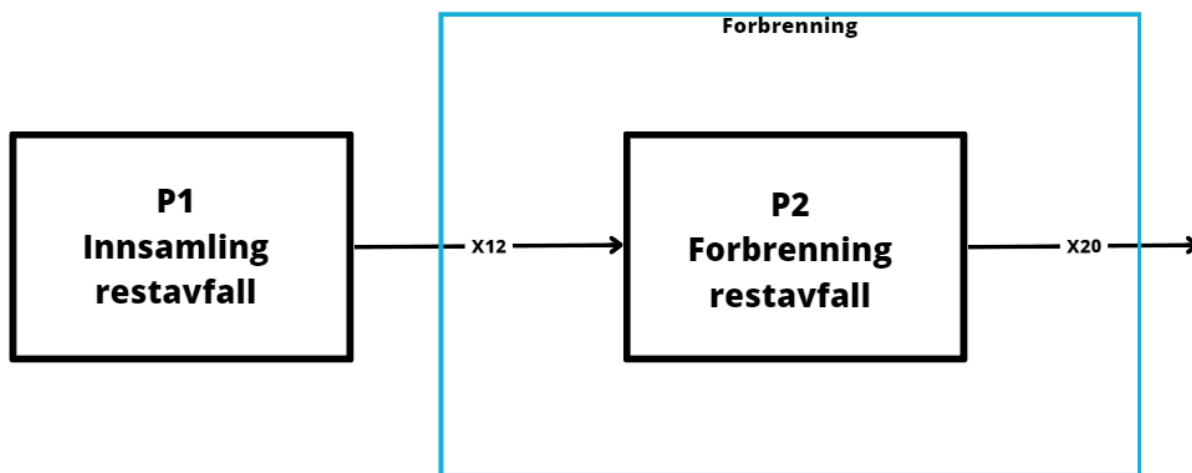
Kostnader	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 10	År 15	År 30
Varekostnad	-	-	-	-	-	-	-	-
Lønn	1 080 000,00	1 366 740,00	1 383 687,58	1 400 845,30	1 418 215,78	1 508 353,02	1 604 219,09	1 929 948,53
Strøm	469 813,20	475 638,88	481 536,81	487 507,86	493 552,96	524 921,60	558 283,93	671 640,96
Dekningsbidrag	3 850 186,80	4 991 321,12	5 053 213,50	5 115 873,35	5 179 310,18	5 508 490,48	5 858 592,42	7 048 153,16
Avskrivning på maskiner 10%	182 800,00	182 800,00	182 800,00	182 800,00	182 800,00	182 800,00	-	182 800,00
Andre driftskostnader 30%	1 620 000,00	2 050 110,00	2 075 531,36	2 101 267,95	2 127 323,68	2 262 529,53	2 406 328,63	2 894 922,79
Sum faste kostnader	1 802 800,00	2 232 910,00	2 258 331,36	2 284 067,95	2 310 123,68	2 445 329,53	2 406 328,63	3 077 722,79
Driftsresultat	2 047 386,80	2 758 411,12	2 794 882,13	2 831 805,39	2 869 186,50	3 063 160,95	3 452 263,79	3 970 430,36
Rentekostnader	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00	518 000,00
Resultat før skatt	1 529 386,80	2 240 411,12	2 276 882,13	2 313 805,39	2 351 186,50	2 545 160,95	2 934 263,79	3 452 430,36

3.3. Livsløpsanalyse (LCA)

Konseptet i denne oppgaven innebærer å beholde den fysiske og økonomiske verdien til blandet plast så lenge som mulig. Dette ved å materialgjenvinne og lage granulat som igjen kan brukes og materialgjenvinnes. Ved å gjøre dette skal det redusere den totale miljøbelastningen. For å se om miljøbelastningen faktisk blir mindre må det beregnes materialstrømmer for både at plasten brennes som den gjøres i dag (scenario 1) og at den materialgjenvinnes (scenario 2).

Materialstrømmen til et produkt kan være viktig for en bedrift for å se på hvordan prosesser henger sammen og hvilke miljøpåvirkninger prosessene har. Dette gjøres best når det er snakk om et avgrenset system (Pettersen, 2021). For scenario 1 så vil dette være selve forbrenningen.

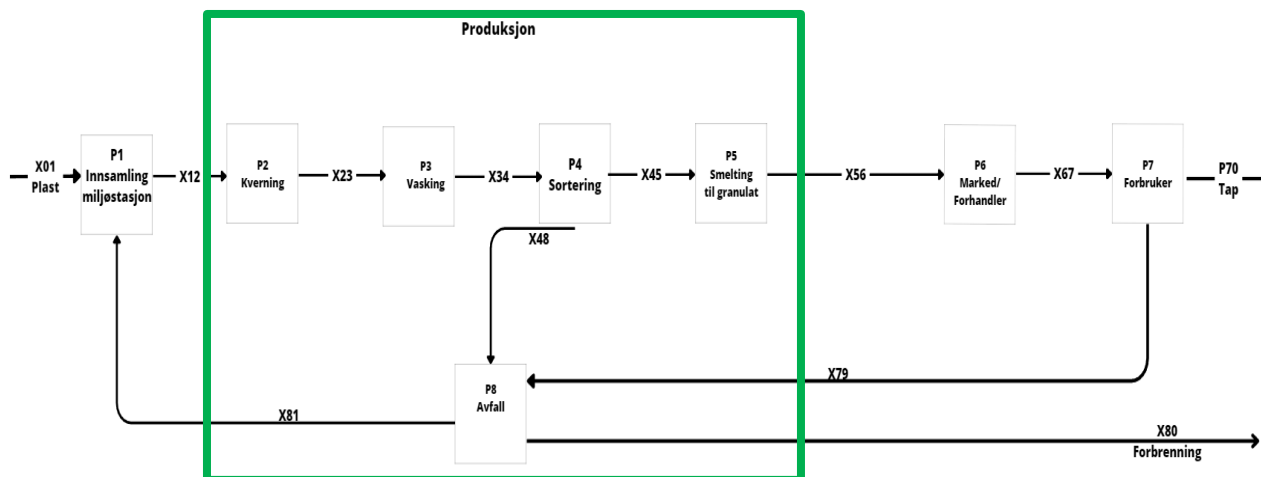
Figur 8 - Systemgrense scenario 1 - forbrenning



For scenario 2 så vil det være flere prosesser som er inkludert i produksjonen av granulat. Her er det lettest å fremstille produksjonen som et flytskjema. Dette er en skjematisk fremstilling av prosessen. De enkelte stegene er fremstilt som figurer, her svarte rektangler, som er koblet sammen med piler. At det er en «skjematisk» presentasjon innebærer at den er symbolsk og forenklet (ndla, 2021).

Alle prosessene som er en del av systemet, er innenfor den grønne firkanten. Det er da disse prosessene som vil bli tatt med i beregningene i livsløpsanalysen.

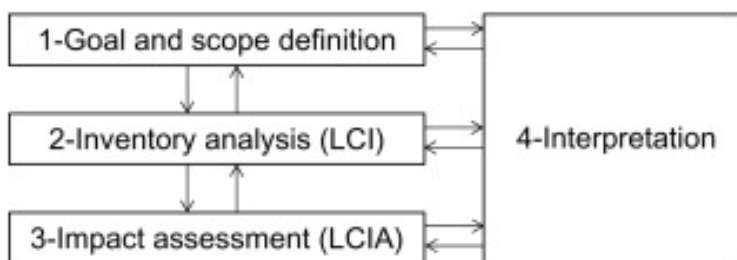
Figur 9 - Systemgrense scenario 2 – materialgjenvinning



Denne livsløpsanalysen er gjort i henhold til den internasjonale organisasjonen for standardisering (IOS) for LCA som er ISO14040 (2006) og ISO 14044. Programvaren SimaPro ble benyttet for å foreta analysene. Denne programvaren inneholder en av de største LCA database (Simapro, u.å.).

ISO-standardene inkluderer prosessene som er vist på figur Figur 10 (ISO, 2006). Dette innebærer at man definerer målet (Goal) og omfanget (Scope) av oppgaven. Deretter vil funn underveis i prosessen påvirke de ulike prosessene.

Figur 10 - LCA metodikk (Yue og You, 2014)



3.3.1. Mål (Goal)

Målet med denne oppgaven og analysen er å se på hvilke miljømessige påvirkninger materialgjenvinning av blandet plast vil ha. Ved å beregne dette så vil det være mulig å se om det er noen miljømessige fordeler med å resirkulere den blandede plasten kontra at den forbrennes.

3.3.2. Scope

Denne oppgaven vil være en cradle-to-grave, altså ta for seg hele livsløpet til den blandede plasten. Allikevel er det end-of-life, når produktet ikke kan brukes i sin originale form (Acero, Rodriguez og Ciroth, 2017) med forbrenning og materialgjenvinning som vil være hovedfokuset. På bakgrunn av dette er det ikke lagt inn produksjonsprosesser på den blandede plasten, eller transport og liknende.

3.3.3. Funksjonell enhet

Den foretrukne enheten i LCA er kg (Epd-Norge, 2021). Det er også en fordel å bruke enheter som gjør at resultater fra denne rapporten kan sammenliknes med andre rapporter, altså at de er kompatible.

For denne oppgaven ville det vært naturlig å velge estimatet på 124,4 tonn som det antas vil samles inn i Gjøvik i løpet av et år, eller 675tonn for hele Innlandet (Vedlegg 1– Excelark: salgsinntekter Horisont). For å gjøre denne analysen best mulig til senere sammenlikning velges estimatet fra Gjøvik og gjøres om til kilo. Dermed blir den funksjonelle enheten 100 000kg. Disse kiloene med blandet plast er likt fordelt over de mest kjente typene av blandet plast LDPE, HDPE, PP, PVC, PS, ABS, PC og PET (Polymerbase, u.å). Det vites ikke hvordan fordelingen av de ulike plasttypene er når man starter å samle inn blandet plast. Dette er begrunnelsen for at det tas like mengder av alle typene plast. Dette gir også en mulighet til å se hvilke typer plaster som gir mest miljøpåvirkning.

Videre er plasttypene sammenliknet med Polymertrades (u.å.) regranulat. De selger granulat fra innsamlet blandet plast og annet plastavfall. Det er samsvar mellom deres plasttyper og de som skal brukes i denne oppgaven.

3.3.4. Systemgrenser

EN15804 er en standardisert måte å definere retningslinjene for hvordan gjøre en livssyklusanalyse (Epd-Norge, 2021) (LCA, u.å.a). I denne oppgaven vil bli sett på to ulike scenarioer av end-of-life. C1 og C2 er ikke inkludert siden dette er faktorer som vil være likt i begge scenarioer. De vil derfor ikke gjøre noe forskjell når det gjelder påvirkning. C3 innebærer hvordan avfall av blandet plast håndteres i dag (scenario 1) og vår løsning med materialgjenvinning (scenario 2).

Tabell 10 - End-of-life for blandet plast

End-of- life	C1 – kast	Liten eller ingen miljøpåvirkning
	C2 – transport	Transport til forbrenning- eller gjenvinningsanlegg
	C3 - Avfallsbehandling	Forbrenning eller gjenvinning

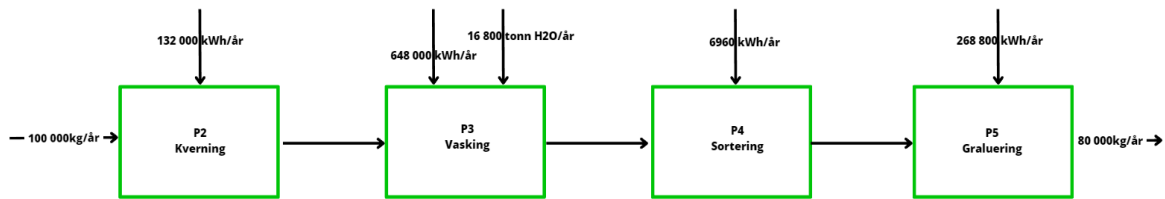
C3 i scenario 1 vil kun inneholde forbrenning, som vist i Figur 8 - Systemgrense scenario 1 - forbrenning C3 for scenario 2 så vil alle produksjonsstegene som er vist i systemgrensen i Figur 9 være inkludert.

3.3.5. Tilpasninger av data til SimaPro

SimaPro inneholder mye data som er verdifulle når man skal gjennomføre en LCA. Men, databasen inneholder ikke alle materialene som finnes. På bakgrunn av dette så er det gjort noen justeringer. Når det kommer til de ulike typene plast så er det så langt det er mulig valgt granulater basert på jomfruelig plast som er ment til produksjon. Dette var ikke mulig på polyester, her måtte det velges fiber.

Når det kommer til materialgjenvinningen så består denne av flere ulike steg hvor de ulike stegene krever ulik mengde elektrisitet og vann.

Figur 11 - Elektrisitet og vannforbruk på de ulike produksjonsstegene i scenario 2



Det var nødvendig å samle alle disse produksjonsstegene til en i SimaPro. Det er lagt inn samlet forbruk av elektrisitet og vann for å gjenvinne den funksjonelle enheten på 100 000kg manuelt i programvaren (Vedlegg 1 – Excelark: karbonfotavtrykk).

3.3.6. Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelsen av 100 000kg blandet plast er listet opp under.

Tabell 11 - Innholdsfortegnelse livsløpsanalyse

Type plast	Vekt (kg)
High-density polyetylen (HDPE)	14286
Low-density polyetylen (LDPE)	14286
Polypropylen (PP)	14286
Polystyrene (PS, ABS)	14286
Polykarbonat (PVC)	14286
Polyester (PET)	14286

3.3.7. Datakilder

Plasttypene som er inkludert i innholdsfortegnelsen er hentet fra nettsiden polymertrade. Dette er en side som informerer om ulike typer polymerer/plaster. De ulike plastene er sjekket opp mot andre ressurser for å se om de er aktuelle og om det er plasttyper som er mye brukt. Det er ikke hvilke plasttyper som er mest sentralt i denne analysen. Fokuset er på hvor mye utslipp som knyttes til de to end-of-life-scenarioene. På bakgrunn av dette er den funksjonelle enheten fordelt jevnt mellom de ulike typene som nettsiden mente var aktuelle.

4. Metode

Metoden er verktøyet som blir brukt for å samle inn og behandle informasjon (Larsen, 2017). For å skrive denne oppgaven er det hovedsakelig blitt benyttet to ulike måter å samle inne data på. Den første har vært å innhente forskningsartikler og andre utgivelse for å danne et godt teoretisk grunnlag for oppgaven. Deretter har det blitt innhentet nyere artikler/nyheter og liknende om hvordan situasjonen er i dag.

Den andre metoden har vært å snakke med ansatte i bedrifter som kan ha informasjon om problematikken. Dette har både vært personer som jobber med faget gjenvinning og ansatte i aktuelle renovasjonsfirmaer.

4.1. Valg av metoder

Det er sentralt å få et godt innblikk i hvordan dagens løsninger er på Gjøvik, men også om det finnes aktuelle løsninger andre steder i landet. Det var derfor naturlig å ta kontakt med ansatte som jobber i renovasjonsfirmaet Horisont og Eidsiva. Dette for å få informasjon som ikke fremkommer så lett ved søk i åpne kilder på internett. Det er de ansatte som vet hvilke rutiner de har, hvilke utfordringer de ser og hvilke ønsker bedriften har for fremtiden.

Når det gjelder de skriftlige kildene som er blitt brukt i denne oppgaven varierer typen kilder stort. Noen av kildene er produsenters hjemmesider, og interesseorganisasjoners sider. Flere av de andre kildene er forskrifter, lover, publiserte artikler og årsrapporter fra departementer og liknende.

4.2. Vurdering av metoder

I forhold til kommunikasjonen det har vært med enkeltindivider ansatt på Horisont og Eidsiva så har vi hovedsakelig fått informasjon om hvordan avfall håndteres i dag og tekniske data rundt forbrenning. Dette er objektive opplysninger som ikke påvirkes av den som formidler dataene.

En risiko med å kun snakke med enkeltpersoner er at svaret blir farget av personen som gir det. Videre vil det være vanskelig å kvalitetssikre om dette er noe den personen mener eller har oppfattet, eller om det er meninger som bedriften går ut med offentlig. Men som nevnt, informasjonen vi har mottatt har hovedsakelig vært tekniske data. Og da har det vært en veldig effektiv måte å få informasjon på. Det finnes enormt mye informasjon på internett, og det kan være vanskelig å navigere. I tillegg er det noe informasjon som ikke er tilgjengelig ved søk i åpne kilder.

En annen ulempe med å kontakte bedrifter og enkeltpersoner i bedrifter er at det betinger at de har tid til å prate. Det er blitt forsøkt å kontakte flere selskaper, som Sirkula og Polytrade uten at vi har fått noen respons. Dette er med på å gjøre at informasjonen som denne oppgaven baseres på kan være noe unyansert.

Når det gjelder nettsider så er det stor forskjell i påliteligheten til de ulike nettsidene som er blitt besøkt og benyttet som referanse i denne oppgaven. Det har vært forsøkt å finne forskningsutgivelser eller offentlige publiserte dokumenter på all informasjonen som er innhentet. I veldig mange tilfeller har det ikke vært mulig å finne informasjon som var ønsket fra slike sider. Da har det vært nødvendig å oppsøke andre sider som innledningsvis ikke har like stor troverdighet.

Ved bruk av slike sider og interesseorganisasjoners nettsider er det forsøkt å finne tilsvarende data fra andre kilder slik at informasjonen har blitt kontrollert. Særlig interesseorganisasjoner kan ønske å presentere innhold slik at det gagnar dem, og vi har opplevd flere ganger at det ikke finnes noen videre henvisning til hvor deres data er hentet fra.

Dette er styrken og svakheten med å innhente informasjon fra internett. Det finnes veldig mye informasjon og publikasjoner som er tilgjengelig, men hvem som helst kan også publisere hva de ønsker uten at det stilles noen krav til pålitelighet.

En annen utfordring med søk på internett er å finne artiklene og liknende som faktisk er aktuelle og som ikke har gått ut på dato. Det har skjedd en stor teknologisk utvikling de senere årene som gjør at artikler produsert for 10 år siden kan være utdatert. Vi har derfor forsøkt å finne så ny forskning som mulig.

5. Resultater

5.1. Resultat investeringsanalyse

For å vurdere om investeringen er lønnsom må beregnede nettoinntekter for fremtiden overstige investeringsutgiftene:

$A(t)$ innbetalingsoverskuddet per år = $I(t)$ innbetalinger per år – $U(t)$ utbetalinger per år

Ved beregning av netto nåverdi (NNV) ser man på om investeringene er lønnsomme eller ikke. Dette gjøres ved å diskontere fremtidige kontantstrømmer til dagens verdi. Dette innebærer at summen av alle kontantstrømmer beregnes i nåtid (Roksvåg, 2022).

Formel 1 - Netto nåverdi

$$\text{Nettonåverdi (NNV)} = k_0 + \sum_{t=1}^N \frac{k_t}{(1+r_t)^t}$$

(Torvatn, Rolfsen, Heggernes og Sørheim 2016, s. 370)

Det er beregnet nåverdi av innbetalingsoverskuddet for hvert år i perioden frem til år 30 for både blandet plast levert fra Horisont og for hele Innlandet. For å kunne sammenlikne nåverdiene for år 10, 15 og 30 regnet ut.

Det er gjort noen forenklinger ved denne utregningen. Alle investeringskostnadene (Tabell 7) er satt til år 0, k_0 . Det samme er finanseringen som investorer står for (**Feil! Fant ikke referanseskilden.**). Dette er nok innbetalinger og utbetalinger som hadde strukket seg over begge de to årene som FoU- og etableringsfasen er over. Videre er resten av finanseringene, investeringsstøtten, kommersialiseringstilskudd og distriktsrettet investeringsstøtte satt til år 1. FoU-støtten er delt i to og er satt til år 1 og 2.

Det antas at næringsmidlene har en restverdi på 0 NOK etter 30år. Alt av inn- og utbetalinger er inflasjonsjustert. Derfor beregnes nettonåverdi (NNV) ved hjelp av den nominelle kalkulasjonsrenten på 4% (Finansdepartementet, 2005).

5.1.1. Resultater Horisont

Figur 12 - Investeringsanalyse Horisont

Kalkulasjonsrente (r)	4 %	Nominell					
Inflasjon	2 %						
Realrente	2 %						
År	0	1	2	5	10	15	30
	49 428 000,00			3	8	13	28
Forskning og utvikling	21 700 000,00						
Investering maskiner	1 828 000,00						
Næringseiendom Dokka 2,5 mål	5 900 000,00						
Oppgradering/utbygging	20 000 000,00						
Grunninvestering	49 428 000,00						
Restverdi							
Eiendom							
Annleggsmidler							
Driftsutbetalinger	199 052,24	251 900,61	1 301 897,25	1 373 023,47	1 448 670,25	1 705 699,48	
Variable kostnader	199 052,24	251 900,61	736 560,98	783 374,43	833 163,19	1 002 333,21	
Faste kostnader	0	0	565 336,26	589 649,04	615 507,06	703 366,27	
Driftsinnbetalinger	kr 6 724 000,00	kr 22 159 000,00	7 595 000,00	1 275 120,88	1 356 163,47	1 442 356,85	1 735 220,90
Salg granulater		0	0	1 275 120,88	1 356 163,47	1 442 356,85	1 735 220,90
FoU-støtte		7 595 000,00	7 595 000,00		20 000 000,00		
Investeringsstøtte		5 545 600,00					
Kommersialiseringstilskudd		700 000,00					
Distriktsrettet omvesteringstøtte		8 318 400,00					
Investorer	6 724 000,00						
Kontantstrøm	- 42 704 000,00	21 959 947,76	7 343 099,39	- 26 776,36	- 16 860,00	6 313,39	29 521,42
Nåverdi	- 42 704 000,00	21 115 334,39	6 789 108,16	- 22 008,22	- 11 390,01	3 505,60	9 102,00
	NNV 10 år	- 15 060 823,68					
	NNV 15 år	- 15 093 155,28					
	NNV 30år	- 14 934 464,89					

Figur 13 - NNV for Horisont

NNV 10 år	-	15 060 823,68
NNV 15 år	-	15 093 155,28
NNV 30år	-	14 934 464,89

Kalkulasjonene viser at hvis det kun samles inn plast tilsvarende området til Horisont, så er ikke prosjektet lønnsomt da alle NNVene for både 10, 15 og 30 år er negative. Dette betyr at innbetalingsoverskuddet $A(t)$ er negativt.

5.1.2. Resultater Innlandet

Figur 14 - Investeringsanalyse Innlandet

Kalkulasjonsrente (r)	4 %	Nominell					
Inflasjon	2 %						
Realrente	2 %						
År	0	1	2	5	10	15	30
	49 428 000,00			3	8	13	28
Forskning og utvikling	21 700 000,00						
Investering maskiner	1 828 000,00						
Næringseiendom Dokka 2,5 mål	5 900 000,00						
Oppgradering/utbygging	20 000 000,00						
Grunninvestering	49 428 000,00						
Restverdi							
Eiendom							
Annleggsmidler							
Driftsutbetalinger	1 080 000,00	1 366 740,00	4 123 555,75	4 374 017,51	4 640 397,82	5 545 492,93	
Variable kostnader	1 080 000	1 366 740	1 865 224	1 983 772	2 109 854	2 538 251	
Faste kostnader	0	0	2 258 331,36	2 390 245,46	2 530 543,60	3 007 242,34	
Driftsinnbetalinger	kr 6 724 000,00	kr 22 159 000,00	7 595 000,00	6 918 437,88	7 358 151,55	7 825 812,00	9 414 807,79
Salg granulat		0	0	6 918 437,88	7 358 151,55	7 825 812,00	9 414 807,79
FoU-støtte	7 595 000,00	7 595 000,00					
Investeringsstøtte	5 545 600,00						
Kommersialiseringstilskudd	700 000,00						
Distriktsrettet omvesteringsstøtte	8 318 400,00						
Investorer	6 724 000,00						
Kontantstrøm	- 42 704 000,00	21 079 000,00	6 228 260,00	2 794 882,13	2 984 134,04	3 185 414,18	3 869 314,86
Nåverdi	- 42 704 000,00	20 268 269,23	5 758 376,48	2 297 189,39	2 015 974,03	1 768 747,42	1 192 982,00
	NNV 10 år	425 692,31					
	NNV 15 år	9 751 128,76					
	NNV 30år	31 492 023,83					

Figur 15 - NNV Innlandet

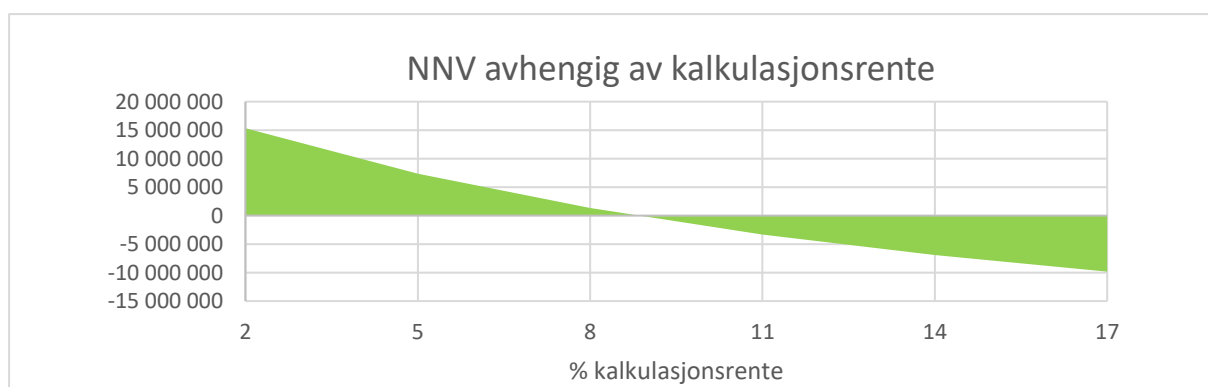
NNV 10 år	425 692,31
NNV 15 år	9 751 128,76
NNV 30år	31 492 023,83

Som figurene viser så er NNV verdien etter 10 år «så vidt» positiv, men NNV vil fortsette å øke de kommende årene. Ved at samtlige av NNV er positive så betyr det at prosjektet er lønnsomt ved bruk av denne metoden.

5.1.3. Robusthet på investeringen

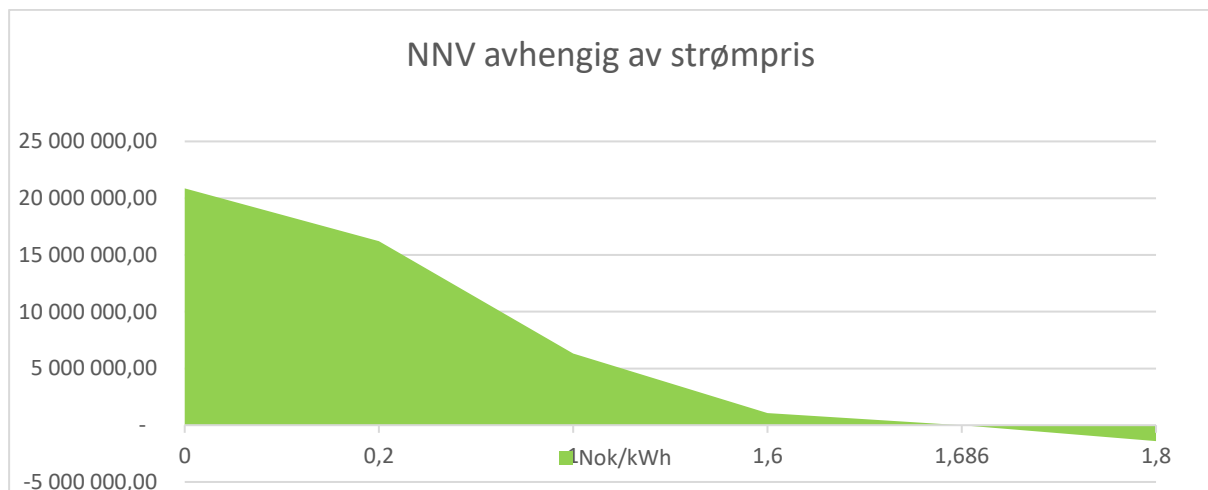
Da Horisont-varianten alltid har negativ NNV så er ikke dette et prosjekt som vil bli igangsatt. Det vil derfor ikke bli sett på robustheten av den investeringen. Når det kommer til Innlandet så er der foretatt noen beregninger i forhold til robustheten. Da er det tatt utgangspunkt i NNV 15år.

Figur 16 - NNV avhengig av kalkulasjonsrente for 15år



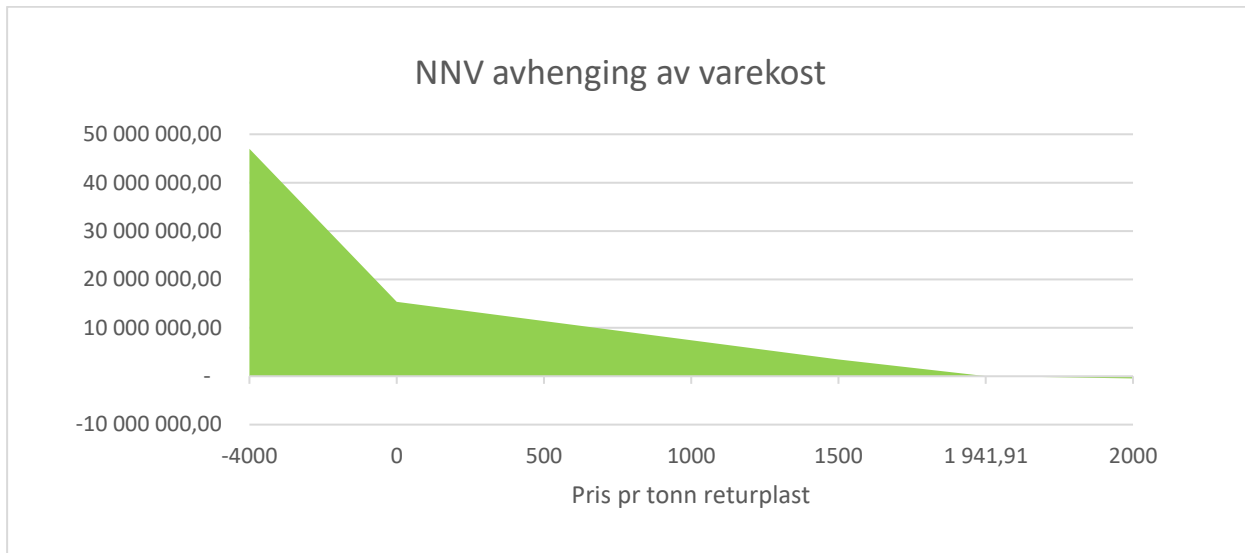
I Figur 16 er det regnet på hvor stor kalkulasjonsrente som investeringen tåler for 15år. I utgangspunktet var denne renten satt til 4%. Som figuren viser så vil investeringen tåle en rente på opptil 8,78% før prosjektet ikke er lønnsomt. Dette er en dobling kalkulasjonsrenten. Ergo hvis alle de andre variablene holder seg stabile så vil investeringen tåle en relativt høy rente.

Figur 17 - NNV avhengig av NOK/kWh



Figur 17 så er det sett på NNV med varierende strømpris. Her ser vi at hvis strømprisen ligger på 1,686NOK over alle de 15 årene så vil NNV bli lik 0. Dette er en høy snittpris, selv i rekordåret i fjor så var gjennomsnittsprisen på 1,521kroner. (SSB, 2023b)

Figur 18 - NNV avhengig av varekost



Når det kommer til kostnad for å motta avfall av blandet plast så vil investeringen tåle en pris på 1941 kroner per tonn. Det er i dag lite konkurranse på denne typen plast, og det er nok mer naturlig at anlegget vil ta betalt for å motta plast enn å måtte betale for det. Men, dette kan bli tilfellet dersom blandet plast blir ettertraktet.

Som de ulike grafene viser så er det en del robusthet per faktor som er undersøkt her. Dette betyr at det vil være noe variasjoner på alle tre og investeringen vil være lønnsom. Det kan hende at salgsprisen med fordel kunne vært noe høyere ved oppstart av produksjon. Dette for å skape en enda større robusthet. Det vil være store utgifter i starten, og da kan en høyere salgspris bidra til å fortære nedbetale dette. Her bør det undersøkes hva markedet faktisk er villig til å betale for lokalprodusert plastgranulat.

5.2. Impact assessment

For å presentere resultatene fra beregningene så følger denne rapporten den Europeiske standarden “EN 15804 + A2 Method v1.01” (European Standards, 2014). I LCA-metodikken så er CMLA-IA baselinen valgt. Denne metodikken har en problemorientert tilnærming. Dette gjør at man kan fokusere på flere midtpunkter.

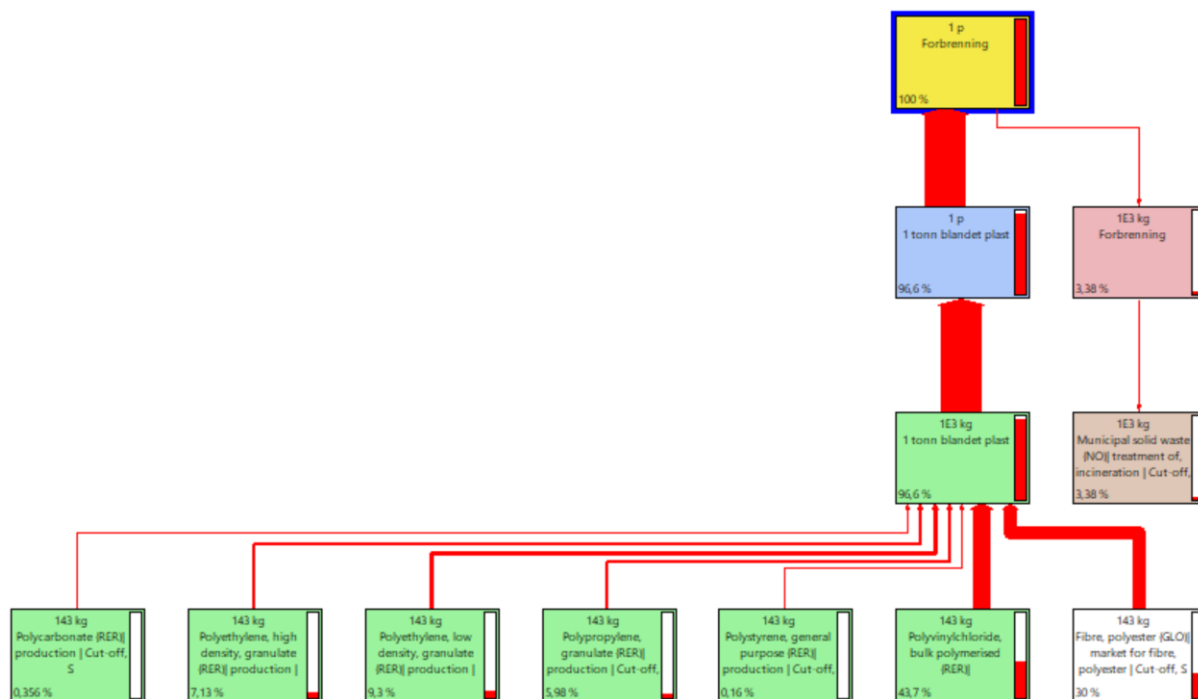
Midtpunktene som det vil være fokus på i denne oppgaven er forbruk av ikke-biologiske ressurser, både mineraler og drivstoff, global oppvarming, nedbrytning av ozonlaget, menneskelig toksisitet, økotoksisitet i ferskvann, forsuring, fotokjemisk oksidasjon, samt tre forskjellige former for økotoksisitet som eutrofiering av ferskvann, potensialet i havet og jordsmonnet (LCA, u.å.b).

Ved å se på de ulike påvirkningskategoriene vil det være lettere å danne seg et helhetlig bilde på hvordan den blandede plasten påvirker det globale oppvarmingspotensialet.

- Forbruk av ikke-biologiske ressurser (Abiotic depletion og fossile fuels) er et midtpunkt som ser på uttømming av ikke-fossile ressurser (Ecochain, u.å.)
- Globalt oppvarmingspotensial (Global warming potential (GWP100a)) ser på forstyrrelsen av den globale temperaturen, samt de klimatiske fenomenene (Acero, Rodrigues og Ciroth, 2016)
- Nedbrytning av stratosfærisk ozon (Ozon layer depletion) ser på økningen av ultrafiolett UV-B-stråling (Acero, Rodrigues og Ciroth, 2016)
- Menneskelig toksisitet (Human toxicity) er en indikator for stoffer som er giftige for mennesker og som slippes ut til miljøet (Ecochain, u.å.)
- Økotoksisitet (Ecotoxicity factors) ser på det biologiske mangfoldet og/eller tap, samt utryddelse av arter (Acero, Rodrigues og Ciroth, 2016). Dette gjøres ved å se på kjemikaler og deres forgiftende effekt av økosystemer. I dette tilfellet ses det på marin, ferskvann og territorial (LC-impact, u.å.a) (LC-impact, u.å.b)
- Fotokjemisk oksidasjon (Photochemical oxidation) påvirker både mennesker og dyr, og er forurensning i troposfæren (Ecochain, u.å.)
- Forsuring (Acidification) ser på «forurensningspotensialet til oksider av nitrogen og svovel» (Acero, Rodrigues og Ciroth, 2016)

5.2.1. Resultater Scenario 1 – forbrenning

Figur 19 - Nettverk for Scenario 1, forbrenning av blandet plast

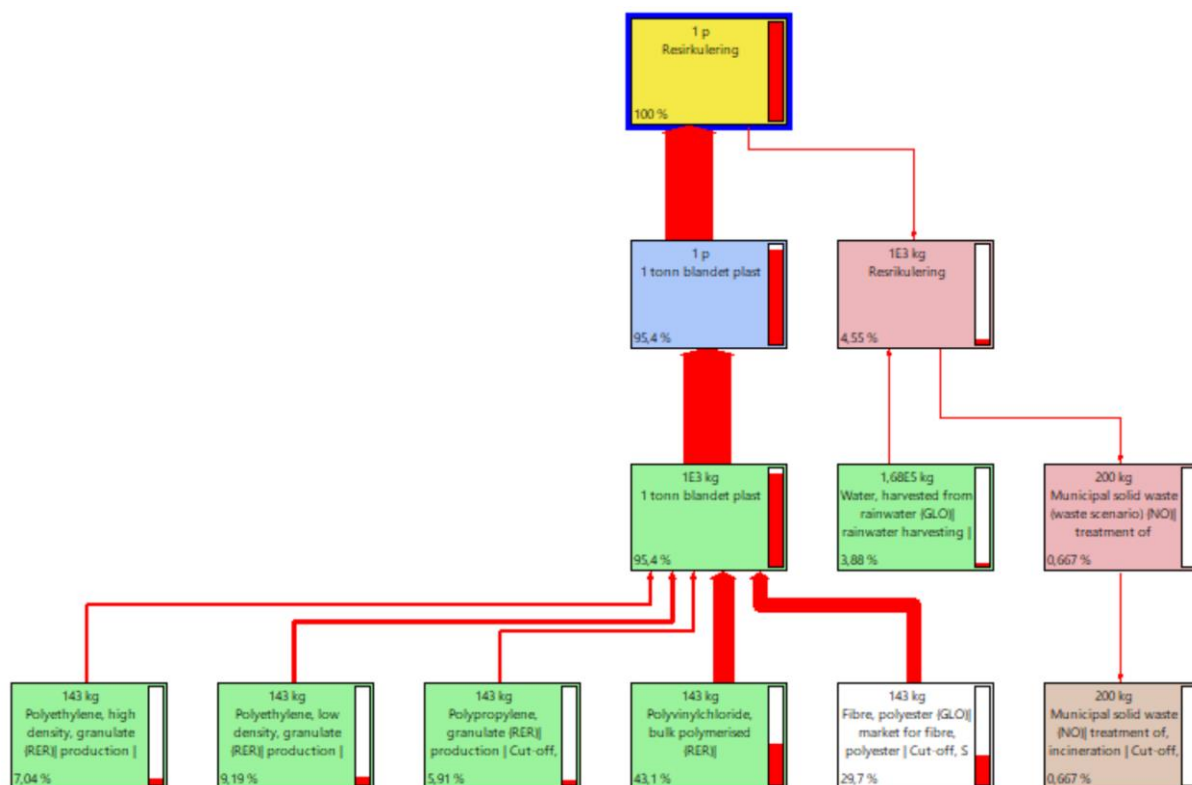


Dette nettverket viser det første scenarioet. Her blir blandet plast kastet i restavfallet og så forbrent. Alle de grønne og hvite boksene på den nederste linjen er råmaterialene som 100 000kg blandet plast består av. Linjene fra råmaterialene og opp til boksen over har ulik tykkelse. Tykkelsen på linjene sier noe om hvor mye miljøpåvirkning materialet har. Dette tilsvarer prosentandelen som står inne i boksen. Det er mulig å endre miljøpåvirkningskategori. For denne figuren er den satt til abiotic depletion, som er normalisert.

Den gule boksen på toppen viser livssyklusen, som i dette tilfellet er forbrenning. Den viser kun den overordnede prosessen av end-of-life stadiet. Under denne boksen er avfallsscenarioet i en rød boks som i dette tilfellet av restavfall. Under denne boksen igjen er håndteringen av avfallet som er forbrenning (incineration).

5.2.2. Resultater Scenario 2 – gjenvinning

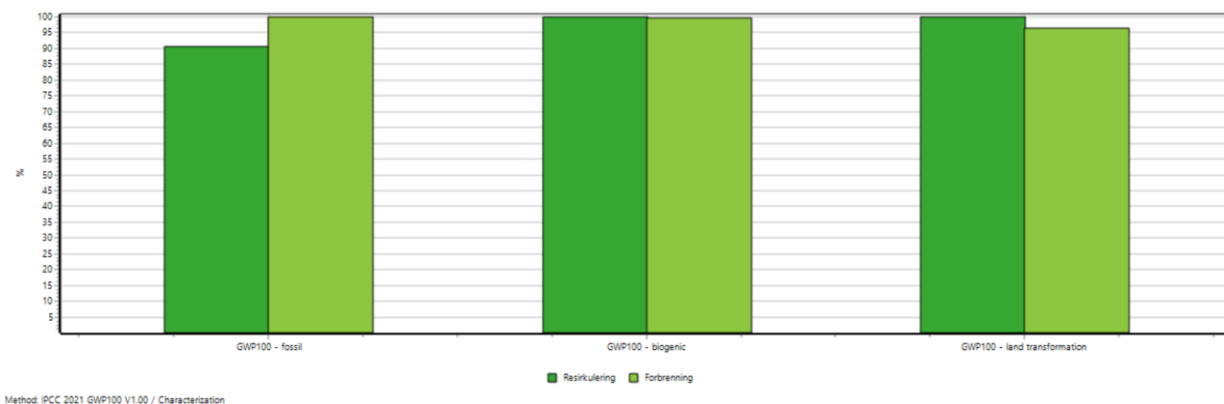
Figur 20 - Nettverk for Scenario 2, materialgjenvinning av blandet plast



Dette nettverket er omtrent likt som det forrige. Forskjellen ligger i end-of-life håndteringen. Den gule boksen i dette scenarioet innebærer resirkulering. Under denne er en rosa boks som inneholder alle stegene som materialgjenvinningen innebærer. Tilknyttet denne er en grønn boks. Dette er vannet som krevet for å vaske plasten. Det er også en rosa boks som er tilknyttet resirkuleringen. Dette er de 20% som er antatt går til spille underveis i gjenvinningsprosessen.

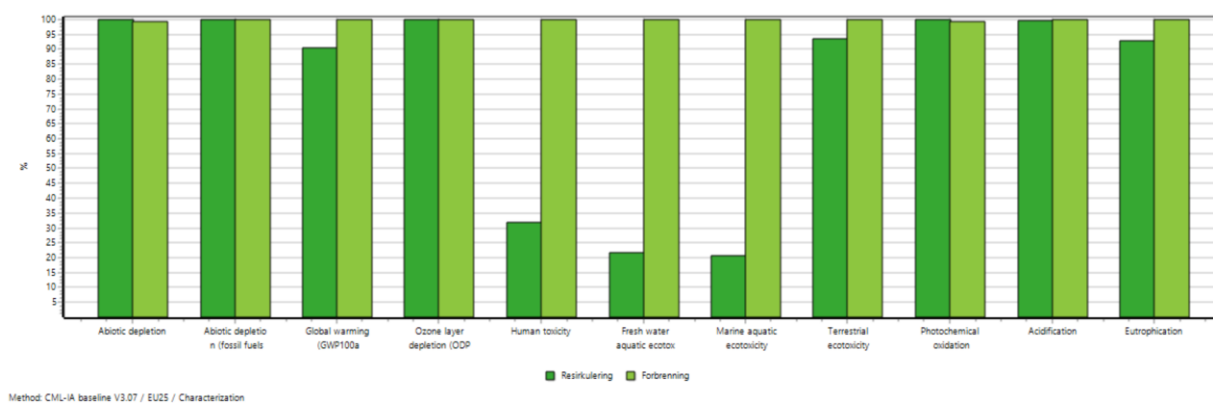
5.2.3. Sammenlikning av scenarioene

Figur 21 - CO₂-eq. for forbrenning og resirkulering



Figur 21 viser at utslippene knyttet til gjenvinning og forbrenning er omtrent like store når alle utslipp er beregnet og gjort om til CO₂-ekvivalenter. Dette er et metrisk målesystem for å sammenlikne utslipp av ulike typer av drivhusgasser med utgangspunkt i deres globale oppvarmings-potensial (GWP) (Eurostat, u.å.).

Figur 22 - Impact assessment for forbrenning og resirkulering



Figur 23 - tall på impact assessment for forbrenning og resirkulering

Se	Impact category /	Unit	Resirkulering	Forbrenning
<input checked="" type="checkbox"/>	Abiotic depletion	kg Sb eq	0,0172	0,017
<input checked="" type="checkbox"/>	Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	7,23E4	7,22E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	3,55E3	3,93E3
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0,00166	0,00166
<input checked="" type="checkbox"/>	Human toxicity	kg 1,4-DB eq	2,45E3	7,63E3
<input checked="" type="checkbox"/>	Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	9,12E3	4,22E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	4,99E7	2,41E8
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	6,26	6,68
<input checked="" type="checkbox"/>	Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	0,841	0,836
<input checked="" type="checkbox"/>	Acidification	kg SO2 eq	11,5	11,6
<input checked="" type="checkbox"/>	Eutrophication	kg PO4--- eq	2,43	2,62

Figur 22 og Figur 23 viser de ulike påvirkningskategoriene for både scenario 1 og 2. De ulike typene kategorier er beskrevet tidligere i rapporten. Det som gjelder de aller fleste av grafene er at resirkuleringer vil ha et mindre klimaavtrykk enn det forbrenning vil.

Den eneste forskjellen på disse to scenarioene er hva som er end-of-life. Dette betyr at dataene som er benyttet viser hvilket scenario som har minst påvirkning på miljøet. Selv om det er gjort flere forenklinger og tilpasninger så vil disse tallene gi en viss indikasjon på miljøpåvirkningen de ulike scenarioene har.

Når det gjelder grafen som viser CO₂-eq. Så er alle grafene tilnærmet like. Grafen hvor gjenvinning har størst påvirkning er for «land transformation». Denne kategorien sier hvordan mennesker bruker land og endrer det naturlige landskapet (Paul, Rashid, 2017). Det kan være flere grunner til at resirkuleringer har en høyere graf her enn forbrenning. En av de kan være at det krever flere prosesser for å materialgjenvinne plasten enn å «bare» brenne den.

I forhold til impact assessment så har resirkulering et lavere overordnet klimaavtrykk enn det forbrenning har. I flere av kategoriene har begge scenarioer omtrent like stort avtrykk. Tallene som vises er kun ved å materialgjenvinne den blandede plasten en gang. Figur 20 viser at det er PVC og polyester står for over 70% av miljøpåvirkningen. Ved at disse blir resirkulert flere ganger så vil det gjøre resirkuleringsprosessen enda mer miljøvennlig.

Det er tre grafer hvor forbrenning har en mye større påvirkning enn resirkulering. Det er på Human toxicity, freshwater aquatic ecotoxicity og marine aquatic ecotoxicity. Dette er naturlig da det slippes ut mer stoffer ved å forbrenne enn å materialgjenvinne.

Det vil være noen utslipp når det kommer til materialgjenvinning også. Det er nødvendig med varme på maskinene. Disse drives av elektrisitet (Vedlegg 1 – Excelark: klimafotavtrykk). Allikevel er det grunn til å tenke at denne påvirkningen ikke vil være så stor da elektrisitet i Norge er fornybar (Energi Norge, 2021).

5.2.4. Nøyaktighet av resultatene

For å få de mest mulige pålitelige tallene i SimaPro ble det forsøkt å finne materialer under «marked». Dette innebærer at det er tatt med utslipp i forbindelse med produksjon og transport. Dette bidrar til å gi et litt mer realistisk bilde på utslipp enn om materialene kun hadde vært hentet fra «transformation». Der er det kun utslipp som er knyttet til selve materialutvinningen som er inkludert.

Det vil alltid være noe usikkerhet knyttet til resultatene. I denne oppgaven er det viktigste å skille mellom forbrenning og resirkulering. Det er derfor ikke undersøkt så mye rundt naturlige produksjonsmetoder som er knyttet til å lage leker og annet blandet plast. Tallene på utslipp knyttet til CO₂ og strømforbruk er forsøkt kontrollert i forhold til data som er mottatt fra Eidsiva. Tallene vil aldri stemme helt overens, men det virker til at forhold mellom disse to variablene er realistiske.

6. Diskusjon og analyse

6.1. Diskusjon vedrørende investeringer

Innledningsvis ble det stilt spørsmål om det er mulig å bygge et lønnsomt anlegg for materialgjenvinning. Ved beregningene som er foretatt i denne oppgaven så er det lønnsomt. I hvert fall hvis man bygger for flere tiår fremover i tid og har tar imot blandet plast fra hele Innlandet.

Det er i dag en meget begrenset kapasitet for å gjenvinne plast i Norge. Mesteparten blir sendt til andre land i Europa. Det vil kreves 12 nye anlegg, fordelt på finsortering, grovsortering og et nasjonalt gjenvinningsanlegg (Handelens miljøfond, 2021a). Det er planer om et sentralsorteringsanlegg i Østfold og Trøndelag (Miljødirektoratet, 2019a), men ingen konkrete planer om et gjenvinningsanlegg.

Det er flere rapporter som påpeker hvor viktig materialgjenvinning av plast er for å nå målene. Hvor det poengteres at man ved å bruke ny teknologi kan produsere råvarer av høy kvalitet, selv av plast fra restavfall (Handelens miljøfond, 2021a).

Dette betyr at dette investeringsprosjektet er tidsriktig. Det er snakk om at det skal bygget et tilsvarende anlegg, bare med enda større kapasitet slik at det skal være nasjonalt og ikke regionalt. Allikevel har det ikke skjedd noe siden rapporten ble publisert i 2021. Det er satt krav om at minst 60% av plasten fra husholdninger skal gjenvinnes fra 2030 (Avfallsforskriften, 2009). I dag er det litt over 40% som blir sendt til materialgjenvinning (SSB, 2022). Dette betyr at det må skje noe i de neste årene for at det skal være mulig å nå dette målet.

Så det store spørsmålet da blir hvorfor ingen vil investere i en slik ordning. Det er som nevnt stilt nasjonale krav om mengde som skal materialgjenvinnes. Gjenvinning er løftet opp i FN som en del av bærekraftsmålene som alle land skal jobbe med inn mot 2030 (FN, 2023).

Vi har ikke lykkes i å finne noen gode svar på hvorfor ingen har begynt å bygge et slikt anlegg. Det er grunn til å tro at noe av usikkerheten er knyttet opp til markedet for resirkulert plast. I dag er dagens behov for plast på kun 6% av det totale behovet i Europa (European

Commission, 2020). Dersom man skal investere store summer, er det naturlig å tenke at man ønsker at det skal være et trygt marked.

Noe av det som gjør disse investeringen usikre er at det finnes mange typer plast med ulike sammensetning som gjør gjenvinningen utfordrende (Syversen, Sundt, Kirkevaag og Briedis, 2020). Dette er en av svakhetene i denne oppgaven. Her er det gjort forenklinger som innebærer at man antar at produktene består av én type plast og at denne er ren. Dette trenger ikke å være tilfellet. Videre kan det være enda flere typer plast enn det som det er tatt utgangspunkt i her. Et annet punkt som også kan vanskeliggjøre gjenvinningen er hvis plasten er veldig tilgriset.

I samtaler med ansatte ved Eidsiva fikk vi også et inntrykk av skepsis. De har laget et forprosjekt som omhandler materialgjenvinning, men de ser også på å forbedre forbrenningsanlegget slik at det vil stå til fremtidens utslippskrav. Her er det viktig å dra inn energiproduksjonen som kommer av forbrenningen. Plast har god brennverdi som er nødvendig for å lage energien (Eidsiva, u.å.b) I tillegg reduserer forbrenning klimagassene (Avfall Norge, u.å.b). Dette er til tross for avfallshierarkiet som sier at materialer heller skal gjenvinnes enn forbrennes.

Oppsummert virker det som om at et gjenvinningsanlegg trengs for å sikre at Norge skal bli mer sirkulær og for å kunne nå målene om materialgjenvinning. Selv med forenklingene som er gjort i denne oppgaven, og svakheten det medfører, så er det lønnsomt å drifte et gjenvinningsanlegg. Utfordringen virker til å ligge i bruksområdet på gjenvunnet materiale og at befolkningen/andre bedrifter skal bli moden nok for dette.

6.2. Diskusjon vedrørende miljøanalysen

Målet med denne delen av oppgaven var å se hvordan miljøpåvirkningen er på et gjenvinningsanlegg kontra et forbrenningsanlegg.

Her viser tallene at gjenvinning på omtrent alle vurderingspunktene er mer miljøvennlig. En av utfordringene og svakheten med denne analysen er mangelen på konkrete tall på mengde

plastleker og sekundært blandet avfall. Dette har også Briedis, Kirkevaag, Sundt, Syversen (2020) påpekt at er en svakhet generelt. Det finnes tall på mengde restavfall, men det er lite kunnskap om hvor stor andel av restavfallet som er plast, og hvilke typer plast det er.

Dette er en utfordring generelt når det kommer til plast. For noen typer plast, som plastemballasje og plastflasker finnes det et produsentansvar. Dette innebærer at produsentene betaler for avfallshåndteringen. Da vil det automatisk bli mer statistikk på mengde plast og hvilke typer plast som bli importert og kastet (Miljødirektoratet, 2022). Også her er målet økt sirkularitet. Ulempen med produsentansvar er at det er varierende erfaringer og at det er krevende å organisere dette på en god måte (Handelens miljøfond, 2021).

Ved å gjenvinne så øker man sirkulariteten. Dette er den raskeste, mest kostnadseffektive og pålitelige måten å redusere klimautslippene (Handelens miljøfond, 2021a). Dette indikerer at tallene som er kommet i beregningene gjort i denne oppgaven samsvarer med annen forskning.

Samtidig er det klimagassutslipp fra fossilt materiale, og da hovedsakelig plast som bidrar til CO₂-utslipp fra forbrenning. Dette innebærer at hvis mer plast blir sortert ut før forbrenning så vil det også bidra til at selve forbrenningen blir mer klimavennlig (Miljødirektoratet, 2019).

Når det gjelder miljøanalysen, så virker det som at all forskning vi har funnet samsvarer med funnene i denne oppgaven. Vi har ikke klart å finne noen konkrete tall på utslipp, men hovedlinjene samsvarer. Det er bedre å gjenvinne enn å forbrenne.

7. Konklusjon

I denne oppgaven er det sett på om et materialgjenvinningsanlegg stedsplassert på Dokka med blandet plast fra deler eller hele Innlandet er levedyktig. Videre er det sett på miljøbelastningen et slikt anleg vil ha i forhold til dagens løsning med forbrenning.

I forhold til miljøpåvirkningen viser tallene at resirkulering enten har like mye utslipp som forbrenning, eller mindre. Dette gjør at det å resirkulere blandet plast er en bedre løsning totalt sett. I tillegg er beregningene i denne oppgaven foretatt med kun én gjenvinningssyklus. Det er naturlig å tro at klimafotavtrykket vil bli enda lavere etter hvert som den blandede plasten blir gjenvunnet flere ganger.

Å bygge en fasilitet for materialgjenvinning av blandet plast er ingen revolusjonerende ide. Dette finnes allerede i andre land i Europa. En av argumentene som er blitt brukt er at det ikke er lønnsomt å bygge dette i Norge. Dette har denne oppgaven motbevist.

Totalt sett vil det både økonomisk og miljømessig være mer bærekraftig å gjenvinne blandet plast.

Litteraturliste

- Acero, A P., Rodrigues C. og Ciroth A. (2017) *LCIA methods*. Tilgjengelig fra: https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2015/11/openLCA_LCIA_METHODS-v.1.5.6.pdf (Hentet: 15.Mai 2023)
- Aftenposten (2012) *Barn har 500 leker hver*. Tilgjengelig fra: <https://www.aftenposten.no/norge/i/vQ7LL/barn-har-500-leker-hver> (Hentet: 30. april 2023)
- Avfall Norge (u.å.a) *Plastavfall*. Tilgjengelig fra: <https://avfallnorge.no/om-bransjen/plastavfall> (Hentet 30. april 2023)
- Avfall Norge (u.å.b) *Avfallsforbrenning med energigjenvinning*. Tilgjengelig fra: <https://avfallnorge.no/fagomr%C3%A5der/energigjenvinning> (Hentet: 22. februar 2023)
- Avfall Sør (2023) *Nå kan innbyggerne i Kristiansand og Vennesla levere blandet plast på Avfall Sørs gjenvinningsstasjoner*. Tilgjengelig fra: <https://avfallsor.no/nyhet-blandet-plast/> (Hentet: 15. april 2023)
- Avfallsforskriften (2009) *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/20april-06-01-930?q=avfall> (Hentet: 26.februar 2023)
- Barth, N., Cappelen, Å., Skjerpen, T., Todsén, S., Åbyholm, T. (2015) *Levetid og verdifall på varige driftsmidler – rapporter 2015/9*. (SSB-rapport 9/2015). Oslo: SSB. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/en/nasjonaltregnskap-og-konjunkturer/artikler-og-publikasjoner/attachment/219117?ts=14ba21608c0> (Hentet: 01.Mai 2023)
- Briedis R., Kirkevaag K., Sundt P. og Syversen F. (2020) *Materialstrømmen til plast i Norge - hva vet vi?* Tilgjengelig fra: https://dl8y9d78cbd9m.cloudfront.net/reports/Materialstr%C3%B8mmen-til-plast-i-Norge-Hva-vet-vi_-1.pdf?mtime=2021Maiapril114521&focal=none (Hentet: 16.mars 2023)
- Brio (u.å.) *Brio og plast*. Tilgjengelig fra: <https://www.brio.no/hvordan-vi-jobber-how-we-work/brjo-og-plast> (Hentet: 18.mars 2023)

- Bvse (2023) *Bvse marked report: plastics, March 2023*. Tilgjengelig fra: https://plasticker.de/docs/preise/bvse_market_report_plastics_2023_mars.pdf (Hentet: 10.Mai 2023)
- Circular Norway (2020) *The Circularity Gap report*. Tilgjengelig fra: https://de312f73-4ba4-4a83-b0e6-01dc20f54c34.filesusr.com/ugd/8853d3_4878d746a9fc40f0a9aacd113e090abc.pdf (Hentet: 18. mai 2023)
- Deloitte (2020) *Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/contentassets/c326b9d2b114473f832bMai39mars4ed772/deloitte_kunnskapsgrunnlag-for-sirkular-okonomi---potensialer.pdf (Hentet: 16.Mai 2023)
- EcoChain (u.å.) *Impact Categories (LCA) – Overview*. Tilgjengelig fra: <https://ecochain.com/knowledge/impact-categories-lca/> (Hentet: 15.Mai 2023)
- Eidsiva (u.å.a) *Trehørningen energisentral*. Tilgjengelig fra: <https://www.eidsivabioenergi.no/om-fjernvarme/avfallsforbrenning/trehorningen-energisentral/> (Hentet: 22. februar 2023)
- Eidsiva (u.å.b) *Hvordan fungerer det?* Tilgjengelig fra: <https://www.eidsivabioenergi.no/om-fjernvarme/avfallsforbrenning/hvordan-fungerer-det/> (Hentet: 20.mars 2023)
- Energi Norge (2021) *Rekordhøy andel fornybar energibruk I Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.energinorge.no/nyheter/2021/rekordhoy-andel-fornybar-energibruk-inorge/> (Hentet: 16.Mai 2023)
- Epd-Norge (2021) *NPCR PART A: Construction products and services*. Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/getfile.php/1318361-1619429934/PCRe/NPCR%20Part%20A%20for%20Construction%20products%20and%20services%20ver2%2026april21.pdf> (Hentet: 15.Mai 2023)
- European Commission (2020) *Guidance for separate collection of municipal waste*. Tilgjengelig fra: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/bb444830-94bf-11ea-aac4-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-129395707> (Hentet: 19.Mai 2023)
- European Commission (u.å.a) *Toy Safety in the EU*. Tilgjengelig fra: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/toys/toy-safety_en (Hentet: 18.Mai 2023)

- European commission (u.å.b) *Waste Framework Directive*. Tilgjengelig fra: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en#ecl-inpage-1693 (Hentet: 15.april 2023)
- European Standards (2014) *UNE EN 158april:2012+A1:2014 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*. Tilgjengelig fra: <https://www.en-standard.eu/une-en158april-2012-a1-2014-sustainability-of-construction-works-environmental-productdeclarations-core-rules-for-the-product-category-of-construction-products/> (Hentet: 15.Mai 2023)
- Eurostat(u.å.) *Glossary: Carbon dioxide equivalent*. Tilgjengelig fra: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11345472/> Hentet: 16.Mai 2023)
- Finansdepartementet (2005) *Behandling av kalkulasjonsrente, risiko, kalkulasjonspriser og skattekostnad i samfunnsøkonomiske analyser*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/static/RDEP/r-20Mai-0109.pdf> (Hentet: 01.Mai 2023)
- FN (2023) *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaall> (Hentet: 16. februar 2023)
- Forskrift om virkeområdet for distriktsrettet investeringsstøtte (2022) *Forskrift om virkeområdet for distriktsrettet investeringsstøtte*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2021-12-14-3661> (Hentet: 01.Mai 2023)
- Forurensningsloven (2023) *Lov om vern mot forurensninger og om avfall*. Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-mars-13-6/KAPITTEL_5#%C2%A727a (Hentet: 26. februar 2023)
- Gårseth-Nesbakk, L. (2021) *Driftskostnad*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/driftskostnad> (Hentet: 01.Mai 2023)
- Grønnpunkt (2019) *plast fra havbruk får nytt liv*. Tilgjengelig fra: <https://www.grontpunkt.no/aktuelt/nyheter/plast-fra-havbruk-faar-nytt-liv> (Hentet: 09.Mai 2023)
- Handelens miljøfond (2021a) *En mer sirkulær, norsk verdikjede for plast gjennom ny infrastruktur og markedsutvikling*. Tilgjengelig fra: <https://dl8y9d78cbd9m.cloudfront.net/reports/Faggrunnlag-h%C3%B8y-oppl%C3%B8sning.pdf> (Hentet: 19.Mai 2023)

- Handelens miljøfond (2021b) *Materialgjenvinning av norsk plastavfall – 50% innen 2025*. Tilgjengelig fra: [https://dl8y9d78cbd9m.cloudfront.net/reports/Tiltaksrapport-
endelig-versjon.pdf](https://dl8y9d78cbd9m.cloudfront.net/reports/Tiltaksrapport-
endelig-versjon.pdf) (Hentet: 18.april 2023)
- Handelens miljøfond (u.å.a) *Økt bruk av resirkulert plast 2022*. Tilgjengelig fra: <https://handelensmiljofond.no/sok-stotte/okt-bruk-av-resirkulert-plast-2022> (Hentet: 09.Mai 2023)
- Handelens miljøfond (u.å.b) *Fakta og kunnskap om plast*. Tilgjengelig fra: <https://handelensmiljofond.no/fakta-og-kunnskap-om-plast> (Hentet 30. april 2023)
- Handelens Miljøfond (u.å.c) *Utlysning: nasjonalt anlegg for finsortering av plast i Norge*. Tilgjengelig fra: [https://handelensmiljofond.no/sok-stotte-2021/utlysning-
nasjonalt-anlegg-for-finsortering-av-plast-i-norge](https://handelensmiljofond.no/sok-stotte-2021/utlysning-
nasjonalt-anlegg-for-finsortering-av-plast-i-norge) (Hentet: 15.mars 2023)
- HIKS (u.å.a) *Horisont Miljøpark IKS*. Tilgjengelig fra: <https://www.hiks.no/om/horisont/> (Hentet: 20.april 2023)
- HIKS (u.å.b) *Restavfall*. Tilgjengelig fra: https://www.hiks.no/Sortering/?article_id=652 (Hentet: 17. februar 2023)
- HIKS (u.å.c) *Priser privatleveranser*. Tilgjengelig fra: <https://www.hiks.no/priser/> (Hentet: 01.Mai 2023)
- Industriskolen (2018) *Produksjonskalkyler*. Tilgjengelig fra: [https://ndla.no/nb/subject:1:84d4651b-fc52-4876-a066-
f8567ecf79a6/topic:1:ef8e6461-6a95-4f59-839d-e5marsdc1e266b/resource:1:82520](https://ndla.no/nb/subject:1:84d4651b-fc52-4876-a066-
f8567ecf79a6/topic:1:ef8e6461-6a95-4f59-839d-e5marsdc1e266b/resource:1:82520) (Hentet: 11.Mai 2023)
- Innovasjon Norge (2022) *Sirkulærøkonomi*. Tilgjengelig fra: [https://www.innovasjon norge.no/no/tjenester/innovasjon-og-utvikling/finansiering-
for-innovasjon-og-utvikling/tilskudd-til-miljoteknologiprojekter/sirkularokonomi/](https://www.innovasjon norge.no/no/tjenester/innovasjon-og-utvikling/finansiering-
for-innovasjon-og-utvikling/tilskudd-til-miljoteknologiprojekter/sirkularokonomi/) (Hentet: 01.Mai 2023)
- ISO (2006) *Environmental management – life cycle assessment – principles and framework*. Tilgjengelig fra <https://www.iso.org/standard/37456.html> (Hentet: 16.Mai 2023)
- ITU (2020) *Verification Report Gjøvik, Norway*. Tilgjengelig fra: [https://www.gjovik.kommune.no/f/p2/ic6844234-aaef-472f-86ce-cd510d59074f/20-
00684_gjovik-norway_verification-report.pdf](https://www.gjovik.kommune.no/f/p2/ic6844234-aaef-472f-86ce-cd510d59074f/20-
00684_gjovik-norway_verification-report.pdf) (Hentet: 04.Mai 2023)
- IVAR (2021) *IVAR ettersorteringsanlegg Forus*. Tilgjengelig fra: <https://www.ivar.no/ettersorteringsanlegg/> (Hentet: 18.Mai 2023)

- Klima- og miljødepartementet (2021) *Norges plaststrategi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/ccb7238072134e74a23c9eb3d2f4908a/nn-no/pdfs/noregs-plaststrategi.pdf> (Hentet: 18.Mai 2023)
- Larsen, A. K. (2017) *En enklere metode. Veiledning i samfunnsvitenskapelig metode* (2. utgave). Fagbokforlaget. (Hentet: 21. mai 2023)
- LCA (u.å. b) *Miljøpåvirkninger EN158april+A2*. Tilgjengelig fra: <https://lca.no/miljopavirkninger/> (Hentet: 18.Mai 2023)
- LCA (u.å.a) *EPD basert på EN15804*. Tilgjengelig fra: <https://lca.no/epd-basert-pa-en-158april/> (Hentet: 15.Mai 2023)
- LC-impact (u.å.a) *Freshwater ecotoxicity*. Tilgjengelig fra: https://lc-impact.eu/EQfreshwater_ecotoxicity.html (Hentet: 19. mai 2023)
- LC-impact (u.å.b) *Marine ecotoxicity*. Tilgjengelig fra: https://lc-impact.eu/EQmarine_ecotoxicity.html (Hentet: 19. mai 2023)
- LOOP (2018) *Forbrenningsanlegg*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/forbrenningsanlegg> (Hentet: 17. februar 2023)
- LOOP (2022) *Materialgjenvinning*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/materialgjenvinning> (Hentet: 27. februar 2023)
- Meld. St. 40 (2020-2021) *Mål med mening – Norges handlingsplan for å nå bærekraftsmålene innen 2030*. Oslo: Kommunal- og distriktsdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-40-20202021/id2862554/?ch=1> (Hentet: 16. februar 2023)
- Miljødirektoratet (2019) *Klimatiltak – avfall og deponi*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/avfall/> (Hentet: 19.Mai 2023)
- Miljødirektoratet (2019a) *Avfallsplan 2020-2025*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/c6a9a384d90c4af18bfd8458f3167708/avfallsplan-2020-2025.pdf> (Hentet: 19.Mai 2023)
- Miljødirektoratet (2022) *Produsenter får større ansvar for produktene som avfall*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2022/november-2022/produsenter-far-storre-ansvar-for-produktene-som-avfall/> (Hentet: 17. februar23)
- Miljødirektoratet (2022) *Sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/> (Hentet: 14. februar 2023)

- Ndla (2021) *Å lage flytskjema*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subject:1:54b1727c-2d91-4512-901c-8434e13339b4/topic:1:20029783-33c8-4364-a195-513071450017/resource:ad82021e-15f3-48f4-bf87-ebcc8677a6ba> (Hentet: 30. april 2023)
- Norges bank (2013-2023) *Indikatorer for prisvekst*. Tilgjengelig fra: <https://www.norges-bank.no/tema/Statistikk/Indikatorer-for-prisvekst/> (Hentet: 11.april 2023)
- Paul B. K., Rashid H. (2017) *Land use change and costal management* (Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/land-use-change> (Hentet: 16.Mai 2023)
- Pettersen, J. B. (2021) *Notat: Materialstrømsanalyse (MFA). TEP4295*. Tilgjengelig fra: <https://ntnu.blackboard.com>. (Hentet: 02.Mai 2023)
- Plastics Europe (u.å.) *Thermoplastics*. Tilgjengelig fra: <https://plasticseurope.org/plastics-explained/a-large-family/thermoplastics/> (Hentet: 25.april 2023)
- Polymerbase (u.å.) *Plastic toys*. Tilgjengelig fra: <https://polymerdatabase.com/Plastic%20Products/PlasticToys.html> (Hentet: 15.Mai 2023)
- Polymertrade (u.å.) *Salg av regranulat*. Tilgjengelig fra: <https://www.polymertrade.no/regranulering> (Hentet: 15.Mai 2023)
- Ranker (2018) *List of toy companies*. Tilgjengelig fra: <https://www.ranker.com/list/toy-companies/reference> (Hentet: 18.mars 2023)
- Roksvåg, K. R (2022) *Netto nåverdi(nåverdimetoden)*. Tilgjengelig fra: <https://finanssans.no/netto-n%C3%A5verdi> (Hentet: 01.Mai 2023)
- SimaPro (u.å.) *SimaPro for education*. Tilgjengelig fra: <https://simapro.com/education/> (Hentet: 16.Mai 2023)
- Skatteetaten (2023) *Avskrivningssatser*. Tilgjengelig fra: <https://www.skatteetaten.no/satser/avskrivningssatser/> (Hentet: 01.Mai 2023)
- Sortere (u.å.a) *Plastleke*. Tilgjengelig fra: <https://sortere.no/produkttype/Plastleke/1607> (Hentet: 21. mai 2023)
- Sortere (u.å.b) *Blandet plast*. Tilgjengelig fra: https://sortere.no/avfallstype/Blandet_plast/173 (Hentet: 24.april 2023)

- SSB (2012-2022) 09364: *Kraftpriser i sluttbrukermarkedet, etter kontraktstype, kvartal og statistikkvariabel*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/09364/tableViewLayout1/> (Hentet: 01.Mai 2023)
- SSB (2020) *Barn og unge i befolkningen. Stadig færre barn og unge i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/a/barnogunge/2020/bef/> (Hentet: 16.Mai.2023)
- SSB (2020-2022) *Varehandelenindeksen*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/09296/tableViewLayout1/> (Hentet: april. mai 23)
- SSB (2022) *Avfall frå hushalda*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/avfall/statistikk/avfall-fra-hushalda>. (Hentet: 17. februar 2023)
- SSB (2023a) *Konsumprisindeksen*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/konsumpriser/statistikk/konsumprisindeksen>. (Hentet: 01.Mai 2023)
- SSB (2023b) *Rekordhøy strømpris i 2022 – dempet av strøms støtte*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/elektrisitetspriser/artikler/rekordhoy-strompris-i-2022--dempet-av-stromstotte> (Hentet: 19.Mai 2023)
- Stori, A. (2018) *Termoplast*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/termoplast> (Hentet: 25.april 2023)
- The World Counts (u.å.) *Environmental impact of toys*. Tilgjengelig fra: <https://www.theworldcounts.com/challenges/consumption/other-products/environmental-impact-of-toys> (Hentet: 18.Mai 2023)
- TIE (u.å.) *About*. Tilgjengelig fra: <https://www.toyindustries.eu/about/> (Hentet: 12.mars 2023)
- Torvatn, T., Rolfsen, M., Heggernes, T. A. og Sørheim, R. (2016) *Teknologiledelse – for ingeniørstudenter*. Bergen: fagbokforlaget
- Trading Economics (u.å.) *Norway Imports of Plastics*. Tilgjengelig fra: <https://tradingeconomics.com/norway/imports/plastics> (Hentet: 06.Mai 2023)
- Tu, J., Chu K., Gao D, og Yang C. (2022) *Analyzing decision-making factors of green design for kid's toys based on the concept of product lifecycle*. Tilgjengelig fra: <https://www.mdpi.com/2227-9717/10/8/1523> (Hentet: 30. april 2023)
- Vildåsen, S. (2022) *Hva er sirkulær økonomi?* Tilgjengelig fra: <https://blogg.sintef.no/vareproduksjon-nb/hva-er-sirkular-okonomi/> (Hentet: 14. februar 2023)

- Yue, D. og You, F. (2014) *Life Cycle Assessment Methodology*. Tilgjengelig fra:
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/life-cycle-assessment-methodology>
(Hentet: 19.Mai 2023)

Vedlegg

Vedlegg 1 – Excel dokument: økonomi plast

Vedlegg 2 – Timeliste

Vedlegg 3 – Statusmøter og arbeidsfordeling