

Rapport

SUSTAINABLE INNOVATION

Forfattere: Kari-Anne Lyng og Simon Saxegård**Rapportnr.:** OR.23.20**ISBN:** 978-82-7520-834-5**ISSN:** 0803-6659

Livsløpsvurdering av produktene og tjenestene til Den Magiske Fabrikken

Avfalls- og gjødselhåndtering,
biodrivstoff, biogjødsel og bio-CO₂

Rapportnr.: OR.23.20

ISBN nr.: 978-82-7520-834-5

Rapporttype:

ISSN nr.: 0803-6659

Oppdragsrapport

Rapporttittel:

Livsløpsvurdering av produktene og tjenestene til Den Magiske Fabrikken:

Avfalls- og gjødselhåndtering, biodrivstoff, biogjødsel og bio-CO₂

Forfattere: Kari-Anne Lyng og Simon Saxegård

Prosjektnummer: 1833

Prosjekttittel: Bærekraftig Biogass

Oppdragsgivere:

Greve Biogass:
Forskningsrådet:

Oppdragsgivers referanse:

Mariann Hegg
Per Arne Karlsen/p.nr: 269444

Emneord:

- LCA
- Biogass
- Biodrivstoff
- Biogjødsel

Tilgjengelighet:

Åpen

Antall sider inkl. bilag:

34

Godkjent:

Dato: 08.06.2020



Prosjektleder
Ole Jørgen Hanssen



Forskningsleder
Andreas Brekke

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Sammendrag | 1 |
| 1 Innledning | 3 |
| 2 LCA og EPD | 4 |
| 2.1 Livsløpvurderinger (LCA) | 4 |
| 2.1.1 Mål og omfang | 4 |
| 2.1.2 Allokering og systemutvidelse | 4 |
| 2.1.3 Beregning av miljøpåvirkning | 5 |
| 2.2 Miljødeklarasjoner (EPD) | 5 |
| 3 Det analyserte systemet: Den Magiske Fabrikken | 8 |
| 3.1 Råvarer | 8 |
| 3.2 Produserte mengder | 9 |
| 4 Organisasjons-LCA | 10 |
| 4.1 Funksjonell enhet og systemgrenser | 10 |
| 4.2 Resultater organisasjons-LCA | 11 |
| 5 Klimaeffekt av etablering av Den Magiske Fabrikken | 13 |
| 5.1 Systemgrenser og funksjonell enhet | 13 |
| 5.2 Resultater etablering av Den Magiske Fabrikken | 15 |
| 6 Behandling av matavfall fra husholdninger i Den Magiske Fabrikken | 20 |
| 6.1 Systemgrenser og funksjonell enhet | 20 |
| 6.2 Resultater per tonn matavfall | 21 |
| 6.3 Resultater per tonn matavfall, inkludert håndtering av husdyrgjødsel | 24 |
| 7 Resultater for biodrivstoff fra Den Magiske Fabrikken | 26 |
| 7.1 Systemgrenser og allokering | 26 |
| 7.2 Resultater EPD-metodikk | 27 |
| 8 Diskusjon og konklusjon | 31 |
| 9 Referanser | 33 |
| Vedlegg 1 | 34 |

Sammendrag

Denne rapporten presenterer noe av arbeidet som er gjennomført i forskningsprosjektet Bærekraftig Biogass og dokumenterer de potensielle klimabelastningene og klimanytten knyttet til produktene og tjenestene som leveres av Den Magiske Fabrikken: biodrivstoff, biogjødsel, bio-CO₂ til veksthus, behandling av matavfall og behandling av husdyrgjødsel. Målsetningen med rapporten er samtidig å bidra til en økt forståelse av hvordan LCA-metodikk bør tilpasses formålet med studien for verdikjeder for biogass, og hvilke beslutninger studien skal gi innspill til.

Det er utført fire ulike beregninger med ulike systemgrenser og funksjonell enhet:

- Organisasjons-LCA: for å synliggjøre hvor i verdikjeden det er størst rom for forbedringer
- Effekten ved å etablere Den Magiske Fabrikken ved å inkludere både utslipp og unngåtte utslipp i løpet av et år
- Behandling av ett tonn matavfall ved Den Magiske Fabrikken
- Produksjon og bruk av drivstoff fra Den Magiske Fabrikken sammenliknet med alternative drivstoff på markedet.

Organisasjons-LCA'en inkluderer utslipp gjennom verdikjeden til alle produktene og tjenestene levert av Den Magiske Fabrikken i løpet av et år. Resultatet ble beregnet til å være 11 821 tonn CO₂-ekvivalenter. De største potensialene for utslippsreduksjoner er fra forbrenning av plast i rejeckt og utslipp fra renovasjonskjøretøy ved innsamling av matavfall. Utslippene fra forbrenning av rejeckt kan reduseres ved å redusere feilsortering, unngå å forbehandle emballert mat og å finne alternative håndteringsmåter for rejeckett fra forbehandlingen (for eksempel gjenvinning av plast). Det kan også være aktuelt å vurdere andre poseløsninger for innsamling av matavfall, men da bør det samtidig vurderes hvordan dette påvirker svinn og innsamlingsgraden til matavfall.

Etableringen av Den Magiske Fabrikken ble estimert til å utgjøre en netto utslippsreduksjon på 13 986 tonn CO₂-ekvivalenter/år. Denne beregningen inkluderer klimagevinsten ved at produktene fra Den Magiske Fabrikken erstatter andre produkter og at alternativ avfallsbehandling av inngående avfallsressurser erstattes. Dette viser at de sparte utslippene forbundet med anlegget (ca 26 000 tonn CO₂-ekvivalenter) er mer enn dobbelt så store som utslippene fra verdikjeden til anlegget (ca 12 000 tonn CO₂-ekvivalenter). Biogass som drivstoff som erstatning for diesel i kjøretøy utgjør den største gevinsten.

Behandling av matavfall ved Den Magiske Fabrikken sammenliknet med energitnyttelse sammen med restavfall eller kompostering er beregnet å gi en netto klimagevinst på henholdsvis 187 og 285 kg CO₂-ekvivalenter/tonn matavfall. Dersom behandling av husdyrgjødsel ansees som en innsatsfaktor og inkluderes i systemgrensene for behandling av matavfall, bidrar dette med en ytterligere gevinst på 69 kg CO₂-ekvivalenter/tonn matavfall.

Beregningene av produksjon og bruk av biogass som drivstoff er utført ved bruk av EPD-metodikk (Environmental Product Declaration). Dette medfører at systemet splittes opp og miljøbelastningene fordeles/allokteres mellom de ulike produktene (biogass og biogjødsel). Utnyttelse av ressursene ved å produsere mange biprodukter gir en fordel ved at miljøbelastningene til fellesprosessene fordeles på flere produkter, noe som resulterer i at belastningen per produkt blir redusert. Resultatene fra Den Magiske Fabrikken viser at biogassen

er et av de mest klimaeffektive drivstoffene på markedet, med 0,25 kg CO₂-ekvivalenter/km busstransport.

De ulike beregningsmåtene som er gjennomført i rapporten viser at datakvaliteten, systemgrensene og den funksjonelle enheten bør tilpasses det som er hensikten med studien og hva slags type beslutning analysene skal gi innspill til. I noen sammenhenger er det viktig å få fram alle de positive og negative effektene fra den totale gjenvinningsverdikjeden som inkluderer flere funksjoner og produkter (f.eks. avfallstjeneste, produksjon av produkter, energibærere, CO₂). Denne type analyser viser synergien man får ved å utnytte avfallsressurser til nye produkter, og bør benyttes for sammenligning av ulike avfallshåndteringsmetoder og behandlingsanlegg. I andre sammenhenger skal man presentere miljøfotavtrykk tilknyttet et spesifikt produkt. Da er det ofte fokus på å unngå dobbelttelling av miljøgevinstene fra gjenvinningssystemene, noe som kan skje dersom flere produkter «tar æren» for de samme miljøgevinstene. EPD-metodikk er en beregningsmetode for å unngå denne type dobbelttelling, og denne deklarasjonen viser dermed «kun» et utsnitt av miljøeffektene fra det totale gjenvinningssystemet som produktet er en del av (fordelt på de ulike produktene). Det kan derfor være behov for å presentere det «totale bildet» som tilleggsinformasjon til en EPD for produkter fra gjenvinningssystemer.

Til slutt er det viktig å påpeke at aktørene i verdikjeden ikke bør bruke resultater fra analyser av generiske eller gjennomsnittlige produktsystemer til å sammenlikne seg med spesifikke konkurrenter. Dersom det skal gjøres en reell sammenlikning, er det nødvendig å gjennomføre likeverdige analyser med samme datakvalitet for de produktene eller tjenestene som skal vurderes.

1 Innledning

Den Magiske Fabrikken produserer biogass som drivstoff, biogjødsel og biogent CO₂ til veksthus basert på matavfall og husdyrgjødsel som råstoff.

Det har tidligere vært gjennomført flere livsløpsvurderinger av Den Magiske Fabrikken, både som grunnlag for en politisk beslutning før fabrikken ble bygget (Møller & Modahl, 2013) og etter etablering (Stensgård, Saxegård, Lyng & Hanssen, 2017). Denne rapporten følger den videre utviklingen av fabrikken, og er skrevet som en del av forskningsprosjektet Bærekraftig Biogass, arbeidspakke 4 Miljødeklarasjoner. Prosjektet er finansiert av Forskningsrådets EnergiX-program. Parallelt med denne rapporten er det utviklet utkast til produktkategoriregler for miljødeklarasjoner (EPD) av biogass som drivstoff og biogjødsel fra biorest, og det er utviklet miljødeklarasjoner (EPD) av disse produktene fra Den Magiske Fabrikken. Det er også skrevet en egen rapport om biogent CO₂ til bruk i veksthus.

Denne rapporten presenterer resultater fra beregninger av miljøeffekt av produktene og tjenestene til Den Magiske Fabrikken på ulike nivåer og for ulike formål, og forsøker å besvare følgende spørsmål:

1. Hvor er det størst rom for forbedringer i verdikjeden til produktene produsert hos Den Magiske Fabrikken, med tanke på klimagassutslipp?
2. Hva er den totale effekten av å etablere Den Magiske Fabrikken, i form av reduksjon av klimagassutslipp?
3. Hva er den potensielle klimaeffekten av å kildesortere matavfall og behandle det i Den Magiske Fabrikken?
4. Hva er klimapåvirkningen til biogass fra Den Magiske Fabrikken og hvordan er dette sammenliknet med andre drivstoff på markedet?

Målsetningen med rapporten er både å dokumentere klimabelastningene og klimanytten knyttet til produktene og tjenestene som Den Magiske Fabrikken leverer, og samtidig å bidra med økt forståelse av hvordan LCA-metodikken bør tilpasses formålet med studien og hvilke beslutninger den skal gi innspill til.

I livsløpsvurderinger er det anbefalt å inkludere flere miljøindikatorer. I denne rapporten er det likevel valgt å fokusere på miljøpåvirkningskategorien klimaendringer, siden økt produksjon av biogass er ansett som et viktig klimatiltak. Det er viktig å være oppmerksom på at andre miljøpåvirkningskategorier kan gi andre konklusjoner.

2 LCA og EPD

Dette kapitlet gir en generell introduksjon til livsløpsanalyser og metodikk for miljødeklarasjoner av typen Environmental Product Declaration (EPD). Mer detaljert beskrivelse av metodikken for de ulike beregningene er presentert i Kapittel 4-8.

2.1 Livsløpvurderinger (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) er en velkjent metode for å vurdere miljøbelastningen til produkter og tjenester gjennom hele verdikjeden. Metoden er standardisert gjennom ISO-systemet (ISO, 2006a, 2006b). Ifølge standardene inneholder livsløpsanalyse fire faser: definisjon av mål og omfang, inventaranalyse (datainnsamling), beregning av potensiell miljøeffekt og tolkning av resultatene. Dette innebærer at de ulike trinnene i livsløpet til et produkt defineres, og at utslipp, masse- og energi- og avfallsstrømmer kartlegges for hver fase. Denne informasjonen brukes til å vurdere hvilken miljøpåvirkning produktet har.

2.1.1 Mål og omfang

En LCA kan gi innspill til både til produkt- og prosessforbedringer og valg mellom produkter, for eksempel ved innkjøp. Hensikten med studien vil påvirke hvordan systemgrensene utformes og definisjonen av den *funksjonelle enheten*. Den *funksjonelle enheten* er en kvantifisert enhet som skal gjenspeile funksjonen som produktet eller tjenesten leverer til brukeren. Miljøpåvirkningen som beregnes i livsløpsvurderingen oppgis per funksjonelle enhet. Den funksjonelle enheten for hver av analysene om er gjennomført i rapporten presenteres i Kapittel 4-8.

2.1.2 Allokering og systemutvidelse

Når en produksjonsprosess genererer mer enn ett produkt eller en tjeneste, og det ikke er mulig å splitte opp systemet mellom dem, er det nødvendig å gjøre metodiske valg i livsløpsvurderingen. Dette løses vanligvis på to måter: *systemutvidelse* eller *allokering*.

Produksjonsprosessen i råtnetanken representerer en slik prosess som generer flere enn ett produkt (biodrivstoff, biogjødsel og bio-CO₂). I tillegg til dette er livsløpet en lineær, og ikke en sirkulær prosess, siden produksjonen baserer seg på avfallsressurser og restråstoffer som må behandles på en annen måte dersom de ikke brukes til biogassproduksjon. Nedenfor gis en beskrivelse av hva som menes med *systemutvidelse* og *allokering*.

Ved *allokering* forsøker man å fordele miljøbelastningene til den felles produksjonsprosessen mellom produktene som prosessen genererer. Dette gjøres ved hjelp av en *allokeringsnøkkel*, som kan beregnes basert på masse- eller energi, eller eventuelt økonomi dersom det er store verdiforskjeller på produktene. Denne fremgangsmåten brukes i miljødeklarasjoner (EPD'er) fordi en ønsker å unngå dobbelttelling av utslipp. Dette beskrives nærmere i kapittel 2.2.

Ved *systemutvidelse*, derimot, utvider man systemgrensene i analysen slik at den ikke bare omfatter produktet som studeres, men også de tilleggsfunksjoner som genereres av fellesprosessen. For avfallssystemer betyr dette å inkludere nytten av at avfallsbehandlingen generer gjenvunnet energi og/eller materialer, i tillegg til at avfallet håndteres på en forsvarlig måte. Den produserte mengden energi og/eller materialer antas å erstatte andre energibærere og materialer på markedet, og utslippene fra produktene som erstattes inkluderes som unngåtte (negative) utslipp.

2.1.3 Beregning av miljøpåvirkning

Når utslipp, masse- og energi- og avfallsstrømmer er kartlagt for hver livsløpsfase, konverteres disse til potensiell miljøpåvirkning innenfor valgte *miljøpåvirkningskategorier*. Når utslippet av klimagasser (som for eksempel av N₂O og CH₄) skal regnes om til potensiell påvirkning på miljøpåvirkningskategorien *klimaendringer*, beregnes utslippene som regel om til kg CO₂-ekvivalenter. For å kunne gjøre dette, benyttes *karakteriseringsfaktorer* utviklet av IPCC (2013). Karakteriseringsfaktorene er utviklet basert på hvor stor potensiell effekt en klimagass har på klimaendringer sammenliknet med klimagassen CO₂. I et hundreårs perspektiv har metan (CH₄) karakteriseringsfaktoren 30,5 kg CO₂-ekvivalenter/kg metan, mens lystgass (N₂O) har 265 kg CO₂-ekvivalenter/kg lystgass. Disse gassene antas dermed å ha henholdsvis 30,5 og 265 ganger større påvirkning på klimaendringer enn CO₂.

Det skilles også mellom fossilt og biogent karbondioksid (CO₂). Fossilt CO₂ består av karbon som ville vært lagret i tusenvis av år hvis den ikke ble hentet ut som følge av menneskelig aktivitet. Biogent CO₂ består derimot av karbon som allerede er i sirkulasjon i atmosfæren. CO₂ som tas opp av trær og lagres i stammen når treet vokser, defineres som biogent CO₂. Det samme gjør karbon i matavfallet, som ble tatt opp av planter eller dyr når maten ble produsert. Når disse slippes ut i atmosfæren igjen når matavfallet går til avfallshåndtering, er dette en del av det naturlige kretsløpet og vil ikke bidra til en økt mengde karbon i atmosfæren. Dette er grunnen til at biogent CO₂ ofte får karakteriseringsfaktor 0, mens fossilt CO₂ får faktoren 1 i livsløpsvurderinger. Tilsvarende har biogent metan (metan som inneholder biogent karbon) karakteriseringsfaktoren 27,75 kg CO₂ ekvivalenter/kg metan, mens fossilt metan har faktoren 30,5.

En livsløpsvurdering inkluderer normalt vurdering av flere miljøpåvirkningskategorier. I denne rapporten presenteres likevel kun miljøpåvirkningskategorien klimaendringer for alle analyser, med unntak av biogass som drivstoff. Det er derfor viktig å være oppmerksom på at analyser av andre miljøpåvirkningskategorier (slik som overgjødning, forsuring og vannfotavtrykk) kan gi andre konklusjoner.

2.2 Miljødeklarasjoner (EPD)

EPD står for Environmental Product Declaration (Miljødeklarasjon) og er et verktøy for innkjøpere når de skal stille krav til miljøprestasjoner ved innkjøp av et produkt eller en tjeneste.

En EPD er basert på en LCA av produktet, og er et dokument som presenterer de samlede miljøpåvirkningene til et produkt eller en tjeneste gjennom hele dets livssyklus. Det tas ikke stilling til om produktet er godt eller dårlig, det er først ved sammenligning med EPD'er for produkter med

lik funksjon at produktets miljøprestasjon kan evalueres. EPD er i hovedsak for innkjøpere (business to business), og ikke primært for forbrukere.

Dokumentet er tredjepartsverifisert, og det er en rekke standarder og retningslinjer som skal følges for å sikre sammenlignbarhet, hvorav de mest grunnleggende er:

- Generell LCA-standard: ISO 14044 (2006): Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer
- Generell EPD-standard: ISO 14025 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer

Byggebransjen har kommet lengst på EPD-området både i Norge og internasjonalt og har utviklet sine egne standarder for metodikk som skal benyttes som grunnlag for EPD-er:

- ISO 21930 (2017): Bærekraftige bygninger og anlegg - Grunnleggende produktkategoriregler for miljødeklarasjoner for byggevarer og tjenester
- EN 15804 (2012): Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer.

EPD systemet i Norge drives av EPD Norge, som er Næringslivets Stiftelse for miljødeklarasjoner. EPD Norge ble etablert av Næringslivets Hovedorganisasjon og Byggenæringens Landsforening i 2002. Hensikten med ordningen er å øke etterspørselen etter miljøvennlige produkter og å utvikle insentiver for miljøforbedring av produkter. EPD Norge har publisert mer enn 350 EPD'er fra over 100 bedrifter (se <http://epd-norge.no/>).

I tillegg til standardene som beskriver hvordan EPD'er skal utvikles, er det nødvendig med mer spesifikke regler og sett av forutsetninger for hver produktgruppe. For å utvikle en EPD må det derfor eksistere et relevant regelsett for produktkategorien. Produktkategoriregelen (på engelsk PCR -product category rules) beskriver hvordan livsløpsvurderingen skal gjennomføres og hvordan EPD'en skal utformes. Dette er viktig for at en innkjøper skal være sikker på resultatene fra EPD'er er sammenlignbare innenfor samme produktgruppe.

To viktige prinsipper i EPD-systemet er *sammenliknbarhet* og *adderbarhet*. Dette innebærer at det blant annet at de samme prinsippene skal ligge til grunn for beregning av potensiell miljøpåvirkning for ulike produkter og at miljøbelastningene skal fordeles mellom de ulike funksjonene. Det benyttes dermed *allokering* fremfor *systemutvidelse*.

I motsetning til et klimaregnskap eller et klimafotavtrykk, inneholder en EPD informasjon om en rekke miljø- og ressurspåvirkningskategorier, og det er opp til innkjøperen å bestemme hvilke miljøaspekter som skal vektlegges ved en sammenlikning av ulike produkter. Miljøpåvirkningskategoriene som normalt er inkludert i en EPD er forklart i tabellen nedenfor.

Tabell 2-1 Miljøpåvirkningsindikatorer som brukes i EPD

| Forkortelse i EPD | Miljøpåvirknings kategori | Enhet | Miljøproblem | Eksempler på kilder |
|-------------------|------------------------------------|--|---|--|
| GWP | Klimaendringer (global oppvarming) | kg CO ₂ -ekvivalenter | Økt konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren kan medføre økt temperatur, som kan føre til smelting av isbreer i polområdene, økning av havnivået og mer ekstremt klima. Dette kan igjen påvirke og økosystemer og menneskelig helse. | Klimagasser (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) |
| ODP | Stratosfærisk ozon-nedbrytning | kg CFC11-ekvivalenter | Utslipp av enkelte gasser kan medføre nedbrytning av ozonlaget, som gir økt UV-stråling fra solen, som er skadelig for mennesker og dyr. | Ozon-nedbrytende stoffer kommer fra gamle kuldemedier og spraybokser, men også utslipp fra forbrenning av ulike typer drivstoff. |
| POCP | Fotokjemisk oksidantdannelse | kg C ₂ H ₄ -ekvivalenter | Utslipp kan reagere med hverandre under påvirkning av sollys, noe som gir bakkenær ozon. Utslippene kommer i hovedsak fra transport og kan gi luftveisplager i befolkningen og hemme vekst av planter og andre deler av økosystemet. | Nitrogenoksider (NO _x) og flyktige organiske forbindelser (VOC), i hovedsak fra brenning av fossile brensler. |
| AP | Forsuring | kg SO ₂ -ekvivalenter | Utslipp som kan bidra til reduksjon i pH i jorda, noe som kan påvirke plantevekst | Svovel- og nitrogenutslipp fra transport |
| EP | Eutrofiering | kg PO ₄ ³⁻ -ekvivalenter | Tilføring av for mye næringsstoffer kan føre til gjengroing og fiskedød | Utslipp av nitrogen og fosfor til vann |

3 Det analyserte systemet: Den Magiske Fabrikken

I dette kapittelet beskrives Den Magiske Fabrikken og datagrunnlaget og forutsetningene som er brukt i beregningene i rapporten. Beregningene baserer seg på data fra driftsåret 2018.

3.1 Råvarer

Mengder behandlet i anlegget i 2018 er presentert i tabellen nedenfor.

Tabell 3-1 Råstoff inn i fabrikken

| Råstoff | Tørrstoffinnhold | Mengde (tonn våtvekt) |
|-----------------------------|------------------|-----------------------|
| Matavfall fra husholdninger | 33 % | 42 523 |
| Matavfall fra næring | 27 % | 9 678 |
| Flytende industriavfall | 12 % | 6 034 |
| Gjødsel fra storfe | 7 % | 33375 |
| Gjødsel fra gris | 3 % | 20854 |
| Blandingsgjødsel | 5 % | 9173 |
| Forbehandlet substrat | 12 % | 128 |
| <i>Totalt</i> | | <i>121 765</i> |

Under forbehandlingen fjernes innsamlingsposer i plast og feilsorteringer, samt emballasjen fra eventuelt emballerte, kasserte matvarer som ankommer fabrikken. Rejektet fra forbehandling sendes deretter til energiutnyttelse. I 2018 utgjorde rejektet 10229 tonn, som tilsvarte omtrent 20% av de behandlede mengdene av matavfallet fra husholdning og næring.

Matavfall fra husholdninger utgjør 35% av vekten på de innkomne råvarene, og tilsvarer omtrentlig 68% av det teoretiske biogassutbyttet (når rejekt fra forbehandling er trukket fra). Dette skyldes at matavfall har et høyere tørrstoffinnhold og dessuten høyere biogassutbytte per tonn tørrstoff sammenliknet med husdyrgjødsel. Husdyrgjødsel fungerer som prosessvann og reduserer vannforbruket til fabrikken og har en stabiliserende effekt på utråtningen.

3.2 Produserte mengder

Produserte mengder sluttprodukter ved Den Magiske Fabrikken i 2018 vises i tabellen nedenfor.

Tabell 3-2 Produserte mengder

| Produkter | Mengder | |
|-------------------------------------|------------|-----------------|
| Rågass produsert | 10 059 791 | Nm ³ |
| Biodrivstoff (oppgradert biogass) | 5 832 592 | Nm ³ |
| Biogjødsel | 103 566 | tonn |
| CO ₂ levert til veksthus | 394 | tonn |

I motsetning til tidligere studier, er byggingen av selve anlegget inkludert og fordelt på 30 driftsår. Data for dette er hentet fra en studie som har kartlagt materialbruk ved bygging av et dansk biogassanlegg (Brogaard, Petersen, Nielsen & Christensen, 2015).

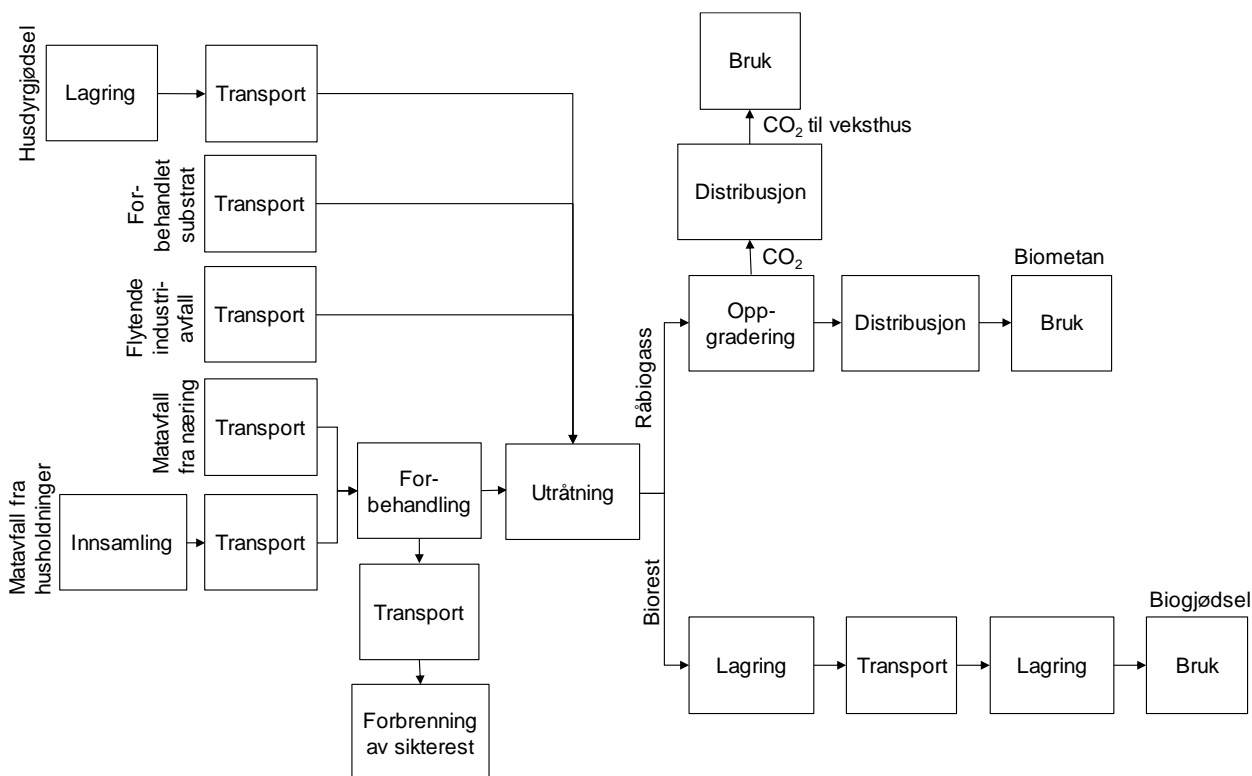
4 Organisasjons-LCA

4.1 Funksjonell enhet og systemgrenser

En organisasjons-LCA er en vurdering av alle produkter og tjenester som genereres av en organisasjon (ISO, 2014). En slik analyse kan gi svar på hvor de største miljøbelastningene oppstår i verdikjeden til produktene og tjenestene, som igjen kan gi innspill til hvor det er størst potensial for forbedringer. En organisasjons-LCA kan ikke direkte sammenliknes med et klimaregnskap for en bedrift, fordi en i et slikt regnskap som regel ikke har med like mange verdikjedeledd og bakgrunnsprosesser. Videre vil ikke resultatene fra denne analysen være direkte sammenliknbar med andre bedrifter, siden hver bedrift produserer ulike mengder produkter og tjenester. Resultatene vil først og fremst gi innspill til intern strategiutvikling og forbedringer.

Den funksjonelle enheten for organisasjons-LCA'en er definert som *alle produkter og tjenester produsert på Den Magiske Fabrikken i løpet av et år*.

Disse resultatene vil gi innspill til hvor det er størst rom for forbedring og kan synliggjøre effekten ved å utføre endringer i produksjonen. De inkluderte aktivitetene i verdikjeden er illustrert i Figur 4-1.



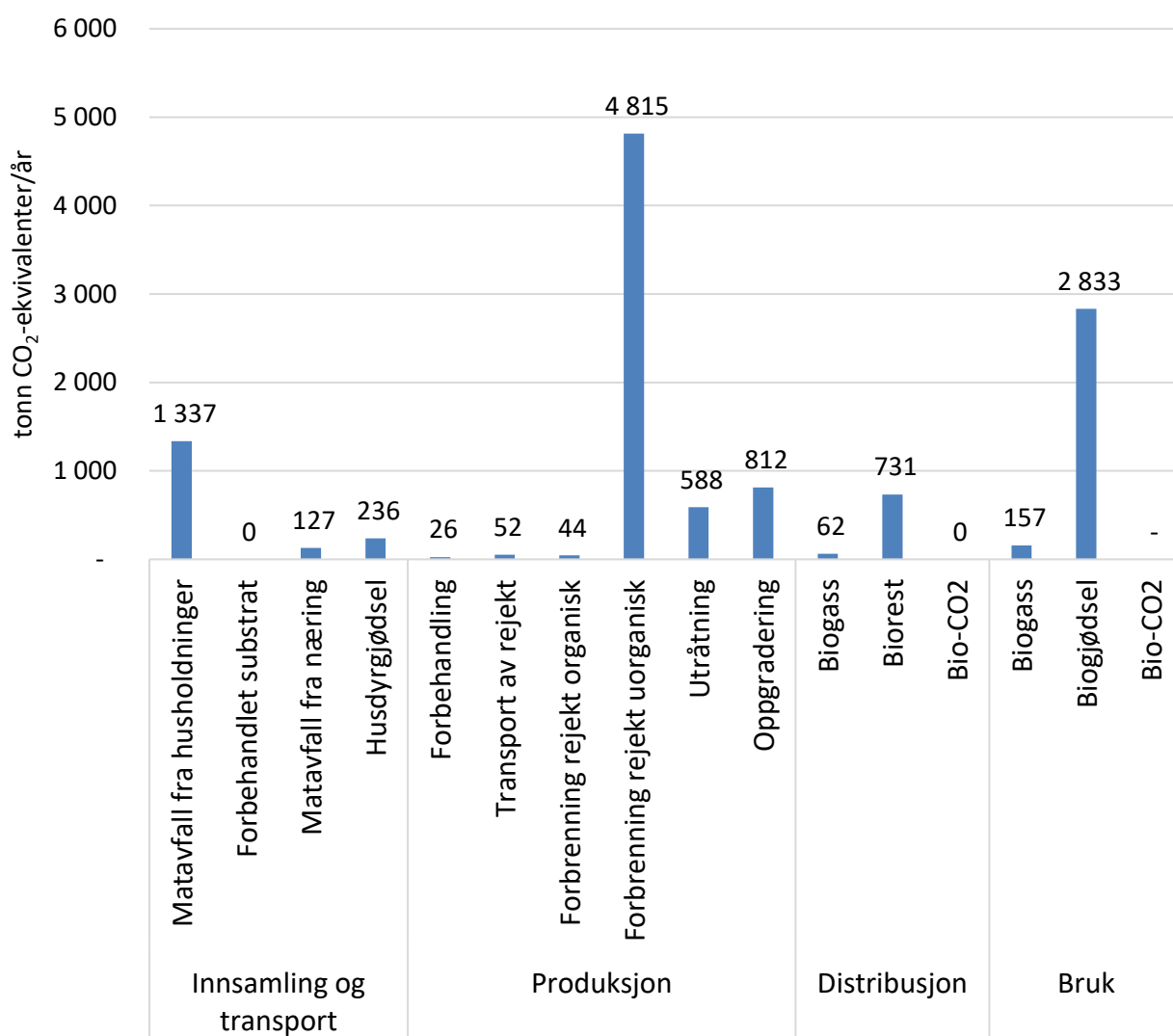
Figur 4-1 Illustrasjon av livsløpet til produktene og tjenestene generert av Den Magiske Fabrikken

I en slik analyse er det ikke behov for å allokere miljøbelastningene mellom produktene og tjenestene. Analysene i organisasjons-LCA'en inkluderer ikke unngåtte utslipp eller

karbonlagringseffekt. Disse aspektene er inkludert i analysen av den totale potensielle klimaeffekten ved å etablere Den Magiske Fabrikken, som presenteres i Kapittel 5.

4.2 Resultater organisasjons-LCA

Resultatene fra klimagassberegningene til livsløpet til alle produkter og tjenester generert av Den Magiske Fabrikken i 2018 vises i Figur 4-2.



Figur 4-2 Klimagassutslipp per år for hele livsløpet til alle produkter og tjenester

Det totale klimagassutslippet fra hele verdikjeden til produktene og tjenestene generert i løpet av et år ved Den Magiske Fabrikken er beregnet til å være 11 821 tonn CO₂-ekvivalenter og tilsvarer årlige gjennomsnittlige utslipp fra ca 1442 personer i Norge (8,2 tonn CO₂/innbygger i 2018¹).

¹ <https://energiogklima.no/klimavakten/utslipp-per-innbygger/>

Resultatene viser at forbrenning av rejekt, innsamling av matavfall fra husholdninger og bruk (spredning) av biogjødsel er de aktivitetene som gir høyest klimagassutslipp når man ser på hele verdikjeden til alle produkter og tjenester.

Utslippene knyttet til forbrenning av rejekt skyldes plastinnholdet i rejektet. Plast er et fossilt materiale som avgir klimagasser når det brennes. Plastandel i rejektet er ikke inkludert i tidligere studier, siden plastinnholdet tidligere har vært ukjent. Antakelsene om innholdet av plast i rejektet er basert på funnene til Fagerheim (2020), der det ble anslått at innsamlingsposer i plast fra kommunene som leverer matavfall til Den Magiske Fabrikken utgjør 508,8 tonn per år, at feilsortert plast fra matavfall fra husholdninger tilsvarer 380,2 tonn og at 1113 tonn plast kommer fra emballert næringsavfall.

Dersom plast i rejekt kunne bli sendt til materialgjenvinning, ville disse utslippene kunne reduseres i betydelig grad. En annen mulighet for reduserte klimagassutslipp er at kommunene som i dag bruker innsamlingsposer i plast går over til å bruke andre løsninger. Før man kan konkludere om hvorvidt en bør gå over til andre poseløsninger, er det viktig å undersøke hvordan en eventuell overgang fra plastposer til andre poseløsninger kan påvirke utsorteringsgraden og svinn underveis i verdikjeden. Disse problemstillingene er aktuelle å belyse i forskningsprosjektet Innovativ Avfallslogistikk, hvor VESAR er prosjekteier.

Utslippene fra spredning av biogjødsel er ikke basert på faktiske målinger, men er beregnet ut ifra råstoffene og biogassproduksjonen. For husdyrgjødsel representerer dette utslipp som uansett ville skjedd dersom gjødsla ble lagret og spredd uten biogassproduksjon, noe som vises i resultatene i kapittel 5.2 som også inkluderer reduserte utslipp. Det er knyttet store usikkerheter til antakelser om mengde utslipp fra lagring av biogjødsel etter anaerob utråtning, da dette vil avhenge av temperatur, lager og hvor stor andel av biogassutbytte som er igjen i bioresten.

Utslippene fra innsamling og transport av matavfall, og transport av husdyrgjødsel og biogjødsel, avhenger i stor grad av hvilket drivstoff som benyttes. Det er antatt at 30% av renovasjonsbilene kjører på diesel, mens 70% kjører på biogass. Resultatene for innsamling er dermed betydelig lavere enn i Følgeforskningsrapporten (Stensgård et al., 2017), der det ikke ble tatt hensyn til at en andel av renovasjonskjøretøyene går på biogass. Dersom alle renovasjonsselskapene som leverer matavfall til Den Magiske Fabrikken gikk over til biogass, vil utslippene kunne reduseres ned til 353 tonn CO₂-ekvivalenter/år.

I Følgeforskningsprosjektet ble metanlekkasjen til Den Magiske Fabrikken estimert til å være 2,9% av den produserte mengden biogass. Etter dette er det gjort tiltak for å redusere tap av metan i ventilasjonsluften. I Bærekraftig Biogass-prosjektet ble det gjort nye målinger av SINTEF Tel-Tek som viser at tiltakene sannsynligvis har hatt en effekt. Det er derfor forutsatt 1% metantap fra oppgradering og 0,3% lekkasjer fra anlegget.

5 Klimaeffekt av etablering av Den Magiske Fabrikken

5.1 Systemgrenser og funksjonell enhet

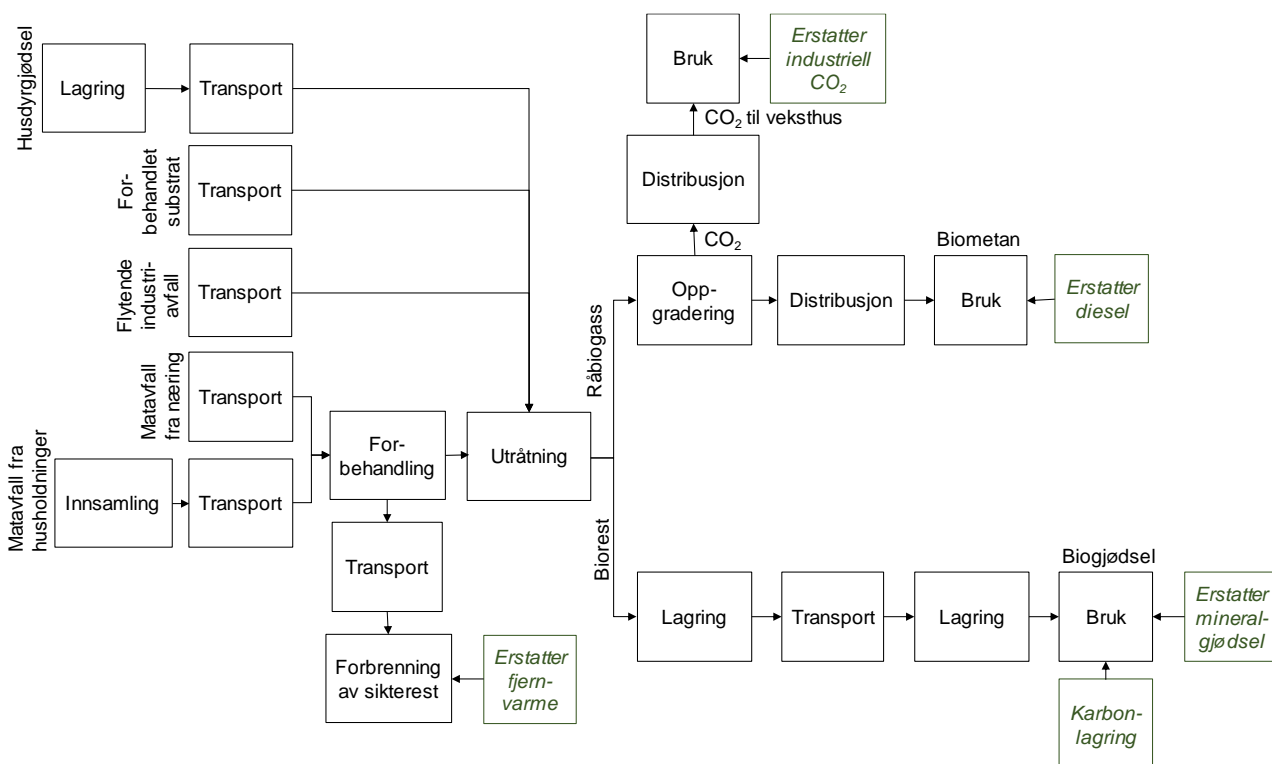
Den totale effekten med tanke på reduksjon av klimagassutslipp ved å ha etablert Den Magiske Fabrikken er beregnet ved å inkludere utslipp fra alle produkter og tjenester generert av fabrikken (organisasjons-LCA) og de unngåtte utslippene ved at produktene og tjenestene erstatter andre produkter og tjenester. Dette synliggjør hvorvidt etableringen av Den Magiske Fabrikken medfører netto utslipp eller netto reduserte utslipp. Dersom de unngåtte utslippene er større enn utslippene, gir dette en netto reduksjon.

Den funksjonelle enheten er i dette tilfellet definert som: *Produksjon og bruk av alle produkter og tjenester generert av Den Magiske Fabrikken i løpet av et år, inkludert nytten ved at produktene og tjenestene generert av fabrikken erstatter andre produkter og avfallshåndteringstjenester på markedet.*

Det er her valgt å skille mellom unngåtte utslipp ved at de *fysiske sluttproduktene* (biogass, biogjødsel, CO₂) erstatter andre produkter (også kalt *substitusjon*) og de unngåtte utslippene knyttet til alternativ håndtering av avfalls- og gjødselressursene (definert som *referansescenarier*).

De *fysiske sluttproduktene* til Den Magiske Fabrikken erstatter andre produkter, som kan medføre unngåtte utslipp fra produksjon og bruk av de erstattede produkter:

- Unngåtte utslipp ved at biogass som drivstoff brukt gasskjøretøy erstatter diesel.
- Unngåtte utslipp ved at biogjødsel erstatter av mineralgjødsel (gjelder kun matavfall, siden det antas at biogjødselandelen som kommer fra husdyrgjødsel erstatter ubehandlet husdyrgjødsel)
- Unngåtte utslipp ved bruk av bio-CO₂ i veksthus fremfor industriell CO₂
- Unngåtte utslipp fra erstatning av energi fra energituttelse av rejekt fra forbehandling
- Karbonlagringseffekt ved bruk av biogjødsel når fra matavfall

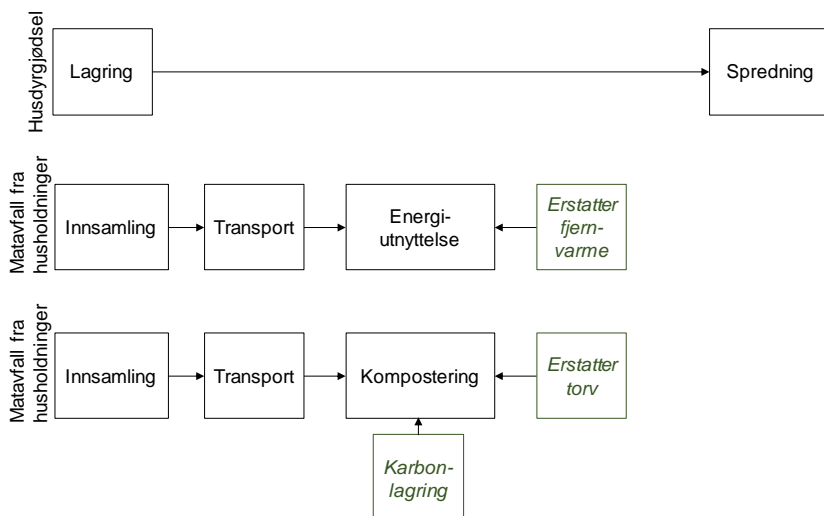


Figur 5-1 Illustrasjon av av livsløpet til produktene og tjenestene generert av Den Magiske Fabrikken og hva de fysiske sluttproduktene erstatter

Siden alle råvarene som benyttes i Den Magiske Fabrikken er avfalls- og gjødselressurser som måtte ha blitt håndtert på en annen måte hvis det ikke ble sendt til biogassproduksjon, inkluderer analysen også netto utslipp for den alternative behandlingen. Dette kalles for referansescenarier, og er definert som følger:

- Unngåtte netto utslipp/sparte utslipp ved alternativ håndtering av matavfall fra husholdning og næring: matavfall går til energiutnyttelse eller kompostering med tilhørende erstatning av henholdsvis energi og torv, samt karbonlagringseffekt ved kompostering
- Unngåtte utslipp ved lagring og spredning av ubehandlet husdyrgjødsel i stedet for å sende det til biogassproduksjon

Referansescenariene er illustrert i figuren nedenfor.



Figur 5-2 Illustrasjon av alternativ håndtering av avfalls- og gjødselressursene

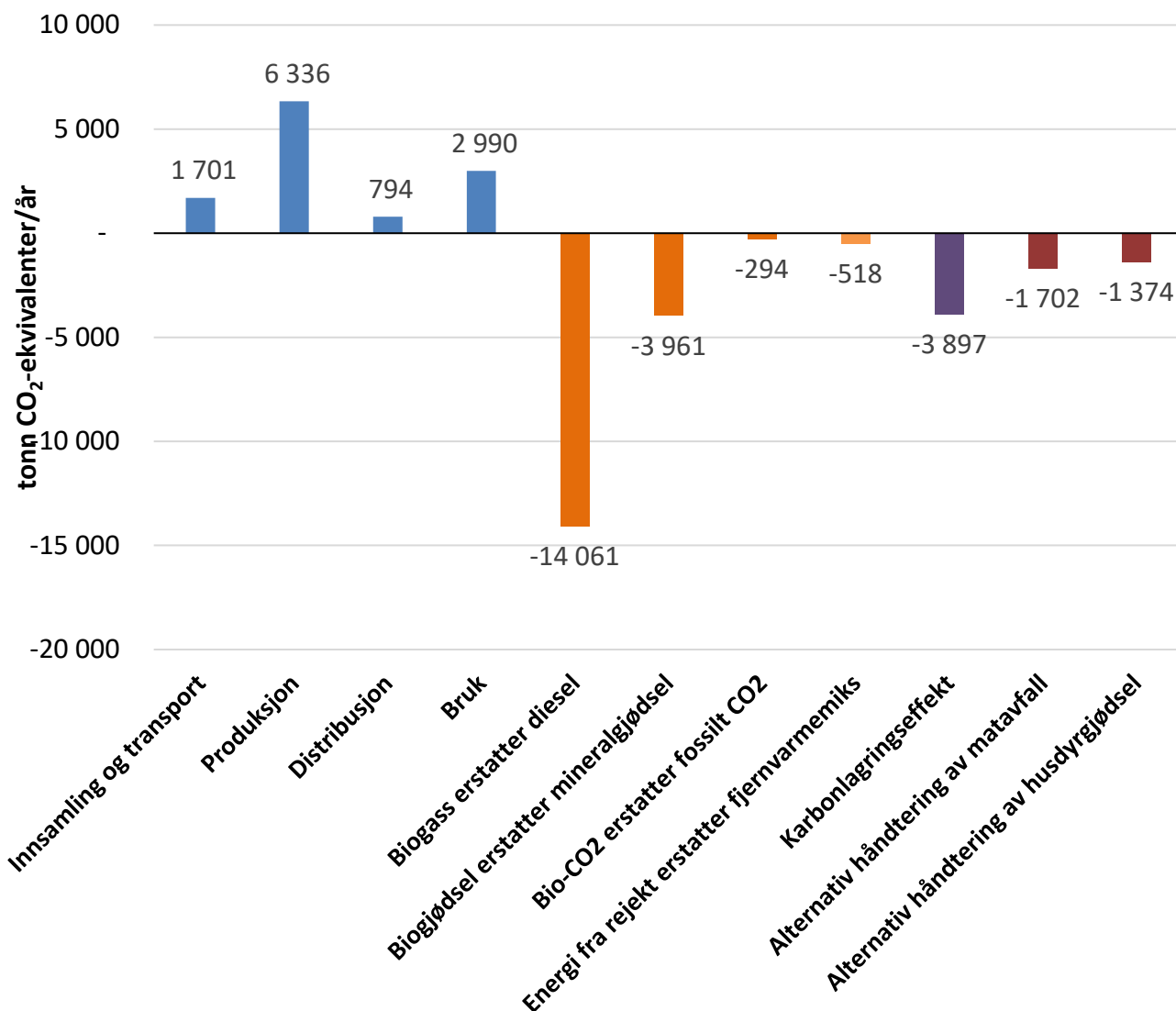
Referansescenariet for matavfall er beregnet ut ifra samme avfallssammensetning som matavfallet som går til biogassproduksjon for at sammenlikningen skal være mest mulig rettferdig. Det vil si at samme mengde feilsortering er inkludert i disse alternativene.

Den Magiske Fabrikken mottok noe forbehandlet substrat og industriavfall, i tillegg til matavfall og husdyrgjødsel. Siden dette utgjør en svært liten andel av råstoffet (under 5% av tørrstoffet), ble det ikke definert noe referansescenario for disse.

Det er viktig å være oppmerksom på at det alltid vil være knyttet noe usikkerhet til hva som erstattes, og at dette kan avhenge av lokale forhold og hensikten med studien. Scenariet for behandling av energiutnyttelse og kompostering er basert på gjennomsnittsansatkelser, og det er ikke innhentet spesifikke data fra spesifikke forbrennings- eller komposteringsanlegg.

5.2 Resultater etablering av Den Magiske Fabrikken

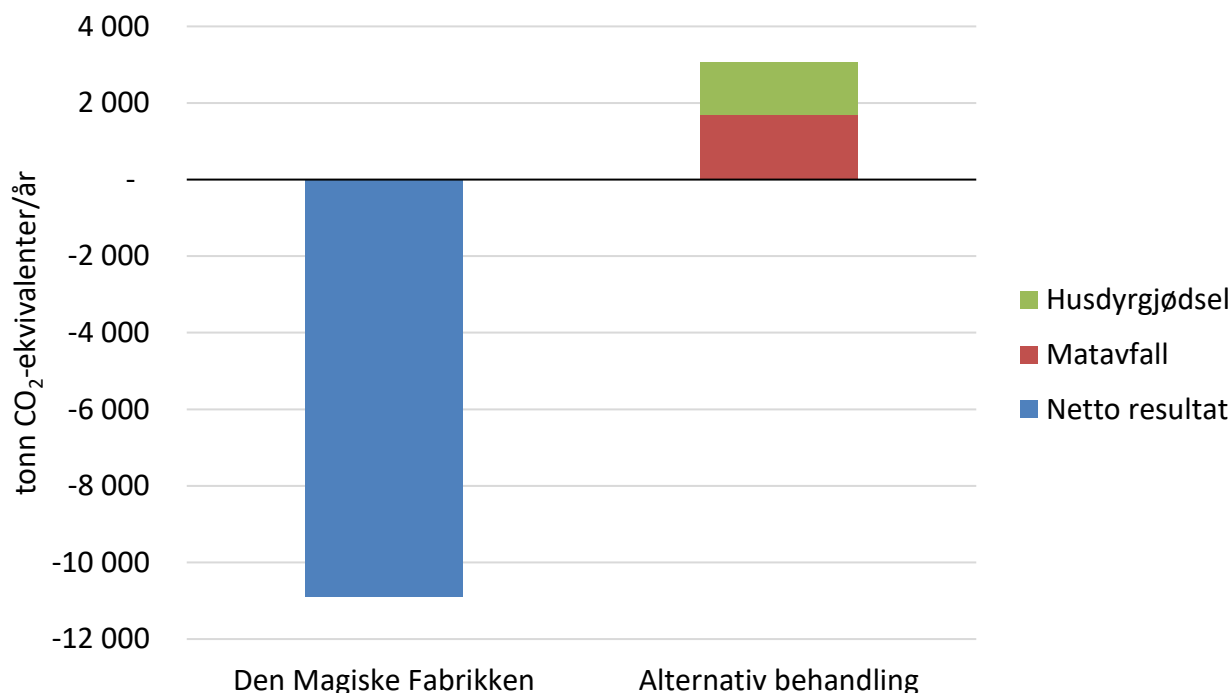
Etablering av Den Magiske Fabrikken har muliggjort bruk av matavfalls- og husdyrgjødselressurser til å generere produkter som kan erstatte andre produkter på markedet. I resultatene som presenteres nedenfor er alle utslipp som er innenfor de definerte systemgrensene til produktene og tjenestene som Den Magiske Fabrikken genererer inkludert. I tillegg vises effekter utenfor systemgrensen til produktene, ved å inkludere hva som er den potensielle klimapåvirkningen når produktene og tjenestene fra fabrikken erstatter andre produkter og tjenester.



Figur 5-3 Potensiell påvirkning på klimaendringer per år fra alle produkter og tjenester generert av Den Magiske Fabrikken, inkludert effekten ved at produktene og tjenestene erstatter andre produkter og tjenester

De blå søylene i Figur 5-3 tilsvarer utslippene som er en del av organisasjons-LCA'en presentert i Figur 4-2, oransje søyler er unngåtte utslipp som følge av at sluttproduktene erstatter andre produkter. Videre er de røde søylene alternativ behandling av matavfall og husdyrgjødsel og den lille søylen er karbonlagringseffekten ved at det lagringsstabile karbonet fra matavfallet i biogjødsel lagres i jorda (basert på verdier fra Modahl et al. (2016)). Referansescenariet for matavfallet er antatt å være en kombinasjon av energiutnyttelse (60%) og kompostering (40%) basert på Møller og Modahl (2013), som ble gjennomført før fabrikken ble bygget.

Figur 5-4 viser de samme resultatene som i Figur 5-3 fremstilt på en annen måte, der behandling av de totale mengdene råstoff inn i anlegget sammenliknes med alternativ behandling av matavfall og husdyrgjødsel.



Figur 5-4 Netto klimanytte Den Magiske Fabrikken sammenliknet med alternativ behandling av råstoffene

Ved å summere sammen alle utslipp og unngåtte utslipp i Figur 5-3 eller å se på differansen mellom resultatene for Den Magiske Fabrikken og alternativ behandling i Figur 5-4, kan det konkluderes med at totaleffekten ved å etablere Den Magiske Fabrikken (netto resultat), gir dette en estimert årlig klimanytte på 13 986 tonn CO₂-ekvivalenter/år. Dette viser at de sparte utslippene forbundet med anlegget (ca 26 000 tonn CO₂-ekvivalenter) er mer enn dobbelt så stor som utslippene fra verdikjeden til anlegget (ca 12 000 tonn CO₂-ekvivalenter i Figur 4.2).

Dette tallet er noe høyere enn det som er estimert i Følgforskingsrapporten (Stensgård et al., 2017), noe som i hovedsak skyldes at Følgforskningen ikke inkluderte alternativ behandling av matavfall. Det er verdt å merke seg at karbonlagringseffekten var inkludert under livsløpsfasen «biogjødsel erstatter mineralgjødsel» i Følgforskingsrapporten, mens det i denne rapporten er valgt å vise karbonlagringseffekten separat.

Den største klimagevinsten oppnås ved at biogass som brukes i kjøretøy erstatter diesel (ca 14 000 tonn CO₂-ekvivalenter). Dette er i overensstemmelse med Følgforskingsrapporten dersom man ser på den estimerte produksjonen for året 2017. Når effekten av etableringen av anlegget skal estimeres, er det riktig å si at biogassen erstatter diesel, fordi biogassen faktisk har bidratt til å fjerne ut diesel som drivstoff i busser og renovasjonskjøretøy. Tidligere studier har forutsatt at biogassen har erstattet fossil diesel (Modahl et al., 2016; Møller & Modahl, 2013; Stensgård et al., 2017). Over tid vil den nasjonale drivstoffmiksen endre seg, og det kan derfor diskuteres hvorvidt

erstatning av fossil diesel er en riktig forutsetning i fremtidige analyser. I denne studier er det derfor forutsatt at 12% av diesel som erstattes er biodiesel, i henhold til innblandingskrav i produktforskriften. Forutsetningen om hvilken drivstoffmiks som erstattes vil avhenge av hensikten med studien, og det kan derfor være naturlig å bruke ulike antakelser for et årlig klimaregnskap for et anlegg og analysen av etablering av et helt nytt anlegg.

Et annet aspekt er at analysen som beskrives ovenfor både tar høyde for at en betydelig del av matavfallet samles inn med renovasjonsbiler på biogass, samtidig som en antar at all biogassen som produseres erstatter diesel. Det kan diskuteres om denne forutsetningen medfører dobbelttelling av klimagevinsten ved at biogass erstatter diesel. Det ble likevel valgt å inkludere effekten av begge disse tiltakene, da valget om å bruke av renovasjonskjøretøy som går på biogass og valget om å produsere drivstoff fra biogassen utgjør to separate valg som tas av ulike aktører, som begge bør få synliggjort nytten ved valget. En slik antakelse innebærer at analysen inkluderer at det tas i bruk biogass produsert utenfor systemet.

Det er forutsatt at biogjødsel produsert på Den Magiske Fabrikken erstatter fullgjødsel basert på målt nitrogeninnhold i biogjødsel. I BioValueChain-modellen ble det antatt som basis at 60% av nitrogenet i bioresten var plantetilgjengelig og kunne erstatte mineralgjødsel (Lyng et al., 2015; Modahl et al., 2016). Lyng, Prestrud og Stensgård (2019) gjennomførte en spørreundersøkelse blant de som mottar biogjødsel fra Den Magiske Fabrikken. 80% av respondentene av husdyrbøndene som mottar biogjødsel (og leverte husdyrgjødsel til sentralt biogassanlegg) oppga at bruk av biogjødsel har redusert behovet for mineralgjødsel, med et gjennomsnitt på 20 kg mineralgjødsel/tonn husdyrgjødsel. Blant kornbøndene oppga alle respondentene i undersøkelsen at bruk av biogjødsel har redusert bruken av mineralgjødsel, med et snitt på 18 kg mineralgjødsel/tonn biogjødsel. Basert på disse antakelsene og det teoretiske nitrogeninnholdet i de mottatte mengdene matavfall og husdyrgjødsel, kan det estimeres at omtrent 70% av nitrogeninnholdet i den årlige mengden biogjødsel har erstattet mineralgjødsel. I følge forskningsrapporten er det antatt at det kun er nitrogenet fra matavfallet som erstatter mineralgjødsel. Dette er fordi de fleste gårdene som leverer husdyrgjødsel til anlegget får den samme mengde biogjødsel tilbake, og biogjødsel kan derfor antas å erstatte fersk husdyrgjødsel. Beregningene ovenfor tyder derimot på at mengden nitrogen som erstattes er høyere enn den teoretiske mengden nitrogen som kommer fra matavfall. Det er ikke mulig å si helt sikkert hva dette skyldes, men en forklaring kan være at utråtningsprosessen kan gjøre at nitrogenet i biogjødsel blir mer plantetilgjengelig enn i fersk husdyrgjødsel, noe som reduserer behovet for mineralgjødsel. Det anbefales at det i fremtiden undersøkes nærmere hva slags type og hvor mye gjødsel som erstattes på gårdene som mottar biogjødsel, fordi dette er av betydning for det totale klimaregnskapet.

Modellering av mineralgjødsel er gjort på en litt mer detaljert måte enn tidligere analyser, ved å anta at biogjødsel som returneres til husdyrbønder spres på grasareal og erstatter Fullgjødsel 18-3-15 og resterende leveres til kornbønder og erstatter Fullgjødsel 22-3-10 basert på (Grønlund, 2014). Det er brukt databasedata til å modellere produksjon og bruk av fullgjødsel, men dataene er tilpasset for norske forhold.

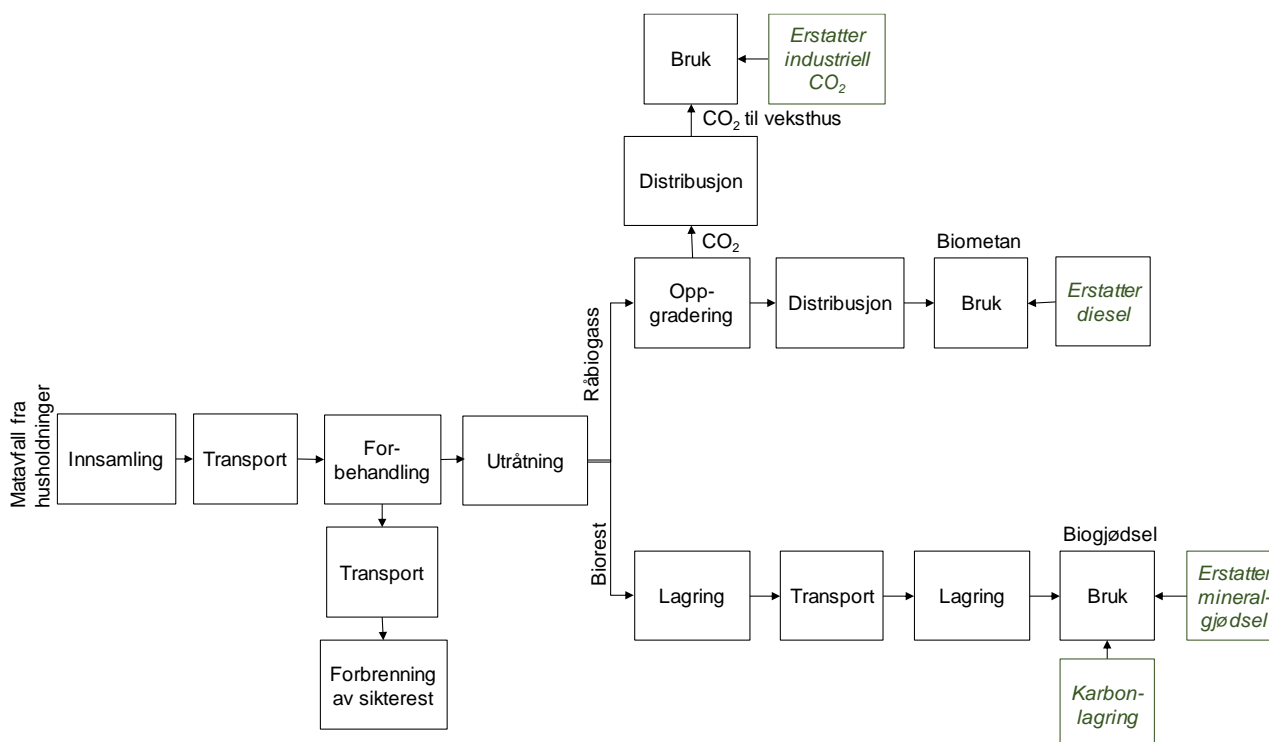
Det er bare en liten andel av CO₂-strømmen fra oppgraderingsanlegget som utnyttes per i dag, og gevinsten ved at bio-CO₂ erstatter industriell CO₂ er derfor relativt liten. Det er derimot et betydelig

potensial for ytterligere utslippsreduksjoner dersom en større andel utnyttes. De estimerte unngåtte klimagassutslippene avhenger dessuten av hvorvidt bio-CO₂ erstatter industriell CO₂ (europeisk eller globalt snitt) eller om den erstatter CO₂ som ansees som restråstoff fra en annen produksjonsprosess. Dette er diskutert nærmere i en egen rapport som er utarbeidet i Bærekraftig Biogass-prosjektet (Lyng, 2020).

6 Behandling av matavfall fra husholdninger i Den Magiske Fabrikken

6.1 Systemgrenser og funksjonell enhet

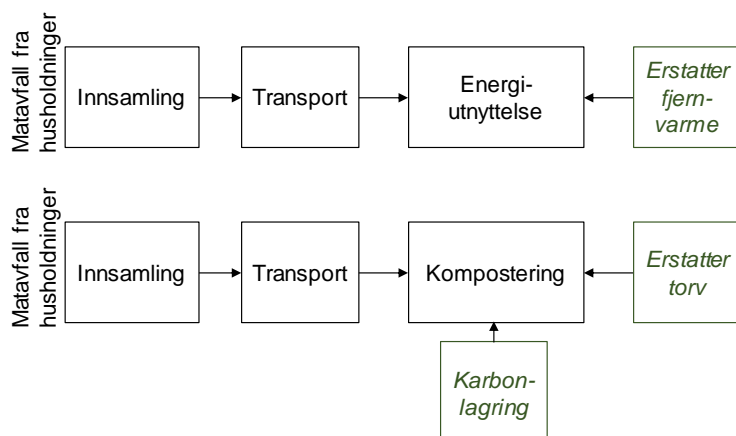
Miljøeffekten ved å kildesortere matavfall fra husholdninger og behandle det ved Den Magiske Fabrikken er beregnet ved å inkludere alle aktiviteter og prosesstrinn som er relevant for matavfall. Analysene følger de samme prinsippene og systemgrensene som i Raadal, Modahl og Lyng (2009) og Modahl et al. (2016). Funksjonell enhet er definert som *behandling av ett tonn matavfall, inkludert de unngåtte utslippene ved at matavfallet brukes til å generere produkter som erstatter andre produkter*. Dette er illustrert i Figur 6-1.



Figur 6-1 Illustrasjon av av livsløpet til behandling av matavfall på Den Magiske Fabrikken, og hva de genererte produktene erstatter

Siden behandling av husdyrgjødsel og andre substrater er definert som utenfor systemgrensene for denne analysen, er det kun substitusjonseffekten fra den andelen av sluttproduktene som kan tilordnes matavfallet fra husholdninger som er inkludert. Noen av avfallsselskapene som leverer matavfall til Den Magiske Fabrikken har en optibagløsning. Eventuelt svinn ved optibagsortering er ikke medregnet i denne rapporten, og resultatene gjelder derfor per tonn matavfall som *ankommer* porten til Den Magiske Fabrikken, og ikke nødvendigvis per tonn *utsortert* i husholdningene.

Det er ikke mulig å vurdere effekten av kildesortering uten å sammenlikne med alternativ behandling av avfallet. Det er derfor definert to ulike referansescenarier som vist i Figur 6-2.



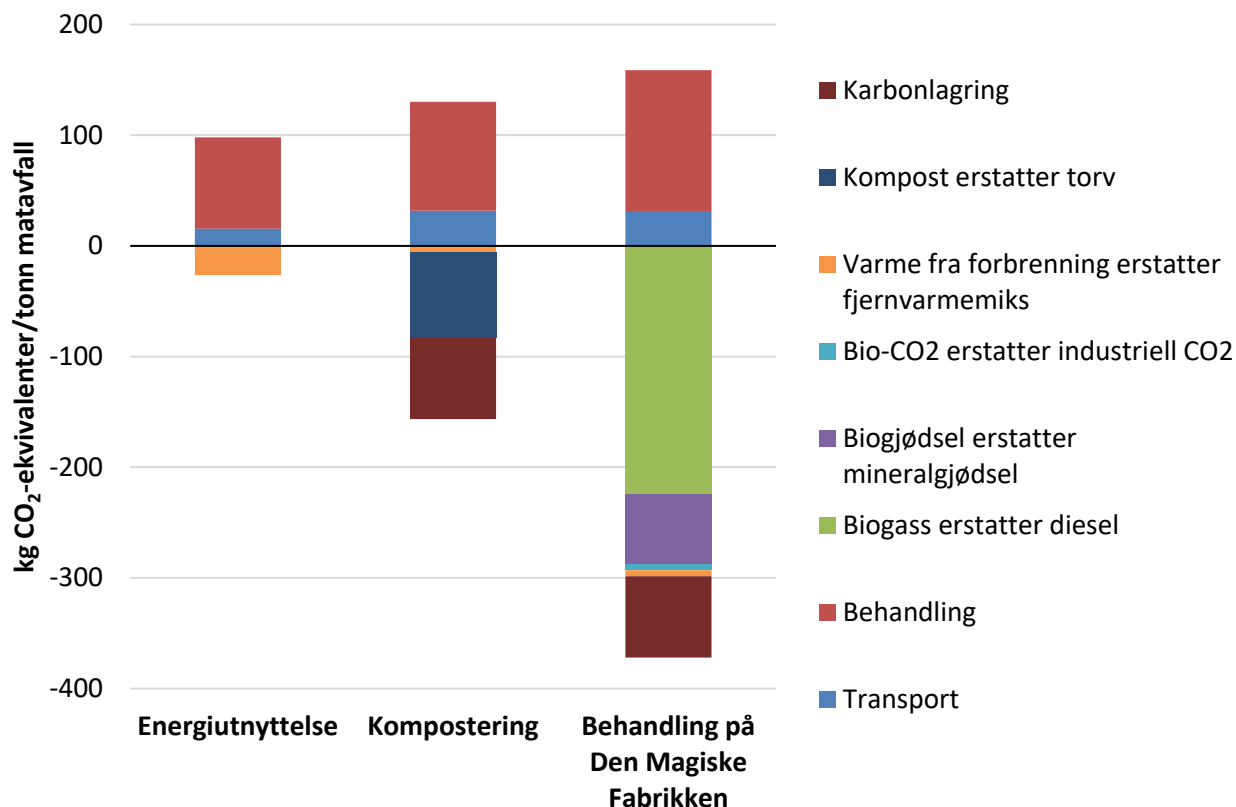
Figur 6-2 Illustrasjon av alternativ håndtering av matavfall fra husholdninger

Det ene referansescenariet er kildesortert matavfall som går til kompostering, og det andre er matavfall som ikke er kildesortert, men som sendes til energiutnyttelse sammen med restavfallet.

6.2 Resultater per tonn matavfall

Resultatene presenteres per funksjonell enhet, som er behandling av ett tonn matavfall, inkludert nytten ved at produktene generert fra matavfallet erstatter andre produkter. Resultatene for behandling av matavfallet ved Den Magiske Fabrikken sammenliknes med de to referansescenarier som er presentert i Figur 6-2: energiutnyttelse av matavfall (håndtering av matavfall som ikke blir kildesortert, men som havner i restavfallet) og kompostering av matavfall. Resultatene i referansescenariene er korrigert for samme mengde feilsortering som i biogassalternativet.

Figur 6-3 viser resultatene fordelt på livsløpsfasene.

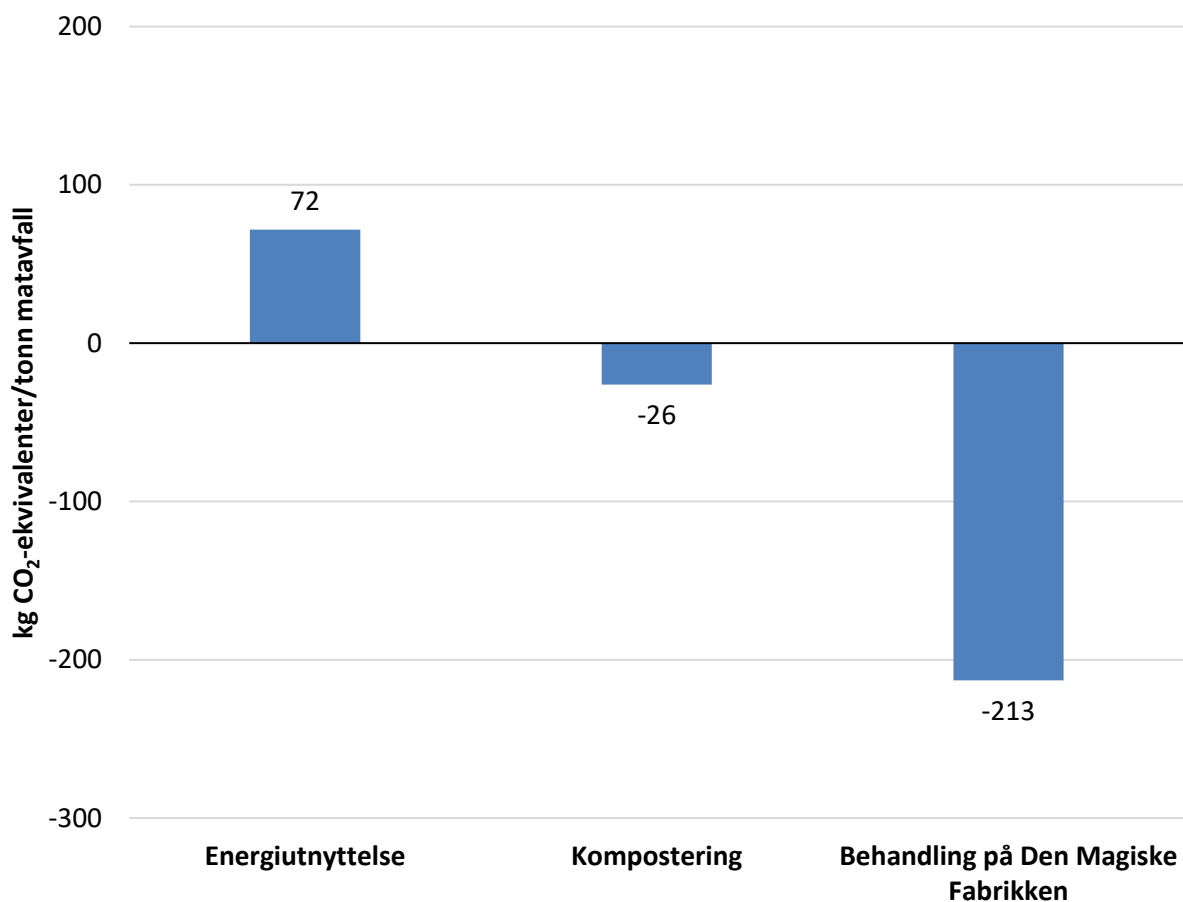


Figur 6-3 Resultater for behandling av 1 tonn matavfall fra husholdninger fordelt på livsløpsfasene (inkludert behandling av avfallsposer og feilsortering)

Resultatene viser at behandling på Den Magiske Fabrikken gir de største utslippene, men også de største besparelsene der bruk av biogass som erstatning for diesel gir størst bidrag.

Siden analysen følger verdikjeden til matavfall fra husholdning, er transport av matavfall fra andre kilder og håndtering av husdyrgjødsel ikke inkludert i disse analysene. Effekten av karbonlagring i jord og produsert mengde biogass, biogjødsel og bio-CO₂ omfatter kun den andelen som kan tilegnes matavfallet. Miljøbelastningen for fellesprosessene er fordelt mellom matavfall og husdyrgjødsel, på basis av tørrstoffinnhold.

Figur 6-4 viser de samme resultatene som ovenfor, der alle utslipp og unngåtte utslipp er summert (netto klimagassutslipp).



Figur 6-4 Netto resultater for behandling av 1 tonn matavfall (inkludert behandling av avfallsposer og feilsortering)

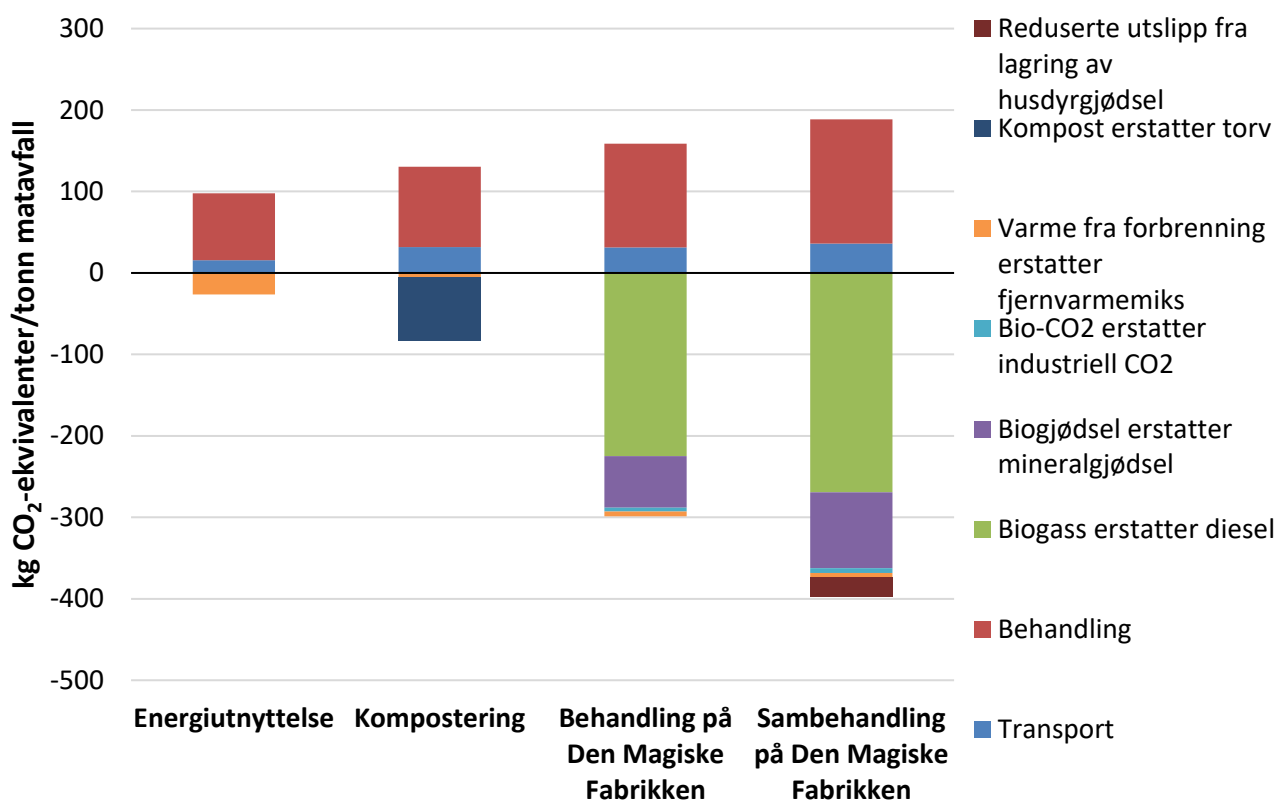
Figur 6-4 viser tydelig at behandling på Den Magiske Fabrikken gir størst netto klimanytte av alternativene som er analysert. Det understrekes at det ikke er samlet inn spesifikke tall for referansealternativene, og at det derfor ikke er mulig å sammenlikne behandling ved Den Magiske Fabrikken med behandling ved spesifikke forbrenningsanlegg eller komposteringsanlegg. Resultatene gir likevel en indikasjon på effekten av å behandle matavfallet ved Den Magiske Fabrikken sammenliknet med de andre behandlingsmåtene. Resultatene viser at behandlingen på Den Magiske Fabrikken er den mest gunstige av de tre alternativene, og representerer en reduksjon i klimagassutslipp på mellom 187 og 285 kg CO₂-ekvivalenter/tonn matavfall sammenliknet med de andre behandlingsalternativene. Økt utsortering av matavfall vil gi en klimagassreduksjon på 285 kg CO₂-ekvivalenter

Dersom det gjøres en tilsvarende analyse av et annet behandlingsanlegg med samme systemgrenser og datakvalitet, vil den potensielle klimapåvirkningen ved behandling på ulike anlegg kunne sammenliknes med hverandre.

6.3 Resultater per tonn matavfall, inkludert håndtering av husdyrgjødsel

I kapittel 6.2 ble ikke behandlingen av husdyrgjødsel inkludert fordi systemgrensene var definert slik at det kun var matavfallsstrømmen og de sekundære produkter matavfallet genererer som var inkludert. Behandling av husdyrgjødsel kan sees på som en egen funksjon, eller som en ekstrafunksjon som oppnås ved at husdyrgjødsel brukes som en innsatsfaktor for behandling av matavfallet. Behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg kan bidra til å redusere utslipp fra lagring, ved at lagringstiden kortes ned og at metan «fanges» av biogassanlegget og konverteres til biogent CO₂ når det brennes i en gassmotor. I Den Magiske Fabrikken brukes husdyrgjødsel som prosessvann, og bidrar til økt produksjon av biogass. Sambehandling av husdyrgjødsel sammen med matavfallet gir dermed flere positive ringvirkningseffekter.

I Figur 6-5 er det lagt til en ekstra søyle som viser resultatene for sambehandling av matavfall sammen med husdyrgjødsel. Dette er beregnet ved å tilordne alle utslipp og unngåtte utslipp til behandling av matavfallet, som betyr at behandling av husdyrgjødsel ikke ansees som en egen funksjon, men som en innsatsfaktor for behandling av matavfall.

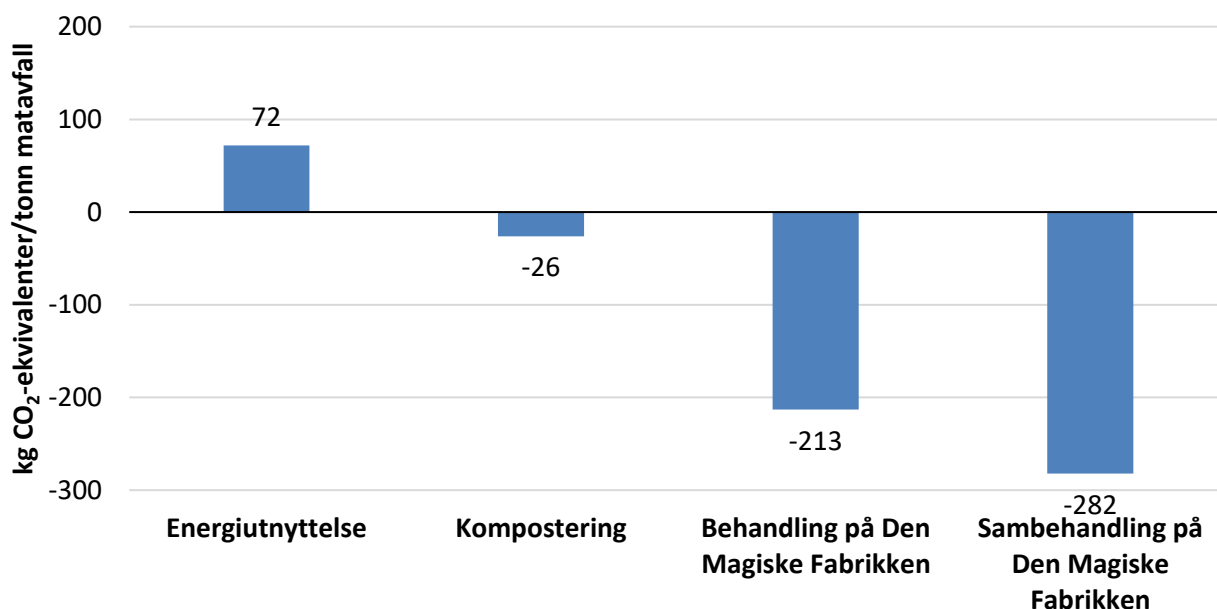


Figur 6-5 Resultater for behandling av 1 tonn matavfall fordelt på livsløpsfasene (inkludert behandling av avfallsposer og feilsortering)

Figuren viser at sambehandling av matavfall med husdyrgjødsel gir både økte utslipp og økt besparelse, og nettoeffekten presenteres i Figur 6-6. Inkludering av behandling av husdyrgjødsel

innenfor systemgrensene til behandling av matavfall gjør at biogassproduksjonen per tonn matavfall inn i anlegget øker. Erstattet mengde mineralgjødsel øker også, noe som gir en ytterligere utslippsreduksjon. Som beskrevet i kapittel 5.2, viser beregninger at mengden nitrogen som erstatter mineralgjødsel er høyere enn den teoretiske mengden nitrogen som kommer fra matavfall. Andelen mineralgjødsel som erstattes kan tilskrives matavfallet er derfor definert som den teoretiske mengden nitrogen i matavfallet, mens den overskytende mengden er tilskrevet husdyrgjødsel. Videre medfører behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg reduserte utslipp fra lagring og spredning av ubehandlet husdyrgjødsel. Det er viktig å merke seg at det er knyttet store usikkerheter til estimater av reduserte utslipp som følge av redusert lagringstid av husdyrgjødsel når den sendes til biogassanlegg. Dette avhenger blant annet av temperatur og hvor lenge husdyrgjødsel lagres (både den ubehandlede og den som går til biogassproduksjon).

I Figur 6-6 presenteres de samme resultatene som i figur 6-5, der utslipp og unngåtte utslipp er summert sammen til netto resultat.



Figur 6-6 Netto resultater for behandling av 1 tonn matavfall (inkludert behandling av avfallsposer og feilsortering)

Resultatene viser at dersom behandling av husdyrgjødsel inkluderes som en innsatsfaktor for behandling av matavfall, oppnås en ytterligere økt netto klimanytte, som er estimert til å være 69 kg CO₂-ekvivalenter/tonn matavfall behandlet ved Den Magiske Fabrikken. Det er viktig å være oppmerksom på at dersom flere aktører (for eksempel avfallsbesitter og landbruket) inkluderer den samme miljønyten i sine regnskap, kan dette potensielt føre til dobbelttelling og overestimering av nytten ved et tiltak. Det er likevel relevant å vise frem helheten og de positive og negative ringvirkningene som oppstår som følge av at verdikjeden for behandling av matavfall har mange funksjoner.

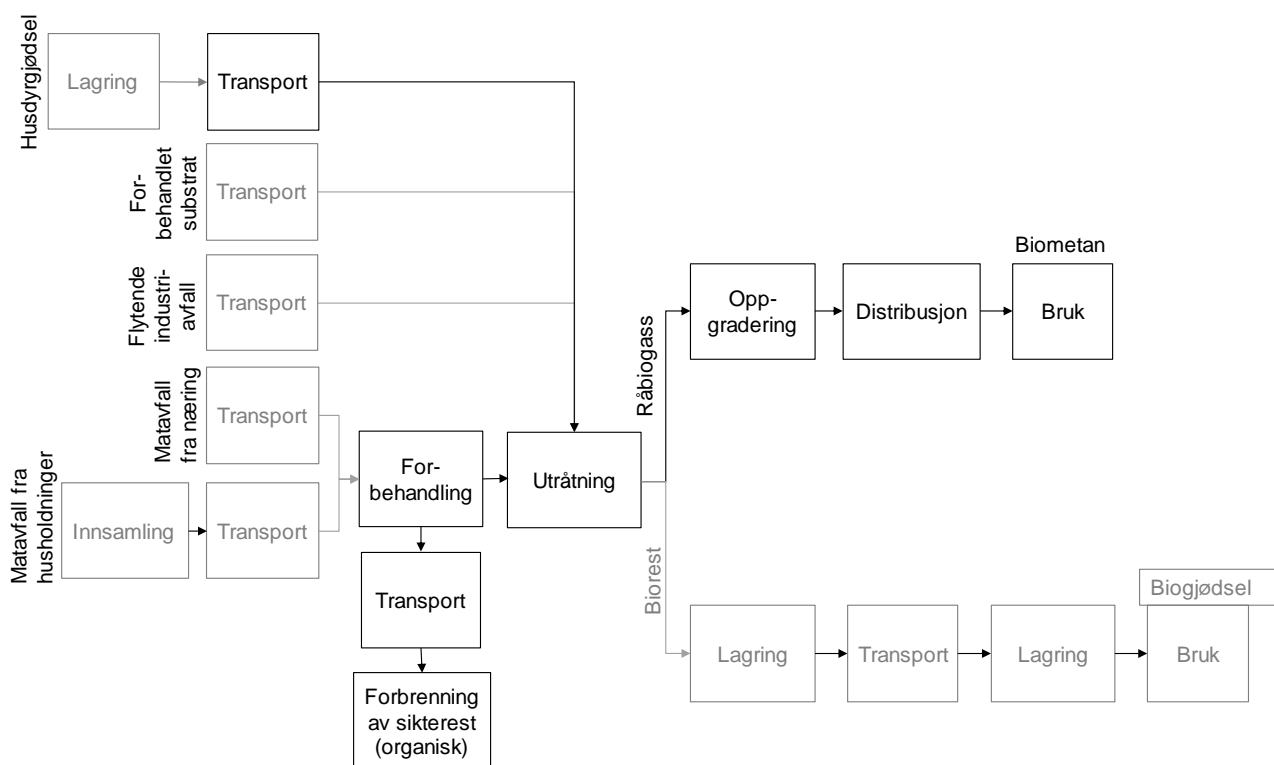
7 Resultater for biodrivstoff fra Den Magiske Fabrikken

7.1 Systemgrenser og allokering

Dette kapittelet ser på miljøeffekten til drivstoffet produsert ved Den Magiske Fabrikken sammenliknet med andre drivstoff på markedet. Her benyttes EPD-metodikk og produktkategorireglene (PCR) utviklet i *Bærekraftig Biogass*-prosjektet.

Den funksjonelle enheten er definert som *1 kWh oppgradert biogass*.

Analysen inkluderer kun de livsløpsfaser som er relevant for sluttproduktet biogass, som illustrert i Figur 2-4, der de aktivitetene som er definert som utenfor systemgrensene er markert med grått.



Figur 7-1 Illustrasjon av av livsløpet til biodrivstoff fra Den Magiske Fabrikken

Når et produkt gjenvinnes etter endt levetid, settes det normalt en systemgrense mellom første og andre livsløp når man benytter EPD-metodikk. Siden biogass- og biogjødselproduksjon defineres som materialgjenvinning, defineres det at innsamling og transport tilhører det første produktsystemet (livsløpet til matproduktene som ble til matavfall), mens forbehandling og utråtning tilhører livsløpet til de neste produktsystemene (biogass og biogjødsel).

For husdyrgjødsel er det litt andre systemgrenser som gjelder, siden husdyrgjødsel ikke er definert som avfall. Det er antatt at lagring av husdyrgjødsel tilhører matproduksjon (kjøtt- og/eller melkeproduksjon) og at transport til biogassanlegget tilhører produksjon av biodrivstoff og

biogjødsel. Den positive effekten av reduserte utslipp fra lagring av gjødsla vil derfor tilegnes matproduksjonen i denne sammenheng.

Prosesser som er felles for biogass og biogjødsel (transport av husdyrgjødsel, forbehandling, og utråtning) allokteres mellom sluttproduktene basert på masse (tørrestoffinnhold). Behandling av plast i rejekt, representerer infrastruktur (avfallsposer) og feilsorteringer som kan tilknyttes avfallssystemet for matavfall, som uansett skulle ha blitt sendt til energiutnyttelse.

Miljøbelastningene knyttet til dette er dermed ikke inkludert i analysen av drivstoff. Den organiske andelen av rejektet, derimot, ansees som et svinn fra produksjonsprosessen for biogass og biogjødsel som potensielt kan utnyttes bedre, og miljøbelastninger knyttet til håndtering av dette allokteres dermed mellom de to sluttproduktene.

LCA-resultater i EPD'er som følger standarder i byggebransjen deler opp livsløpet i tre moduler: A – råvareuttak, B – bruk og C- avfallshåndtering. Det er valgt å følge den samme inndelingen i PCR'en og i disse analysene. Siden drivstoff «brukes opp» i bruksfasen, er modul C ikke relevant for denne typen produkter, som vist i Tabell 7-1.

Tabell 7-1 Livsløpsfaser for biogass som drivstoff definert i PCR

| Life cycle stage | Product stage | | Production stage | | | Use stage | End of life stage |
|------------------|---------------|-----------|------------------|--------------|---------|-----------|---------------------|
| | Raw materials | Transport | Production | Distribution | Filling | | |
| Module | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | B | C |
| Mandatory module | X | X | X | X | X | X | Module not relevant |

7.2 Resultater EPD-metodikk

Resultater for biodrivstoff fra den Magiske Fabrikken slik de vil kunne fremkomme i en EPD vises i Tabell 7-2. Merk at resultatene i denne rapporten er ikke gyldig som miljødeklarasjon, siden tilhørende produktkategoriregler (PCR) ikke har vært på høring og studien følgelig ikke har gjennomgått en tredjepartverifisering.

Tabell 7-2 Miljøbelastninger gjennom livsløpet til biodrivstoff fra Den Magiske Fabrikken per kWh oppgradert gass

| | | Råvareuttak | Transport | Produksjon | Distribusjon | Fylling | Bruk | |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| Miljø- påvirknings- kategori | Enhet | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | B | Totalt |
| GWP | kg CO ₂ -eq. | 8,32E-07 | 3,03E-03 | 2,24E-02 | 8,59E-04 | 2,30E-04 | 2,74E-03 | 2,92E-02 |
| ODP | kg CFC11-eq. | 1,29E-13 | 5,60E-10 | 6,90E-10 | 8,07E-11 | 2,16E-11 | 0,00E+00 | 1,35E-09 |
| POCP | kg C ₂ H ₄ -eq. | 2,93E-10 | 4,61E-07 | 5,27E-06 | 1,91E-07 | 5,11E-08 | 3,06E-05 | 3,66E-05 |
| AP | kg SO ₂ -eq. | 6,06E-09 | 7,24E-06 | 2,11E-05 | 3,98E-06 | 1,07E-06 | 2,93E-05 | 6,27E-05 |
| EP | kg PO ₄ ³⁻ -eq. | 1,20E-08 | 1,63E-06 | 1,54E-05 | 9,60E-07 | 2,57E-07 | 7,01E-06 | 2,52E-05 |

Forklaring på forkortelser:

GWP Global warming potential;

ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer;

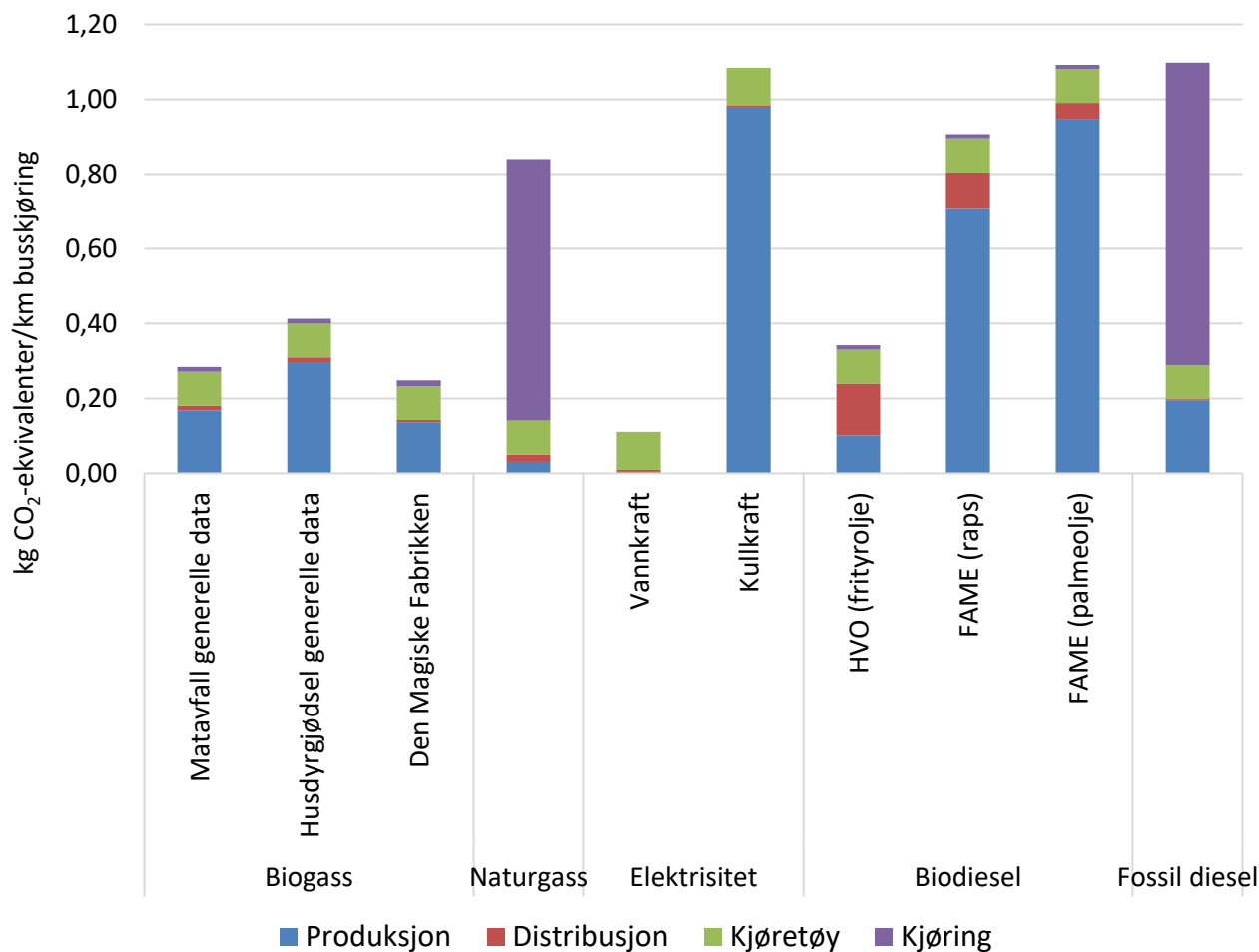
POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants;

AP Acidification potential of land and water;

EP Eutrophication potential

De ulike miljøpåvirkningskategoriene er beskrevet i Tabell 2-1. Tabell 7-2 viser resultatene per kWh oppgradert biogass. Det er viktig å påpeke at en miljødeklarasjon (EPD) skal deklare potensiell miljøpåvirkning, og ikke vurdere om produktet er «miljøvennlig», eller om produktet er bedre eller dårligere enn et konkurrerende produkt. I en innkjøpsituasjon skjer vurderingen av dette ved at innkjøper sammenlikner resultatene fra EPDer for ulike produkter, og derfor er det viktig at analysene er transparente og gjennomføres med samme systemgrenser og krav til data. Av denne grunnen er det ikke naturlig (eller tillatt) å inkludere effekten ved at biogass erstatter diesel eller andre drivstoffalternativer. En potensiell innkjøper skal sammenlikne EPDer for ulike produkter basert på samme «regelverk» (PCR) for gjennomføring av EPDen, og vurdere hvilket produkt som best oppfyller de kriteriene som er satt.

I denne rapporten har vi valgt å sammenlikne resultatene for klimagassutslipp med generelle tall for tilgjengelige drivstoff på markedet fra (Lyng & Brekke, 2019). Resultatet per kWh oppgradert gass er ikke uten videre sammenliknbare med andre drivstoff på grunn av ulik virkningsgrad for ulike motorteknologier. For å kunne sammenlikne med andre alternativer på markedet, presenteres derfor resultatene i Figur 7-2 for den funksjonelle enheten *1 kilometer busstransport*.



Figur 7-2 Klimagassutslipp gjennom livsløpet for ulike drivstoff per kilometer busskjøring (basert på Lyng og Brekke (2019))

Utslippene gjennom livsløpet til biogass som drivstoff er estimert til å være 0,25 kg CO₂-ekvivalenter/km busskjøring, der produksjon av biogassen og kjøretøyet står for de største bidragene. Det eneste drivstoffalternativet som oppnår lavere miljøbelastning er elektrisk buss som kjører på elektrisitet som kommer fra vannkraft. I realiteten vil elektrisitet som regel være produsert basert på en miks av energibærere. Fellestrekket for de fossile drivstoffene er at de største miljøbelastningene kommer fra selve kjøringen, mens hos biodrivstoffene er det produksjonsfasen som har størst betydning.

Det er viktig å merke seg at det er ulik datakvalitet i analysene av biodrivstoffet fra Den Magiske Fabrikken og de andre drivstoffene. Dette kommer av at det er brukt spesifikke tall for dette anlegget, men generiske tall for alle de andre alternativene. Resultatene kan derfor ikke brukes til å konkludere om biodrivstoff fra Den Magiske Fabrikken er bedre enn spesifikke konkurrenter.

Resultatene gir likevel en god indikasjon på at bruk av biogass fra Den Magiske Fabrikken medfører lave klimagassutslipp sammenliknet med alternativene på markedet. De fossile drivstoffalternativene har generelt sett høyere utslipp under kjøring, mens noen av de fornybare alternativene har høye utslipp fra produksjonsfasen som kan knyttes til arealbruksendringer.

Miljøbelastningen til busskjøring med elektrisitet avhenger i stor grad av den elektrisitetsmiksen som benyttes.

Miljødeklarasjoner innenfor byggebransjen følger standarden EN 15804, inkluderer også ofte en Modul D, som viser *loads and benefits beyond system boundaries*. Hensikten med denne modulen er å vise effekten ved resirkulering av det deklarererte produktet etter endt levetid. Dette gjøres ved hjelp av systemutvidelse og å inkludere effekten ved at det resirkulerte materialet og/eller energien erstatter et annet materiale og/eller en annen energibærer. I livsløpet til drivstoff, derimot, er det ingen materialer som går til gjenvinning etter endt levetid fordi produktet «brukes opp» i bruksfasen. De såkalte *loads and benefits beyond system boundaries* i verdikjeden til biogass er ikke knyttet til avfallshåndtering av det deklarererte produktet. De er derimot knyttet til to andre hovedaspekter: nemlig at biogass representerer en god håndtering av avfalls- og gjødselressurser (sammenliknet med det som per i dag er en alternativ håndtering av disse) og at biogass representerer en viktig inntektskilde for biogassanleggene, og kan være en viktig økonomisk driver for god utnyttelse av de andre biproduktene. Dette gjelder bioresten, som potensielt kan gi en karbonlagringseffekt, resirkulering av næringsstoffer og erstatning av mineralgjødsel. Det gjelder også bio-CO₂, som blant annet kan benyttes i veksthus. Disse effektene er ikke tillatt å vise frem i Modul D og vil ikke være direkte synlig i LCA-resultatene for en EPD for biogass som drivstoff. Forklaringen for dette er adderbarhetsprinsippet: at en skal sikre at ikke flere tar «æren» for de samme utslippsreduksjonene. Hver av sluttproduktene skal ha sin egen deklarasjon, som kun skal vise frem sine egne utslipp.

Det er likevel viktig å presisere at EPD'er belønner systemer som utnytter mange sluttprodukter fra en produksjonsprosess. Jo flere biprodukter som kommer ut av en prosess, dess lavere miljøbelastning får man per produkt. Et biogassanlegg som utnytter bioresten vil dermed få lavere miljøbelastning for biogassen sammenlignet med om det ikke utnytter bioresten. I denne analysen er fellesprosessene allokert mellom biodrivstoff og biogjødsel, mens det ikke er allokert noen miljøbelastninger til bio-CO₂. Det er fordi bio-CO₂ per i dag utgjør en svært liten mengde, det vil derfor ha liten effekt på resultatene.

Bruk av avfallsressurser som råstoff vil som oftest gi en fordel når det sammenliknes med produkter som er basert på jomfruelige råvarer. Dette er fordi produksjon av resirkulerte råvarer generelt har lavere miljøbelastning enn produksjon av jomfruelig råvare.

Informasjon om bruk av de andre biproduktene kan dessuten oppgis som tilleggsinformasjon i EPD'en, og PCR-utkastet som er utviklet i Bærekraftig Biogass er dette foreslått som et krav. Det er derfor mulig for innkjøper å belønne høyverdig utnyttelse av avfallsressurser, eller å stille krav om god utnyttelse av de andre biproduktene

8 Diskusjon og konklusjon

Målet med denne rapporten har vært todelt: Å dokumentere de potensielle klimabelastningene og klimanytten knyttet til produktene og tjenestene som Den Magiske Fabrikken leverer og å bidra til en økt forståelse av hvordan LCA-metodikken bør tilpasses formålet med studien, og hvilke beslutninger studien skal gi innspill til. Dette er gjort ved å gjøre ulike beregninger av klimabelastning og klimanytte ved å ha ulike systemgrenser og funksjonell enhet.

Organisasjons-LCA'en, som inkluderer alle utslipp gjennom verdikjeden til alle produktene og tjenestene i løpet av et år (uten å inkludere effekten ved at produktene og tjenestene erstatter andre produkter og tjenester på markedet) identifiserte hvor i verdikjeden det var størst rom for forbedring. Livsløpsfasene som forårsaker de største klimagassutslippene i løpet av et år er forbrenning av plastandelen i rejekt fra forbehandling og innsamling av matavfall fra husholdninger (renovasjonskjøretøy).

Den totale effekten ved å etablere Den Magiske Fabrikken (alle utslipp og unngåtte utslipp) ble beregnet til å medføre en besparelse på 13 406 tonn CO₂-ekvivalenter/år. Den største gevinsten skyldes at biogass som drivstoff erstatter diesel. Utnyttelse av CO₂ fra oppgradering av biogassen inn i veksthus utgjør en liten gevinst, men det skyldes at kun en liten andel av produsert CO₂ utnyttes per i dag. En økt utnyttelse av denne ressursen vil gi en økt gevinst.

Resultatene for tjenesten *behandling av matavfall* viste at behandling ved Den Magiske Fabrikken utgjør reduserte klimagassutslipp på henholdsvis 191 og 289 kg CO₂-ekvivalenter/tonn matavfall, sammenlignet med energiutnyttelse og kompostering. Dersom behandling av husdyrgjødsel inkluderes som en innsatsfaktor for behandling av matavfall, er det estimert en ytterligere gevinst på 33 kg CO₂-ekvivalenter/tonn matavfall.

I analysene av biogass som drivstoff ble det benyttet EPD-metodikk. Disse analysene ble videre brukt til å sammenlikne klimaprestasjonen til biodrivstoff fra Den Magiske Fabrikken med generelle tall for andre drivstoff på markedet. Resultatene viser at biogass er et av de mest klimaeffektive drivstoffene på markedet.

Livsløpsvurdering er en velegnet metode for å dokumentere miljøeffekten av produkter og tjenester, særlig i verdikjeder som oppfyller mange ulike funksjoner. Ved overgang til en mer sirkulær økonomi, når de primære råstoffene brukes flere ganger, og ulike anvendelsesområder og gjenvinningsalternativer kan benyttes, er det viktig å definere systemgrensene med tanke på hvilke aktører/produkter som tillegges de respektive miljøbelastninger og miljønytte ved gjenvinning.

De ulike beregningene viser at datakvalitet, systemgrenser og valg av funksjonell enhet bør tilpasses det som er hensikten med studien og hva slags type beslutning analysene skal gi innspill til. I noen sammenhenger er det viktig å få fram alle de positive og negative effektene fra den totale gjenvinningsverdikjeden som inkluderer flere funksjoner og produkter (f.eks. avfallstjeneste, produksjon av produkter, energibærere, CO₂). Denne type analyser viser synergien man får ved å utnytte avfallsressurser til nye produkter, og bør benyttes for sammenligning av ulike avfallshåndteringsmetoder og behandlingsanlegg. I andre sammenhenger skal man presentere miljøfotavtrykk tilknyttet et spesifikt produkt. Da er det ofte fokus på å unngå dobbelttelling av

miljøgevinstene fra gjenvinningssystemene, noe som kan skje dersom flere produkter «tar æren» for de samme miljøgevinstene. EPD-metodikk er en beregningsmetode for å unngå denne type dobbelttelling, og denne deklarasjonen viser dermed «kun» et utsnitt av miljøeffektene fra det totale gjenvinningssystemet som produktet er en del av (fordelt på de ulike produktene). Det kan derfor være behov for å presentere det «totale bildet» som tilleggsinformasjon til en EPD for produkter fra gjenvinningssystemer.

Til slutt er det viktig å påpeke at analysene som er gjort i denne rapporten baserer seg på spesifikke tall fra verdikjedene til Den Magiske Fabrikken, men at det er brukt generiske tall for å estimere klimanytten sammenliknet med alternative produkter og tjenester. Resultatene kan benyttes til å si noe om klimanytten til denne verdikjeden, men resultatene fra denne rapporten bør ikke brukes til å sammenlikne seg med spesifikke konkurrenter.

9 Referanser

- Brogaard, L. K., Petersen, P. H., Nielsen, P. D. & Christensen, T. H. (2015). Quantifying capital goods for biological treatment of organic waste. *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 33(2), 96-106. <https://doi.org/10.1177/0734242X14565212>
- Fagerheim, A. B. (2020). *The Reduction Potential of Plastics and Microplastics in Bio-fertilizer. Master's thesis in Energy and Process Technology. Norwegian University of Science and Technology, NTNU.*
- Grønlund, A. (2014). *Nytteberegning av kompost og bioest/biogjødsel Avfall Norge-rapport 1/2013.*
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* <http://www.climatechange2013.org>.
- ISO. (2006a). *ISO 14040:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework.*
- ISO. (2006b). *ISO 14044:2006 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and guidelines.* International Standardisation Organisation.
- ISO. (2014). *ISO 14072:2014 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines for organizational life cycle assessment.* International Standardisation Organisation. .
- Lyng, K.-A. (2020). *Bruk av CO2 fra oppgradering av biogass. Beregning av potensiell klimaeffekt ved bruk i veksthus. Østfoldforskning, OR.24.20.*
- Lyng, K.-A. & Brekke, A. (2019). Environmental Life Cycle Assessment of Biogas as a Fuel for Transport Compared with Alternative Fuels. *Energies*, 12(3), 532. <https://doi.org/10.3390/en12030532>
- Lyng, K.-A., Modahl, I. S., Møller, H., Morken, J., Briseid, T. & Hanssen, O. J. (2015). The BioValueChain model: a Norwegian model for calculating environmental impacts of biogas value chains. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(4), 490-502. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0851-5>
- Lyng, K.-A., Prestrud, K. & Stensgård, A. E. (2019). *Evaluering av pilotordning for tilskudd til husdyrgjødsel til biogassproduksjon. OR 04.10. Østfoldforskning, Fredrikstad.* <https://norsus.no/publikasjon/evaluering-av-pilotordning-for-tilskudd-til-husdyrgjodsel-til-biogassproduksjon/>.
- Modahl, I. S., Lyng, K.-A., Stensgård, A., Saxegård, S., Hanssen, O. J., Møller, H., ... Sørby, I. (2016). *Biogassproduksjon fra matavfall og møkk fra ku, gris og fjørfe. Status 2016 (fase IV) for miljønytte for den norske biogassmodellen BioValueChain. OR 34.16. Østfoldforskning.* <https://norsus.no/publikasjon/biogassproduksjon-fra-matavfall-og-mokk-fra-ku-gris-og-fjorfe/>.
- Møller, H. & Modahl, I. S. (2013). *Klimanytte for biogassproduksjon ved Vesar AS. Arbeidsrapport, Østfoldforskning AS. AR 03.13.*
- Raadal, H. L., Modahl, I. S. & Lyng, K.-A. (2009, 2009). *Klimaregnskap for Avfallshåndtering, Fase I og II. Østfoldforskning. OR.18.09. I: Østfoldforskning. Hentet fra* <https://norsus.no/publikasjon/klimaregnskap-for-avfallshandtering-fase-i-og-ii/>
- Stensgård, A. E., Saxegård, S., Lyng, K.-A. & Hanssen, O. J. (2017). *Følgforskning: Den Magiske Fabrikken. Miljø- og økonomianalyse (åpen versjon).*

Vedlegg 1

Tabell V-1 Resultater fra organisasjons-LCA i tonn CO₂-ekvivalenter/år

| | | |
|-------------------------|------------------------------|---------------|
| Innsamling og transport | Matavfall fra husholdninger | 1 337 |
| | Forbehandlet substrat | 0 |
| | Matavfall fra næring | 127 |
| | Husdyrgjødsel | 236 |
| Produksjon | Forbehandling | 26 |
| | Transport av rejekt | 52 |
| | Forbrenning rejekt organisk | 44 |
| | Forbrenning rejekt uorganisk | 4 815 |
| | Utråtning | 588 |
| | Oppgradering | 812 |
| Distribusjon | Biogass | 62 |
| | Biorest | 731 |
| | Bio-CO2 | 0 |
| Bruk | Biogass | 157 |
| | Biogjødsel | 2 833 |
| | Bio-CO2 | - |
| | Totalt | 11 821 |

Tabell V-2 Resultater for netto klimanytte i tonn CO₂-ekvivalenter/år

| | |
|--|-----------------|
| Innsamling og transport | 1 701 |
| Produksjon | 6 336 |
| Distribusjon | 794 |
| Bruk | 2 990 |
| Biogass erstatter diesel | - 14 061 |
| Biogjødsel erstatter mineralgjødsel | - 3 961 |
| Bio-CO2 erstatter fossilt CO2 | - 294 |
| Energi fra rejekt erstatter fjernvarmemiks | - 518 |
| Karbonlagringseffekt | - 3 897 |
| Alternativ håndtering av matavfall | - 1 702 |
| Alternativ håndtering av husdyrgjødsel | - 1 374 |
| Nettoresultat | - 13 986 |

Tabell V-3 Resultater for behandling av 1 tonn matavfall i kg CO₂-ekvivalenter

| | Energi- utnyttelse | Kompostering | Behandling på Den Magiske Fabrikken | Sambehandling på Den Magiske Fabrikken |
|---|-----------------------|--------------|--|---|
| Transport | 16 | 32 | 31 | 36 |
| Behandling | 82 | 98 | 127 | 153 |
| Biogass erstatter diesel | | | -225 | -269 |
| Biogjødsel erstatter mineralgjødsel | | | -63 | -93 |
| Bio-CO2 erstatter industriell CO2 | | | -5 | -6 |
| Varme fra forbrenning erstatter fjernvarmemiks | -26 | -6 | -6 | -6 |
| Kompost erstatter torv | | -77 | | |
| Karbonlagring | | -73 | -73 | -73 |
| Reduserte utslipp fra lagring av husdyrgjødsel | | | | -24 |
| Totalt | 72 | -26 | -213 | -282 |



Stasjon 4
N-1671 Kråkerøy
Telephone: +47 69 35 11 00
Fax: +47 69 34 24 94
firmapost@ostfoldforskning.no
www.ostfoldforskning.no

