

# Forstudie Sirkulære muligheter i Sauda og Suldal

Ressurs- og sidestrømmer, anvendelsesområder og industriparker for sirkulært samarbeid

## Forfattere:

Kjersti Vikse Meland, Anna K. Enerstvedt, Dorinde M.M. Kleinegris og Mads Fromreide

Rapport 2-2023 NORCE Helse og Samfunn



Rapporttittel	Forstudie Sirkulære muligheter i Sauda og Suldal
Prosjektnummer	106015
Institusjon	NORCE HELSE OG SAMFUNN
Oppdragsgiver	New Kaupang
Gradering	Åpen
Rapportnr	Rapport NORCE Helse og Samfunn, nr. 2-2023
Antall sider	60
Publiseringsdato	Februar 2023
ISBN/ISSN	978-82-8408-269-1
Bildekreditering	Melkeveien Designkontor
Geografisk område	Rogaland
Stikkord	Ressurs- og sidestrømmer, sirkulærøkonomi, industriparker, eco-forretningsmodellanalyse

## Forord

Denne rapporten er utarbeidet basert på et konsulentprosjekt mellom NORCE og New Kaupang. Formålet med forstudien har vært å etablere kunnskap om potensialet for utvikling av nye vekstnæringer ved å tilrettelegge for samarbeid om sirkulære- og bioøkonomiske løsninger i Sauda og Suldal.

Rapporten gir en oversikt nåværende og fremtidige ressurs- og sidestrømmer for et utvalg bedrifter innen prosess-, energi-, havbruk-, jordbruk- og skogbruksnæringene i Sauda og Suldal og potensielle avtakerbedrifter. Videre presenteres resultater som illustrerer ulike muligheter for sirkulært samarbeid i de to kommunene basert på integrasjon og flyt mellom etablert, ny-etablert og potensiell ny næringsvirksomhet. Prosjektet har utviklet et massebalanseanalyseverktøy til bruk i forretningsutvikling og videre analyse og simuleringer. Basert på resultater fra massebalanseanalysen presenterer rapporten en oversikt over totalt planlagt produksjon, total planlagt forbruk og total rest for atten ulike ressurs- og sidestrømmer. Sentrale elementer og suksesskriterier i utvikling av en industripark for sirkulært samarbeid, samt en initiell eco-forretningsmodellanalyse av sirkulært samarbeid om CO2 fangst, gjenbruk og nye anvendelsesområder i Sauda og Suldal, presenteres avslutningsvis.

NORCE har vært ansvarlig for innsamling av data, analyse og rapport. Prosjektleder hos NORCE har vært Kjersti Vikse Meland. Seniorforsker Dorinde M.M. Kleinegris har vært hovedansvarlig for ressurskartlegging og anvendelsesmuligheter, og seniorforsker Mads Fromreide for utvikling av massebalanseverktøy og -analyse. Forsker Anna K. Enerstvedt og seniorforsker Kjersti V. Meland har deltatt i ressurskartlegging og vært ansvarlige for forretningsmodellanalyser av industriarker for sirkulært samarbeid og regionalt sirkulært samarbeid om CO2.

Vi vil rette en stor takk til alle informantene som har bidratt med sin tid og kunnskap i dette prosjektet. Det har vært givende å snakke med så mange kunnskapsrike personer for å få bedre innsikt i et viktig og svært aktuelt tema. Til slutt vil vi takke Sauda Vekst, For Sauda, Suldal Vekst, Sauda Energi og New Kaupang for samarbeidet om et spennende prosjekt.

*Haugesund, 10. februar 2023*

*Kjersti Vikse Meland*

## Sammendrag

Denne forstudien har undersøkt potensialet for utvikling av nye vekstnæringer ved å tilrettelegge for samarbeid om sirkulære- og bioøkonomiske løsninger i Sauda og Suldal. Forstudien har kartlagt ressurs- og sidestrømmer til en gruppe etablerte og nyetablert bedrifter innen energi-, prosess-, hav-, skog- og jordbruk i de to kommunene, og hos potensielle ikke-regionale avtakerbedrifter. Resultatene viser at det er relativt store ubenyttede sidestrømmer av kjølevann, varmt vann (40 grader) og CO<sub>2</sub>. Når en inkluderer nyetablert bedrifter som enda ikke har startet produksjon har de to kommunene også en relativt stor tilgang på oksygen som ubenyttet sidestrøm.

Tilgang på relativt store mengder kortreist CO<sub>2</sub> gir eksempelvis mulighet for etablering av et karbonfangstanlegg for produksjon av karbonnanofiber basert på CO<sub>2</sub> for bruk iblant annet komposittmateriale, batteri- og brenselcelleproduksjon. En annen mulighet er etablering av et CO<sub>2</sub>-gjenvinningsanlegg for leveranse av CO<sub>2</sub>-gass til matindustrien. Resultater fra kartleggingen viste videre at det er godt grunnlag for etablering av et biogassanlegg i Sauda eller Suldal basert på en relativ god tilgang til husdyr-, husholdningsavfall og fiskeslam i de to kommunene, som kan suppleres med leveranser fra Rogaland for øvrig. Å oppgradere biomassen om til produkter med høyere verdi, som insekter, kan være en annen interessant mulighet, men i så fall må samarbeidet/innsamlingen av sidestrømmer utvides utenfor regionen for å gi nok egnede ressurser. Videre kan produksjon av fotoautotrofe mikroalger basert på både CO<sub>2</sub> som allerede er produsert i regionen og CO<sub>2</sub> fra biogassproduksjon være svært interessant for å skape høyverdiprodukter ut av denne sidestrømmen. Hovedutfordringen her vil være at det per i dag ikke er så mange kommersielle mikroalgeprodusenter i Norge, selv om det er en kommende bransje med mange oppstartsbedrifter og industrier som starter opp aktiviteter på dette feltet.

Forprosjektet har utviklet et massebalanseverktøy til bruk i forretningsutvikling og videre analyse og simuleringer. Massebalanseanalysen presenterer resultater for to utvalg. Det ene utvalget inkluderer intervjuede etablerte bedrifter i Sauda og Suldal som har produksjon i dag. Det andre utvalget inkluderer både de intervjuede etablerte og ny-etablerte bedrifter i Sauda og Suldal og studiens intervjuede avtakerbedrifter. For hvert av de to utvalgene presenteres totalt planlagt produksjon, totalt planlagt forbruk og rest for 18 ulike side- og ressursstrømmer. Resultatene fra massebalanseanalysen må ses i lys av at vi innenfor rammene av forstudien ikke har hatt mulighet til å innhente nøyaktig kvantum for alle 18 side- og ressursstrømmer fra alle intervjuede bedrifter.

Erfaringen når det gjelder suksessfaktorer for etablering og drift av en industripark for sirkulært samarbeid er at det er viktig å etablere en klar visjon og mandat for samarbeidet. Med en klar visjon og mandat er det enklere å mobilisere industriparkbedriftene til deltakelse og rekruttere nye bedrifter til industriparken. Et mandat kan eksempelvis være å inngå intensjonsavtaler med bedriftene om hvilken type FOU-prosjektportefølje de ønsker å delta i og hvilke roller industriparken skal utføre på vegne av bedriftene, som eksempelvis å tale bedriftenes sak innen miljø-, energi- og utdanningspolitikk. Å ha eierskap til ulike infrastrukturtenester som tilbys innad i industriparkene omtales som viktig. Ved å eie areal, kraftnett og vannmagasiner og -distribusjon vil man kunne tilby gode rammebetingelser for industriparkens bedrifter. Erfaringen er at denne type eierskap også gir industriparken høy kompetanse og bedre forutsetninger for å ta beslutninger om investeringer i infrastruktur og prosesser som er sentrale i det grønne skiftet. Av fellestjenester fremheves viktigheten av å fasilitere og igangsette FoU-prosjekter for å sikre innovasjon og utvikling i industriparkene. Dette kan være mindre forprosjekter, mulighetsstudier, langsiktige FOU-prosjekter, utvikling av pilotnoder eller testsenter på vegne av industriparkens medlemmer. Det å

skape gode arenaer for samarbeid argumenteres som å være en del av nøkkelen til å igangsette utviklingsprosjekter. Samarbeid og samlokalisering med forskningsavdelinger/-parker, næringsklynger og industriinkubatorer omtales også som viktig for å kunne tilby viktig kunnskap og fellestjenester til industriparkbedriftene.

## Innhold

1.	Innledning .....	9
2.	Bakgrunn.....	10
3.	Sirkulærøkonomi i et regionalt næringsutviklingsperspektiv.....	15
3.1.	Sirkulærøkonomi .....	15
3.2.	Industrielle symbioser .....	17
3.3.	Industriparker og utvikling av sirkulære symbioser .....	18
3.3.1.	Hvordan planlegge industriområder for industrielle symbioser? .....	18
3.4.	Forretningsutvikling og organisasjonsstruktur for industriparker .....	18
3.4.1.	Forretningsmodell for sirkulært samarbeid .....	18
4.	Metode .....	20
4.1.	Intervjuer.....	20
4.2.	Referansegruppemøter .....	20
4.3.	Statistikk/registerdata.....	20
4.4.	Dokumentstudier .....	21
5.	Ressursstrømmer og anvendelsesmuligheter .....	22
5.1.	Sidestrømmer fra jordbruk og skogbruk i Sauda og Suldal .....	22
5.2.	Avfall fra husholdninger: mat-, tre- og hageavfall .....	25
5.3.	De intervjuede bedriftenes ressursstrømmer.....	25
5.4.	Potensielle sirkulære symbioser i Sauda og Suldal .....	30
6.	Massebalanseanalyse – et beslutningsstøtteverktøy.....	34
6.1.	Oppsett av Excel verktøy.....	34
6.2.	Presentasjon av resultater .....	34
7.	Sirkulærøkonomiske samarbeid i industriparker og verdikjeder .....	37
7.1.	Suksesskriterier for sirkulært samarbeid i industriparker.....	37
7.1.1.	Introduksjon til industriparkene .....	38
	Mo industripark .....	38
7.1.2.	Etablering av strategi og mandat .....	39
7.1.3.	Industriparkens hovedtjenester og kjerneaktiviteter .....	40
	Infrastruktur.....	40
	Fellestjenester .....	40
7.1.4.	Industriparkens organisering .....	42
	Eierskapsstruktur .....	42
	Stillinger og kompetanse .....	42
	Samarbeidspartnere .....	42
7.1.5.	Suksesskriterier/anbefalinger for veien videre sett fra industriparkenes side ..	43
7.2.	Eco-forretningsanalyse sirkulært samarbeid om CO2 fangst og bruk .....	45
7.2.1.	Virkning for miljøet .....	46
7.2.2.	Aktører i en industriell sirkulær verdikjede for CO2 fangst, gjenbruk og nye anvendelser i Sauda og Suldal.....	47
7.2.3.	AVTAKERBEDRIFTER OG MARKEDER FOR CO2 .....	48
7.2.4.	NØKKELRESSURSER .....	50
7.2.5.	STAKEHOLDER RELASJONER.....	51

7.2.6.	PROBLEMER/UTFORDRINGER .....	55
7.2.7.	SIRKULÆR VERDIKJEDE FOR CO2 FANGST OG BRUK.....	55
7.2.8.	MULIGE SOSIALE BÆREKRAFTS EFFKETER.....	55
8.	Konklusjoner og anbefalinger for vegen videre .....	56
9.	Sluttnoter.....	58

## Figurliste

Figur 1: Antall sysselsatte etter næring i Sauda og Suldal (Kilde: NORCE Bedriftsdatamodell).....	11
Figur 2: Antall sysselsatte etter næring i Sauda 2021 (Kilde: SSB 13470).....	12
Figur 3: Antall sysselsatte etter næring i Suldal (2021) (Kilde: SSB 13470).....	13
Figur 4: Antall jordbruksbedrifter etter vekst i Rogaland 2020. Kilde: SSB tabell 13314 Jordbruksbedrifter, etter vekst.....	13
Figur 5: Totalt antall bedrifter med husdyr i Rogaland fylke i 2020. Kilde: SSB tabell 13316: Jordbruksbedrifter, etter husdyrslag, statistikkvariabel, år og region.....	14
Figur 6: Avvirkning for salg ( $m^3$ ) for kommunene i Rogaland i 2020. Kilde: SSB tabell 03795: Avvirkning for salg ( $m^3$ ), etter sortiment, statistikkvariabel, år og region.....	14
Figur 7: Lineær- og sirkulærøkonomi.....	15
Figur 8: Circle Economy (2021).....	16
Figur 9: Industrielle Symbioser.....	17
Figur 10: Ecocanvas (Daou m.fl. 2020).....	19
Figur 11: Jordbruksareal i drift (dekar) og produktivt skogbruk (dekar), 2020. Kilde: SSB #11950..	24
Figur 12: Avvirkning for salg i Rogaland 2020. Kilde: SSB #03795.....	24
Figur 13: Antall veksthusbedrifter etter veksthusareal i kvadratmeter.....	29
Figur 14: Mulig industriell symbiose og sirkulær økonomi i Sauda.....	31
Figur 15: Mulig industriell symbiose og sirkulær økonomi i Suldal.....	31
Figur 16: Månedlig produktivitet for mikroalgedyrking i Norge, basert på sollys og LED-lys (Vazques et al, 2021).....	32
Figur 17: Utvalgte aktører med samarbeid med industriparkene.....	45
Figur 18: Eco-forretningsmodellanalyse av CO2 fangst, gjenbruk og nye anvendelser i Sauda og Suldal.....	47
Figur 19: NCCS.....	53

## Tabelloversikt

Tabell 1: Jordbruksbedrifter etter vekst og husdyr i Sauda (2020). Kilde: SSB #13313, #13316, #13315, #11950, #03795 (2022).....	22
Tabell 2: Jordbruksbedrifter etter vekst og husdyr i Suldal (2020). Kilde: SSB #13313, #13316, #13315, #11950, #03795 (2022).....	22
Tabell 3: Kommuner med høyest jordbruksareal i drift (Rogaland).....	23
Tabell 4: Gjødseldyrenheter (GDE) for Sauda og Suldal (2017). Kilde: Statsforvalteren i Rogaland (2022).....	23
Tabell 5: Kommuner med størst kvantum avvirket tre for salg (Kilde?).....	24
Tabell 6: Oversikt mest viktige organiske avfallsstrømmer i Sauda og Suldal fra jord- og skogbruk (Kilde: Rambøll, 2020).....	24
Tabell 7: Organisk avfall fra husholdninger i Sauda og Suldal (Kilde: SSB).....	25
Tabell 8: Intervjuede bedrifter per kommune.....	25
Tabell 9: Mer informasjon om mulige bedriftene for regionen som ble intervjuet.....	27
Tabell 10: Massebalanse for de etablerte bedriftene i Sauda og Suldal samlet.....	35
Tabell 11: Massebalanse for alle bedrifter i studien samlet.....	35



Tabell 12: *Oversikt over potensielle aktører i en verdikjede for sirkulært samarbeid om CO2 fangst og bruk i Sauda og Suldal* ..... 49

## 1. Innledning

Prosjektet «Forstudie sirkulære muligheter i Sauda og Suldal» er et FOU-prosjekt som er eid av Sauda KF, Suldal Vekst, Sauda Energi, og New Kaupang. NORCE Research har vært FoU-ansvarlig, og New Kaupang har ledet prosjektets referansegruppe bestående av prosjekteierne. Prosjektet har blitt gjennomført i perioden august 2022 til januar 2023 av en tverrfaglig gruppe forskere innen bioteknologi, sirkulærøkonomi, målevitenskap og regional utvikling fra NORCE Research.

Prosjektets oppdragsgivere har som formål å utvikle nye vekstnæringer i Sauda og Suldal ved å tilrettelegge for samarbeid om sirkulær- og bioøkonomiske løsninger basert på ressurser og sidestrømmer fra etablert og ny næringsvirksomhet i de to kommunene. Kobling av ressurser og sidestrømmer (biprodukter) mellom industri og landbruk/skogbruk, og muligheter innen ny bærekraftig matproduksjon har vært sentralt, da jordbruk og skogbruk er store næringer, spesielt i Suldal kommune. Tidligere kartlegginger har vist at etablerte og nyetablerte bedrifter innen prosess-, energi-, havbruk-, jordbruk- og skogbruksnæringene har store mengder restprodukter som varm luft, varmt vann, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> og biomasse. Restprodukter fra Eramet, Norsk Stein, Sauda Energi, Statnett Kvilldal, jord- og skogbruksnæringene, vil sammen med fremtidige restprodukter fra nyetablerte virksomheter som f.eks. Iverson eFuels (ammoniakk), Gen2Energy (hydrogen) og Sauda Aqua (post-smolt anlegg) kunne gi nye typer og større volum sidestrømmer, og dermed et stort potensial for etablering av ny næringsvirksomhet basert på sirkulært samarbeid.

For å få et bedre kunnskapsgrunnlag har oppdragsgiverne bestilt en forstudie med følgende delleveranser:

1. Kartlegging og analyse av nåværende og fremtidige ressurs- og sidestrømmer innen prosess-, energi-, havbruk-, jordbruk- og skogbruksnæringene, og potensielle anvendelsesområder
2. En massebalanseanalyse som illustrerer mulige framtidssituasjoner basert på integrasjon og flyt mellom etablert, ny-etablert og potensiell ny næringsvirksomhet til bruk for forretningsutvikling og videre analyse og simuleringer
3. Analyse av muligheter for realisering av sirkulært samarbeid ved å skissere sentrale elementer i utvikling av en industripark og tilhørende industrielle klynger/økosystemer

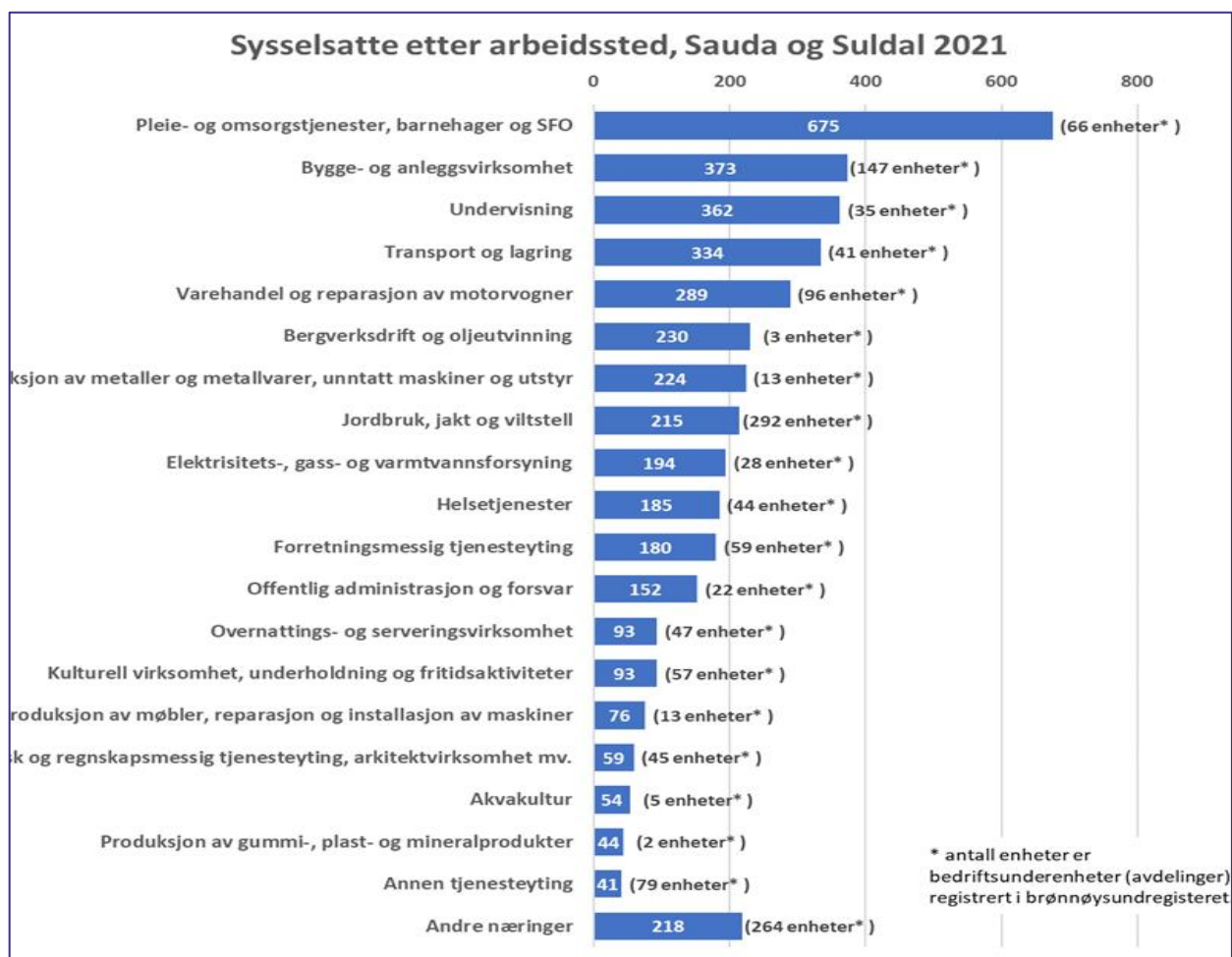
Denne rapporten presenterer resultater fra forstudien. Først presenteres bakgrunn og rammeverk for prosjektet. Deretter presenteres en oversikt over ressursstrømmer fra en gruppe etablerte og nyetablert bedrifter innen energi-, prosess-, havbruk, skog og jordbruk i de to kommunene, og potensielle anvendelsesområder med tilhørende avtakerbedrifter. Videre presenteres database og verktøy for massebalansen, med tilhørende resultater i form av de største sidestrømmer. Avslutningsvis presenteres først sentrale elementer i etablering og drift av en industripark for realisering av sirkulært samarbeid, deretter en initiell eco-canvas forretningsmodellanalyse av en sirkulær verdikjede for CO<sub>2</sub> fangst og gjenbruk basert på resultater fra prosjektets delleveranser 1 og 2 som viser at de to kommunene har store mengder av restproduktet CO<sub>2</sub>. Helt til slutt presenteres konklusjoner og anbefalinger for videre arbeid med sirkulært samarbeid.

## 2. Bakgrunn

I 2019-2021 gjennomførte Sauda Vekst prosjektet "Grønn Vekst" med ambisjon om å tilrettelegge for etablering av nye vekstnæringer basert på å utnytte allerede eksisterende ressurser og sidestrømmer i lokalsamfunnet og fra industrien i Sauda. Sauda Vekst ledet prosjektet og Eramet Norway AS, Sauda Energi AS (tidligere Sauda Fjernvarme AS) og Sauda Vekst var prosjektets eiere og utgjorde prosjektets styringsgruppe. Prosjektet fokuserte på arealressurser, bygningsmasse, termisk energi i form av varmt vann og andre sidestrømmer fra Eramet Sauda, og gjennomførte en kartlegging av areal- og sirkulærøkonomiske ressurser i tilknytning til Eramet, Saudefaldene/Statkraft og Sauda Energi. Flere industrielle muligheter ble identifisert og prosjektet var sentralt i den initielle realiseringen av flere av disse. Akvakultur ble identifisert som en av de mest lovende næringsetableringene. Prosjektet bistod Sauda Aqua med tilgang til areal og prosessvatn fra Eramet og Saudefaldene, og var en viktig tilrettelegger for at konsesjonssøknad for postsmoltproduksjon ble sendt Fylkeskommune i 2021. Videre ble viktige avklaringer rundt prosessvann gjennomført, noe som har bidratt til man nå er i posisjon til å sende konsesjonssøknad for uttak av grunnvatn til NVE. Prosjektet Grønn Vekst var også viktig for at Sauda Energi fikk opprettet/finansiert tre nye årsverk, og gjennomført betydelige investeringer i infrastruktur, noe som har bidratt til at selskapet er rigget for ytterligere steg som hovedaktør i den sirkulærøkonomiske satsingen i Sauda.

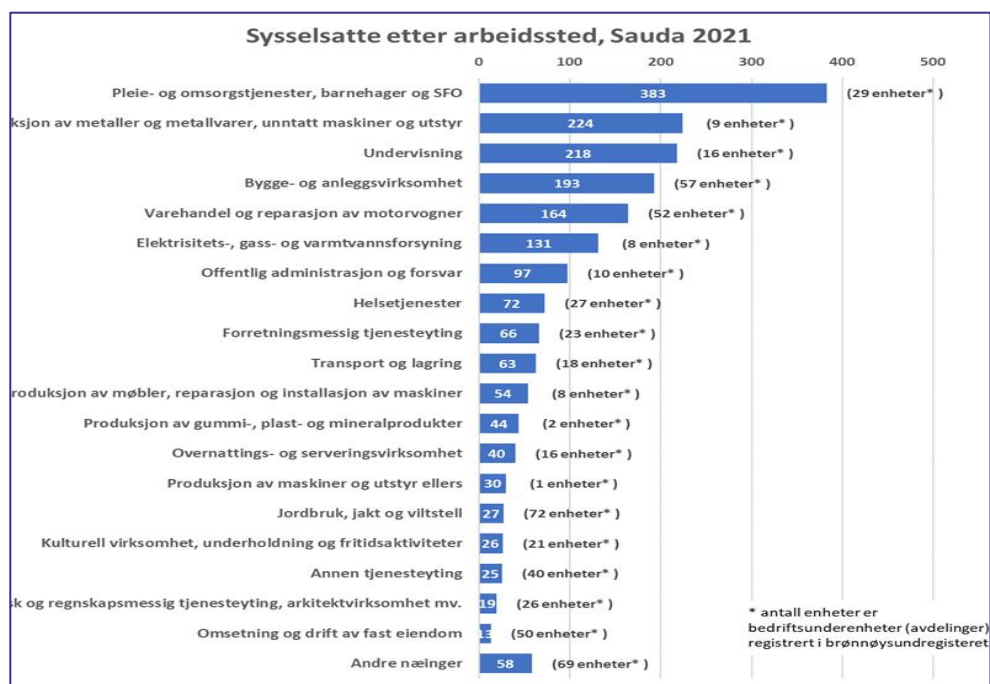
*Forprosjektet Sirkulære muligheter i Sauda og Suldal* er en videreføring av arbeidet i Grønn Vekst-prosjektet hvor flere bedrifter og næringer er blitt inkludert i kartlegging av ressurs- og sidestrømmer, i tillegg til at det geografiske nedslagsfeltet er utvidet med nabokommunen Suldal.

Forstudien har hatt som oppdrag å fokusere på ressurser og sidestrømmer fra bedrifter innen prosess-, energi-, havbruk-, skogbruk- og jordbruksnæringene. Av Figur 1 ser en at foruten *prosessindustri* representert ved underkategoriene *bergverksdrift* og *metallproduksjon*, og *jordbruk*, har Sauda og Suldal sett under ett flest sysselsatte innen næringene *bygg og anlegg*-, *transport og varehandel*, når sysselsatte innen offentlig sektor ikke tas hensyn til.



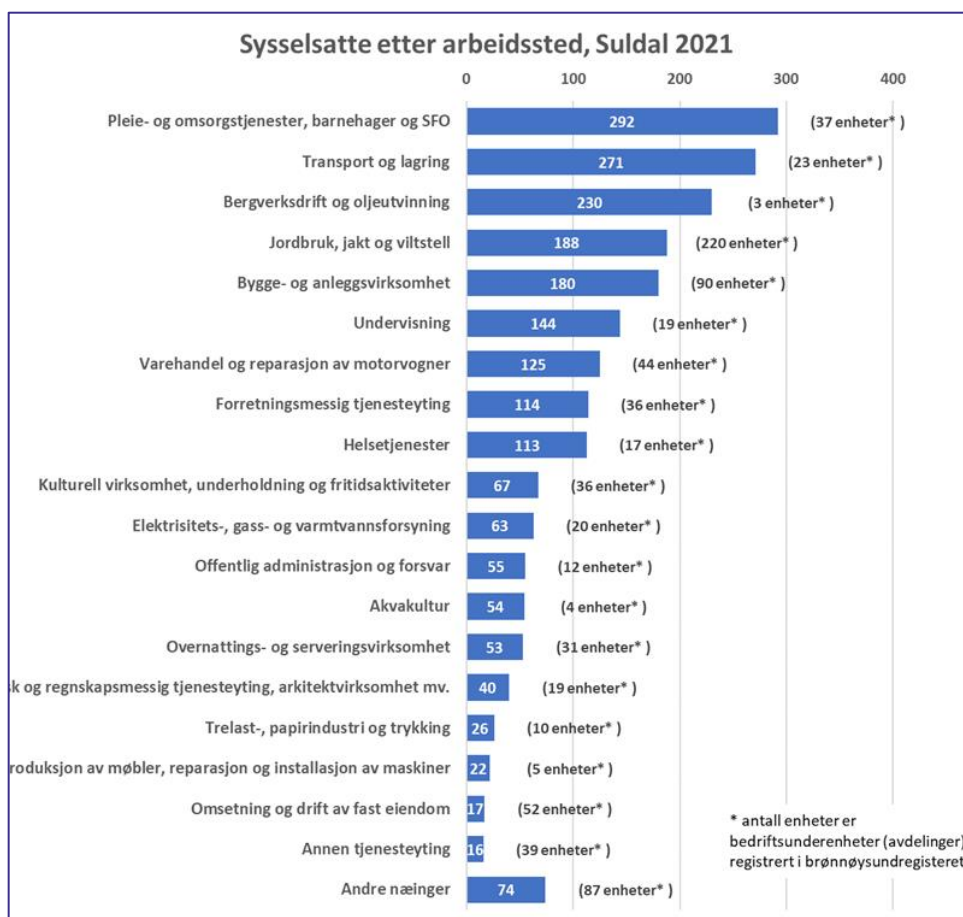
Figur 1: Antall sysselsatte etter næring i Sauda og Suldal (Kilde: NORCE Bedriftsdatamodell)

Sauda kommune (Figur 2) har flest sysselsatte innen *prosessindustrien*, representert ved underkategorien metallproduksjon, etterfulgt av *bygg og anlegg*, *varehandel*, *elektrisitetsproduksjon*, *gass og varmtvannsforsyning* når sysselsatte innen offentlig sektor er utelatt. Jordbruk utgjør den 15 største næringen når en ser offentlig- og privat næringsvirksomhet under ett.



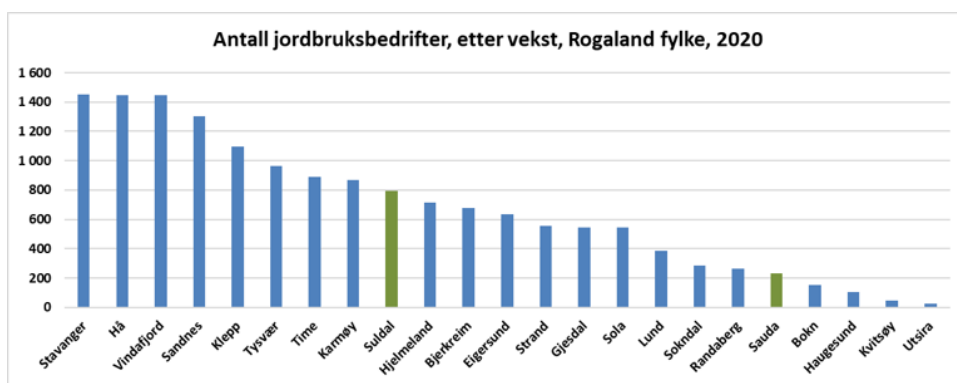
Figur 2: Antall sysselsatte etter næring i Sauda 2021 (Kilde: SSB 13470)

I Suldal kommune (Figur 3) utgjør næringene *transport, prosessindustri* - representert ved underkategorien bergverksdrift, og *jordbruk* de tre største næringene sysselsettingsmessig når en ser bort fra sysselsatte i offentlig sektor, etterfulgt av næringene *bygg og anlegg, varehandel* og *forretningsmessig tjenesteyting*.



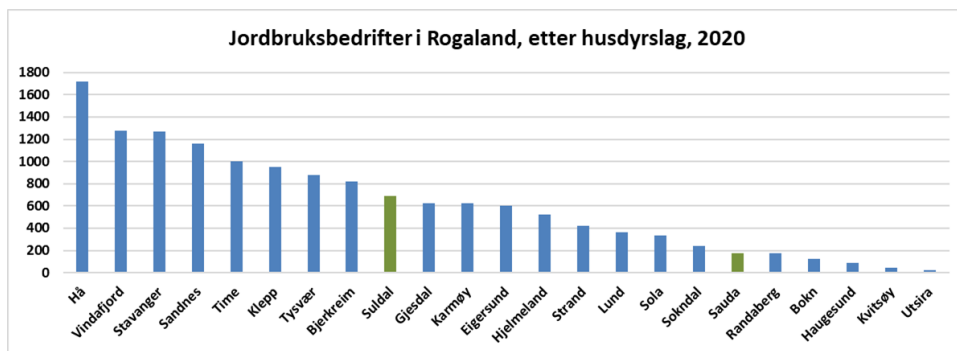
Figur 3: Antall sysselsatte etter næring i Suldal (2021) (Kilde: SSB 13470)

Når en ser nærmere på jordbruksnæringene i Sauda og Suldal ser man at Suldal er den 9 største jordbrukskommunen i Rogaland fylke basert på antall jordbruksbedrifter etter veksttype. Sauda er blant kommunene med færrest jordbruksbedrifter etter veksttype, etterfulgt av Bokn (153), Haugesund (105), Kvitsøy (44) og Utsira (24).



Figur 4: Antall jordbruksbedrifter etter vekst i Rogaland 2020. Kilde: SSB tabell 13314 Jordbruksbedrifter, etter vekst

Når en ser på antall jordbruksbedrifter med husdyr for alle kommunene i Rogaland, ser en av Figur 5 at Suldal er den 9 største kommunen. Videre viser *Tabell 1* at Suldal har relativt store andeler sauehold sammenlignet med andre kommuner i Rogaland.

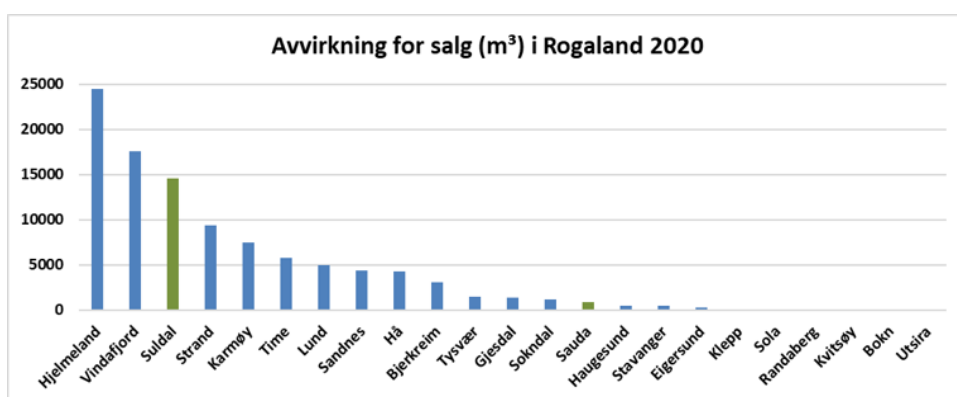


Figur 5: Totalt antall bedrifter med husdyr i Rogaland fylke i 2020. Kilde: SSB tabell 13316: Jordbruksbedrifter, etter husdyrslag, statistikkvariabel, år og region

Tabell 1: De fem kommunene i Rogaland med flest jordbruksbedrifter, etter husdyrslag, i tillegg til antall bedrifter for Suldal og Sauda, per 2020. Kilde: SSB tabell 13316: Jordbruksbedrifter, etter husdyrslag, statistikkvariabel, år og region

	Hå	Vindafjord	Stavanger	Sandnes	Time	Suldal	Sauda
Husdyr i alt	389	336	333	306	230	198	55
Storfe i alt	263	176	160	157	143	81	18
Kyr i alt	259	154	151	152	138	69	15
Mjølkekyr	203	104	83	92	99	37	2
Ammekyr	106	76	83	72	71	34	13
Andre storfe	263	176	159	157	143	81	18
Sauer over 1 år	165	228	240	196	138	174	50
Mjølkegeiter	0	3	0	0	1	2	0
Alssvin i alt	55	16	16	13	24	7	4
Høner	16	6	44	18	16	6	2
<b>Totalt</b>	<b>1719</b>	<b>1275</b>	<b>1269</b>	<b>1163</b>	<b>1003</b>	<b>689</b>	<b>177</b>

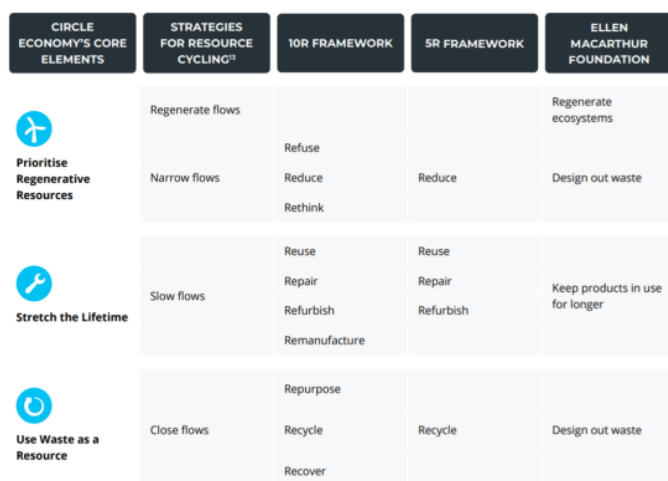
I Suldal kommune utgjør skogbruk en stor næring. Når en ser på mengde avvirking for salg av skog, ser man av Figur 6 at Suldal er den tredje største skogbrukskommunen i Rogaland.



Figur 6: Avvirking for salg (m³) for kommunene i Rogaland i 2020. Kilde: SSB tabell 03795: Avvirking for salg (m³), etter sortiment, statistikkvariabel, år og region







Figur 8: Circle Economy (2021)

I Deloitte-rapporten "Kunnskapsgrunnlag for nasjonal sirkulærøkonomi - delutredning 1 Potensial for sirkulærøkonomi" utpekes prosessindustrien, og jordbruk, skogbruk, havbruk og fiske som to av fem næringer med størst potensial for økt sirkulærøkonomi i Norge.

Innen prosessindustrien, som i rapporten omtales å inkludere produksjon av aluminium, ferrolegeringer, kjemisk industri, mineralsk industri, mineralgjødsel, raffinerier og treforedling, vises det til en allerede høy modenhet knyttet til utnyttelse av avfall som råstoff. Rapporten viser til at prosessindustrien fortsatt har et særlig potensial til å øke bruk av sirkulære råvarer og redusere egne avfallsvolumer, redusere materialintensitet gjennom økt gjeninnføring av sidestrømmer tilbake i produksjonen, og til å jobbe med energieffektivisering og en overgang til fornybare energikilder. I et skifte til en sirkulær økonomi har prosessindustrien en sentral rolle ved å bidra i å prosessere sekundære råvarer og sende de tilbake i økonomien. Industrien kan bidra til økt gjenvinning hos sluttbruker gjennom utvikling av materialer som egner seg for ombruk og materialgjenvinning, og det er potensial for at prosessindustriens spillvarme kan brukes som energikilder for andre industrier og virksomheter. Rapporten viser til at næringen har muligheter for økt verdiskaping blant annet i verdikjeden for elbilbatterier, og ved å bruke CO<sub>2</sub> som fremtidens kjemiske råstoff.

Rapporten påpeker at næringen for jordbruk, skogbruk, havbruk og fiskeri forbruker betydelige innsatsfaktorer, spesielt til dyrefôr og gjødsel. Knapphet av landarealer for produksjon av biomasse og manglende sirkularitet knyttet til bruk av næringsstoffer fremheves som to tema som næringen bør jobbe med. Rapporten anbefaler å se nærmere på bruk av resirkulerte næringsstoffer innen landbruket, og at næringen sammen med havbruk legger til rette for oppsamling av næringsstoffer. Videre vises det til at både havbruk og landbruk har behov for å sikre seg tilgang til fôr fra bærekraftige kilder. Det vises til at landbruket bør se på hvordan man kan redusere matsvinn i produksjon, og sammen med fiskerinæringen legge til rette for økt utnyttelse av restråstoffer.

Rapporten viser videre til at hav- og landbruk har stort potensial til å inngå i industrielle symbioser og verdikjeder hvor slam fra havbruk benyttes til gjødsel i jordbruk. Det vises for eksempel til at overskuddsnæringsstoffer fra havbruk fikses gjennom produksjon av tang og tare som igjen kan utnyttes til dyrefôr i landbruket, mens biomasse fra landbruk kan brukes som fôr i oppdrettsnæringen. Videre vises det til at alle sektorene innen denne næringen har potensial for økt

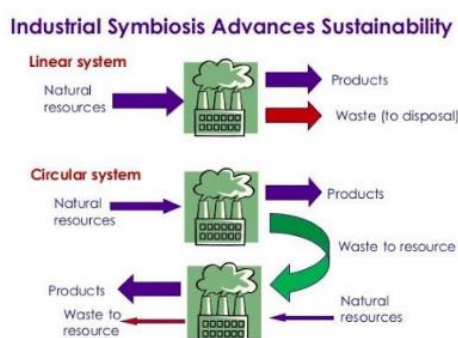
bruk av fornybar energi og drivstoff og til å bidra til økt sirkularitet i flere andre næringer ved at regenerativ biomasse som binder karbon fra lufta kan brukes til fôr, mat og som innsatsmateriale i en rekke industriprosesser og materialer, samt til utfasing av olje og gass til energi og drivstoff.

### 3.2. Industrielle symbioser

En industriell symbiose defineres som en prosess hvor avfall og biprodukt fra en industri eller en industriell prosess, blir til råmateriale for en annen (Polkutie m.fl. 2018). Ved at råmaterialer blir utnyttet på en mer bærekraftig måte, støtter industrielle symbioser den sirkulære økonomien (Polkutie et al., 2018). Industriell symbiose omtales også som en innovativ tilnærming i utviklingen av industrielle nettverk for å skape økonomiske, miljømessige og sosiale fordeler (Isenmann & Chernykh, 2009).

Omstilling til sirkulærøkonomi ved etablering av industrielle symbioser har bidratt til verdiskaping i form av økonomisk konkurransekraft, bærekraftighet, ressurseffektivitet og ressursikkerhet (Polkutie et al., 2018) og reduksjonen av klimagassutslipp. Formålet er å koble aktører som ønsker å fungere som et økologisk system i et nettverk, hvor energi og materialer går i syklus uten at det produseres avfall. Ifølge Chertow (2000, s. 313) vil den kollektive ytelsen være høyere enn summen av individuelle ytelser som oppnås ved å handle alene utenfor en industriell symbiose.

I en kartlegging av utviklingen av industrielle symbioser i Europa fant Domenech m.fl. (2019) at en industriell symbiose er en systemtilnærming til et mer bærekraftig og integrert industrisystem som identifiserer forretningsmuligheter som utnytter ubrukte ressurser (Domenech et. al., 2019). Industriell symbioser involverer virksomheter innen ulike sektorer som deltar i gjensidig fordelaktige transaksjoner ved å gjenbruke avfall og biprodukt, og finne innovative måter å anskaffe inputs og optimalisere verdien av sine restråstoff.



Figur 8: Prinsipp for industriell symbiose. Hentet fra: [Industrial symbiosis promotes circular economy – Symbiotic Networks of Bio-Waste Sustainable Management \(symbiosisproject.eu\)](https://www.symbiosisproject.eu/)

### Figur 9: Industrielle Symbioser

Industrielle symbioser har som en suksessfaktor for realisering av sirkulær økonomi blitt sett på som metode for organisering og har blitt trukket frem som en av kjernestrategiene for å lykkes med overgangen til sirkulærøkonomi.

### **3.3. Industriparker og utvikling av sirkulære symbioser**

#### **3.3.1. Hvordan planlegge industriområder for industrielle symbioser?**

En industriparks rolle er å være vertskap for bedrifter som etablerer seg på parkens industriområde. For bedriftene betyr etablering i en industripark at den enkelte bedrift kan konsentrere seg fullt og helt om sin virksomhet samtidig som det praktiske er tilrettelagt av industriparken. Som virksomhet tilbyr en industripark typisk tilrettelegges av areal, felles infrastruktur innad i parken og fellestjenester til bedriftene. Industriparkens tjenester, infrastruktur og beliggenhet kan gjøre det fordelaktig for bedrifter å etablere seg, som igjen kan bidra til industriutvikling og vekst innenfor de aktuelle næringene.

Det som skiller aktiviteter i en industripark fra et industriområde er parkens fellesskap for struktur, infrastruktur og kompetansebygging (Bruheim og Nguyen, 2021). Mange industriparker har utviklet næringsklyngemiljøer for deling av kompetanse og samarbeid på tvers av de ulike bedriftene og utdanningsinstitusjoner. Dette har vist seg å gi rom for forskning og industriutvikling, og kan være et viktig initiativ til fremtidig videreutvikling av industriparken som virksomhet (Bech Gjør, 2016).

Før en etablerer en industripark er det nødvendig å avklare innen hvilke områder industriparken vil tilrettelegges for bedriftene og hvilke ressurser industriparken vil være avhengig av for å kunne oppfylle sine forpliktelser.

### **3.4. Forretningsutvikling og organisasjonsstruktur for industriparker**

Forretningsutvikling deles inn i fasene forretningsidé, forretningsmodell, forretningsplan og forretningsdrift (Voldsund, Skjølvik, & Bragelien, 2020, ss. 63, 85, 114, 322). Med bakgrunn i forstudien delleveranse om å beskrive viktige suksesskriterier for etablering av en industripark basert på sirkulært samarbeid, vil prosjektet fokusere på sentrale elementer i en forretningsidé og forretningsmodell. En forretningsidé beskriver hvordan en virksomhet kan tjene penger, f.eks. i form av utførelse av tjenester eller salg av produkter. En unik forretningsidé bør være konkurransedyktig og beskrive hvilke behov virksomheten ønsker å tilfredsstille. I tillegg bør virksomheten ha en klar og tydelig visjon og strategi for å sikre drivkraft både for kundene og virksomheten selv.

En forretningsmodell har som hensikt å undersøke kritiske suksessfaktorer som må ligge til rette for å realisere idéen. Spørsmål angående ressurser, kjerneaktiviteter, kunder og finansiering er sentralt i utvikling av forretningsmodellen.

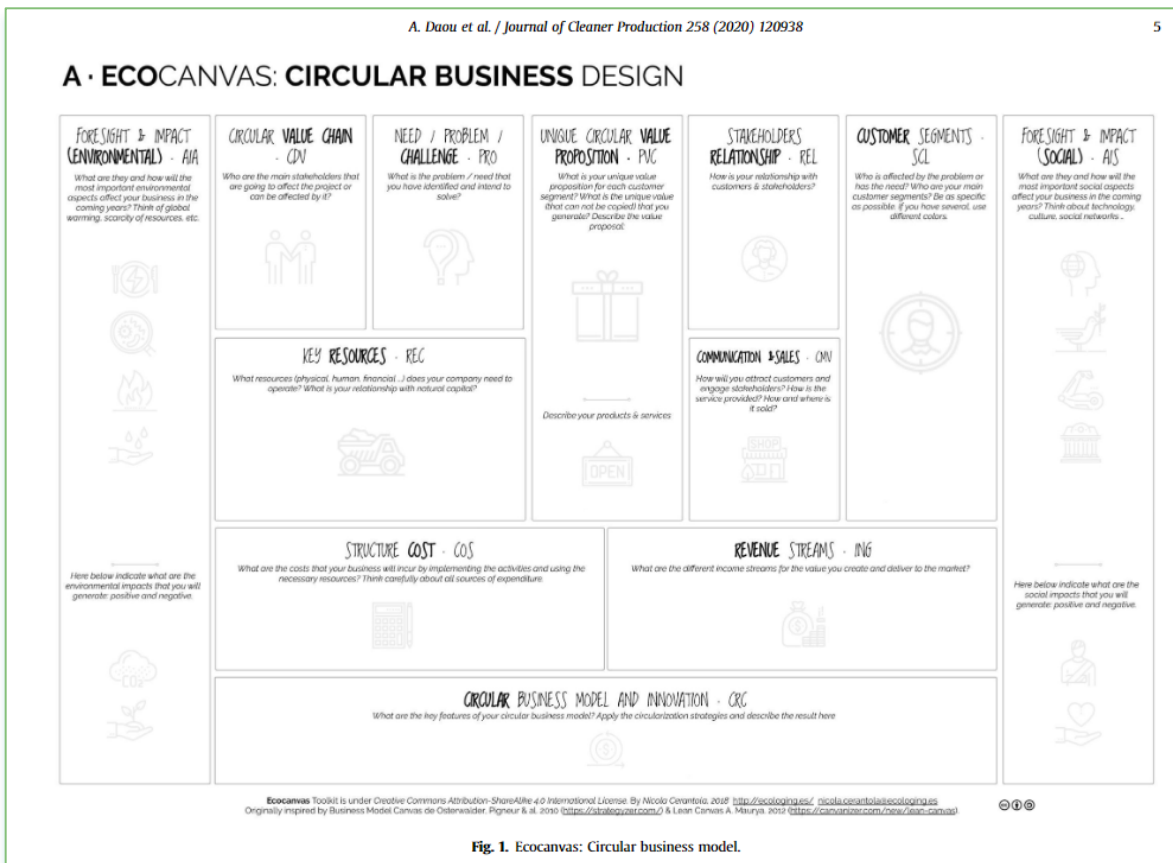
#### **3.4.1. Forretningsmodell for sirkulært samarbeid**

Osterwalder & Pigneur (2015) sin «Business Model Canvas» et anerkjent verktøy innen forretningsmodeller. «En forretningsmodell beskriver rasjonale bak hvordan en organisasjon skaper, leverer og holder på verdier» (Osterwalder & Pigneur 2015, s 14)

Business Model Canvas modellen består av 9 byggesteiner som en virksomhet må ta stilling til for å avgjøre hvordan den skal oppnå lønnsomhet. Byggesteinene er gruppert innen temaene kunder, produkt/tjeneste, infrastruktur og økonomisk bærekraft (Osterwalder & Pigneur 2015, s 15).

Overgangen til en sirkulær økonomi har skapt behov for nye verktøy for å etablere sirkulære forretningsmodeller. Business Model Canvas har blitt kritisert for at den ikke eksplisitt anerkjenner

de miljømessige og sosiale verdiene som er essensielle deler av businesscasene innen sirkulær økonomi (Smith-Gillespie,2017). Med utgangspunkt i Business Model Canvas har flere aktører videreutviklet nye verktøy som i større grad er tilpasset den sirkulære økonomien. Et eksempel er Ecocanvas, som presentert i Figur 10.



Figur 10: Ecocanvas (Daou m.fl. 2020)

Ecocanvas-modellen er en sirkulær oppgradering av den opprinnelige «Business Model Canvas», og inkluderer sosiale, miljømessige og sirkulære aspekter av en forretningsmodell. Modellen har vært testet og utviklet innen ulike akademiske kretser og har vært benyttet innen flere fagretninger (Daou m.fl. 2020).

## 4. Metode

Prosjektet har brukt ulike metoder i forstudiens delleveranser. Vi har brukt en såkalt metodetriangulering, dvs. ulike metoder eller perspektiver for å samle inn og analysere data, med formål om å gi sikrere resultater.

Datainnsamling fra bedrifter har blitt gjennomført i form av personlige- og fokusgruppeintervjuer. Resultater fra intervjuene har blitt presentert og kvalitetssikret av den regionale referansegruppen. For få en oversikt over sidestrømmer fra jordbruk og skogbruk har vi også hentet inn statistikk på fra SSB, Statsforvalteren i Rogaland, Norsk Landbruksrådgivning og andre kilder. Vi har også innhentet data fra de intervjuede virksomhetenes årsrapporter, hjemmesider med mer for å kvalitetssikre data fra intervjuene og fra ulike FoU- og kunnskapsrapporter, industrielle veikart etc. innen sirkulærøkonomi for å sikre at forstudien er forankret i politiske prioriteringer, ny kunnskap og beste praksis innen sirkulærøkonomi.

### 4.1. Intervjuer

Intervjuer med næringslivsaktør har vært sentralt for å få informasjon om type, kvantum, regularitet etc. for ressursstrømmer og potensielle anvendelsesmuligheter. Intervjuene ble utført på teams og varte i omtrent 1 time. I løpet av høsten 2022 ble det gjennomført 16 intervjuer med 17 aktører innen energi-, prosess-, jordbruk og skogbruksnæringen.

Innen energinæringen ble det gjennomført intervjuer med fjernvarmeselskaper, kraft- og nettselskap. Innen prosessindustrien har vi intervjuet både eksisterende og nyetablert virksomheter innen metall-, hydrogen/amoniakk, smolt-, rekeoppdrett, insektsproduksjon, fermentering/mikroalger og karbonfangst. Innen jordbruk og skogbruksnæringen gjennomførte vi et felles fokusgruppeintervju med ledere av bondelagene og skogbrukseierforeningene i Sauda og Suldal.

For å få kunnskap om industriparker og næringsklyngers arbeid med sirkulærøkonomi og sirkulære symbioser gjennomførte vi personlige intervjuer med daglig leder eller forretningsutvikler i 3 norske industriparker og 1 næringsklynge. Intervjuene varte ca. 1 time.

### 4.2. Referansegruppemøter

Det har blitt gjennomført 3 referansegruppemøter med representanter fra prosjektets oppdragsgivere. Referansegruppemøtene har blitt gjennomført som en avslutning av de tre delleveransene med temaene; 1) Dokumentasjon og flytskjema av ressursstrømmer og anvendelsesområder for sirkulært samarbeid, 2) Massebalanse av ulike typer ressursstrømmer levert som et beslutningsstøtteverktøy for bruk i videre næringsutviklingsarbeid, og 3) Masterplanskisse til suksesskriterier for en industriparketablering, og initiell business-cavass analyse av det mest lovende business-caset med fokus på potensielle avtakere.

### 4.3. Statistikk/registerdata

Det ble hentet ut data i form av statistikk fra ulike kilder. SSB er hovedkilden for dataauthenting av sekundærdata til denne rapporten. Videre ble det innhentet statistiske data fra Statsforvalteren i

Rogaland, Norsk Landbruksrådgivning og fra Sauda og Suldal kommune for utfyllende tallgrunnlag. I tillegg ble det brukt noe sekundærdata fra rapporter utarbeidet av Rambøll.

#### **4.4. Dokumentstudier**

Som en del av identifiseringen av potensielle anvendelsesområder for restproduktstrømmer, samt gjennomføring av eco-business canvas for det mest lovende sirkulærøkonomiske caset, har vi gjennomgått sentrale dokumenter, som FoU-rapporter, industrielle- og politiske strategier for sirkulærøkonomi og fremveksten av nye vekstnæringer basert på sirkulærøkonomi.

## 5. Ressursstrømmer og anvendelsesmuligheter

I dette kapittelet gir vi en oversikt over de ulike reststrømmer i de to kommunene fra industri, jord- og skogbruk. Basert på intervjuer og statistikkdata fra ulike kilder har vi laget en oversikt over alle ressursstrømmer som går inn i de intervjuede bedriftene i de to kommunene, og hvilke produkter, sidestrømmer og avfallsstrømmer som kommer ut. Mulige ressurser er for eksempel oksygen, hydrogen, nitrogen, argon, varm luft, kjølevann, varmt vann, røykgass/avgass, CO<sub>2</sub>, ammoniakk, biomasse, avfallsvann fra akvakultur, granulitt, kalk, saltsyre, og strøm. Også organisk avfall fra jordbruk, skogbruk og husholdninger er kartlagt.

Videre er det identifisert en rekke potensielt interessante selskaper som ønsker å benytte seg av lignende avfalls- eller sidestrømmer. En kort oversikt over hver av disse er beskrevet i de neste avsnittene.

### 5.1. Sidestrømmer fra jordbruk og skogbruk i Sauda og Suldal

Både Suldal og Sauda har jordbruksvirksomhet, men jordbruk utgjør en langt større næring i Suldal enn i Sauda. Av Tabell 2 og Tabell 3 ser man at antall jordbruksbedrifter etter hhv. vekst og husdyr er 59 og 55 i Sauda, og 204 og 198 i Suldal.

Tabell 2: *Jordbruksbedrifter etter vekst og husdyr i Sauda (2020). Kilde: SSB #13313, #13316, #13315, #11950, #03795 (2022)*

Antall jordbruksbedrifter etter vekst	Antall dekar	Antall jordbruksbedrifter med husdyr	Antall husdyr
Fulldyrket jord	57	Storfe	422
Åker og hage	2	Kyr	174
Potet	3	Melkekyr	40
Grønnfôr og silovekster	0	Ammekyr	134
Eng til slått og beite	58	Andre storfe	248
Fylldyrket eng	57	Sauer over 1 år	2841
Annet eng og beite	55	Melkegeiter	0
Grønnsaker på friland	2	Alssvin	188
		Høner	7516
<b>I alt</b>	<b>59</b>	<b>I alt</b>	<b>11563</b>

Tabell 3: *Jordbruksbedrifter etter vekst og husdyr i Suldal (2020). Kilde: SSB #13313, #13316, #13315, #11950, #03795 (2022)*

Antall jordbruksbedrifter etter vekst	Antall dekar	Antall jordbruksbedrifter med husdyr	Antall husdyr
Fulldyrket jord	197	Storfe	3245
Åker og hage	8	Kyr	1159
Potet	1	Melkekyr	731
Grønnfôr og silovekster	4	Ammekyr	428
Eng til slått og beite	199	Andre storfe	2086
Fylldyrket eng	195	Sauer over 1 år	11134
Annet eng og beite	192	Melkegeiter	268
		Alssvin	295
		Høner	30022
<b>I alt</b>	<b>204</b>	<b>I alt</b>	<b>49368</b>

Tabell 4 viser utvalgte nøkkeltall for de fem kommunene i Rogaland med høyest jordbruksareal i drift (dekar). Av tabellen ser man at Suldal har en relativ høy andel landbrukseiendommer, men at antall jordbruksbedrifter og jordbruksareal i drift er relativt lavt sammenlignet med de største kommunene i Rogaland.

Tabell 4: Kommuner med høyest jordbruksareal i drift (Rogaland)

	Hå	Sandnes	Stavanger	Time	Klepp	Suldal	Sauda
Netto driftsutgifter til landbruksforvaltning og landbruksbasert næringsutvikling i prosent av totale netto driftsutgifter (prosent)	40 %	10 %	10 %	20 %	30 %	100 %	20 %
Brutto driftsutgifter til landbruksforvaltning korrigert for samarbeidskommuner (1000 kr)	7 586	5 082	7 233	2 802	3 961	4 919	1 320
Brutto driftsutgifter til landbruksforvaltning og landbruksbasert næringsutvikling per landbrukseiendom (1000 kr)	11	6	8	7	8	10	7
Landbrukseiendommer (antall)	694	892	933	427	510	485	179
Jordbruksbedrifter (antall)	406	334	380	239	283	202	61
Jordbruksareal i drift (dekar)	118 455	87 811	88 203	81 816	71 312	33 478	7 447
Produktivt skogareal (dekar)	11 782	118 622	41 755	11 720	2 792	285 577	66 288

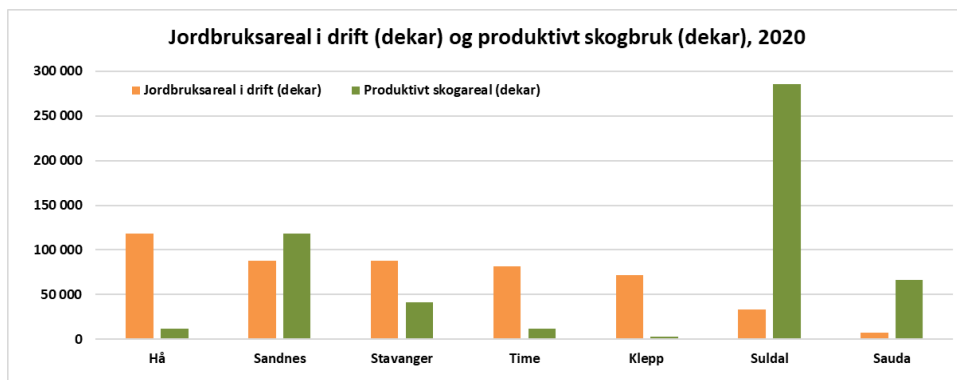
Avfallsstrømmene som kommer fra jordbruk i de to kommunene utgjør hovedsakelig husdyrgjødsel, spesielt fra sau og storfe. Av Tabell 5 ser man at Suldal har størst mengde gjødsel fra sau og storfe, mens Sauda har mengde gjødsel fra sau, etterfulgt av gris og storfe.

Tabell 5: Gjødseledderheter (GDE) for Sauda og Suldal (2017). Kilde: Statsforvalteren i Rogaland (2022)

	Sauda	Suldal
	GDE	GDE
AMMEKYR	47,3	200,7
STORFE	142	1698,7
SAU	522,1	1864,3
AVLSPURKER	55,0	63,
SLAKT LIVGRIS	79,7	178,0
GRIS	156,7	284,3
VERPEHØNS	75,2	284,2
FJØRFE	75,2	284,2

Av

Figur 11 som viser jordbruksareal i drift og produktivt skogareal for de fem største kommunene i Rogaland med høyest jordbruksareal (dekar), ser man at Suldal kommune er den kommunen som har størst produktivt skogsareal i Rogaland.



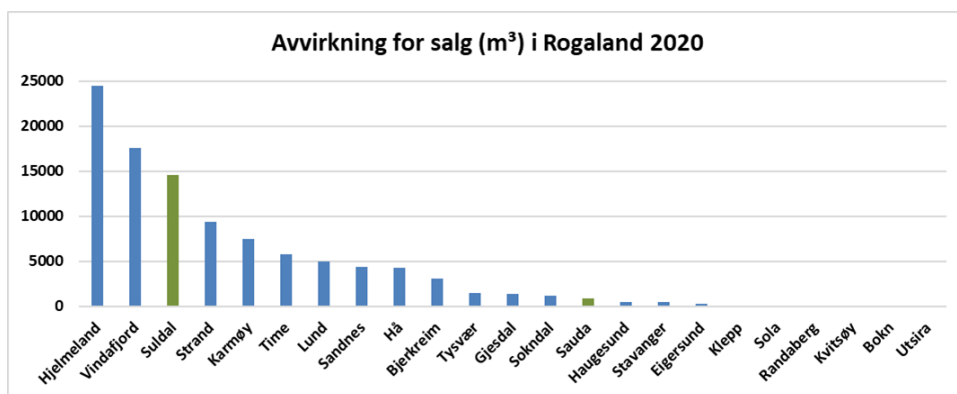


Figur 11: Jordbruksareal i drift (dekar) og produktivt skogbruk (dekar), 2020. Kilde: SSB #11950

Tabell 6 viser de fem kommunene med størst kvantum avvirket tre for salg (m<sup>3</sup>) i Rogaland i 2020, i tillegg til Sauda. I Suldal har man størst avvirket kvantum tre av gran, og av Figur 12 ser man at Suldal kommune er den tredje største kommunen i Rogaland når det gjelder avvirking av tre for salg.

Tabell 6: Kommuner med størst kvantum avvirket tre for salg (Kilde SSB #03795)

	Hjelmeland	Vindafjord	Suldal	Strand	Karmøy	Sauda
Gran	14 317	16 365	12 657	8 718	6 989	797
Furu	10 067	1 134	1 963	700	452	40
Lauv	62	74	0	0	0	30
Ved til brensel	0	0	0	0	0	0
<b>Totalt</b>	<b>24 446</b>	<b>17 573</b>	<b>14 620</b>	<b>9 418</b>	<b>7 441</b>	<b>867</b>



Figur 12: Avvirking for salg i Rogaland 2020. Kilde: SSB #03795

Suldal og storområdet rundt er et av områdene med mest skog i Rogaland. Sauda og Suldal har også infrastruktur for skogbruksvirksomhet. I Sauda har man en tømmerkai som brukes til eksport av tømmer, som også kan brukes til import av tømmer dersom det vil bli aktuelt med tanke på produksjon. Videre finnes det et planinitiativ knyttet til utvidelse med kaiområde og industriareal ved Berakvam for Norsk Stein, og det er ifølge prosjektets informanter muligheter for få til tømmerkai på Jelsa.

Totaltall for avfallsstrømmer fra landbruk og skogbruk i Suldal og Sauda i form av husdyrgjødsel og GROT presenteres i Tabell 7. GROT, som er hogstavfall fra skogbruk som blir igjen i skogen etter avvirking (samlede greiner og topper), og en form for energivirke som flises opp før den omsettes som energivare, utgjør 3 754 tonn transportert våtvekt i Suldal, og kun 46 tonn våtvekt i Sauda. Når det gjelder husdyrgjødsel transporteres 34 888 tonn våtvekt fra Suldal og 4 050 tonn fra Sauda.

Tabell 7: Oversikt mest viktige organiske avfallsstrømmer i Sauda og Suldal fra jord- og skogbruk (Kilde: Rambøll, 2020)

Jordbruk og tjenester tilknyttet jordbruk, jakt og viltstell	Skogbruk og tjenester knyttet til skogbruk
Gjødsel husdyr	GROT

Kommune	Tonn transp. v.	Tonn tørrvekt	Tonn fosfor	Tonn nitrogen	Tonn amm.-nitrogen	Tonn transp.v	Tonn tørrvekt	Tonn fosfor	Tonn nitrogen
Suldal	34 888	5 073	29	140	79	3 754	1 877	19	188
Sauda	4 052	863	6	23	12	46	23	0	2

## 5.2. Avfall fra husholdninger: mat-, tre- og hageavfall

I begge kommuner samles også biologisk avfall fra husholdninger, i form av matavfall, treavfall, og hageavfall. Tabell 8 viser kvantum biologisk avfall i tonn per kommune for 2021. Man ser at mengden matavfallet er omtrent like stort i de to kommunene. I Sauda går matavfallet til kompostering, mens det i Suldal går til biogassproduksjon. Videre viser tabellen at 139 tonn treavfall i Suldal går til forbrenning, mens 50 tonn treavfall går til materialgjenvinning i Sauda. I Suldal går også en viss del hageavfall til forbrenning og kompostering.

Tabell 8: Organisk avfall fra husholdninger i Sauda og Suldal, 2021 (Kilde: SSB)

		Sauda		Suldal	
		Henteordning [tonn] i 2021	Gjenvinningsstasjon [tonn] i 2021	Henteordning [tonn] i 2021	Gjenvinningsstasjon [tonn] i 2021
<b>2.06</b>	Materialgjenvinning	0,0	.	0,0	.
<b>Matavfall</b>	Forbrenning	0,0	.	0,0	.
	Deponi	.	.	.	.
	Biogassproduksjon	0,0	.	<b>241,0</b>	.
	Kompostering	<b>252,0</b>	.	0,0	.
<b>2.07</b>	Materialgjenvinning	.	<b>50,0</b>	.	0,0
<b>Treavfall</b>	Forbrenning	.	0,0	.	<b>139,0</b>
	Deponi	.	.	.	.
	Biogassproduksjon	.	0,0	.	0,0
	Kompostering	.	0,0	.	0,0
<b>2.08</b>	Materialgjenvinning	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Hageavfall</b>	Forbrenning	0,0	0,0	<b>144,0</b>	0,0
	Deponi	.	.	.	.
	Biogassproduksjon	0,0	0,0	0,0	0,0
	Kompostering	0,0	0,0	<b>18,0</b>	<b>56,0</b>

## 5.3. De intervjuede bedriftenes ressursstrømmer

I Tabell 9 gis det en oversikt over de selskapene som ble intervjuet i forstudien. Vi intervjuet bedrifter i Sauda og Suldal kommune, og bedrifter utenfor regionen som har potensiale til å være forbrukere av avfallsstrømmer som produseres i de to kommunene.

Tabell 9: Intervjuede bedrifter per kommune.

Bedrifter Sauda	Bedrifter Suldal	Ikke regionale bedrifter
Eramet	Statnett	Bergen Carbon Solutions
Sauda Energi	Norsk Stein	GTI/AlgaePro

Sauda Aqua*	Gen2Energy*	Renevo
Nippon Gases	Suldal Bondelag	ShrimpVision
Saudefaldene	Sauda og Suldal Skogeierlag	InvertaPro
Iverson eFuel*		
Norrkledning AS		
Sauda Bondelag		

*\* ikke etablert per i dag i disse regionene, men konkrete planer*

I de neste tabellene er det gitt en oversikt over de ulike ressursene som brukes av disse selskapene, og side-/avfallsstrømmene som kommer fra bedriftene. Ikke alle ressursstrømmer er nevnt, kun de som er relevante for å finne mulige avtakere/brukere innen en potensiell industriell symbiose i Sauda og Suldal. I tillegg har vi der det er mulig tatt hensyn til eventuelle kvalitetskrav. Kvalitetskravene var ikke i alle tilfeller kjent, verken for utgående strømmer eller kravene til råvarer. Dette gjelder spesielt der det kunne være en mulighet for sirkulær utnyttelse, men der det ennå ikke er testet og/eller er avhengig av lokale forhold. For eksempel er temperaturen på kjøle- eller oppvarmingsvann og behov for kjøling/oppvarming ikke spesifisert i de fleste tilfeller. For de ny etablerte bedriftene Sauda Aqua, Iverson eFuel og Gen2Energy hvor produksjon er planlagt, men ikke satt i drift, mangler fortsatt mer nøyaktige produksjonsdata. Noen av selskapene, som for eksempel Eramet, produserer hele døgnet og med en ganske konstant hastighet, mens andre bedrifter vil være mer avhengig av årstider eller andre faktorer som nedbør eller biologi (f.eks. størrelsen på fisk). Dessuten kan aspekter som nedetid påvirke tilgjengeligheten av ressursstrømmene i kortere perioder.

Mer informasjon, spesielt angående mulige avtakerbedrifters modenhet med hensyn til deres teknologier, er gitt i Tabell 10. Her har vi også gitt mer informasjon om potensiell produksjonsstørrelse, nødvendig areal, de viktigste innsatsfaktorene samt personellbehov for bedriftene. Vi understreker at disse tallene er omtrentlige tall for en potensiell fremtidig produksjon, og ikke basert på reell planlagt produksjon i Sauda eller Suldal.

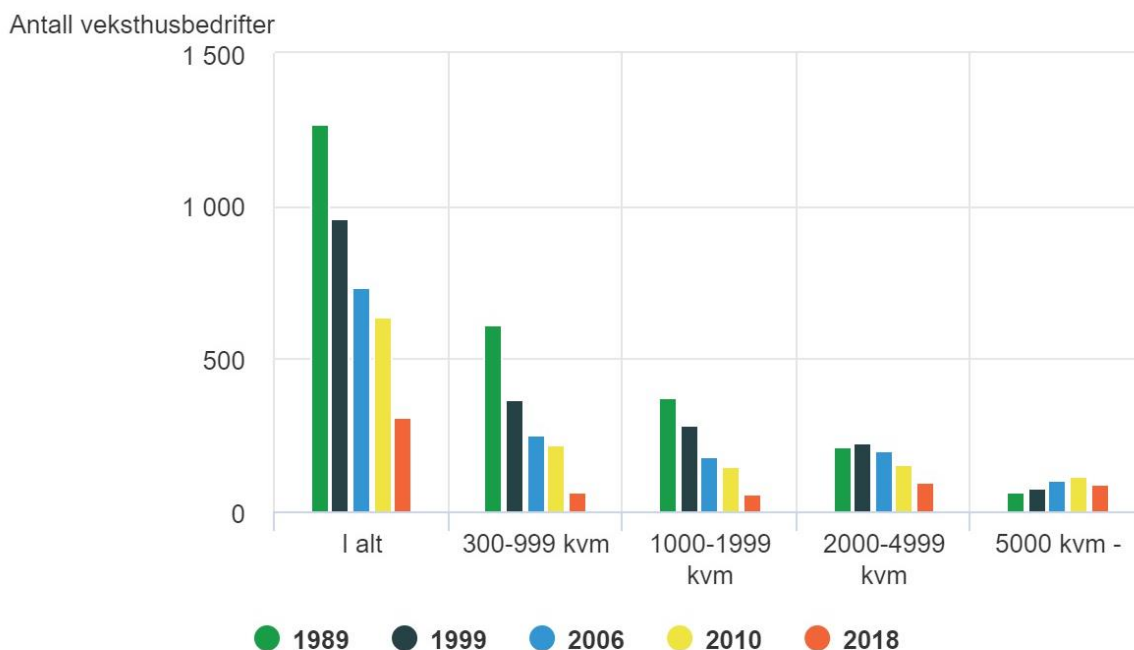
Tabell 10: Intervjuede potensielle avtakerbedrifters virksomhet, TRL nivå, potensiell produksjonsstørrelse og lokasjonskriterier.

	BERGEN CARBON SOLUTION	RENEVO	GTI/ALGAEPRO	NORRKLEDNING	SHRIMPVISION	INVERTAPRO
Type produksjon	Karbonfangst for bruk i batterier, brenselcelle og materialteknologi	Biogassanlegg for produksjon av LBG, gjødsel, miljøvennlig CO2	Kombinasjon av fermentering og heterotrofe mikroalger til produksjon av fiskefôr	Veibeskyttelse (gjenbruk dekk)	Scampi (fri fra anti-biotika, følger norsk regelverk). Fersk	Innsekts produksjon fra organisk avfall (ikke fra kjøtt og standardfôr)
TRL nivå	Testanlegg Bergen (3 tonn). Planlegger første fabrikk i Høyanger (160 tonn). Prosjekt C ser på mye større mengder	Testanlegg Stord. Planlegger 5 anlegg hvorav ett i Etne (dobbel så stort)	Testanlegg Bergen fokus matavfall (m/BIR), ønsker å ekspandere	Planlegger produksjonsstart 2023	Har valgt lokasjonssted for kommersiell pilot på 100 tonn	Testanlegg på Voss, fremdeles i testfase frem til 2027
Størrelse fabrikk potens. produksjon Sauda/Suldal	Ikke vurdert, kan bruke dimensjonering Høyanger som sammenligningsgrunnlag (160 tonn/år)	Ikke vurdert. I tillegg til biogassproduksjon vil det være potensial for egen virksomhet på gjødselproduksjon	Ikke vurdert, men en større produksjon vil kreve 10-20 000 tonn organisk material	Plan/ønske om å benytte 10-20 000 tonn granulert årlig	Ikke vurdert, men en pilot vil utgjøre ca. 100 tonn (landbasert), og fullskala produksjon 1-2000 tonn	Ikke vurdert, men bruker min. 300 tonn (tv) larver per år. Bygg 7m høyt. Produksjon krever landbruksregulering, prosess industriregulering
Mest kritiske innsatsfaktorer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO2. Nærliggende industri som fanger CO2 er fordelaktig.</li> <li>• Tilgang strøm ca 24GW</li> <li>• Fordel samlokasjon med underleverandør innen IT elektro, vedlikehold</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilgang til <u>nok råvarer</u>: Husdyr slam (ku, sau, gris), fiskeslam og husholdningsavfall, gjerne fra Rogaland</li> <li>• Behov elektrisk energi ca 60 GwH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stort nok areal</li> <li>• Tilgang spillvarme</li> <li>• Tilgang til <u>nok organisk avfall</u> (matrester jordbruk, husholdning og fiske-avfall), gjerne fra Rogaland</li> <li>• Adkomst transport</li> <li>• Samarbeid biogass fordel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomt: pris, utvidelsesmulighet</li> <li>• Varme: spillvarme</li> <li>• Vann: god vann-kilde, samarbeid resirkulering</li> <li>• Avfall: biogassaktør avfallsaktør, slam gjødsel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilgang innsatsfaktorer</li> <li>• Sirkulær symbiose/sam.</li> <li>• Vann</li> <li>• Gjenbruk eksisterende bygg (standard isolasjon)</li> <li>• Skalere produksjon gradvis</li> <li>• Samarbeid avfallsselskap, Felleskjøpet, potetbonde</li> </ul>	
Tomtestørrelse	5-6 mål, ved storskala produksjon større tomt	12 mål, helst firkantet	ca. 2000 m2 for fabrikk, i tillegg behov for areal til lagring, transport	Bygg 4-500m2, tomt 2000 m2	5000 m2, med mulighet utvidelse	Bygg 2-3000m2

Antall ansatte	Ca. 50 storskala	ca. 10 i drift, 5 sjåførar	Ca. 15	3-4 ansatt, 10-15 operativ produksjon	6-8 personer i pilot, 25-50 produksjon	ca. 6 personer
Utdanning ansatte	Prosessteknikk, elektrokjemi, automasjon og prosessingeniør	Molekylær biologi (rapport myndigheter), biologer biogass, mekanikere og prosess	Prosessindustri, noen med ingeniørbakgrunn	Automatikk, maskinoperatører, lavterskeltilbud	Akvakultur, RAS-teknologi, reker og næringsmiddeltekniker	Ingen spesiell, erfaring fra gårdsbruk

I tillegg til disse selskapene er det to andre alternativer som tas med som mulighet, selv om det ikke ble gjennomført intervjuer med potensielle selskaper på dette feltet. Dette er planteproduksjon i veksthus og fotoautotrofe mikroalger.

I Norge produseres en rekke vekster i veksthus, som grønnsaker (f.eks. tomat, agurk, salat, urter), snittblomster (f.eks. tulipaner), potteplanter (f.eks. julestjerne og kalanchoe), og forskjellige planter som utplantingsplanter og småplanter til planteskole. I tillegg produseres ulike kulturer av frukt og bær i tunell. Mange av veksthusanleggene har helårsproduksjon og leverer ulike ferdigvarer gjennom hele året. Det er stadig færre jordbruksbedrifter med veksthusproduksjon i Norge, og mengden bedrifter går raskere ned enn totalarealet med veksthus. Gjennomsnittlig størrelse på veksthusbedriftene har økt fra 2 700 m<sup>2</sup> i 2006 til 5 500 m<sup>2</sup> i 2018. I 2006 hadde 105 veksthusbedrifter minst 5 000 m<sup>2</sup> veksthusareal (knappt 15 prosent av enhetene), mens i 2018 var det 93 bedrifter (en tredel av enhetene) som hadde et areal på 5 000 m<sup>2</sup> eller mer<sup>1</sup>.



Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 13: Antall veksthusbedrifter etter veksthusareal i kvadratmeter

Samlet ble det i 2018 produsert varer i veksthus for 2,2 milliarder kroner (blomster og grønne planter (1,04 milliarder), grønnsaker og urter (1,12 milliarder kroner), bær (2,2 millioner kroner)).

Mikroalger er en dårlig definert gruppe av urelaterte organismer som deler en rekke egenskaper. Mest vanlige trekk er at de kan bruke fotosyntese, men det er også noen alger som ikke har fotosyntetiske organeller. Fotoautotrofiske mikroalger bruker energi fra sollys og fikserer uorganisk C (primært karbondioksid, CO<sub>2</sub>) for å bygge organisk biomasse, mens heterotrofiskemikroalger bruker organiske molekyler (f.eks. sukker) som både karbon og energikilde. Mikroalger er mikroskopiske og for det mest encellede arter. Mange produserer interessante komponenter, deriblant proteiner, fettsyrer, vitaminer og pigmenter. Derfor har interessen for bioteknologisk

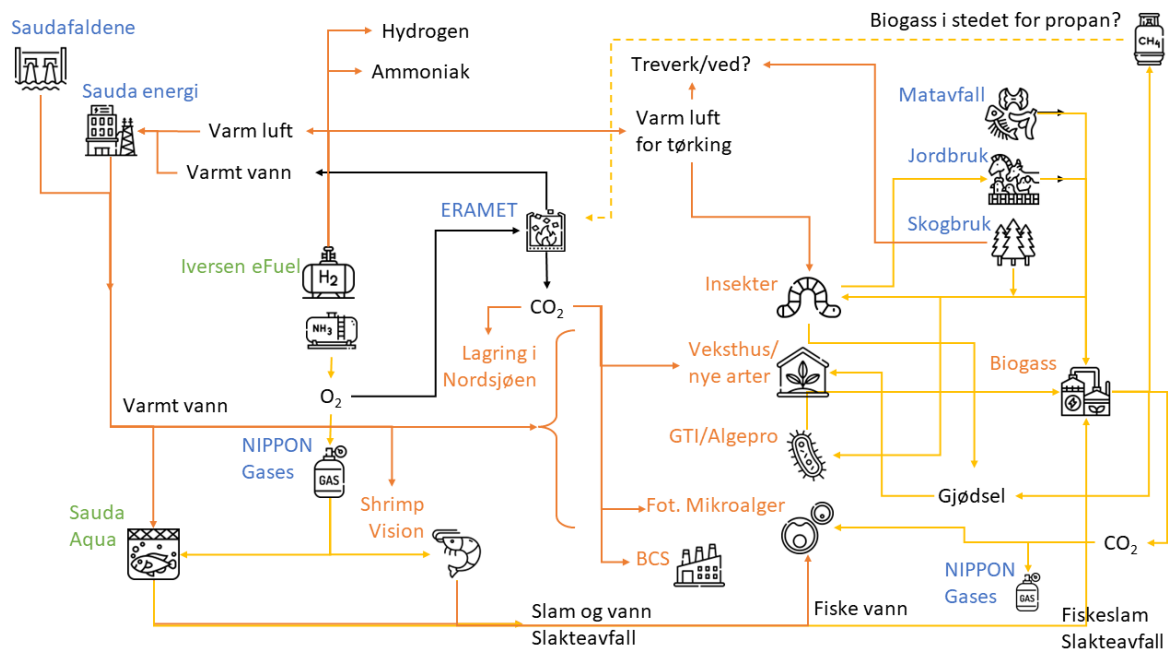
utnyttelse av disse organismene for å produsere høyverdige produkter for en rekke formål, fra kosttilskudd, kosmetikk, fôr, og kjemikalier, økt betydelig de siste tiårene<sup>2</sup>. Prisen for disse produkter varierer fra 50 til 5000 NOK/kg, med en markedsstørrelse på opptil 100 kton/år<sup>3</sup>. I tillegg er det et bredt spekter av nye applikasjoner som f.eks. biodrivstoff, biogjødsel, avløpsvannbehandling og kjemikalier, der biomasseprisen er mye lavere (fra mindre enn 50 NOK/kg) men markedets størrelse er enorm.

I Norge vokser interessen for mikroalger sakte, men jevnt. Det er i dag kun én kommersiell produsent av fotoautotrofe mikroalger i Norge (MicroA). Ellers er det for øyeblikket fortsatt mest aktivitet innen FoU-sektoren, men det er små nyetableringer som FjordAlg, Folvengaard, Algæ og AlgæPro, og eksisterende selskaper som har inkludert algeaktiviteter i deres portefølje, som Finnfjord, CFeed, Vital Seafood (selger ikke noe enda, CFeed produserer til eget bruk). Greentech Innovators/AlgaePro fokuserer for tiden på kombinasjonen av melkesyregjæring og produksjon av heterotrofe mikroalger, men ser også fotoautotrofe mikroalger som en mulighet i fremtiden.

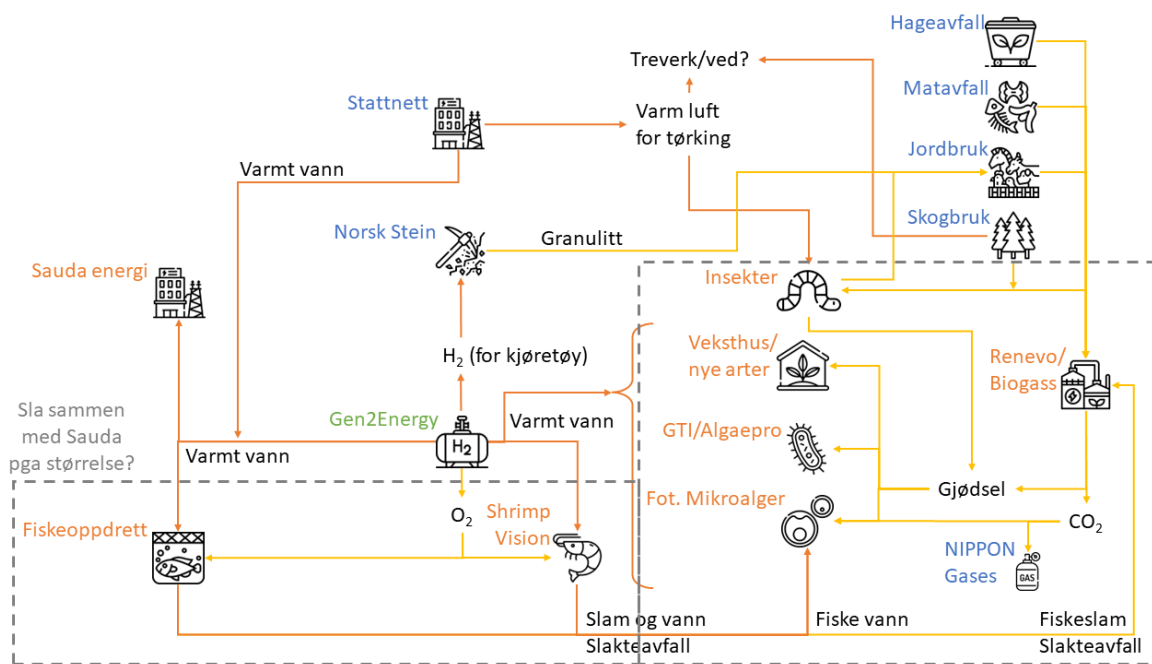
#### **5.4. Potensielle sirkulære symbioser i Sauda og Suldal**

Basert på alle ressursstrømmer og mulige symbioser har vi laget et oversiktskart per kommune for å vise hvilke bedrifter de forskjellige ressursstrømmene kan brukes av (strømbehovet er utelatt for klarhetens skyld ettersom alle bedrifter trenger det). I det første eksempelet har vi kun sett på muligheten for at de forskjellige ressursstrømmene skulle kunne brukes, og ikke på nødvendige mengder. Nødvendige mengder er blitt inkludert i massebalanseanalysen som presenteres i neste kapittel.

De svarte linjene indikerer strømmer som allerede eksisterer. De oransje linjene indikerer mulige strømmer som ikke bør transporteres over for lange avstander, da dette enten vil påvirke kvaliteten (for eksempel temperatur) eller ha store transportkostnader på grunn av type eller mengde materiale. De gule linjene indikerer mulige strømmer som har større potensiale for å bli transportert, men også her må kostnad og kvalitet tas i betraktning for å avgjøre om dette er ønskelig.



Figur 14: Mulig industriell symbiose og sirkulær økonomi i Sauda



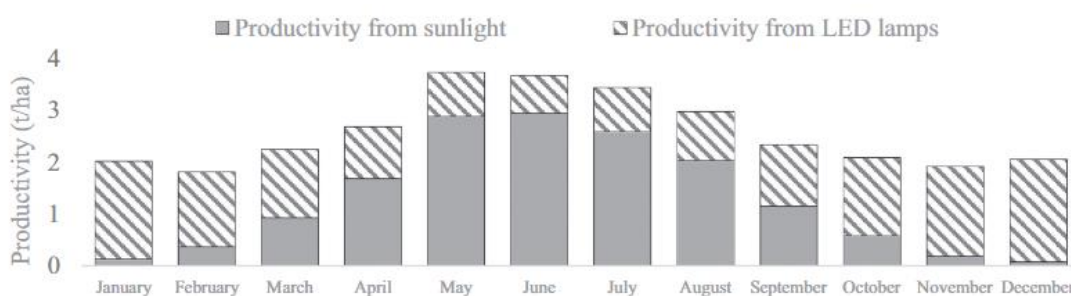
Figur 15: Mulig industriell symbiose og sirkulær økonomi i Suldal

Som man kan se av bildene i Figur 14 og Figur 15 , har vi kartlagt mange mulige bruksområder for de ulike ressursstrømmene. For noen av disse ressursstrømmene er tilgjengelig mengde stor nok til å støtte flere av de avbildede mottakerne. For eksempel produseres CO2 i slike mengder i Sauda at alle mottakerbedrifter kan forutses med tilstrekkelig mengde CO2 og overskuddet kan lagres i



havbunnen, som i Langskip-prosjektet. I andre tilfeller vil det bare være tilstrekkelig materiale for en av de avbildede avtakerne, eller ikke nok i det hele tatt. Dette kan også variere gjennom året, for eksempel på grunn av sesongmessige effekter.

For både fotoautotrofe mikroalger og planter er lys den viktigste faktoren. I Norge faller omtrent 80 % av sollyset i løpet av de 6 månedene i sommerhalvåret. Derfor, for å øke mikroalgenes sesong og årlig produktivitet, kan kunstig belysning brukes. For eksempel, ved å tilføre mer lys i 16 til 20 timer i døgnet har en klart å tre- til firedoble avlingen<sup>4</sup>. Også for mikroalgedyrking i Norge har det vist seg at produktiviteten kan nesten dobles ved bruk av kunstig lys i kombinasjon med sollys (se også figur 17)<sup>5</sup>. Selv om bruk av kunstig belysning har en kostnad, har det blitt dokumentert at kostprisen per kg biomasse for produksjon i Norge vil være lavere når man inkluderer kunstig belysning, siden anlegget i så fall brukes mer effektivt gjennom hele året.



Figur 16: Månedlig produktivitet for mikroalgedyrking i Norge, basert på sollys og LED-lys (Vazques et al, 2021)

Lys er ikke den eneste faktoren som varierer gjennom året og vil påvirke ressursbruken. Temperaturen er en annen. Og for eksempel for fotosyntetiske mikroalger kan disse påvirke hverandre, da absorpsjon av lys av algene vil øke temperaturen i produksjonssystemene. Så selv i kaldere måneder, men på dager med mye solinnstråling kan det være behov for avkjøling. Men generelt for både produksjon i veksthus av avlinger og mikroalger, er det i de kaldere månedene behov for oppvarming og om sommeren behov for avkjøling. Den nøyaktige reguleringen av lys og temperatur er veldig avhengig av hvilken type avling/mikroalge som produseres og hvor mye.

Utenom lys og temperatur vil det være andre sesongmessige endringer som kan påvirke mengde og kvaliteten på en sidestrøm. For eksempel når det gjelder matsvinn, vil spisevanene gjennom en sesong endres (f.eks. mer avfall fra appelsiner om vinteren) som også kan påvirke de påfølgende prosessene (f.eks. produksjon av biogass).

Også kvaliteten på materialstrømmene kan gjøre at selv om det på papiret ser ut til å være nok sidestrøm, er det kanskje ikke det i virkeligheten. Nåværende og fremtidige aspekter som lovgivning vil også kunne ha innvirkning. For eksempel kan organisk avfall brukes til produksjon av insekter. Foreløpig kan det kun brukes organisk avfall som er fritt for animalske produkter basert på gjeldende lover. Dagens innsamling av matavfall i regionen vil derfor kanskje ikke gi riktig kvalitetsprodukt for dette formålet.

Et annet eksempel kan være CO<sub>2</sub> som produseres i regionen. Den intervjuede biogassaktøren Renevo har en prosess for å skille CO<sub>2</sub> fra metan i biogassen, noe som resulterer i en CO<sub>2</sub> av meget høy kvalitet som kan brukes direkte i høyverdige produkter som matvarer. Mens CO<sub>2</sub> fra røykgassen

fra Eramet vil ha en annen kvalitet, og kanskje må forbehandles før den kan brukes i andre prosesser (enten på grunn av teknologiske begrensninger (konsentrasjon av CO<sub>2</sub> i røykgass, tilstedeværelse av forurensninger), eller på grunn av forskrifter). Dessuten er noen av de avbildede prosessene fortsatt under utvikling, og vil måtte testes på avfallet/sidestrømmene som finnes i denne regionen.

Et annet aspekt som vil avgjøre om de avbildede mulighetene er gjennomførbare i regionen kan være størrelsen på anlegget som trengs. Gitt at det ikke er ubegrenset ledig plass i begge kommunene, er dette noe som må tas hensyn til. For eksempel bruker fotoautotrofe mikroalger, de som bruker lys for å omdanne CO<sub>2</sub> til verdifull biomasse, omtrent 2-2,5 kg CO<sub>2</sub> per kg produsert mikroalgebiomasse (teoretisk 1,8 kg CO<sub>2</sub> per kg biomasse, men avhengig av systemet og prosessen som brukes, effektiviteten av konverteringen er lavere og noe CO<sub>2</sub> vil gå tapt i prosessen). I Norge vil det være mulig å produsere rundt 30 tonn mikroalgebiomasse per hektar per år<sup>6</sup>. De nøyaktige tallene er avhengig av for eksempel valgt stamme og produksjonsprosess. Dette vil bety at det trengs 60 til 75 tonn CO<sub>2</sub> per hektar per år.

Til dyrking av avlinger i et veksthus, kan også CO<sub>2</sub> tilsettes for å øke produktiviteten til plantene. Generelt sies det at typisk estimert forbruk av CO<sub>2</sub> for et gjennomsnittlig drivhus er 10 gram CO<sub>2</sub> per time per 1 m<sup>2</sup> drivhus<sup>7</sup>. Dette er avhengig av ulike faktorer som lys (inkl. kunstig belysning), temperatur, og lufting.

Så mengden CO<sub>2</sub> som kan fanges opp av disse prosessene vil være avhengig av omfanget av produksjonsanlegget til algene og/eller veksthus.

## 6. Massebalanseanalyse – et beslutningsstøtteverktøy

### 6.1. Oppsett av Excel verktøy

Et beslutningsverktøy for massebalanseanalyse har blitt utarbeidet i Excel. Excel arbeidsboken består av tre deler (sidenavn i parentes):

- Datainput (Produksjonsdata)
- Beregning av massebalanse (Simuleringsdata)
- Presentasjon av resultater (Resultat massebalanse)

Det er klargjort for opptil 27 bedrifter/ressurskilder som legges inn kolonnevis. For hver bedrift/kilde velger man bruk av nedtrekksverdier om bedriften er etablert eller ikke, og lokasjon for bedriften (Sauda, Suldal, Andre).

For hver bedrift/ressurskilde legges så ressurs inn/ut inn i tabellen under. Det er per nå klargjort for 21 ulike ressursstrømmer. Tallene som legges inn i denne tabellen angir gitt/estimert produksjon ved 100% effektivitet. For hver bedrift kan man videre skalere produksjonen ved å justere på prosentatsen på den øverste linjen. Dette vil da ikke endre verdiene på input-siden, men kun endre verdiene som går inn i beregningene. For hver bedrift settes også en relativ usikkerhet i produksjonen. Denne settes likt for alle ressurser inn/ut av bedriften automatisk. Dersom man ønsker å gi ulik usikkerhet til ulike ressurser fra samme bedrift kan dette gjøres i tabellen på "simuleringsdata" siden (merk at manuell endring vil overskrive gitte formler).

Massebalansen beregnes for hver av de ulike ressurslinjene. Totalt tilgjengelig mengde ressurser er gitt som summen av mengden "ressurser ut" fra de ulike bedriftene, mens totalt planlagt forbruk vil være gitt av summen av mengden "råvarebehov". For hver ressurs beregnes den totale usikkerheten etter standard metode (følger internasjonal standard, ISO GUM). Usikkerheten blir i alle tilfeller angitt som relativ usikkerhet (%).

Resultatene blir presentert i tabellform på siden "Resultat massebalanse". Her generes fire tabeller med tre kolonner: Totalt planlagt produksjon, Totalt planlagt forbruk og Total rest. I hver kolonne vises samlet verdi med gitt relativ usikkerhet for hver råvare.

De fire tabellene gir mulighet for å sammenligne ulike scenarier:

1. Massebalanse for alle bedrifter/kilder
2. Massebalanse for gitte bedrifter/kilder filtrert etter etableringsstatus
3. Massebalanse for gitte bedrifter/kilder filtrert etter lokasjon
4. Massebalanse for gitte bedrifter/kilder filtrert etter lokasjon og etableringsstatus

### 6.2. Presentasjon av resultater

Basert på verdiene gitt i Tabell 11 og Tabell 12 er det beregnet et eksempel for massebalansen. I eksemplet er det lagt til grunn 10% produksjonsusikkerhet for hver av bedriftene. I Tabell 11 vises resultatet for kun de allerede etablerte bedriftene i (Sauda og Suldal samlet). Etableringsstatus er gitt i Tabell 9. Deretter vises massebalansen for både etablerte og potensielle ny-etableringer i Tabell 12.

Tabell 11: Massebalanse for de etablerte bedriftene i Sauda og Suldal samlet.

Etablert	Totalt planlagt produksjon		Totalt planlagt forbruk		Total Rest	
	Verdi	Usikkerhet	Verdi	Usikkerhet	Verdi	Usikkerhet
<b>Massebalanser</b>						
Oksygen [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Hydrogen [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Nitrogen [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Argon [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Varm luft [tonn/år]	26 280	10,0 %	-	0,0 %	26 280	10,0 %
Kjølevann [m3/år]	2 628 000	10,0 %	12 702 000	7,6 %	10 074 000	9,9 %
Varmt vann (>90C) [m3/år]	2 628 000	10,0 %	2 628 000	10,0 %	-	0,0 %
Røykgass/CO2/avgass [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Amoniakk [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Biomasse [tonn/år]	39 840	8,8 %	-	0,0 %	39 840	8,8 %
Avfallsvann fra smoltanlegg [m3/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Slam fra smoltanlegg [tonn/år]	38 830	10,0 %	-	0,0 %	38 830	10,0 %
strøm [MWh/år]	1 810 000	10,0 %	-	0,0 %	1 810 000	10,0 %
CO2 [tonn/år]	350 000	10,0 %	-	0,0 %	350 000	10,0 %
Kalk [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Gjødsel [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
saltsyre [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Varmt vann 40 C [m3/år]	1 427 880	7,1 %	-	0,0 %	1 427 880	7,1 %
	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %

Tabell 12: Massebalanse for alle bedrifter i studien samlet

Massebalanser	Totalt planlagt produksjon		Totalt planlagt forbruk		Total Rest	
	Verdi	Usikkerhet	Verdi	Usikkerhet	Verdi	Usikkerhet
Oksygen [tonn/år]	327 956	9,2 %	7 540	9,9 %	320 416	9,4 %
Hydrogen [tonn/år]	3 103	10,0 %	-	0,0 %	3 103	10,0 %
Nitrogen [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Argon [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Varm luft [tonn/år]	26 280	10,0 %	-	0,0 %	26 280	10,0 %
Kjølevann [m3/år]	2 628 000	10,0 %	20 176 032	5,5 %	17 548 032	6,5 %
Varmt vann (>90C) [m3/år]	4 740 912	7,1 %	2 646 250	9,9 %	2 094 662	20,4 %
Røykgass/CO2/avgass [tonn/år]	2 000	10,0 %	-	0,0 %	2 000	10,0 %
Amoniakk [tonn/år]	219 000	10,0 %	-	0,0 %	219 000	10,0 %
Biomasse [tonn/år]	39 840	8,8 %	79 000	7,3 %	39 160	17,3 %
Avfallsvann fra smoltanlegg [m3/år]	7 000	10,0 %	-	0,0 %	7 000	10,0 %
Slam fra smoltanlegg [tonn/år]	41 845	9,3 %	-	0,0 %	41 845	9,3 %
strøm [MWh/år]	1 810 005	10,0 %	278 501	6,9 %	1 531 504	11,9 %
CO2 [tonn/år]	352 160	9,9 %	975	8,4 %	351 185	10,0 %
Kalk [tonn/år]	-	0,0 %	21 000	10,0 %	21 000	10,0 %
Gjødsel [tonn/år]	1 200	10,0 %	-	0,0 %	1 200	10,0 %
saltsyre [tonn/år]	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
Varmt vann 40 C [m3/år]	1 963 992	5,8 %	-	0,0 %	1 963 992	5,8 %
	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %
	-	0,0 %	-	0,0 %	-	0,0 %

Det er en stor mengde med kjølevann som trenges i regionen. Noen av vannet blir allerede delt mellom bedrifter, for eksempel mellom ERAMET og NIPPON. Og videre er det også relativt store mengder ferskvann med en relativt lav temperatur (40-50°C) som muligens kan brukes som kjølevann noen steder. Det må bemerkes at de fleste ikke-etablerte selskapene ikke oppga tall på bruk eller produksjon av vann som sidestrøm (ikke kjølevann eller varmt vann). Det kan derfor være et mye større behov eller bli produsert mer som kan dekkes av selskapene som ble intervjuet. Videre, noe av det produserte varme vannet er allerede i bruk, for eksempel til fjernvarme hos Sauda Energi. Men det er fortsatt en rest som kan brukes. Dette er gjelder både vann med en relativt lav temperatur (40-50°C) og vann med høy temperatur (fra 90°C til varm damp).

Et annet forhold som må tas i betraktning ved resultater fra massebalansene er at det ikke er tatt hensyn til kvaliteten på sidestrømmene (f.eks. hvilken biomasse som egner seg til hvilket formål, (se også diskusjonen i kapittel 5). Også har vi her skilt mellom biomasse (som kommer fra landbaserte aktiviteter som matavfall fra husholdninger, men også husdyrgjødsel og GROT fra skogbruk), og en egen linje for fiskeslam. Som man kan se, er det ganske mye biomasse tilgjengelig, fra begge kategorier. I det tilfellet at vi inkluderer alle næringer som kunne brukt dette, er det mangel på biomasse, selv om fiskeslam skulle være med. Dette forutsetter at alt organisk avfall kan brukes, men det er ikke tilfelle for hver prosess (for eksempel kan insekter kun produseres på avfall som ikke kommer fra animalsk opprinnelse, som beskrevet tidligere).

Å gjøre biomassen om til produkter med høyere verdi, som insekter, kan være en annen interessant mulighet, men dessverre er det for tiden i regionen ikke nok egnet organisk avfall til dette (ikke fra animalsk opprinnelse). Det kunne vært interessant å se om egnet organisk avfall kunne fraktes til for eksempel Suldalsregionen fra Stavanger-regionen for å gjøre dette en mulighet. For tiden fraktes egnet organisk avfall fra Bergen til Voss for insektproduksjonen. Så transport i seg selv er kanskje ikke den største utfordringen for å gjøre dette til en gjennomførbar mulighet.

En annen viktig sidestrøm er karbondioksid. I Tabell 12 inkluderte vi Bergen Carbon Solutions (størst andel med 800 tonn CO<sub>2</sub> forbruk), samt 1 drivhus på 5000 m<sup>2</sup> og 1 hektar mikroalgeproduksjon. Selv når flere drivhus og et større produksjonsanlegg for mikroalger er blitt inkludert, er det fortsatt mye ubrukt CO<sub>2</sub>, som eksempelvis kan lagres i havbunnen.

## 7. Sirkulærøkonomiske samarbeid i industriparker og verdikjeder

I dette kapitlet presenteres faktorer som er sentrale for drift av en industripark for sirkulært samarbeid, dvs. hvilke tjenester og organisasjonsstruktur i form av eiermodell, samarbeidspartnere og kunnskap som beskriver industriparker som har lyktes med sirkulært samarbeid. Vi har gjennomført intervjuer med 3 industriparker.

Avslutningsvis presenteres en Eco-forretningsmodellanalyse av et av de mest lovende casene for sirkulært samarbeid i Sauda og Suldal. Massebalansen viste at det finnes et stort overskudd av CO<sub>2</sub> i regionen, i tillegg vil en potensiell etablering av et biogassanlegg kunne gi overskudd av grønn CO<sub>2</sub>. I Eco-canvas analysen presenteres en potensiell sirkulær verdikjede for samarbeid om CO<sub>2</sub> fangst, gjenbruk og nye anvendelser i regionen. Videre presenteres kjerneressurser, dvs. infrastruktur, FOU-prosjekter, finansiering etc., som det vil være viktig å utvikle eller oppgradere for å lykkes med det sirkulære samarbeid, og stakeholdere som det kan være relevant å etablere kontakt og samarbeid med. I tillegg beskrives de miljømessige og sosiale virkningene et potensielt sirkulært samarbeid vil kunne ha for Sauda og Suldal.

### 7.1. Suksesskriterier for sirkulært samarbeid i industriparker

Intervjuene ble gjennomført med intensjon om å fremskaffe mer informasjon om erfaringer industriparkene har gjort seg og som kunne ha overføringsrelevans til Sauda og Suldal. Erfaringer knyttet til viktige forutsetninger, samarbeidspartnere, infrastruktur og fellestjenester var særlig viktig å belyse. Intervjuene hadde som hensikt å få bedre forståelse av de ulike tjenestene industriparkene bør tilby for å lykkes med sirkulære samarbeid. Disse er blant annet felles infrastruktur, fellestjenester og areal. Ønsket var også å undersøke hvilken type organisasjonsstruktur, kunnskap og samarbeidspartnere som vil være viktige for å kunne tilby fellestjenester for sirkulært samarbeid i en industripark og for å tiltrekke seg nye aktører til regionen.

Industriparker kan være en viktig fasilitator for sirkulære samarbeid, slik som skissert for industrielle symbioser i kapittel 3.2. Den geografiske agglomerasjonen av industrivirksomheter er fordelaktig for samarbeid for symbiotisk ressursutnyttelse, noe som kan være en utfordring for mindre distriktskommuner som Sauda og Suldal. Grunnet prosjektets finansielle og tidsmessige rammer ble det valgt ut tre ulike industriparker til intervju samt en industriklynge. Industriparkene som ble intervjuet introduseres i underkapittel **Error! Reference source not found.**

### 7.1.1. Introduksjon til industriparkene

#### Mo industripark



Bilde 1: Mo industripark

Mo Industripark AS er infrastruktur- og eiendomsselskapet som eier industriparken, og oppdraget deres er å tilrettelegge for gode rammebetingelser for medlemmer. Mo industripark har egne datterselskaper som står for energidistribusjon til området, både via nettselskap, vannkraft og fjernvarme. Mo Industripark AS eier også industriterminalen for lossing, lasting og lagring. Industriparken har omtrent 108 bedrifter lokalisert på 2600 dekar. Dette utgjør videre 2340 arbeidsplasser og har gitt 7 MRD. NOK i omsetning (Mo Industripark, 2022). Mo Industripark er basert på det som tidligere var Norsk Jernverk, etablert på 1950-tallet. Eierstrukturen i dag følger av privatiseringen av industriparken på 1980-tallet.



Bilde 2: Herøya Industripark

#### Herøya Industripark

Tilnærmet likt som Mo Industripark, eies Herøya av Herøya Industripark AS. Dette er industriparkens drifts- og vertskapsorganisasjon som igjen eies av Oslo Pensjonsforsikring AS. De kjøpte industriområdet fra Norsk Hydro i 2016. Industriparkens AS skal tilrettelegge for kunder og videreutvikling, samt levere arealer, bygg og infrastruktur til industrimedlemmene. De har omtrent 80 virksomheter spredd på 1500 mål, med 2500 ansatte.



### **Kviamarka næringsmiddelpark**

Er Norges største samlede næringsområde for foredling av mat, og blant annet Tine Meierier, Prima Jæren, Den Stolte Hane og Miljøgartneriet AS er lokalisert her. Samhandling mellom virksomhetene gjør området til et miljøfokustert næringsområde. Området er regulert av kommunen og industriaktørene har ikke noe felles administrasjon utover det kommunen organiserer for medlemmene. Oppstarten av etableringene i industriparken skjedde rundt 2009.

*Bilde 3: Kviamarka Næringsmiddelpark*

### **7.1.2. Etablering av strategi og mandat**

I etableringen av et industriområde med intensjon for industrielt samarbeid om sirkulær ressursutnyttelse vil det være viktig å etablere en klar visjon. Erfaringen fra etablerte industriparke sier at det å etablere et klart mandat for utførelse også spiller en viktig rolle. Et mandat kan eksempelvis være å inngå intensjonsavtaler med bedriftene om hvilken type FOU-prosjektportefølje de ønsker å delta i og hvilken rolle, som for eksempel snakke om miljø-, energi- og utdanningspolitikk, som industriparken skal utføre på vegne av bedriftene. Etablering av strategi og mandat er sentralt for å mobilisere bedrifter til deltakelse i samarbeidet og til å øke industriområdets attraktivitet for ny-etableringer. Med en tydelig visjon og mandat kan man etablere felles målsettinger og en handlingsplan som kan forenkle prosessen av å koble industriaktører på arbeidet.

Herøya industripark understreker også viktigheten av å etablere en klar strategi for industrielle symbioser. De opplever at et viktig ledd i å etablere en slik strategi er å opparbeide seg internasjonal spisskompetanse innenfor sirkulærøkonomi ved å delta i programmer og prosjekter på nasjonalt og europeisk nivå for å hente inn kunnskap om hva som er viktig for nyetableringer i fremtiden. Målsettingen er å skape en interesse for ønskelige samarbeid, og at den riktige kompetansen vil følge på etter hvert som interessen blir stor nok. Universitetene er viktige samarbeidspartnere for å fylle de kompetanseutfordringene de opplever i dag.

Tine Meierier AS kjørte et forprosjekt for nytt meieri på Jæren i 2007, hvor målet var å få de fem ulike produksjonsanleggene samlet i ett stort meieri. Ettersom Tine har arbeidet med reduksjon av energiforbruk siden 2000-tallet, fikk de etablert et konkret mål om 10% reduksjon i energiforbruk og laget en strategisk målsetting for dette tidlig. Ønsket for nyetableringen av stormeieriet i Kviamarka Næringsmiddelpark var å få påkoblet flere av de omkringliggende virksomhetene en felles infrastruktur for bruk og gjenbruk av material- og ressursstrømmer som kreves for matproduksjon. Som følge av at de omkringliggende bedriftene var i en utfordrende periode økonomisk, ble det ikke etablert noe videre samarbeid. Planer for felles infrastruktur og ressursdeling ble derfor avtalt internt mellom Tine Meierier, Jæren fjernvarme og Miljøgartneriet. Infrastrukturen ble designet opp mot sistnevnte to sine behov. Kviamarka som etableringsområde



ble valgt fordi kommunen var raskt ute med å tilby tomt, størrelsen på området var stort nok og det var en tilgjengelig vannkilde, som var viktig.

### 7.1.3. Industriparkens hovedtjenester og kjerneaktiviteter

#### Infrastruktur

Herøya Industripark AS og Mo Industripark AS har begge eierskap til ulike infrastrukturentjenester som tilbys innad i industriparkene de eier. Mo Industripark AS er et eiendoms- og infrastrukturetselskap som eier areal, nettselskap, vannmagasiner og -distribusjon som skal gi gode rammebetingelser for sine medlemmer. Ved å ha denne felles organiseringen får industriparken mye kompetanse innen de vesentlige prosessene for grønn omstilling og sirkulært samarbeid som foregår i og mellom industriaktørene. I tillegg har de fordelen av å kunne samle beslutningsprosessene i en felles organisasjon. Dette betyr at industriparken har gode organisatoriske forhold for å ta beslutninger og gjøre felles investeringer. Herøya Industripark AS leverer også arealer, bygg og infrastruktur som veier, vann, avløp, kaier, rørbrøer, tankterminal mm., til kundene i parken

Med et forbruk på 7 kubikk kjølevann per sekund, forteller Herøya Industripark at det mest kritiske av infrastruktur er tilgang på og distribusjon av kjølevann og kraft. Tilgang på kraft og kjølevann er en av tjenestene Herøya Industripark AS leverer til sine industrimedlemmer. Informanten trekker også frem at tilbudet av ulike typer verksted lokalt i industriparken er en stor fordel, man får på denne måten dekket ulike behov for reparasjon og vedlikehold inne i industriparken, som forenkler og effektiviserer den daglige virksomheten. Konsernledelsen arbeider med å levere produkter til parkens industrimedlemmer, som nevnt er dette bygg og areal, samt infrastruktur som vei, vann, avløp, kai, rørbrøer og tankterminaler. I tråd med dette forklarer informanten at industriparken til tider oppleves som en egen kommune i kommunen med tanke på mengden forvaltning og organisering konsernet gjør.

Herøya Industripark er allerede på full kapasitet, men ser på muligheter for samarbeid med potensielle nyetableringer i Frier Vest-området. Dette er kommunalt utbygget område som gir nye næringstomter for nyetableringer. Dette nye området utvikles i geografisk nærhet til Rafnes og Herøya Industripark. Plasseringen mellom ny og etablert industri, samt nærhet til tett befolkede områder (arbeidskraft) gir området gode muligheter for vekst i fremtiden. På Grenland, hvor industriparken er lokalisert, foregår nesten 20% av norsk landbasert industriproduksjon innen en radius på 3-4 kilometer. Det er viktig for dem fremover å se på sirkulære muligheter med større tyngde. For videre industrielt samarbeid som en del av dette ser de mot Frier Vest. I et geografisk begrenset område har man altså to «brownfield»-områder (Rafnes og Herøya) og ett «Greenfield»-område (Frier Vest) som til sammen kan utgjøre et veldig spennende og mulighetsspekke område for sirkulære integrasjoner. En annen viktig faktor er at de ligger nært tett befolkede områder (potensiell arbeidskraft) som også er en viktig faktor for vekst.

#### Fellestjenester

En av flere kjerneaktiviteter er initiativtaking til ulike FoU-prosjekter i ulik størrelsesgrad for å sikre innovasjon og utvikling i parkene. Herøya Industripark trekker blant annet frem at de arbeider med utvikling av pilotnode og testsenter for hydrogen sammen med Powered by Telemark, Equinor, og Skagerak Energi. Herøya Industripark har Nord-Europas største ammoniakk-tank, og deres testsenter kan tilføres ammoniakk derfra. De ønsker også å videreutvikle prosjekt for å se på bedre utnyttelse av overskuddsenergi i parken og produksjon av solenergi på industriparkens takplater og

i sjø i kombinasjon med dette. Yara er også med på et prosjekt for å uthente sjeldne jordartsmetaller fra sin fosforgass.

*«Nå er vi blitt en attraktiv arbeidsplass, før var det [industrien] et nødvendig onde»*

Powered by Telemark om Herøya Industripark

Mo Industripark satset tidlig på å gjennomføre mulighetsstudier på vegne av industripark bedriftene for å levere konkrete businesscase til sine medlemmer. Det var spesielt viktig for de store industripark bedriftene, som ofte har hovedkontor i andre byer eller internasjonalt, hvor det er stor konkurranse om forskningsmidlene i internt i bedriften. For å få med disse bedriftene var det viktig å levere en god businesscase for hvorfor de skulle delta i et felles FoU-prosjekt sammen med andre industripark bedrifter. Industriparken viste til at de ofte finansierte første fase prosjekter som mulighetsstudier selv gjennom støtte fra virkemiddelapparatet. De viste også til viktigheten av at mulighetsstudiene ble gjennomført av forskningsmiljøer for å levere en god businesscase til bedriftene. Viktigheten av å inkludere industripartnere tidlig i prosessen ble understreket som særlig relevant for å sikre god progresjon blant annet i FoU-forprosjekter, som ressurskartlegginger og mulighetsstudier for utnyttelse av sirkulært samarbeid. Erfaringen tilsier at dersom industripartnere blir koblet på prosjektene i tidligfase, er motivasjonen høyere for å fortsette å bidra inn i prosjektene etter hvert som de utvikles og krever mer av industripartnerne «in-cash og in-kind»

*«Det er lett å si ja dersom det ikke koster noe, derfor er det viktig å forankre prosjektene godt hos bedriftene for større prosjekter som krever egenfinansiering»*

Mo Industripark

Med tanke på at de allerede har gjennomført flere forskningsprosjekter, og har etablert industrielle samarbeid for ressursutnyttelse, opplever de at de har et solid utgangspunkt for å bygge videre på energigjenvinning og sirkulære samarbeid i parken. Mo Industripark hadde allerede før privatiseringen etablert sirkulære bruksområder for CO-gass, mens fokus på vann- og energigjenvinning kom med privatiseringen. Konsernets rolle i disse prosjektene er blant annet i sikre en god organisering og overbygging for samarbeid for sine industrivirksomheter.

Tine Meierier hadde samarbeid med Jæren fjernvarme og kom godt ut i energiregnskapet med tanke på forbrukt energi per produsert enhet. Andre virkemiddel som meieriet selv har tatt i bruk, er eksempelvis varmepumper. Varmen på overskuddsenergien fra meieriet var opprinnelig på 32 grader, men for denne typen overskuddsenergi er det lav betalingsvilje. Samarbeidet med Miljøgartneriet startet med deling av utrangerte varmepumper, men utviklet seg etter hvert til deling av akkumulert energi og CO<sub>2</sub>. Det ble derfor igangsatt et arbeid for å bygge ut infrastruktur for lagring av energi, slik at CO<sub>2</sub> fra meieriet kunne overføres til gartneriet på dagtid og energien oppbevares til distribusjon på kveldstid. En intensjonsavtale om bygging på Kviamarka for leveranse og pris ble inngått av de to aktørene. Planene ble i første omgang skrinlagt, men tatt opp igjen i 2009. For å kunne løfte overskuddsenergien til et nivå som var mer attraktivt for Miljøgartneriet, ble det søkt om ENOVA-støtte. Overskuddsvarmen holder nå et nivå på omtrent 55 grader. Håpet fra Tine Meieriers side var at CO<sub>2</sub>-mengdene som ble sendt til Miljøgartneriet skulle kunne bli godskrevet så det ikke var nødvendig å betale CO<sub>2</sub>-kvoter, men dette ble ikke godkjent av Miljødirektoratet. Tine Meierier har ikke søkt om frikvoter, men arbeider kontinuerlig med å få ned utslippsmengdene. De siste årene har det gått ned fra 17 000 tonn til 10 000 tonn CO<sub>2</sub>.

#### 7.1.4. Industriparkens organisering

##### Eierskapsstruktur

Mo Industripark ble privatisert på 1980-tallet, og eies som nevnt av Mo Industripark AS i dag. Eierskapet til de ulike infrastrukturtenestene industriparken tilbyr sine medlemmer er organisert igjennom ulike datterselskap. Disse er Svabo Industrinett AS (distribusjon av elektrisk energi), MIP Miljøkraft (vannkraftverk), Mo Fjernvarme AS (distribusjon av overskuddsvarme) og Rana Industrierterminal AS (hovedkai).

Herøya Industripark AS eies i dag av Oslo Pensjonsforsikring etter at de kjøpte industriparken av Norsk Hydro i 2016. Industriparken skal, slik som Mo Industripark, sikre gode forhold for sine medlemmer gjennom gode fellestjenester, infrastruktur og bygg.

Kviemarka Næringsmiddelpark skiller seg noe fra de to andre industriparkene når det gjelder eierskap, organisering og fellestjenester. Arealet administreres ikke av et felles AS eller felles organisasjon utover det som kommunen tilbyr av tjenester ettersom området er kommunalt eid. De to produksjonsvirksomhetene Tine Meierier AS og Miljøgartneriet AS utarbeidet en egen intensjonsavtale om integrert fordeling av ulike ressursstrømmer fra produksjonen til Tine. Kommunen er ansvarlig for vann- og avløpstjenester, vei og annen infrastruktur i Kviemarka. Næringsssjefen i kommunen har på sett og vis rollen som daglig leder for næringsparken, og produsentene i Kviemarka næringsmiddelpark formidler til kommunen hvilke behov og ønsker de har for utvikling og eventuelle samarbeid. Samarbeidet med kommunen oppleves som velfungerende fra meieriets side.

##### Stillinger og kompetanse

Mo Industripark AS har omtrent 60 ansatte i eiendomsselskapet og omtrent 120 i konsernet ellers (datterselskapene). Stillingstitlene som trekkes frem som særlig sentrale i konsernet er administrativ direktør, samfunnskontakt og forretningsutvikler.

De er 18 ansatte i Herøya Industripark AS, inkludert forvaltere av bygg, grunn og graving. De ansatte er organisert i avdelinger for *forretningsutvikling og prosjekter, eiendomsforvaltning og drift og økonomi*, i tillegg til administrerende direktør og HMSK- sjef. Ansatte innen forretningsutvikling og prosjekter jobber som forretningsutviklere, dokumentansvarlig, innkjøpere, prosjektansvarlig. De ansatte innen drift og forvaltning har kompetanse innen bygg eller VVA.

##### Samarbeidspartnere

Både i Mo industripark og Herøya industripark har man samlokaliserte forskningsavdelinger/forskningsparker innen industriparkområdet som samarbeider tett med industrien. I Herøya industripark er industrikllyngen Powered by Telemark og industriinkubator Proventia samlokalisert. Industriparken har felles idestormingsmøter med klyngen og inkubator for å skape flere arenaer for verdiskaping for sine kunder. De arbeider også konkret med å få universitetet mer til stede hos industrien. Det å skape gode arenaer for samarbeid argumenteres av flere som å være en del av nøkkelen til å igangsette utviklingsprosjekter. Herøya Industripark har vært deltakende i ulike arbeidsgrupper etablert i klyngen Powered by Telemark, og her arbeidet de konkret med sirkulærøkonomi i en egen arbeidsgruppe. Powered by Telemark gjorde en analyse av

sirkulære muligheter i industriparken på ulike materialtyper, mens Eyde-klyngen utførte en lignende overordnet analyse av material- og ressursstrømmer i industriparken.

For å skape videre engasjement rundt forprosjekter og forskning rundt sirkulære muligheter arbeider Mo Industripark AS for å skape det som ønskelig skal oppleves som en plattform for felles kulturbygging. Dette presiseres som særlig viktig for å klare å mobilisere store industriaktører i prosjekter rettet mot sirkulær symbiose. Plattformen skal kunne åpne for å investere sammen og gjøre samlede beslutninger, hvor disse prosessene da samles i en organisasjon. Informanten forteller at Mo Industripark AS har som mål å arbeide for å ta et større samfunnsansvar utover det å være vertskap for industri.

Innad i Mo Industripark har SINTEF etablert seg med 12 forskere. I tillegg har Senter for industriell forretningsutvikling 6 professorer og Nordlandsforskning er aktive i parken. Ved hjelp av midler fra SIVA er det blitt etablert en kunnskapspark som videre har styrket kunnskapsmiljøet i parken. Ved å utløse midler fra virkemiddelapparatet har industriparken klart å finansiere disse stillingene. Styrkingen av forskningsmiljøet tilknyttet parken har ført til en økende interesse for ulike prosjekter, og med den siste tids utvikling i kraftprisen har denne interessen økt betydelig.

Som en følge av Mo Industriparks geografiske lokalisering arbeider de fortsatt med å øke den riktige kompetansen i befolkningen lokalt, og med å få flere nasjonale forskningsprogram til å legge seg nordover. Industriparken arbeider mye politisk og særlig rettet mot utdanning for å realisere dette. Industriparken var eksempelvis selv med å re-etablere TIP-linjen på VGS etter at fylket først hadde lagt den ned. Som nevnt i kapittel 0 trekkes samfunnskontakten frem som en særlig viktig stilling i Mo Industripark, dette fordi Industriparken arbeider aktivt med å være en attraktiv arbeidsplass med et samfunnsansvar både for industripartnere, men også for de ansatte og for lokalmiljøet ellers. Samfunnskontakten skal arbeide målrettet for å skape positive ringvirkninger for lokalmiljøet. For å tiltrekke seg riktig kompetanse utenfra lokalmiljøet arbeider de for å finne arbeid til ansattes ektefeller eller samboere for å øke attraktivitet. Til sist vurderes også en døgnåpen barnehage i industriparkens område. Utover det å skape industrielle symbioser er det dermed også viktig å tilrettelegge for gode relasjoner til ansatte og lokalsamfunnet ellers.

FREYR bygger batterifabrikk i Mo, noe som også vil føre med seg omtrent 1000 arbeidstakere og 3000 innbyggere i kommunen.

#### **7.1.5. Suksesskriterier/anbefalinger for veien videre sett fra industriparkenes side**

##### **Fellestjenester/organisering**

Virksomhetene har ofte ikke mulighet til å utføre større FoU-prosjekter alene, og trenger derfor en mobiliserende kraft utenom. Mo Industripark opplever at fellestjenester er rammen for god utvikling, men at det er uvanlig å ha en lignende innretning som de har. Anbefalingen er å konstruere en lignende innretning sammen med nettselskap, kommune, grunneiere og vannleverandører. Dersom man har med infrastrukturen som knytter initiativene sammen, inviterer virksomheter til å forme prosjekter på forhånd og inkluderer viktige initiativ har man større mulighet til å trenge igjennom hos virksomhetene. Ved å ha samlet disse områdene «in-house» får man utviklet mye kompetanse innenfor de vesentlige prosessene som er viktige for å dyrke frem de sirkulære prosessene, reduksjon av utslipp og energigjenvinning. Det har også betydning ettersom en slik samlet enhet har mulighetene til å ta beslutninger og gjøre investeringene for å realisere mulighetene.

I tråd med dette ønsker Herøya Industripark også å etablere et tydeligere miljø for FoU bedrifter, academia, klynger og teknologibedrifter. Målet er å skape et miljø for likesinnede. Som en del av dette arbeider de med å skape bedre oversikt og organisering av fellestjenestene som de tilbyr sine industrivirksomheter. I de to industriparkene forklares samarbeidet som å fungere som en liten kommune innad i kommunen. Herøya Industripark trekker særlig frem at tilbudet av ulike typer verksted lokalt i industriparken er en stor fordel, man får på denne måten dekket ulike behov for reparasjon og lignende lokalt og på en lett tilgjengelig måte.

### **Industriens motivasjoner og muligheter**

Industriparkene har en variert gruppe industriaktører som er lokalisert i parken, og ikke alle industripartnere er like motivert til å igangsette prosjekter for sirkulære samarbeid. Herøya industripark stiller ikke særlige krav til sine medlemmer når det gjelder sirkulærøkonomi, men opplever at de fleste er interessert det i dag, mest som følge av myndighetskrav som stilles til utslipp i produksjon. Tine Meierier AS forteller at de ikke har utviklet sirkulære samarbeid med industripartnere utover det som allerede er etablert sammen med Miljøgartneriet AS. Dette tilskrives at nabovirksomhetene på tidspunktet av etableringen hadde utfordringer med å snu seg fort nok rundt, og fordi det generelt sett kreves en stabil og god økonomi for å engasjere seg i prosjekter av denne typen. Prosjektene timing i forhold til konjunkturer ellers i markedet har derfor også betydning. Herøya Industripark vurderer at fordelene ved å opprettholde et unikt miljø med stor variasjon blant industrimedlemmene er viktigere per nå enn fokus på en selektiv prosess i favør av sirkulære muligheter. Deres erfaringer tilsier også at diverse tiltak som igangsettes i industriparken, blant annet i forhold til delvis overgang til solenergi, går mer på virksomhetens ønske om å styrke sitt grønne omdømme heller enn økonomisk effekt av prosjektet. Hovedfokuset er å forholde seg til et større blikk på energimarkedet totalt sett, og ønsker å kartlegge nye muligheter for kraftkilder i dagens energilandskap.

### **Nytableringer/attraktivitet og utvikling**

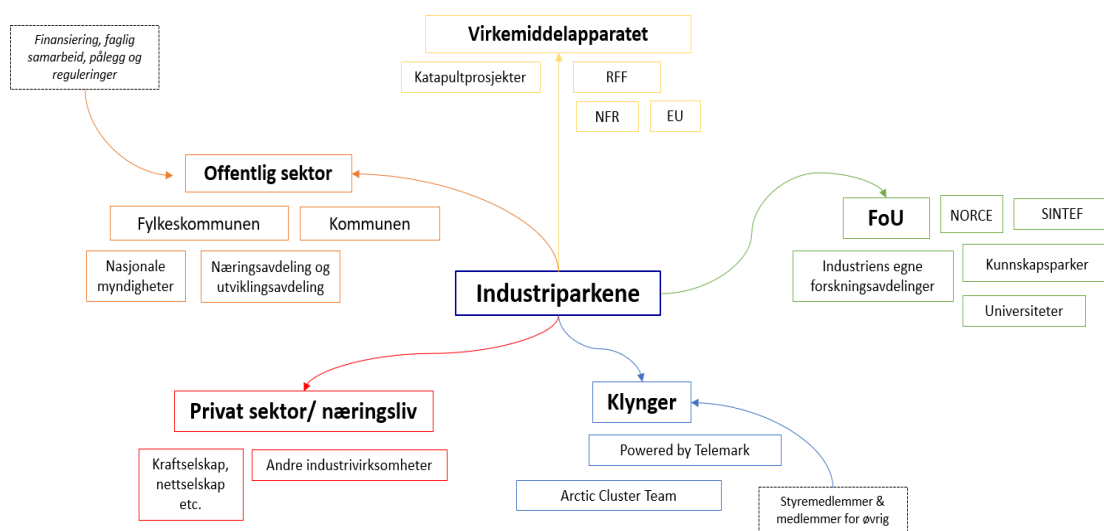
Mo Industripark mener det vil være til ulempe for et industriområde å måtte bruke mye ressurser på utgående rekruttering av nye bedriftsetableringer, og har selv opplevd dette som en for risikabel strategi for utvikling. Industriparkens strategi per nå baserer seg i større grad på å legge til rette for inngående henvendelser om etableringer i industriparken, og synliggjør seg selv igjennom sin ambisjon, troverdighet og substans. Opplever en stor mengde henvendelser, også fra internasjonale aktører. Dette oppleves også som å ha en positiv effekt også for å tiltrekke seg arbeidskraft.

I Herøya Industripark har man en egen enhet som håndterer forespørsler om etablering i parken og henvendelser fra gründere. Enheten vurderer prosjektene i samarbeid med interessenten og ser på prosjektets egnethet i parken, mulighet for levedyktighet, realiseringstid, kapitalbehov m.m.

### **Finansiering og samarbeid**

Flere rapporterer at det kan være utfordrende å få industri til å legge mye «in-cash og in-kind» i prosjekter, særlig større FoU-prosjekter. Det å etablere gode samarbeid, felles møtepunkter og å bygge felles plattformer basert på allerede utførte prosjekter og utviklingsarbeid trekkes frem som gode virkemidler for å engasjere virksomheter og mobilisere for videre finansiering. Mo Industripark allokerte faste frie midler til Sintef som har etablert seg i nærheten av industriparken med 12 forskere som skal arbeide på industriparkens vegne med å identifisere ulike studier, kobler prosjektpartnere og være prosjektleder og lignende. Et godt samarbeid med virkemiddelapparatet trekkes også frem

som særlig viktige for å få inn midler til finansiering av utviklingsprosjekter. I utarbeidingen av mulighetsstudier og utviklingsprosjekter, spesielt med tanke på ressursdeling og sirkulære integrasjoner, kan åpenhet rundt intern bedriftsinformasjon være utfordrende. Sensitiv data kan være en utfordring for samarbeid mellom aktører og åpenhet for nøyaktige kartlegginger, og i tilfeller må dette gjøres med utgangspunkt i estimater. Dette kan likevel være nyttig for innledende kartlegginger, og motivasjon for deling og åpenhet rundt data oppleves å øke etter hvert som mulighetene og verdiskapingen blir konkretisert for den enkelte virksomhet. For Kviamarka Næringsmiddelpark er det også viktig med godt samarbeid med Hå kommune for å skape energieffektive løsninger.



Figur 17: Utvalgte aktører med samarbeid med industriparkene

## 7.2. Eco-forretningsanalyse sirkulært samarbeid om CO2 fangst og bruk

Massebalansen viste at kjølevann, varmt vann (40 grader) og CO2 utgjør de største sidestrømmene i Sauda og Suldal. Vi har valgt å gjennomføre en initiell eco forretningsmodell analyse av et sirkulært samarbeid om CO2 fangst, gjenbruk og nye anvendelser grunnet en stor ubenyttet sidestrøm av CO2 som potensielt kan realiseres i nær fremtid. I den påfølgende presentasjonen er intervjuede potensielle avtakerbedrifter som enten har behov for CO2 som råvare eller har restprodukt av CO2 inkludert. Blant de intervjuede avtakerbedriftene vil et karbonfangstanlegg, mikroalgeproduksjon og biogassanlegg kunne være relevante aktører i en sirkulær verdikjede for samarbeid om CO2 i Sauda og Suldal.

Presentasjonen må forstås som en initiell analyse da etablering av en ny vekstnæring basert på sirkulært samarbeid om CO2 ikke er diskutert spesifikt med bedriftene. Hvorvidt ikke-regionale avtakerbedrifter ønsker å etablere seg i regionen er heller ikke diskutert. Presentasjonen er basert på intervjuer som ble gjennomført i forbindelse med kartlegging av ressurs- og sidestrømmer, samt informasjon fra bedriftenes hjemmesider, pressemeldinger, FOU-prosjekter og rapporter innen tematikken.

### 7.2.1. Virkning for miljøet

Karbonfangst og -lagring (forkortet CCS, Carbon Capture and Storage) omtales som en viktig plattform for videreutvikling av grønn industri for en lavkarbon-fremtid, både i Norge og globalt<sup>1</sup>. Enkelt forklart handler CCS om å fjerne CO<sub>2</sub> fra utslippskilder og lagre det permanent under bakken, slik at det ikke slipper ut i atmosfæren. Både nasjonalt og internasjonalt vises det til et stort behov for mer forskning og utvikling på teknologier for CO<sub>2</sub> fangst, transport og lagring. Den økende CO<sub>2</sub>-mengden i atmosfæren fører til at temperaturen på jorden stiger, og uten karbonfangst og -lagring (CCS) vil det være umulig å nå klimamålene. Det internasjonale energibyrået (IEA) har uttalt at verden må fange og lagre seks milliarder tonn CO<sub>2</sub> per år fra 2050 om vi skal lykkes med å nå FNs klimamål. International Energy Agency (IEA) ga nylig ut en statusrapport som viser at utviklingen innen vind- og solenergi går bra, men at man ligger langt bak skjema når det gjelder CCS.

Man har de siste årene sett at det er et voksende marked for biogent CO<sub>2</sub>, som sammen med fornybar kraftproduksjon kan gi klimavennlige brensel- og drivstoffprodukter (biogent CO<sub>2</sub> stammer fra det naturlige CO<sub>2</sub>-kretsløpet).<sup>2</sup> Fangst av CO<sub>2</sub> fra bioenergi skiller seg i teorien ikke mye fra annen CO<sub>2</sub>-fangst, men omtales å være et nytt teknikkområde. Forskere fra Sveriges største forskningsinstitutt RISE viser til at det finnes store fordeler med gjenbruk av CO<sub>2</sub> i produkter istedenfor å lagre det ved hjelp av karbonfangst og -lagring (CCS). Det kan være økonomiske fordeler, men ikke minst fordeler ved at elektrobrenslar bidrar til en sirkulær ressursåndtering. De flytende elektroproduktene blir da en form for CCU, Carbon Capture and Utilization<sup>3</sup>.

I dag brukes fossilt kull og koks som reduksjonsmiddel i metallindustrien, og bruken utgjør rundt 5 % av all CO<sub>2</sub> Norge slipper ut. <sup>4</sup> Økt bruk av biokarbon som reduksjonsmiddel, som har vært en forskningsaktivitet siden 1996, vil være en klimavennlig løsning innen metallindustrien. Per i dag har enkelte av de store smelteverkbedriftene i Norge erstattet ca. 20 % fossilt karbon med biokarbon<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> [Karbonfangst og -lagring \(CCS\) Norsk Industri](#)

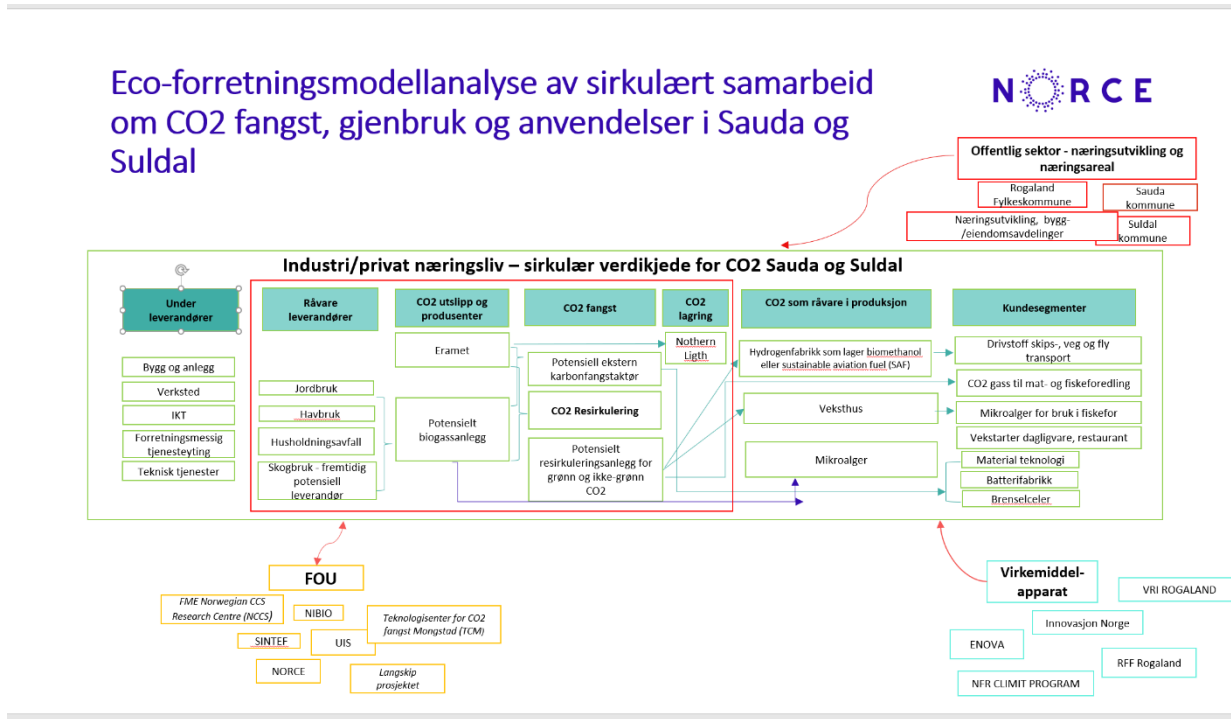
<sup>2</sup> <https://energiogklima.no/nyhet/gront-co2-hydrogen-elektrobrensel-kan-overta-som-drivstoff/>

<sup>3</sup> <https://energiogklima.no/nyhet/gront-co2-hydrogen-elektrobrensel-kan-overta-som-drivstoff/>

<sup>4</sup> <https://norsk-skogbruk.no/industri/pyrolysefabrikk-kan-bli-god-symbiose/>

<sup>5</sup> <https://norsk-skogbruk.no/industri/pyrolysefabrikk-kan-bli-god-symbiose/>

### 7.2.2. Aktører i en industriell sirkulær verdikjede for CO2 fangst, gjenbruk og nye anvendelser i Sauda og Suldal



Figur 18: Eco-forretningsmodellanalyse av CO2 fangst, gjenbruk og nye anvendelser i Sauda og Suldal

#### LEVERANDØRER AV CO2 – ETABLERTE OG MULIGE NY-ETABLERINGER

**Eramet:** Eramet Norway Sauda planlegger å bruke karbonfangst og -lagring (CCS) for å dekarbonisere smelteoperasjoner, og vil teste egnetheten til Air Liquides Cryocap™-teknologi for forhåndskonsentrasjon av røykgass fra ferromanganproduksjon fra 2024. Planen er å installere et fullskala karbonfangstanlegg innen 2028 og nå maksimal kapasitetsutnyttelse i 2030. Dette innebærer å fange ca 260 000 tonn CO2 per år og knytte seg til Northern Lights’ prosjektets infrastruktur for transport og permanent lagring. Eramet Norway og Northern Lights inngikk en MOU-avtale i 2022, for å modne teknologiske løsninger for transport og lagring av CO2, optimalisere logistikk og kartlegge lokale og regionale synergier av CCS-utvikling.

Eramet vil i tillegg ha en rest-strøm av CO2 som potensielt kan gjenbrukes i andre produkter og prosesser, gitt at det etableres og bygges produksjonsfasiliteter. Eksisterende og potensielle nye anvendelsesområder for CO2 omtales mer i detalj i avsnittet for avtakerbedrifter og markeder for CO2.

**Potensielt biogassanlegg:** Massebalansen viste også et potensial for etablering av et biogassanlegg i regionen basert på en relativt god tilgang på husdyrgjødsel, fiskeslam og husholdningsavfall i Sauda og Suldal og i Rogaland generelt. Renevo, som etablerte sitt første anlegg på Stord i 2019, og planlegger et nytt anlegg i Etne, kan være en aktuell etablerer. Bedriften bruker ny reaktor teknologi og teknologi i produksjon som gjør produksjon mer effektiv. Med nåværende substrat-mix for anlegget på Stord er bedriften blant annet produsent av LBG (Liquified Biogas), gjødsel til bønder



og flytende miljøvennlig CO<sub>2</sub>. Sistnevnte produkt har næringsmiddelkvalitet, og kan brukes til behandling av mat, dyrking av vekster og kullsyre.

*Underleverandører:* De fleste biogassanlegg i Norge bruker avfall fra jordbruk, husholdningsavfall og havbruk som innsatsfaktorer. Med de relativt store mengder husdyrgjødsel i Suldal og Sauda, kombinert med en potensiell tilgang på husdyrgjødsel fra andre kommuner i Rogaland, og husholdningsavfall og fiskeensilasje fra post-smolt anlegget Sauda Aqua, er potensialet for etablering av et biogassanlegg i regionen stort. Avfall fra skogbruksnæringen kan være en potensiell innsatsvare til et biogassanlegg i fremtiden.

På et industriområde for sirkulært samarbeid om CO<sub>2</sub> vil det også være fordel å ha tilgang til underleverandører innen blant annet elektro, vedlikehold og IT med tanke på reparasjon og drift av CO<sub>2</sub> fangst og resirkuleringsteknologi.

Bruk av biokarbon kan også være relevant å nevne i denne sammenheng. Eramet har fått støtte fra Enova til et biokarbonprosjekt<sup>6</sup>. Selskapet satser på å introdusere et spesialtilpasset og sertifisert biokarbon på sine smelteovner allerede i 2023. Målsettingen er å erstatte fossile reduksjonsmidler med biokarbon. Teknologien som pilotprosjektet baserer seg på er utviklet i en lang rekke forsknings- og utviklingsprosjekter og industrielle forsøk. Eramets strategi for industriell implementering er å ta i bruk et spesialtilpasset biokarbon og implementere det i industriell skala. I dag er det ingen som benytter biokarbon i produksjonen av manganlegeringer i store moderne ('State of the art' lukkede) smelteovner. Eramet har kontakt med flere norske miljøer med tanke på muligheter for å få levert biokarbon fra nærliggende virksomheter i fremtiden.

### 7.2.3. AVTAKERBEDRIFTER OG MARKEDER FOR CO<sub>2</sub>

*CO<sub>2</sub> gjenvinningsanlegg:* Nippon Gasses, som har en luftgassfabrikk i tilknytning til Eramets fabrikk i Sauda sentrum og er Norges største distributør av CO<sub>2</sub> for bruk til kjøling og behandling (holdbarhet) av mat, viser til at de vil ha behov for økt tilgang til CO<sub>2</sub>. Nippon ser et potensial i å etablere et CO<sub>2</sub> gjenvinningsanlegg i Sauda under forutsetning av kortreist tilgang til relativt store mengder CO<sub>2</sub> fra Eramet, og/eller et fremtidig lokalt biogassanlegg. Årsaken er at deres produsent av CO<sub>2</sub>, Yara Porsgrunn, forventes å gå bort fra fossil hydrogenkilde og over til elektrolyse fra anslagsvis 2029-2031, og har i den anledning behov for nye CO<sub>2</sub> kilder. En potensiell etablering av et CO<sub>2</sub> gjenvinningsanlegg og mengden Nippon ønsker å ta imot vil være betinget av økt behov for CO<sub>2</sub> ut over dagens behov hos eksisterende bedrifter eller ny-etableringer i Sauda og Suldal, eller at CO<sub>2</sub> blir mer konkurransedyktig enn alternative eksisterende eller nye kilder. Nippon Gasses ser potensiale i både å ta ut en sidestrøm fra Eramets rensede CO<sub>2</sub> strøm, samt å ta imot BIOGEN karbondioksid fra et potensielt biogassanlegg.

*Karbonfangstanlegg:* et karbonfangstanlegg vil være en potensiell avtaker av kortreist CO<sub>2</sub> fra både Eramet og et potensielt biogassanlegg i Sauda eller Suldal. Forprosjektet intervjuet Bergen Carbon Solution som produserer karbon-nanofiber og karbonnanorør av CO<sub>2</sub> for leveranse til blant annet energi- og batteriindustrien. Produksjonsmodulene kan bruke CO<sub>2</sub> fra både fangst og fra lagret

---

<sup>6</sup> <https://www.xn--nringslivnorge-0ib.no/gronn-omstilling/eramet-norway-far-stotte-til-banebrytende-prosjekt/>

røykgass. Deres produkt er additivt, dvs. det brukes som tilsats til anoder og katoder i batterier, noe som betyr at det vil øke egenskaper til batterier, også i små tilsatser. Produktet fremstilles som en pulverløsning som pakkes i tønner/-bags og fraktes, men kan gjøres til væskelurry for å redusere volum. Produktet fraktes i form av vegtransport. Bedriftens kundesegmenter er blant annet produsenter av energi, komposittmaterialer, batterier og brenselceller. En fremtidig storskalasatsing vil kunne utnytte muligheter innen anodegrafitt for batterier (kun på konseptevaluering inntil videre).

*Veksthus:* Veksthus er mulige avtakere av CO<sub>2</sub>. Suldal har næringsvirksomhet innen jordbruk, men lite produksjon av vekster i veksthus. CO<sub>2</sub> er nyttig for dyrking av avlinger i veksthus, og kan tilsettes for å øke produktiviteten til plantene. Generelt sies det at typisk estimert forbruk av CO<sub>2</sub> for et gjennomsnittlig drivhus er 10 gram CO<sub>2</sub> per time per 1 m<sup>2</sup> drivhus. Dette er avhengig av ulike faktorer som lys (inkl. kunstig belysning), temperatur, og lufting.

*Mikro-algeproduksjon:* Mikroalgeprodusenter, som en fremvoksende, men fremdeles svært umoden næring i Norge i dag, er også mulige avtakere av CO<sub>2</sub>. Fotoautotrofe mikroalger bruker lys for å omdanne CO<sub>2</sub> til verdifull biomasse, omtrent 2-2,5 kg CO<sub>2</sub> per kg produsert mikroalgebiomasse (teoretisk 1,8 kg CO<sub>2</sub> per kg biomasse).

*Biokarbon som reduksjonsmiddel i smelteprosesser:* Eramet har fått støtte fra ENOVA til et banebrytende biokarbonprosjekt. Prosjektet går ut på å erstatte fossilt koks med bærekraftig biokarbon som reduksjonsmiddel i smelteprosessene. I dag er det ingen som benytter biokarbon i produksjonen av manganlegeringer i store moderne ('State of the art' lukkede) smelteovner. Teknologien som pilotprosjektet baserer seg på er utviklet i en lang rekke forsknings- og utviklingsprosjekter, og gjennom industrielle forsøk. Eramet har kontakt med flere norske miljøer med tanke på muligheter for å få levert biokarbon fra nærliggende virksomheter i fremtiden. Eramets tre norske verk (Porsgrunn-Sauda-Kvinesdal) har behov for 200-250 000 tonn koks pr år, og norske smelteverk bruker samlet godt over en million tonn koks pr år.

*Hydrogenfabrikk:* De to nyetableringene innen hydrogenproduksjon i Sauda og Suldal bruker ikke CO<sub>2</sub> i produksjon av hverken ammoniakk eller hydrogen. Det kan være en fremtidig mulighet å bruke CO<sub>2</sub> for å lage biomethanol eller SAF (sustainable aviation fuels) av hydrogen. For å lage biomethanol/SAF, må det være bio-CO<sub>2</sub>. Den ene hydrogenprodusenten har slike produkter i porteføljen sin. (PRODUCTS | HY2GEN AG), men om de har planlagt å produsere det i Suldal er uvisst.

Tabell 13: *Oversikt over mulige aktører i en verdikjede for sirkulært samarbeid om CO<sub>2</sub> fangst og bruk i Sauda og Suldal*

CO <sub>2</sub> kilde	Potensiell avtaker bedrift	Type virksomhet	Markeds-segment
Eramet og potensielt biogassanlegg	Nippon Gasses	Gjenvinning og distribusjon av CO <sub>2</sub>	Matforedling (kjøling og bearbeiding av mat) fiskeforedling (frysing og bearbeiding av fisk)
Eramet og potensielt biogassanlegg	Bergen Carbon Solution	CO <sub>2</sub> fangst og produsent av karbon-nanofiber og karbonnanorør av CO <sub>2</sub>	Energi, batteri og brenselceller etc.

Eramet eller potensielt biogassanlegg	Veksthus	CO2 brukes til dyrking av avlinger i veksthus. CO2 kan også tilsettes å øke produktiviteten til plantene.	Ulike vekster for salg til dagligvare og restaurantbransjen
Eramet og potensielt biogassanlegg	Mikro alge produsent	CO2 brukes som råvare i mikroalgeproduksjon	Mikroalger for bruk til fiskefor etc.

#### Potensielle fremtidige avtakere

Biokarbon	Eramet	Smelteverk	Har behov for biokarbon som reduksjonsmiddel i prosessen.
Potensielt biogassanlegg	Hydrogen-produsent	Biogent CO2 brukes til å lage biomethanol eller SAF (sustainable aviation fuels) av hydrogen	Hydrogen som drivstoff til skipsindustri, vegtransport etc.

#### 7.2.4. NØKKELRESSURSER

Nedenfor presenteres overordnet hvilken type infrastruktur, distribusjon, kompetanse, IP, finansiering og kapital en sirkulær verdikjede innen CO2 fangst og bruk i Sauda og Suldal vil kunne ha behov for.

*Infrastruktur for fangst:* Det er stort behov for utvikling av infrastruktur for fangst av CO2. Per i dag har både Eramet og Bergen Carbon Solution FoU-prosjekter innenfor området. Utvikling av denne type infrastruktur vil være en viktig forutsetning for å kunne etablere en sirkulær verdikjede for CO2 i regionen. Bergen Carbon Solution har et eget testanlegg for karbonfangst i Bergen med kapasitet på 3 tonn årlig, hvor det tilbys tilgang til forskningsmiljø.

*Transport av CO2:* Transport av CO2 i større mengder kan gjøres i rør eller med skip, mens mindre mengder CO2 kan transporteres på veg. Hvilket alternativ som er best, avhenger generelt sett av mengden CO2 som skal fraktes og avstanden mellom CO2-kilde og CO2-lager. Skipstransport er mest aktuelt for mindre mengder og lange avstander. Rørtransport passer bedre for større mengder og kortere avstander.

*Lagring av CO2:* Det er mulig å lagre store mengder CO2 på norsk sokkel. Eramet har inngått en intensjonsavtale med Northern Light om utvikling av teknologi for transport og lagring av 70 % av CO2 utslippet ved smelteverket i Sauda. Lagring av CO2 under havbunnen anses som mest aktuelt i Norge. Her finnes det store reservoarer på dyp som gir egnede lagringsbetingelser, og som hindrer at CO2 beveger seg oppover stein- og sandlagene mot havbunnen. Oljedirektoratet har laget et atlas som viser lagringsmuligheter på norsk sokkel.

*IP:* Grunnet lav modenhet på CCS teknologi, biogassteknologi og teknologi relatert til produksjon av biokarbon vil aktørene ha behov for kunnskap om beskyttelse av Intellectual Property i utvikling av ny teknologi.

*Kompetanse:* Det finnes en god del kompetanse på CO<sub>2</sub> fangst og lagring i regionen. Eramet har med egne forskningsprosjekter på fangst og lagring av CO<sub>2</sub> og prosjekter på bruk av biokarbon, høy kompetanse innen feltet. Videre har Bergen Carbon Solution høy kompetanse på konvertering av karbondioksid til verdifulle produkter, og Nippon Gasses, Norges største produsent av CO<sub>2</sub> gass, på produksjon av CO<sub>2</sub> gass. Videre er det i Rogaland flere virksomheter som utvikler biogassteknologi og -anlegg som besitter en høy erfaringsbasert og teoretisk kompetanse innen feltet.

Når det gjelder hvilken type driftskompetanse bedrifter innen den potensielle verdikjeden har behov for viser Bergen Carbon Solution til at de har behov for ansatte med kompetanse innen prosesssteknikk, elektrokjemi, automasjon og prosessansvarlige ingeniører ved etablering av et karbonfangstanlegg, mens biogassprodusenten Renevo viser til at de har behov for ansatte med kompetanse på molekylær biologi (rapport myndigheter), biologer biogass, mekanikere, prosess for å drifte et biogassanlegg.

*Behov for kapital, finansiering:* Teknologien på CO<sub>2</sub> fangst og til dels bruk, er umoden og de fleste norske aktører er fremdeles i pilotfase. Nyetableringer innen en lokal sirkulær verdikjede for CCS vil ha behov for kapital og finansiering for å videre utvikle både teknologi og bedrift.

*Behov for FOU/teknologiske innovasjoner:* Da teknologi for fangst, resirkulering, transport, og til dels bruk av CO<sub>2</sub> er relativt umoden, vil behovet for etablering av FOU-prosjekter og samarbeid med FOU-aktører i den videre utviklingen være stort.

### 7.2.5. STAKEHOLDER RELASJONER

Nedenfor presenteres sentrale stakeholdere innen en industriell verdikjede og tilhørende økosystem for fangst, resirkulering, produksjon, transport, lagring og nye bruksområder for CO<sub>2</sub>. Dette er stakeholdere som det vil være naturlig å ta kontakt med for å legge til rette for videreutvikling av en ny vekstnæring basert på sirkulært samarbeid om CO<sub>2</sub> i Sauda og Suldal.

*CCS Haugalandet:* Eramet har sluttet seg til et konsortium av industribedrifter på Haugalandet for å samarbeide om utviklingen av et relevant CO<sub>2</sub>-knutepunkt. Konsortiet består av Equinor, Eramet Norway, Gassco, Hydro, Sintef og Haugaland Næringspark har fått støtte fra Gassnovas CLIMIT-DEMO program.

CCS Haugalandet skal utføre en teknisk-økonomisk analyse av felles infrastruktur for sikker transport og lagring av CO<sub>2</sub> fra industrianleggene. Prosjektet har oppstart januar 2023. Samlet slipper industriaktørene i konsortiet ut over 1,6 millioner tonn CO<sub>2</sub> årlig. Det tilsvarer over seks prosent av Norges samlede utslipp fra kvotepliktig sektor i 2021. Frem til nå har den enkelte aktør jobbet med løsninger hver for seg om hvordan de skal redusere utslipp ved sine respektive anlegg, men nå går de sammen for å ta ambisjonene et steg videre.

*Teknologisenter for CO<sub>2</sub> fangst Mongstad (TCM):* TCM på Mongstad er verdens største anlegg for testing og utvikling av teknologier for CO<sub>2</sub>-fangst<sup>7</sup>. Teknologisenteret har vært i drift siden 2012 og

---

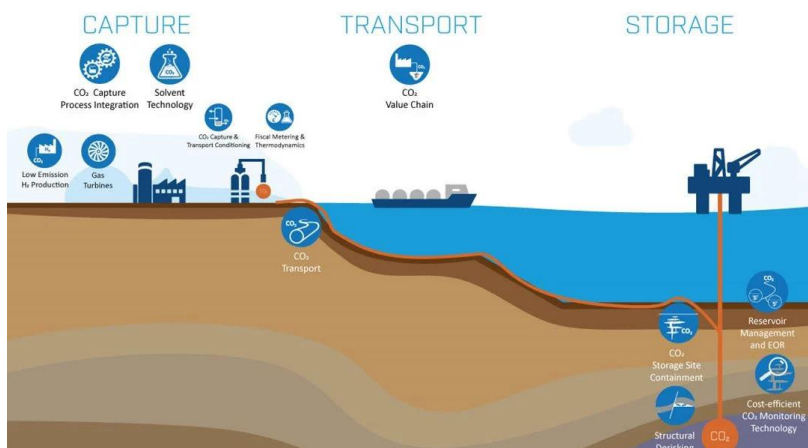
<sup>7</sup> [Teknologisenter Mongstad | Anlegg for testing av CO<sub>2</sub>-fangst \(tcnda.com\)](https://www.tcnda.com)

er en arena for målrettet utvikling, testing og kvalifisering av teknologi for CO<sub>2</sub>-fangst i industriell skala. Senteret er bygget med tanke på langsiktig drift og har tre ulike områder for testing av både relativt moden og ny fangstteknologi. En fleksibel tilgang til to ulike røkgasskilder gjør det mulig å etterligne utslippsgasser fra forskjellige bransjer som sementproduksjon, avfallshåndtering, oljeraffinering og kraftproduksjon. Teknologisenteret har to ulike anlegg for å teste CO<sub>2</sub>-fangstteknologi: 1) Aminbaserte teknologier – CO<sub>2</sub> fanges ved hjelp av en aminopløsning, det vil si en væske som består av vann og aminer og som benyttes til å absorbere CO<sub>2</sub> fra røygass, og 2) Ammoniakk-basert teknologi - nedkjølt ammoniakk brukes som løsningsmiddel for å absorbere CO<sub>2</sub> fra røygass.

*Langskip prosjektet:* Stortinget besluttet i 2022 å støtte realisering av Langskip, Norges første fullskalaprojekt for CO<sub>2</sub>-håndtering, byggingen av prosjektet er nå i gang. Bakgrunnen for satsingen er at Norge har gode forutsetninger for å realisere fangst, transport og lagring av CO<sub>2</sub>, og hvis en lykkes med fangst og lagring av CO<sub>2</sub> vil det bli vesentlig billigere å nå klimamålene. Langskip prosjektet bidrar til å gjøre det enklere og billigere. I dette prosjektet skal blant annet Norcem fange CO<sub>2</sub> fra sementfabrikken i Brevik. Fra Brevik vil CO<sub>2</sub> bli fraktet med skip til en ny mottaksterminal i Øygarden i Hordaland. Herfra vil CO<sub>2</sub> bli pumpet via rør og permanent lagret i en geologisk formasjon om lag 2 600 meter under havbunnen. Videre skal Hafslund Oslo Celsius (tidligere Fortum Oslo Varme) fange CO<sub>2</sub> fra røygass fra avfallsanlegget i Oslo. Om lag 400 000 tonn CO<sub>2</sub> skal fanges hvert år, transporteres til Oslo havn og videre med skip til Northern Lights. Staten ga i 2020 tilsagn om ca. 3,1 milliarder kroner til Fortum Oslo Varme, hvorav ca. 2 milliarder til investeringer og 1 milliarder til drift. I revidert nasjonalbudsjett for 2022, foreslår staten å øke sitt bidrag med 300 millioner kroner til ca. 3,4 milliarder kroner for å sikre støtte i en tiårs driftsperiode. Oslo kommune og selskapene Hafslund Eco, Infranode og HitecVision finansierer resten av prosjektet. Byggestart vil skje i 2022, gitt ESA-godkjenning av statsstøtten, og fangstanlegget er forventet å stå ferdig i 2026

Transport og lagringsdelen av Langskip prosjektet har fått navnet *Northern Lights* som er et samarbeid mellom Equinor, Shell og Total. Northern Lights er planlagt utbygd i to faser. Den første fasen er en del av Langskip-prosjektet og har en anslått kapasitet på 1,5 millioner tonn CO<sub>2</sub> per år over en driftsperiode på 25 år. En mulig andre fase er planlagt med en anslått kapasitet på 5 millioner tonn CO<sub>2</sub> per år. En beslutning er ventet å bli tatt i løpet av 2022 eller tidlig 2023. Northern Lights opplever stor interesse fra internasjonale aktører og er i aktive forhandlinger med potensielle kunder som vurderer å bruke lagerløsningen. Prosjektet håper å kunne inngå den første kommersielle avtalen i 2022 transport og lagringsprosjekt i Langskip. Samarbeid Equinor, Shell og Total.

*FME Norwegian CCS Research Centre (NCCS):* I 2016 ble det etablert et forskningssenter for miljøvennlig energi (FME) for CO<sub>2</sub>-håndtering, Norwegian CCS Research Centre (NCCS). Senteret ledes av Sintef Energi og mottar delfinansiering fra Forskningsrådet i perioden 2016 til 2024. Senteret jobber med problemstillinger langs hele verdikjeden. NCCS har som mål å fremskynde CCS ved å jobbe tett med industrien om forskning som adresserer store barrierer for å få CCS til å skje i Norge, Europa og verden.



Figur 19: NCCS

SINTEF forsker blant annet også på biokarbonproduksjon som råmateriale for industrielle applikasjoner og konvertering for energiformål, biokarbon verdikjeder og egenskaper til biokarbon og andre faste karbon kilder <sup>8</sup>.

Forskningsinstituttet NORCE utfører tverrfaglig forskning med formål om å gjøre storskala implementering av CCS- og CCUS-teknologi mulig<sup>9</sup>. NORCE har dedikert eksperimentell forskning på reservoarprosesser, CO<sub>2</sub> injektivitet og øker stadig forståelsen av lagringsmekanismer for CO<sub>2</sub>. NORCE utvikler blant annet ny simuleringsteknologi for CO<sub>2</sub>-lagring, og har bidratt til å utvikle reservoarsimulatoren Open Porous Media (OPM) Flow, som øker hastigheten for implementering av storskala lagring av CO<sub>2</sub> under havbunnen på norsk sokkel. Forskningsinstituttet forsker også på hvordan man kan bruke CO<sub>2</sub> som en ressurs. NORCE er med i algepiloten på Mongstad og i Horizon Europe prosjektet PYROCO<sub>2</sub> som jobber med produksjon av miljøvennlig aceton fra industriell CO<sub>2</sub> og fornybar H<sub>2</sub>. Forskningsinstituttet har også forskning på sosial aksept av og bevissthet rundt karbonfangst- og lagring.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) har forskning på bruk av biokarbon fra norsk skog som reduksjonsmiddel i metallurgisk industri<sup>10</sup>. De omtaler bruk av biokarbon fra norsk skog i smelteverksindustrien som et eksempel på hvordan man kan få økt avsetning og bruk av norsk skog, men foreløpig produseres det lite biokarbon i Norge. NIBIO har som målsetting å optimalisere produksjonen av trekull og utnytte biproduktene; brennbare gasser og tjære (bio-olje).

*Nasjonale virkemiddelprogrammer som støtter utviklingen av CCS:*

*CLIMIT programmet:* Norges Forskningsråds CLIMIT program kan bidra med delfinansiering av prosjekter for å utvikle teknologier innen fangst, transport og lagring av CO<sub>2</sub> og dekker hele innovasjonsskjeden fra forskning og utvikling til demonstrasjon. Programmet gir også støtte til samfunnsvitenskapelige studier, særlig med vekt på forhold som er relevante for utvikling av CO<sub>2</sub>-håndtering i Norge.

<sup>8</sup> [Biokull - SINTEF](#)

<sup>9</sup> [CCS / CCUS: Karbonhåndtering - Norce \(norceresearch.no\)](https://www.norceresearch.no)

<sup>10</sup> [Biokarbon - Nibio](#)

Prosjekter som har fått støtte av CLIMIT har levert resultater som har vært viktige for utviklingen av CO<sub>2</sub>-håndtering både i Norge og internasjonalt. Flere teknologier som tas i bruk i det norske fullskala CO<sub>2</sub>-håndteringsprosjektet, Langskip, som nå bygges, er utviklet med støtte fra CLIMIT. Et godt eksempel på dette er Aker Carbon Capture sin fangstteknologi, som skal brukes på fangstanlegget ved Norcems sementfabrikk i Brevik. Denne teknologien har over mange år blitt utviklet med støtte fra CLIMIT gjennom flere faser, fra tidlige forsøk til fullskala uttesting før kommersialisering. Produktet tilbys nå i markedet som en konkurransedyktig teknologi for fangst av CO<sub>2</sub>. CLIMIT er også et viktig instrument for å drive fram nye prosjekter som kan dra nytte av etableringen av Langskips infrastruktur for transport og lagring av CO<sub>2</sub>. Mange eiere av utslippskilder ser nå på muligheten for å fange CO<sub>2</sub> for lagring i Nordsjøen. Slike forberedende studier er mulig å søke støtte til gjennom CLIMIT.

*ENOVA* støtter energi og klimasatsinger i industrien hvor reduksjon av CO<sub>2</sub> utslipp er sentralt. Enova bidrar til at klimavennlige og energieffektive løsninger blir mer tilgjengelige i markedet, og at de tas i bruk hurtigere og i større omfang enn de ellers ville blitt.

*Innovasjon Norge* tilbyr ulike støtteordninger til innovasjon og teknologiutvikling for å kutte klimagassutslippene. Innovasjon Norges tjenester skal legge til rette for grønn omstilling og bærekraftig utvikling hos bedrifter, slik at man får et eksportrettet næringsliv og en industri som gjør oss rigget for framtiden.

*Regionalt Forskningsfond Rogaland* skal støtte opp om næringslivets behov og retter seg mot kunnskapsområder som utnytter og forsterker regionen sine konkurransefortrinn. Aktøren har løpende utlysninger om støtte til *for- og hovedprosjekt* rettet mot bedrifter og kommuner i Rogaland innen temaene ren energi og redusert klimaavtrykk, maritim fremtid og havvind, mat, reiseliv og opplevelse.

*VRI Rogaland (Virkemidler for regional innovasjon)* har fire virkemidler som skal bidra til økt bærekraftig verdiskaping hos næringslivet i Rogaland gjennom forskningsbasert innovasjon. Virkemidlene er kompetansemegling, forprosjekt, nettverksmøte og student til lånsprosjekter. Hovedmålgruppe er bedrifter i Rogaland og det kan søkes støtte til prosjekter som kan forankres i ett eller flere av de tre satsingsområdene i Nærings- og innovasjonsstrategi for Rogaland: Ren energi og maritim fremtid, Mat, Reiseliv og opplevelser.

*Næringsklynger som jobber med CCS problemstillinger:*

Industriklyngen Powered by Telemark, som er blant de intervjuede virksomhetene i dette prosjektet, er en sentral aktør i det nasjonale innovasjonssystemet for karbonfangst, -utnyttelse og -lagring. Industriklyngen har som mål å være en internasjonal foregangsregion for grønn industriomstilling og ambisjonen er å bli verdens første klimapositive industriregion innen 2040, dvs. å fjerne mer CO<sub>2</sub> enn bedriftene slipper ut. Klyngen er en sammenslåing av Green Industri Cluster (bedrifter innen industri- og teknologisektorer landbasert og offshore), IKT Telemark og Industrial Green Tech som har fokus på miljøteknologi.

Eyde-klyngen har en satsing kalt Eyde Biokarbon som har vært støttet av forskningsrådets BIA-program frem til 2017. Prosjektet har som mål å etablere produksjon av miljøvennlig biokarbon basert på norsk trevirke. Biokarbonet skal erstatte fossile råstoffer i norsk prosessindustri, og gi lønnsomhet i hele verdikjeden. I dag foregår det test av pyrolysert trekull i aktuelle prosesser innen bedrifter i Eyde klyngen.

### **7.2.6. PROBLEMER/UTFORDRINGER**

Det kan være en utfordring for etablering av sirkulært samarbeid at CO2 fangst teknologi i stor skala fremdeles er umoden, og det kan gå flere år før teknologien kan kommersialiseres. I Sauda sentrum er det også være en utfordring at man ikke har tilgjengelige næringsarealer av stor nok størrelse til nyetableringer innen karbonfangst, biogassanlegg, mikroalgeproduksjon og veksthus. På den annen side er det store næringsarealer tilgjengelig andre steder i Sauda (Birkeland) og i Suldal kommune.

### **7.2.7. SIRKULÆR VERDIKJEDE FOR CO2 FANGST OG BRUK**

Denne forstudien initielle kartlegging av sidestrømmer og anvendelsesmuligheter viser at det er potensiale for utvikling av en ny vekstnæring basert på et sirkulært samarbeid om karbon fangst, gjenbruk og bruk i Sauda og Suldal med hjørnesteinsbedriften Eramet og den lokale CO2 produsent og distributøren Nippon Gasses i spissen. I en regional sirkulære verdikjede for CO2 vil Eramet og et evt. regionalt biogassanlegg være leverandører av fossil og grønn CO2, mens potensielle nyetableringer innen karbonfangst og CO2-gjenvinning vil være sentrale for å sikre fangst og tilgang på kortreist CO2. Avtakere av CO2 vil kunne være næringer som har behov for CO2 i sin produksjon som blant annet mikroalgeprodusenter, veksthus, produsenter av komposittmaterialer, batteri og brenselceller etc., og slutt kunder som bruker BCG til oppvarming eller som drivstoff til skips- og vegtransport. Potensielle avtakerbedrifter på lengre sikt kan være de to hydrogenfabrikkene som er under etablering i Sauda og Suldal. De to nyetableringene har per i dag ikke planlagt å bruke CO2 i produksjon av hverken ammoniakk eller hydrogen. Det kan være en fremtidig mulighet å bruke CO2 for å lage biomethanol eller SAF (sustainable aviation fuels) av hydrogen basert på bio-CO2 fra et potensielt biogassanlegg i Sauda eller Suldal.

En relatert mulighet på lengre sikt kan være produksjon av biokarbon hvor den lokale skogbruksindustrien vil kunne være en potensiell leverandør. Eramet har nylig fått innvilget støtte fra Enova til et banebrytende biokarbonprosjekt. Prosjektet går ut på å erstatte fossilt koks med bærekraftig biokarbon som reduksjonsmiddel i smelteprosessene. Teknologien som pilotprosjektet baserer seg på er utviklet i en lang rekke forsknings- og utviklingsprosjekter, og gjennom industrielle forsøk. Ovnsdriften og tilknyttet prosessutstyr må optimaliseres da biokarbon har andre egenskaper enn de fossile reduksjonsmidlene som benyttes i dag, siden mangansmelteprosessen trenger en bestemt type biokarbon. Eramet Norway er en del av et sterkt norsk konsortie som i 2023 har fått støtte til å utvikle et spesialtilpasset biokarbon for sine ovnsprosesser.

### **7.2.8. MULIGE SOSIALE BÆREKRAFTS EFFEKTER**

Utvikling av en ny vekstnæring basert på regionalt sirkulært samarbeid om CO2 fangst, gjenbruk og bruk vil kunne bidra til å styrke Sauda og Suldals attraktivitet som arbeids- og bosted ved at satsingen har stort potensial til å tiltrekke seg bedriftsetableringer og kompetansearbeidsplasser. Etablering av en ny vekstnæring vil videre kunne gi ringvirkninger og synergier for underleverandørnæringer som bygg & anlegg, IKT, verksteder, teknisk og forretningsmessig tjenesteyting, utdanningssektor og varehandel, og bidra til å styrke levekår og livskvalitet i de to kommunene gjennom etablering av nye utdanningstilbud.



## 8. Konklusjoner og anbefalinger for vegen videre

Denne forstudiets kartlegging av ressurs- og sidestrømmer blant 13 virksomheter i Sauda og Suldal, viser at regionen har størst kvantum av ubenyttede sidestrømmer innen kjølevann, varmt vann 40 grader og CO<sub>2</sub>. Når regionale nyetablerte bedrifter som enda ikke har startet produksjon inkluderes, får man også et relativt stort kvantum av oksygen som ubenyttet sidestrøm. En av de mest interessante sidestrømmene i regionen er karbondioksid. Det kan være flere bruksområder for dette, fra fototrofiskemikroalger og planter i drivhus, til bruk i produksjon av materialer som utført av eksempelvis Bergen Carbon Solutions. Kvantum CO<sub>2</sub> er stort nok, selv når man tar i betraktning at det allerede er inngått et samarbeid om å få lagret en stor del av produsert CO<sub>2</sub> under havbunnen. Et annet interessant alternativ vil være å utnytte all biomasse som produseres i de to regionene. Hovedbruken her ser ut til å være biogassproduksjon, da hovedstrømmene husdyrgjødsel og fiskeslam er egnet for produksjon av biogass. Dette forutsetter imidlertid at transport av biomassen til ett sentralt sted er gjennomførbart. Biogassproduksjon i seg selv er en annen interessant kilde til karbondioksid, i dette tilfellet biogent CO<sub>2</sub>, som kan være en annen interessant kilde for andre industrier i regionen, for eksempel for å lage bærekraftig (fly)drivstoff, eller ren CO<sub>2</sub> til mat og medisinske formål. Å oppgradere biomassen til produkter med høyere verdi, som insekter, kan være en annen interessant mulighet, men i så fall må samarbeidet/innsamlingen av sidestrømmer utvides utenfor regionen for å gi nok egnede ressurser.

Forprosjektet har gjennomført en første kartlegging av ressurs- og sidestrømmer fra et utvalg bedrifter innen energi- og prosessindustrien, havbruk, landbruk og skogbruk i Sauda og Suldal, og et utvalg ikke-regionale bedrifter som er mulige brukere/avtakere. I denne rapporten er kun ressurs- og sidestrømmer som er relevante for potensielle avtakere/brukere innen en potensiell industriell symbiose i Sauda og Suldal presentert. Eksempelvis har vi ikke forfulgt potensialet for bruk av sidestrømmen grot fra skogbruk i en mulig biogassproduksjon, selv om Suldal kommune er en relativ stor skogbrukskommune, da den intervjuede biogassaktøren ikke brukte trevirke i sin produksjon. Videre har forstudiets kartlegging tatt hensyn til eventuelle kvalitetskrav for ressurs- og sidestrømmene i de tilfeller de var kjent, men disse kravene var ofte ikke kjent, verken for utgående strømmer eller når det gjaldt kravene til råvarer. Dette gjaldt spesielt tilfeller der bruk av ressursstrømmene ikke er testet og/eller er avhengig av lokale forhold. For eksempel ble temperaturen på kjøle- eller oppvarmingsvann og behov for kjøling/oppvarming i de fleste tilfeller ikke spesifisert av de intervjuede bedriftene. I det videre arbeidet vil det være viktig å spesifisere kvalitetskrav for utgående strømmer og til råvarer. For de nyetablerte bedriftene Sauda Aqua, Iverson eFuel og Gen2Energy, hvor produksjon er planlagt, men ikke satt i drift, mangler fortsatt mer nøyaktige produksjonsdata. Andre forhold som bør spesifiseres i et videre arbeid er ressursstrømmenes kontinuitet. Hos noen selskaper, som for eksempel Eramet, produserer man hele døgnet og med en ganske konstant hastighet, mens andre bedrifter vil være mer avhengig av årstider eller andre faktorer som nedbør eller biologi (f.eks. størrelsen på fisk). I tillegg kan også aspekter som nedetid påvirke tilgjengeligheten av ressursstrømmene i kortere perioder.

Forstudiets analyse av suksesskriterier for utvikling og drift av en industripark basert på sirkulært samarbeid er basert på intervjuer med veletablerte industriparke. Av fellestjenester fremheves viktigheten av å fasilitetere og igangsette ulike typer FOU-prosjekter på vegne av bedriftene for å skape utvikling og innovasjon innen sirkulært samarbeid. En eierstruktur som tilrettelegger for felles organisering av og tilgang til viktig infrastruktur som energi, vann, bygg og arealer skaper mulighetsrom for initiativtaking og felles beslutninger. Denne eierstrukturen gir også industriparken

kunnskap og nødvendig erfaring inn i etableringen av prosjekter for industriell symbiose og ressursdeling. Videre er det viktig å invitere industribedrifter tidlig med i FOU-prosjektutvikling, samt skape gode samarbeidsmiljøer for utvikling og innovasjon sammen med forskningsmiljøer, virkemiddelapparatet, klynger, inkubatorer og gjerne lokalsamfunnet ellers.

Eco-forretningsmodellanalysen er en første initiell analyse av potensialet for etablering av sirkulært samarbeid om fangst, gjenbruk, produksjon og nye bruksområder for CO<sub>2</sub> i Sauda og Suldal. Den initielle analysen må ses i lys av at industri- og fagekspertene ikke har vært involvert i analysearbeidet. I det videre arbeidet vil det være behov for å gjøre en grundigere analyse av mulige avtakerbedrifter, kunder, produkter, infrastruktur, stakeholdere og bærekraft, hvor interesserte bedrifter og kunnskapsmiljøer blir invitert til å diskutere potensial, synergier og interesse for etablering av sirkulært samarbeid om CO<sub>2</sub> i regionen.

## 9. Sluttnoter

---

<sup>1</sup> <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/mindre-bruk-av-fyringsolje-i-veksthusene>

<sup>2</sup> Borowitzka MA (2010) Carotenoid production using microorganisms Single cell oils (pp.225-240) Elsevier; Brown M, Mular M, Miller I, Farmer C, Trenerry C (1999) The vitamin content of microalgae used in aquaculture. *Journal of Applied Phycology*, 11(3):247-255; Chisti Y (2007) Biodiesel from microalgae. *Biotechnology advances*, 25(3):294-306; Chu WL (2012) Biotechnological applications of microalgae. *IntJSM*, 6(1):S24-S37.; Wijffels RH, Barbosa MJ, Eppink MHM (2019) Microalgae for the production of bulk chemicals and biofuels. *Biofuels Bioprod Bioref* 4:287-295.

<sup>3</sup> F. Gabriel Acién Fernández, Alberto Reis, René H. Wijffels, Maria Barbosa, Vitor Verdelho, Bernardo Llamas (2021) The role of microalgae in the bioeconomy, *New Biotechnology* 61:99-107, doi.org/10.1016/j.nbt.2020.11.011.

4

[https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/filarkiv/rapporter/Gr%C3%B8ntsektoren%20mot%202035.pdf/\\_attachment/inline/0e908bde-961d-45a0-90fe-bed350195453:79ccba9560ccf7ea63dd2d7582b379ce91e126f7/Gr%C3%B8ntsektoren%20mot%202035.pdf](https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/filarkiv/rapporter/Gr%C3%B8ntsektoren%20mot%202035.pdf/_attachment/inline/0e908bde-961d-45a0-90fe-bed350195453:79ccba9560ccf7ea63dd2d7582b379ce91e126f7/Gr%C3%B8ntsektoren%20mot%202035.pdf)

Deloitte (2020, a) Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for sirkulær økonomi, Delutredning 1 – potensial for økt sirkularitet.

Domenech, T., Bleischwitz, R., Doranova, A., Panayotopoulos, D. and Roman, L., 2019. Mapping Industrial Symbiosis Development in Europe\_ typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the Circular Economy. *Resources, conservation and recycling*, 141, pp.76-98.

Geissdoerfer, Martin, Paulo Savaget, Nancy MP Bocken, and Erik Jan Hultink. "The Circular Economy—A new sustainability paradigm?." *Journal of cleaner production* 143 (2017): 757-768.

Bruheim, L.L. and Nguyen, S.T., 2021. *Hvordan kan Berlevåg Industripark utnytte hydrogenproduksjon til å fremme vekst i region Øst-Finnmark?* (Master's thesis, uis).

Daou, A., Mallat, C., Chammas, G., Cerantola, N., Kayed, S. & Saliba, N.A. The Ecocanvas as a business model canvas for a circular economy. *Journal of Cleaner Production* 258 (2020) 120938

Polkutie, A., Ekholm, E., & Bergman, H. (2018). Industrial Symbiosis. Retrieved from European Commission: [https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wpcontent/uploads/2018/05/Industrial\\_Symbiosis](https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wpcontent/uploads/2018/05/Industrial_Symbiosis)

Rambøll (2020) *Kartlegging av biologiske avfalls- og restråstoffstrømmer i Rogaland*. Utredning for Rogaland Fylkeskommune. [Internett] Tilgjengelig fra: <https://www.rogfk.no/f/p1/iea47a516-29be-4a1b-b051-39f3ffbe14ae/kbrr-02-005-rapport-kartlegging-av-avfalls-og-restrastoffer-i-rogaland-rev4.pdf>

Isenmann, R. and Chernykh, K., 2009. The role of ICT in industrial symbiosis projects-Environmental ICT applications for eco-industrial development. In *EnviroInfo* (2) (pp. 223-234).

Smith-Gillespie, A. (2017) Defining the Concept of Circular Economy Business Model. Tilgjengelig fra: <http://www.r2piproject.eu/wp-content/uploads/2017/04/Defining-the-Concept-of-CircularEconomy-Business-Model.pdf>

---

<sup>5</sup> Vázquez-Romero B, Perales JA, de Vree JH, Böpple H, Steinrücken P, Barbosa MJ, **Kleinegris DMM**, Ruiz J (2022) Techno-economic analysis of microalgae production for aquafeed in Norway. *Algal Research* 64:102679 doi.org/10.1016/j.algal.2022.102679

<sup>6</sup> Vázquez-Romero B, Perales JA, de Vree JH, Böpple H, Steinrücken P, Barbosa MJ, **Kleinegris DMM**, Ruiz J (2022) Techno-economic analysis of microalgae production for aquafeed in Norway. *Algal Research* 64:102679 doi.org/10.1016/j.algal.2022.102679

<sup>7</sup> <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2505510/Bioforsk-Rapport-2006-01-119.pdf?sequence=1&isAllowed=y>