



THEMA
CONSULTING GROUP

Offentlig

ISBN nr. 978-82-8368 072 2



Datasenter på Jæren – virkninger for klima, miljø og regional næringsutvikling

På oppdrag fra Lyse AS
november, 2020

THEMA Rapport 2020 - 16

Om prosjektet

Prosjektnummer:	LYS-20-03	Rapportnavn:	Datasenter på Jæren – virkninger for klima, miljø og regional næringsutvikling
Prosjektnavn:	Datasenter på Jæren del 2	Rapportnummer:	2020-16
Oppdragsgiver:	Lyse AS	ISBN-nummer	978-82-8368 072 2
Prosjektleder:	Eivind Magnus	Tilgjengelighet:	Offentlig
Prosjektdeltakere:	Adrian Mekki, Linn Skaret-Thoresen, Lars Berg Byenstuen, Grom Lunde	Ferdigstilt:	12.11.2020

Om rapporten**Brief summary in English**

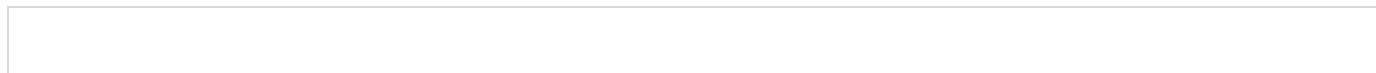
A large hyperscale data center project is under planning at Kalberg in Rogaland county in Norway. If realised, it would be among the industry's best performing in terms of high energy efficiency and low carbon footprint. In addition, the waste heat from the data center could be used to spur new investments in other industries such as biogas production, fish farming and greenhouses, located nearby in the same area. The project and the opportunities to develop new industries using waste heat are regarded as a national innovation in Norway and would create new employment prospects in Rogaland which potentially could lose jobs due to lower oil and gas investments.

Om THEMA Consulting Group

Øvre Vollgate 6 0158 Oslo, Norway Foretaksnummer: NO 895 144 932 www.thema.no	THEMA Consulting Group tilbyr rådgivning og analyser for omstillingen av energisystemet basert på dybdekunnskap om energimarkedene, bred samfunnsforståelse, lang rådgivningserfaring, og solid faglig kompetanse innen samfunns- og bedriftsøkonomi, teknologi og juss.
--	--

Disclaimer

Hvis ikke beskrevet ellers, er informasjon og anbefalinger i denne rapporten basert på offentlig tilgjengelig informasjon. Visse uttalelser i rapporten kan være uttalelser om fremtidige forventninger og andre fremtidsrettede uttalelser som er basert på THEMA Consulting Group AS (THEMA) sitt nåværende syn, modellering og antagelser og involverer kjente og ukjente risikoer og usikkerheter som kan forårsake at faktiske resultater, ytelser eller hendelser kan avvike vesentlig fra de som er uttrykt eller antydning i slike uttalelser. Enhver handling som gjennomføres på bakgrunn av vår rapport foretas på eget ansvar. Kunden har rett til å benytte informasjonen i denne rapporten i sin virksomhet, i samsvar med forretningsvilkårene i vårt engasjementsbrev. Rapporten og/eller informasjon fra rapporten skal ikke benyttes for andre formål eller distribueres til andre uten skriftlig samtykke fra THEMA. THEMA påtar seg ikke ansvar for eventuelle tap for Kunden eller en tredjepart som følge av rapporten eller noe utkast til rapport, distribueres, reproduseres eller brukes i strid med bestemmelsene i vårt engasjementsbrev med Kunden. THEMA beholder opphavsrett og alle andre immaterielle rettigheter til ideer, konsepter, modeller, informasjon og "know-how" som er utviklet i forbindelse med vårt arbeid.



INNHold

1	INNLEDNING.....	5
2	KLIMA- OG MILJØVIRKNINGER AV ET DATASENTER PÅ KALBERG.....	6
2.1	Datasentre og bærekraftig utvikling.....	6
2.2	Forskjeller i indirekte utslipp knyttet til strømforbruket.....	6
2.3	Fastsettelse av indirekte klimagassutslipp	7
3	SYNERGIER VED Å SAMLOKALISERE NY NÆRINGSVIRKSOMHET MED DATASENTERET	15
3.1	Klima- og miljøeffekter som vi har sett på	15
3.2	Biogass.....	15
3.3	Landbasert oppdrett.....	18
3.4	Veksthus.....	24
3.5	Oppsummering	27
4	INNOVASJONSEFFEKTER OG REGIONALØKONOMISK BETYDNING AV EN DATASENTERKLYNGE PÅ KALBERG	30
4.1	Datasentrenes rolle.....	30
4.2	Innovasjonseffektene bygger på mulighetsstudien.....	31
4.3	Datasenterklyngen på Kalberg er en innovasjon på nasjonalt nivå	32
4.4	Datasenterklyngen kan bidra til omstilling av regionens næringsliv	36
	REFERANSELISTE	40
	APPENDIX.....	42

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Et stort datasenter¹ er under planlegging ved Kalberg i Time kommune på Jæren. Datasenteret kan bli et av verdens mest energieffektive. Datasenterets beliggenhet, teknologivalg og muligheter til å utnytte overskuddsvarmen i ny lønnsom næringsvirksomhet bidrar til betydelige utslippsreduksjoner for CO₂. Prosjektet kan betraktes som en nasjonal innovasjon og kan gi vesentlige bidrag til å opprettholde sysselsettingen i regionen.

THEMA Consulting Group AS og Samfunnsøkonomisk analyse AS har på oppdrag fra Lyse AS gjennomført analyser av miljø, klima og innovasjonseffekter av et nytt datasenter ved Kalberg som er under planlegging. Denne rapporten dokumenterer resultatene av studien.

Hovedkonklusjoner

- Verden trenger å øke datasenterkapasiteten i tråd med den økende digitaliseringen av samfunnet. Digitale teknologier kan bidra til å kutte globale utslipp med 15 prosent innen 2030. For å oppnå en slik utslippsreduksjon er det viktig at datasentrene blir så bærekraftige som mulig.
- Det planlagte datasenteret på Kalberg kan forventes å bli blant verdens mest klimavennlige med høy energieffektivitet og lavt karbonavtrykk. Våre basisberegninger forutsetter en kapasitet på 40 MW i 2025 økende til 100 MW i 2030, som tilsvarer ett hyperscale datasenteranlegg. Anlegget vil være i størrelsesorden 25-30 prosent mer energieffektivt enn bransjegjennomsnittet, og det kan ha indirekte utslipp av CO₂ som er opp mot 50 000 tonn lavere pr. år over perioden 2025-2050 enn tilsvarende anlegg lokalisert på mindre gunstige steder i Europa.
- Det er plass på Kalberg til å øke kapasiteten vesentlig utover 100 MW. Med en utbygging av kapasiteten til anslagsvis 500 MW vil de årlige indirekte utslippene av CO₂ være 240.000 tonn lavere på Kalberg enn tilsvarende anlegg lokalisert på mindre gunstige steder i Europa.
- Datasenteret kan gi grunnlag for at det utvikles ny næringsvirksomhet i nærheten av datasenteret, blant annet bestående av et biogassanlegg, landbasert oppdrett og veksthus. Vi har identifisert betydelige synergieffekter ved en slik industriklynge ved at flere input- og outputstrømmer kobles sammen. Synergieffektene kan bidra til ytterligere kutt i globale utslipp på 16 500 - 20 000 tonn CO₂ årlig.
- Beparelsene i globale utslipp fra synergieffektene i en industriklynge er basert på et biogassanlegg på 50 GWh. Forbruket av naturgass i Sør-Rogaland er på over 500 GWh. Ved tilgang på flere substrater, fra industriklyngen og/eller utenfra, vil en kunne øke biogassproduksjonen med potensiale for å erstatte betydelig mer naturgass.
- Et integrert industrianlegg med datasenter, biogassanlegg, oppdrett og veksthus vil være en innovasjon av nasjonal betydning og bidra til vekst i regional verdiskaping og sysselsetting. Veksten er særlig viktig for Rogaland som må regne med sysselsettingsnedgang de neste ti årene som følge av lavere investeringstakt i petroleumssektoren. Etablering av en datasenterklynge på Kalberg kan halvere forventet sysselsettingsnedgang i fylket.

Problemstillinger knyttet til eventuelle negative konsekvenser av arealbruk er ikke behandlet i denne rapporten, men er behandlet i en annen rapport, se Norconsult (2020).

¹ Planene som er fremmet innebærer at det kan bli bygget flere datasentre på samme område med ulike kapasitet. Dermed kan det på sikt bygges ut en datasenterklynge bestående av flere datasentre. Som en forenkling vil vi omtale det som ett datasenter, som over tid kan bygges ut i flere trinn med økende kapasitet.

Et energieffektivt datasenter

Å lagre og behandle data er meget energikrevende prosesser der opp mot 80 prosent av energibruken ender opp som overskuddsvarme. Datasentre er kraftintensiv virksomhet og står anslagsvis for omkring en prosent av det samlede globale kraftforbruket. Stor oppmerksomhet mot energieffektiviteten har derfor bidratt til stadig mer energieffektive datasentre.

Energieffektiviteten varierer med blant annet omgivelsestemperatur, muligheter for naturlig kjøling, valg av teknologiske løsninger samt hvordan overskuddsvarmen fra datasentrene kan utnyttes. Datasenteret på Kalberg i Time kommune på Jæren planlegges med en meget god energieffektivitet som skyldes en kombinasjon av beliggenhet og teknologivalg. Lokaliseringen kan videre gi muligheter for kommersiell utnyttelse av overskuddsvarmen i ny næringsvirksomhet.

I datasenterbransjen brukes måltallet Power Usage Effectiveness (PUE) som et uttrykk for hvor energieffektivt et datasenter er. PUE er definert som datasenterets totale kraftforbruk delt på det kraftforbruket som serverne bruker. En lav tallverdi for PUE indikerer en høy energieffektivitet. Det øvrige kraftforbruket består av energibehovet i alle andre systemer, hvorav kjøling er en svært viktig faktor. Størsteparten av kraften som brukes av serversystemene returneres som overskuddsvarme.

Det globale bransjesnittet for PUE for større datasentre på rundt 1,60. For nye hyperscale datasentre ligger PUE typisk på 1,1-1,4. For et datasenter lokalisert på Kalberg er PUE anslått å ligge på 1,15-1,20. Datasenteret kan bidra til ytterligere energieffektivisering dersom overskuddsvarmen brukes til å erstatte energibruk i andre næringer.

Lavt karbonavtrykk sammenlignet med referansealternativene

For å vurdere datasenterets karbonavtrykk sammenligner vi karbonintensiteten på Kalberg, eller karboninnholdet pr. kWh kraftbruk, med et utvalg internasjonale referansealternativ. Referansealternativene omfatter tilsvarende anlegg lokalisert i henholdsvis Danmark, Sverige, Nederland og Irland. Vi har konsentrert oss om å analysere forskjeller i såkalte Scope-2 utslipp, dvs. indirekte utslipp som skyldes karboninnholdet i den kraften som brukes.

Ulike metoder som brukes for å anslå karbonintensiteten gir imidlertid forskjellige resultater. I såkalte markedsbaserte metoder, som typisk innebærer at kraftbrukeren kjøper opprinnelsesgarantier for sitt kraftforbruk, vil utslippsintensiteten være uavhengig av lokaliseringssted. Det vil gi det samme scope-2 utslippet i referansealternativene som i datasenteret på Kalberg, dersom alle eierne kjøper opprinnelsesgarantier. Forskjeller i scope 2-utslipp vil i så fall kun reflektere forskjeller i eiernes kjøp av opprinnelsesgarantier og ikke ulikheter i kraftforbrukets fysiske karbonintensitet.

Enkelte aktører stiller krav om addisjonalitet for å kunne dokumentere at kraften de kjøper er fornybar. Addisjonalitet innebærer at forbruksøkningen dekkes opp av ny fornybar kraftproduksjon. Vi legger til grunn i vår analyse at ingen av referansealternativene bygges ut med ny fornybar kraftproduksjon som en del av investeringen.

I metoder basert på marginalvirkninger gjøres det modellbaserte beregninger av hvordan økt kraftforbruk påvirker produksjonssammensetningen i et større markedsområde. I slike beregninger vil flaskehalser i nettet gjøre at marginalvirkningen påvirkes av kapasitetsmiksen innenfor det nettområdet der forbruksøkningen finner sted. Det vil gi mindre utslipp for forbruksøkninger i områder med mye fleksibel fornybar kraftproduksjon med en produksjonsprofil som korresponderer med forbruksprofilen for den aktuelle forbruksøkningen.

I lokaliseringsbaserte metoder tas det utgangspunkt i kapasitetssammensetningen i et relevant geografisk område og beregninger utslippsintensiteten utfra det. Det gir lave utslippsintensiteter særlig i Norge på grunn av den høye fornybarandelen.

Med utgangspunkt i samtlige metoder vil datasenteret på Kalberg komme likt eller bedre ut enn de aktuelle referansealternativene. Med den lokaliseringsbaserte metoden kan klimagevinsten for datasenteret med en kapasitet på 40 MW i 2025 økende til 100 MW i 2030 komme opp i om lag 50 000 tonn årlig. Vi har da ikke inkludert effekten av å utnytte overskuddsvarmen til ny samlokalisert

næringsvirksomhet. Dersom kapasiteten i datasenteret økes til 500 MW i 2032 blir klimagevinsten i form av utslippskutt på 240 000 tonn CO₂ i snitt pr. år for perioden 2025-2050.

Samlokalisering med ny næringsvirksomhet kan gi synergieffekter også på klimaområdet

Datasenteret kan stille overskuddsvarme til disposisjon for ny næringsvirksomhet som kan etablere seg i nærheten på Kalberg. De nye, tentative virksomhetene som er vurdert i denne studien, inkluderer et biogassanlegg, et landbasert oppdrettsanlegg og et veksthus.

De totale synergieffektene innad i næringsklyngen oppstår ved å sammenkoble de ulike innsatsfaktorene, produktene og biproduktene for de ulike aktørene. Det antas at datasenteret kan levere mellom 280 – 300 GWh overskuddsvarme², slik at behovene i næringsklyngen blir dekket med god margin. I tillegg til overskuddsvarme fra datasenteret, består strømmen av avfall til biogassproduksjon og bruk av fanget CO₂ inn i veksthuset. I tillegg vil det være behov for husdyrgjødsel fra nærliggende gårder.

Ved å sammenligne de ulike anleggene med et moderne og tradisjonelt referansealternativ finner vi at den ekstra klimanytten innad i næringsklyngen kan utgjøre i størrelsesorden 16 500 til 20 000 tonn redusert CO₂-utslipp årlig. Denne utslippsreduksjonen kommer i tillegg til klimanytten omtalt foran.

Datasenteret har betydning for innovasjon og regional næringsutvikling

Realisering av et datasenter på Kalberg gir fire sannsynlige innovasjonseffekter:

1. Etablering av et hyperscale datasenter vil i kraft av sin størrelse innebære etablering av en ny næring i landet.
2. Overskuddsvarme til meget lave priser kan medføre etablering av andre energikrevende virksomheter i tilknytning til datasentrene.
3. Datasentrenes vil øke IKT-faglig kompetanse i arbeidsmarkedet i Rogaland, som i seg selv vil øke regionens attraktivitet for andre virksomheter som etterspør lignende kompetanse.
4. Erfaringer fra andre land viser at gode samarbeidsrelasjoner mellom datasenter, universitet og virksomheter legger til rette for forskning og utvikling innen både datasenteraktiviteter og annen IKT-relatert aktivitet.

De to første punktene representerer innovasjon på nasjonalt nivå i Norge.

Ut over rene innovasjonseffekter vil datasenterklyngen på Kalberg ha en stor betydning for sysselsettingen regionen. Rogaland har et stort innslag av næringsaktivitet knyttet til petroleumsnæringen som har tjent regionen vel over tid. Prognoser fra Norges Bank og SSB tilsier at petroleumsinvesteringene vil gradvis reduseres fram mot 2030.

En referansebane for sysselsettingsutviklingen i Rogaland som tar hensyn til fallende petroleumsinvesteringer, tilsier at den samlede sysselsettingen i fylket vil falle med 4 prosent i 2030 sammenlignet med 2019. Det tilsvarer en reduksjon på om lag 10 000 sysselsatte i perioden. Ved realisering av et scenario for datasenterklyngen på om lag 500 MW, er det anslått totalt 5 300 permanente arbeidsplasser direkte eller indirekte knyttet til drift og vedlikehold av datasentrene. Datasenterklyngen isolert sett vil i så fall bidra til å halvere den framskrevne sysselsettingsreduksjonen. Sysselsettingseffekter tilknyttet de tre andre kildene til innovasjon kommer i tillegg, men er ikke tallfestet i denne analysen.

² Det antas at 80-85 prosent av kraftforbruket i datasenteret omformes til overskuddsvarme

1 INNLEDNING

Behovet for datasenterkapasitet øker sterkt i takt med digitaliseringen av verdenssamfunnet. Å lagre og behandle data er meget energikrevende prosesser der opp mot 80 prosent av energiforbruket ender opp som overskuddsvarme. Energieffektiviteten varierer med blant annet omgivelsestemperatur, valg av teknologiske løsninger og hvordan overskuddsvarmen fra datasentrene kan utnyttes. Datasenteret på Kalberg i Time kommune på Jæren planlegges med en meget god energieffektivitet og en lokalisering som vil gi muligheter for kommersiell utnyttelse av overskuddsvarmen i ny næringsvirksomhet.

Det er imidlertid ikke rett frem å konkretisere hvor store virkninger datasenteret på Kalberg vil ha både for klima, miljø og det regionale næringslivet. For å kunne vurdere det må effektene av prosjektet på Kalberg sammenlignes med alternative prosjekter både nasjonalt og internasjonalt. Sentrale spørsmål som må besvares er hvor godt prosjektet står seg i internasjonale sammenligninger, og om og i hvilken grad overskuddsvarmen fra datasenteret kan gi muligheter til å utvikle virksomhet som ikke bare er lønnsom, men som kan gi ytterligere positive klima- og miljøvirkninger.

THEMA Consulting Group AS har fått i oppdrag fra Lyse AS å vurdere klima- og miljøvirkningene av det planlagte datasenteret. Vi er også bedt om å vurdere i hvilken grad prosjektet har innovasjonseffekter og hvilken betydning prosjektet vil kunne få for sysselsettingen i Rogaland i et langsiktig perspektiv. For å vurdere innovasjonsperspektivene er Samfunnsøkonomisk analyse knyttet til prosjektet som underleverandør.

I kapittel 2 analyserer vi hvilke virkninger det planlagte datasenteret har vurdert som et internasjonalt klimatiltak. Vi ser på ulike metoder for å vurdere hvordan lokalisering av i Norge generelt og i Time kommune spesielt påvirker karbonavtrykket i prosjektet.

Kapittel 3 tar for seg hvilke effekter en samlokalisering av en ny næringsklynge bestående av et biogassanlegg, et oppdrettsanlegg og et veksthusanlegg har. Vi ser både på effektene av å utnytte overskuddsvarmen fra datasenteret og hvilke synergieffekter som kan opptå innbyrdes mellom anleggene i næringsklyngen.

Kapittel 4 ser på datasenterets og den tilgrensende næringsklyngens betydning for innovasjon og næringsutvikling i Norge og regionalt i Rogaland.

2 KLIMA- OG MILJØVIRKNINGER AV ET DATASENTER PÅ KALBERG

Utbyggingen av datasentre er uløselig knyttet til digitaliseringen av samfunnet. Hvilken rolle spiller digitaliseringen i en bærekraftig omstilling og hvilke klima- og miljøvirkninger har et datasenter på Kalberg sammenlignet med alternative lokaliseringssteder?

2.1 Datasentre og bærekraftig utvikling

Digitale teknologier kan bidra til store utslippskutt i andre sektorer og datasentre leverer den nødvendige databehandlingskapasiteten på en energieffektiv måte.

Mange ser på digitale løsninger og teknologi som viktige bidragsyttere til en global, bærekraftig omstilling. Europakommisjonen peker på digital omstilling både som en viktig forutsetning for å nå EUs mål om klimanøytralitet innen 2050 og som et tiltak for å styrke Europas globale konkurranseevne. I sin begrunnelse for å øke målet for utslippskutt innen 2030 skriver Kommisjonen at: «Digitale teknologier vil spille en nøkkelrolle i å sikre at EU oppnår klimanøytralitet og styrker sin globale konkurranseevne. De digitale og grønne omstillingene må gjøres gjensidig styrkende [...]» og understreker at «[...] digitale teknologier, [...] kan bidra i betydelig grad til å redusere utslipp». ³

Kommisjonen peker videre på en rapport fra Exponential Roadmap som anslår at digitale teknologier kan bidra til å kutte globale utslipp med 15 prosent innen 2015. De skriver at «[...] den digitale teknologisektoren er sannsynligvis verdens mest kraftige påvirker når det gjelder å akselerere arbeidet med å stabilisere globale temperaturer godt under 2 grader [...]» og videre at digitale teknologier kan allerede bidra til å redusere globale karbonutslipp med opptil 15 prosent – eller en tredjedel av den 50-prosents reduksjonen som kreves innen 2030 – gjennom løsninger innen energi, vareproduksjon, landbruk og arealbruk, bygninger, tjenester, transport og trafikkhåndtering. ⁴

En sentral forutsetning for digitalisering og digital teknologi er tilgang på tilstrekkelig databehandlingskapasitet i form av servere. En samling av databehandlingskapasitet i spesialbygde datasentre som optimaliserer utnyttelse av kapasitet og kjøleanlegg, gjør det mulig å levere databehandling med et lavere energibehov enn distribuerte servere. ⁵ TechUK skriver at:

Distribuert databehandling er veldig ineffektivt, men også veldig utbredt. [...] Dette innebærer at de [servere] er spredd rundt på kontorer i skap, rom og kjellere som ikke er bygget for dette formålet og som gjerne trenger kraftige vifter for å holde databehandlingsutstyret kjøling. Betydelige energi- og økonomiske besparelser kan oppnås ved å samle denne aktiviteten i spesialiserte fasiliteter som er bygget for dette formålet. ⁶

Store datasentre er derfor en måte å levere den nødvendige databehandlingskapasiteten på som kreves for nye, digitale teknologier på en energieffektiv måte.

2.2 Forskjeller i indirekte utslipp knyttet til strømforbruket

Hvordan varierer klima- og miljøvirkningene mellom et datasenter lokalisert på Kalberg og et tilsvarende datasenter lagt til andre aktuelle lokaliseringer? For å svare på det må vi se på faktorer som varierer med hvor datasentrene er lokalisert. Virkninger som ikke varierer med lokaliseringsstedet, som for eksempel knytter seg til produksjon og transport av utstyr og byggematerialer, er derfor ikke nærmere beskrevet her.

Det er to sentrale kilder til lokaliseringsbaserte klima- og miljøeffekter knyttet datasenteretableringer:

³ EC (2020): [Stepping up Europe's 2030 climate ambition](#). Tekst oversatt fra engelsk av THEMA.

⁴ Tekst oversatt fra engelsk av THEMA. Kilde: [Exponential Roadmap 2019](#) og World Economic Forum (2019) - [Digital technology can cut global emissions by 15%. Here's how](#)

⁵ [United States Data Center Energy Usage Report](#) (2016) og GCN (2020) - [Data centers are more energy efficient than you think](#)

⁶ Tekst oversatt fra engelsk av THEMA. TechUK (2013): [Data Centres and Power: Fact or Fiction?](#)

- **Arealbruksendringer:** Innvirkning på både lokalt miljø gjennom arealbruksendringer vil variere mellom lokaliseringer. For eksempel vil utslippene knyttet arealbruksendringene være annerledes dersom man bygger i et skogområde enn dersom man bygger på et område som allerede er bebyggt. Lignende vil miljøvirkningene lokalt avhenge av det spesifikke økosystemet på den aktuelle lokaliseringen.
- **Klimagassutslipp relatert til strømforbruk:** Datasentre er kraftintensiv virksomhet og de indirekte utslippene knyttet til produksjon av den strømmen senteret bruker vil kunne være betydelig. Ulike områder bruker ulike kilder til kraftproduksjon, noe som gjør at de indirekte utslippene knyttet til kraftforbruk kan variere fra sted til sted.

Virkningene av arealbruksendringene relatert til datasenteret på Kalberg er beskrevet i en egen rapport.⁷ En diskusjon av forskjeller i miljøvirkninger knyttet til arealbruksendringer mellom Kalberg og mulige alternative lokasjoner i andre land er krevende så lenge det ikke finnes konkrete, alternative lokasjoner å sammenligne med. Fokus for dette kapittelet er derfor lagt på forskjellene i de indirekte klimagassutslippene knyttet til kraftforbruket i datasenteret og hvordan disse utslippene varierer mellom ulike lokaliseringer.

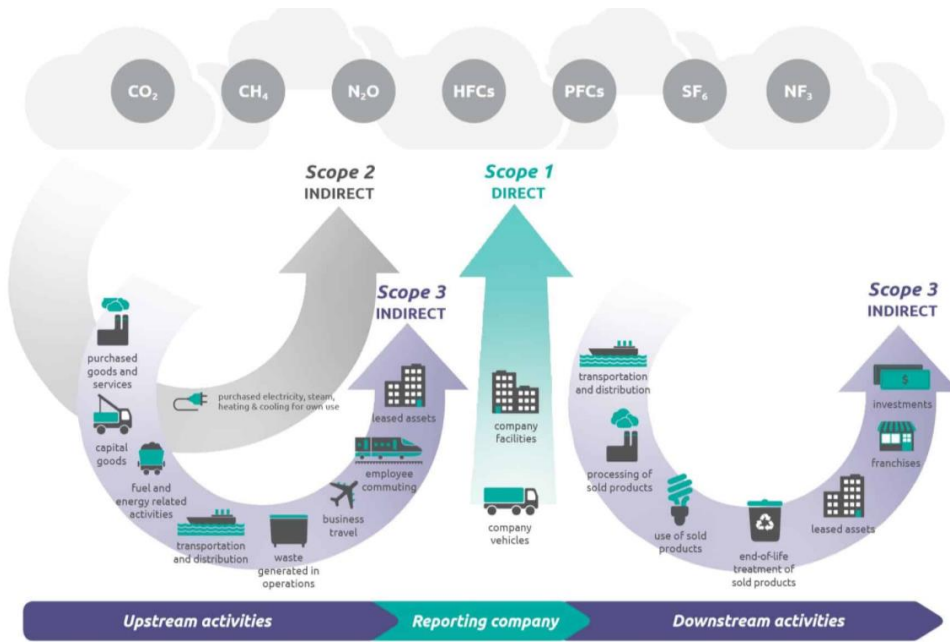
2.3 Fastsettelse av indirekte klimagassutslipp

I rapportering av klimagassutslipp er det vanlig å skille mellom tre utslippskategorier knyttet til en aktivitet eller et geografisk område:

- Scope 1: Utslipp som er direkte knyttet til den aktuelle aktiviteten
- Scope 2: Utslipp knyttet til kraft eller varme som forbrukes av aktiviteten, men som er produsert utenfor.
- Scope 3: Utslipp knyttet til aktivitetens oppstrøms eller nedstrøms verdikjede

Disse tre ulike avgrensningene er illustrert i Figur 1 under. Det skilles mellom de direkte utslippene av klimagasser som selskapet selv står for (scope 1), indirekte utslipp knyttet til kjøpt elektrisitet, varme eller kjøling (scope 2) og to ulike former for indirekte utslipp knyttet til selskapets verdikjede – oppstrøms og nedstrøms (scope 3).

⁷ Norconsult (2020): [KU-rapport for Kommuneplanens arealdel-Fase 2 Næringsområde og infrastruktur i området Kalberg/Frøyland/Kvernaland](#)

Figur 1: Illustrasjon av scope 1, 2 og 3 for et gitt selskap

Kilde: [GHG Protocol](#)

Vi vurderer her hvordan klimagassutslippene fra datasenteret på Kalberg varierer sammenlignet med et tilsvarende datasenter lokalisert et annet sted. Som en forenkling antar vi at utslipp knyttet til verdikjeden oppstrøms og nedstrøms og de direkte utslippene fra datasenteret er uendret mellom lokaliseringene.

Vi sammenligner med tilsvarende datasentre lokalisert i Danmark, Sverige, Nederland og Irland⁸. De indirekte klimautslippene er knyttet til energieffektiviteten i datasentre og hvor mye utslipp som kraftforbruket gir pr. kWh, altså utslippsintensiteten.

2.3.1 Kraftforbruk (energieffektivitet)

Datasentre er kraftintensiv virksomhet og står anslagsvis for omkring en prosent av det samlede globale kraftforbruket.⁹ Stor oppmerksomhet mot energieffektiviteten har derfor bidratt til stadig mer energieffektive datasentre.

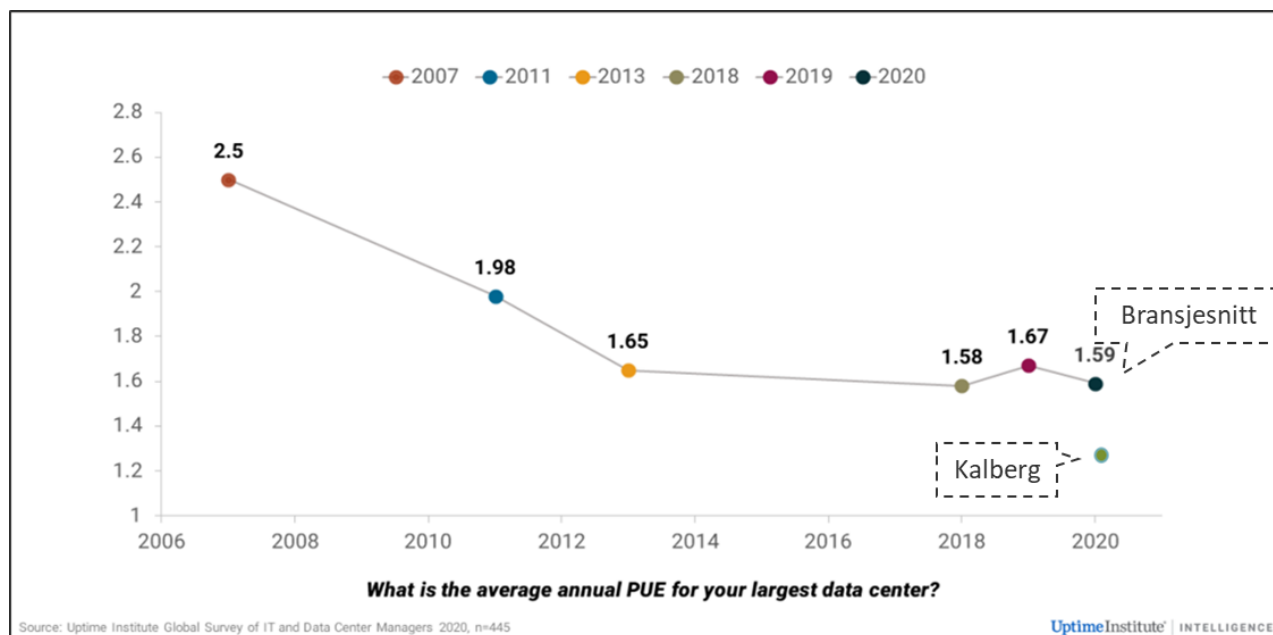
I datasenterbransjen brukes måltallet Power Usage Effectiveness (PUE) som et uttrykk for hvor energieffektivt et datasenter er. PUE er definert som datasenterets totale kraftforbruk delt på det kraftforbruket som serverne bruker. Det øvrige kraftforbruket består av energibehovet i alle andre systemer, hvorav kjøling er en svært viktig faktor. Størsteparten av kraften som brukes av serversystemene returneres som overskuddsvarme.

I henhold til en rapport fra Uptime Institute¹⁰ er det globale bransjesnittet for PUE for større datasentre på rundt 1,60 (se Figur 2). For nye hyperscale datasentre ligger PUE typisk på 1,1-1,4. For et datasenter lokalisert på Kalberg er PUE anslått å ligge på 1,15 - 1,20.

⁸ Landene er dels utvalgt basert på identifiserte konkurrenter til Norge som datasenterlokasjon i NFD (2018) – [Norge som datasenterlokasjon](#), og dels basert på innspill fra Green Mountain og Lyse.

⁹ Masanet et al. (2020) - [Recalibrating global data center energy-use estimates](#)

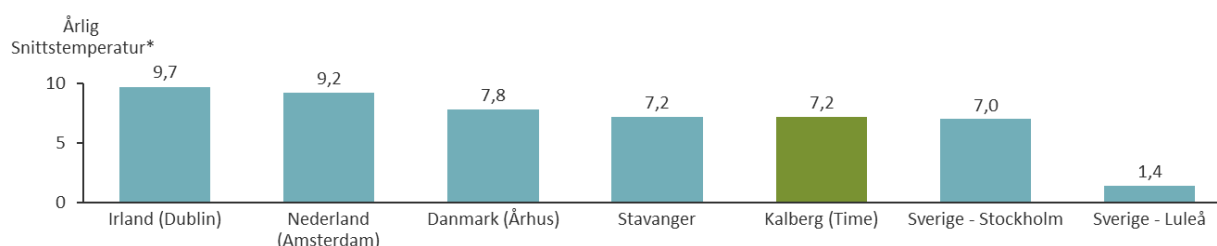
¹⁰ Uptime Institute (2020) – [Uptime Institute globale data center survey 2020](#)

Figur 2: Utvikling i bransjesnitt PUE over tid og forventet PUE for datasenteret på Kalberg.

Kilde: Uptime Institute (2020)

En rekke ulike faktorer spiller inn på PUE-nivået. Hvordan PUE vil variere mellom Kalberg og de alternative lokaliseringene bygger på tre sentrale elementer:

- **Teknologivalg:** Vi antar at teknologivalg- og løsninger er den samme på tvers av lokaliseringene.
- **Temperatur/klima:** Her kommer Kalberg like godt eller bedre ut enn de fleste andre lokaliseringer, men resultatet vil i stor grad variere med hvor i de ulike landene det er aktuelt å legge datasentre. Mens Amsterdam, Dublin og Århus har gjennomsnittstemperaturer på 8-10 grader celsius, er Stockholm på et lignende nivå som Kalberg og Nord-Sverige (Luleå) ligger godt under (se Figur 3).

Figur 3: Årlig snitttemperatur for ulike lokasjoner

Kilde: Climate-Data.org

- **Tilgang på naturlig kjøling:** Det vil trolig være mulig å hente sjøvann som kan brukes til å dekke deler av kjølebehovet for et datasenter på Kalberg. Det er ikke gitt at lignende muligheter vil være tilgjengelige på steder som oppfyller alle andre nødvendige forutsetninger for etablering av et datasenter.

Det er anslått at bruk av kjøling med vann fra fjorden i stedet for luft-til-luft-kjøling, vil kunne redusere PUE for Kalberg-anlegget fra 1,20 til 1,15.¹¹ Dersom vi antar at det kan forsynes

¹¹ Anslag fra Green Mountain.

sjøvann som tilsvarer en tredjedel av kjølebehovet, vil det kunne gi en årlig kraftbesparelse på i underkant av 5 GWh årlig.¹²

2.3.2 Utslippsintensitet

Den andre sentrale faktoren for datasenters scope 2-utslipp er kraftforbrukets utslippsintensitet, dvs. utslipp pr. kWh kraftforbruk. Nasjonale og europeiske klimarammeverk har i dag hovedfokus på direkte utslipp (scope 1)¹³, men det finnes samtidig en rekke ulike metoder som brukes av virksomheter og grupper for å rapportere på scope 2-utslipp. Vi oppsummerer og diskuterer de fire mest aktuelle metodene under og vurderer hvordan scope 2-utslipp vil kunne variere mellom Kalberg og alternative lokasjoner for hver av dem:

- Markedsbasert metode
- Addisjonalitet
- Lokaliseringsbasert metode
- Marginalvirkning

Markedsbasert metode

Den markedsbaserte metoden for fastsettelse av scope 2-utslipp er en av to metoder som omtales av GHG-protokollen. De skriver at:

«En markedsbasert metode reflekterer utslipp fra elektrisitet som selskaper har valgt med hensikt (eller ikke har noe valg knyttet til). Den benytter utslippsfaktorer fra kontraktuelle instrumenter, inkludert enhver form for kontrakt mellom to parter for salg og kjøp av energi sammenslått med attributter knyttet til energiproduksjonen, [...]»¹⁴

Det finnes ulike markedsmekanismer som kan kvalifisere for å dokumentere scope 2-utslipp i henhold til markedsbasert metode. De omfatter både generelle sertifiseringsordninger (f.eks. REC-er¹⁵ eller opprinnelsesgarantier¹⁶) og avtaler for direkte kjøp som kan kvalifisere som dokumentasjonsunderlag.

EUs system for opprinnelsesgarantier er den mest utbredte metoden i Europa. Under ordningen kan en kraftforbruker i EU kjøpe opprinnelsesgarantier tilsvarende eget kraftforbruk og benytte garantiene til å dokumentere markedsbaserte scope 2-utslipp iht. GHG-protokollen.

Opprinnelsesgarantiordningen kan benyttes av datasenteret uavhengig av om det er lokalisert på Kalberg eller på noen av de andre stedene. Legges denne metoden til grunn for dokumentasjon av de indirekte utslippene, vil det ikke være noen forskjell mellom Kalberg og øvrige lokaliseringsteder. Eventuelle forskjeller i scope 2-utslipp med denne metoden vil kun reflektere forskjeller i eiernes kjøp av opprinnelsesgarantier og ikke ulikheter i kraftforbrukets fysiske karbonintensitet.

Addisjonalitetsprinsipp

Enkelte aktører benytter ulike former for krav om addisjonalitet for å dokumentere at strømmen de bruker kan knyttes til fornybare kilder. Et slikt krav oppfylles gjerne i kombinasjon med en markedsbasert metode, der forbrukeres kjøper f.eks. opprinnelsesgarantier fra et gitt fornybart kraftprosjekt. Tilleggskravet om addisjonalitet vil typisk gå ut på at man ikke bare kjøper

¹² Antatt at et datasenter med PUE på 1,2 har en kapasitet på 40 MW og et årsforbruk av kraft på 350 GWh. Ved å gå fra en PUE på 1,2 til 1,15 reduseres det årlige strømforbruket med 14,6 GWh. Antar vi at en slik effektivitetsøkning kun kan oppnås for 1/3 av forbruket, blir besparelsen på ca. 5 GWh årlig.

¹³ Dette gjelder blant annet de sentrale virkemidlene for utslippsreduksjoner i EU: Kvotemarkedet EU ETS, mål for utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor (ESD/ESR) og utslipp relatert til arealbruk og arealbruksendringer (LULUCF).

¹⁴ Oversatt fra engelsk av THEMA. World Resource Institute - [GHG Protocol Scope 2 Guidance](#)

¹⁵ EPA (2020) – [Renewable energy certificates](#)

¹⁶ ECoHZ – [Om opprinnelsesgarantiordningen](#)

opprinnelsesgarantier knyttet til eksisterende fornybar kraftproduksjon, men sikrer at det utløses ny fornybar kraftproduksjon.¹⁷

Det foreligger ikke noen fastlagt metode for hvordan et addisjonalitetsprinsipp skal benyttes i praksis, og man kan tenke seg ulike varianter avhengig av f.eks.:

- Hvilke krav som stilles til geografisk nærhet eller nettilknytning mellom den fornybare energikilden og forbrukspunktet.
- Hvilke krav man stiller til dokumentasjon knyttet til at et prosjekt ikke ville blitt realisert uten den ekstra støtten som opprinnelsesgarantien gir.

Det er krevende å fastslå om forskjellig lokalisering ville ha gitt ulike krav til for dokumentasjon av scope 2-utslipp. Det virker likevel nærliggende å tro at å etablere et datasenter i de fem ulike landene vi ser på i dette prosjektet, ikke vil påvirke de indirekte utslippene dersom et krav til addisjonalitet legges til grunn.

Vi legger til grunn i vår analyse at ingen av referansealternativene bygger ut ny fornybar kraftproduksjon som en del av investeringen. Det vil heller ikke vil være noen forskjell mellom dem dersom et addisjonalitetsprinsipp legges til grunn.

Marginalbetraktning

Med en marginalbetraktning forsøker man å anslå hvordan utslippene i et kraftsystem påvirkes av at forbruket øker på et gitt sted i systemet. I dette tilfellet er spørsmålet hvordan klimagassutslippene i det europeiske kraftsystemet påvirkes av at et økt forbruk (datasenteret) legges på Kalberg vs. de andre aktuelle lokaliseringsstedene.

Det er svært krevende å beregne/anslå de marginale virkningene i kraftsystemet av at forbruket øker i et gitt område. Et økt forbruk vil ha en prisseffekt som i sin tur vil ha kort- og langsiktige virkninger på både produksjon og forbruk. EUs klimakvotesystem gjør også at økte utslipp i form av økt kullkraftproduksjon i f.eks. Irland, må motsvares av kutt i en annen del av kvotesystemet. Det skyldes at kvoteprisen øker med økende kullkraftproduksjon slik at marginalt utslipp i andre deler av systemet presses ut av kvotemarkedet.

Selv om det er krevende å sette tall på hvordan klimagassutslippene i EU påvirkes av et økt forbruk i Rogaland vs. referansealternativene, er det mulig å si noe prinsipielt om hvilken retning de vil virke. I slike beregninger vil flaskehalser i nettet gjøre at marginalvirkningen påvirkes av kapasitetsmiksen innenfor det nettområdet der forbruksøkningen finner sted. Det vil gi mindre utslipp for forbruksøkninger i områder med mye fleksibel fornybar kraftproduksjon med en produksjonsprofil som korresponderer med forbruksprofilen. Det gjør det gunstig å legge nytt forbruk i områder med mye regulerbar vannkraft slik tilfellet er i Norge.

En forbruksøkning på Kalberg vil derfor gi lavere utslipp/lavere kostnad for utslippskutt enn de alternative lokaliseringene (j.fr. diskusjonene knyttet til kraftmiks i de ulike landene i avsnitt om lokasjonsbasert metode). Eller sagt på en annen måte, en kraftforbruksøkning på Kalberg vil gi en mindre økning i kvoteprisene enn en tilsvarende økning på de andre lokaliseringsstedene og dermed bidra til at de langsiktige klimamålene kan nås til en lavere kostnad.

Lokaliseringsbasert metode

Lokaliseringsbasert metode er i henhold til GHG-protokollen basert på følgende: «Utslippsfaktorer som representerer de gjennomsnittlige utslippene fra energiproduksjon som finner sted innenfor er definert geografisk område og en definert tidsperiode.»¹⁸. I henhold til denne metoden beregnes

¹⁷ WRI (2018) - [As Apple, Google and Others Promote Renewable Power, What Is the Best Way to Evaluate Corporate Energy Leadership?](#)

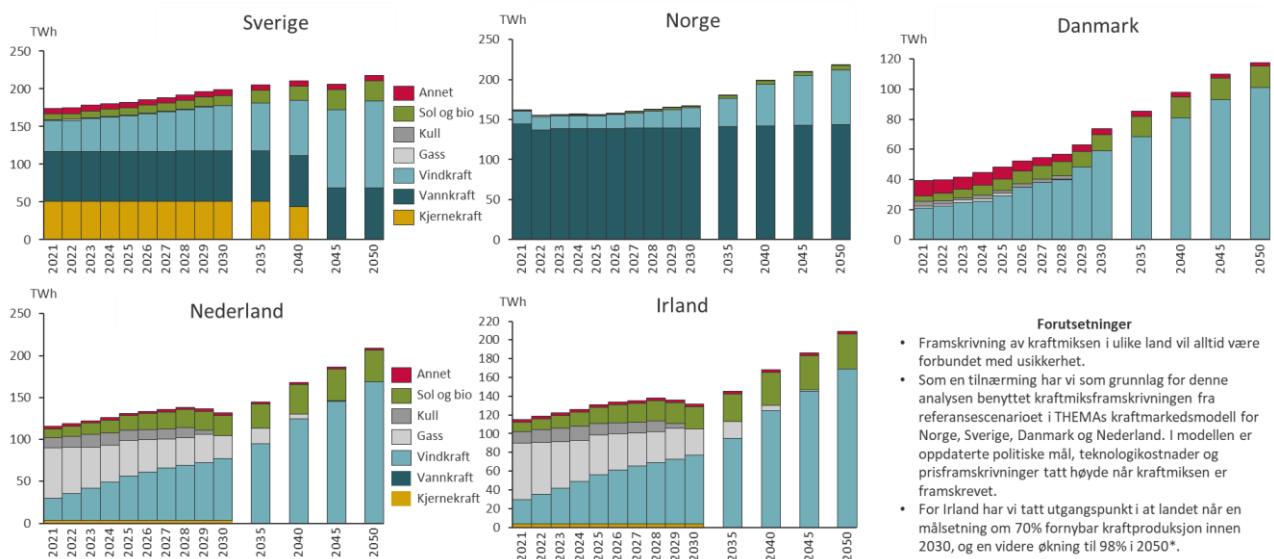
¹⁸ WRI - [GHG Protocol Scope 2 Guidance](#)

altså indirekte utslipp ved å se på den gjennomsnittlige utslippsintensiteten for kraftproduksjon som finner sted innenfor et gitt geografisk område.

Flere forskjellige geografiske avgrensninger kan tenkes. Man bør ta høyde for nettmessige avgrensninger og om mulig også ta høyde for import og eksport av strøm inn og ut av det aktuelle området. Hvilke geografiske områder det finnes gode data tilgjengelig for, vil ofte være utslagsgivende.

For å sammenligne datasenteret på Kalberg med de fire andre aktuelle lokaliseringsstedene må vi vurdere hvordan kraftmiksen i hvert av de aktuelle kraftsystemene er ventet å utvikle seg over tid. Figur 4 viser en antatt framskrivning av kraftmiksen i Norge, Sverige, Danmark, Nederland og Irland mot 2050.

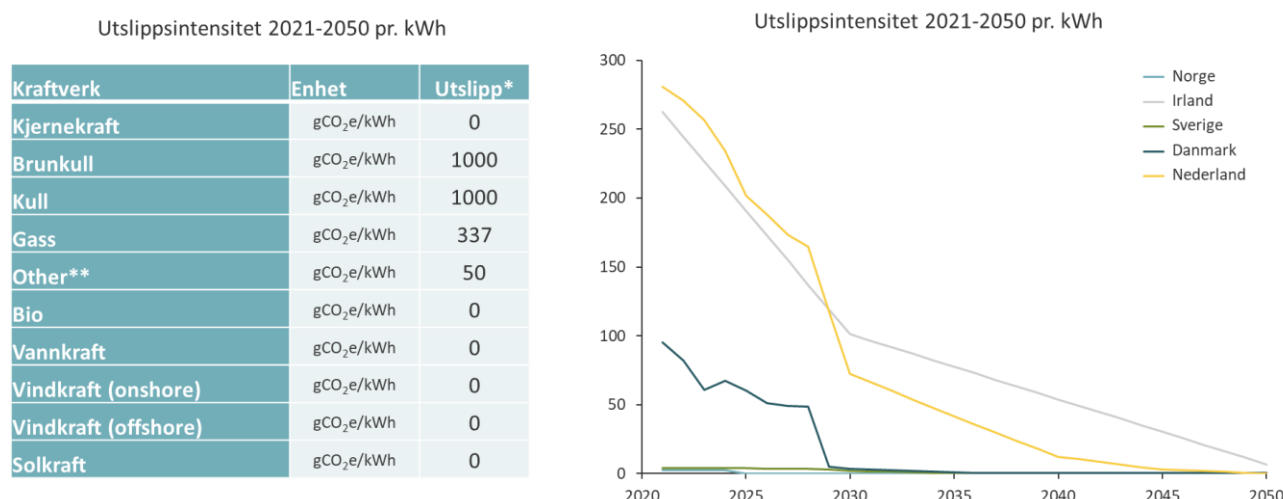
Figur 4: Antatt kraftmiks pr. land fremskrevet til 2050¹⁹



Kilder: THEMA prisprognose, NECP for Irland, egne antagelser.

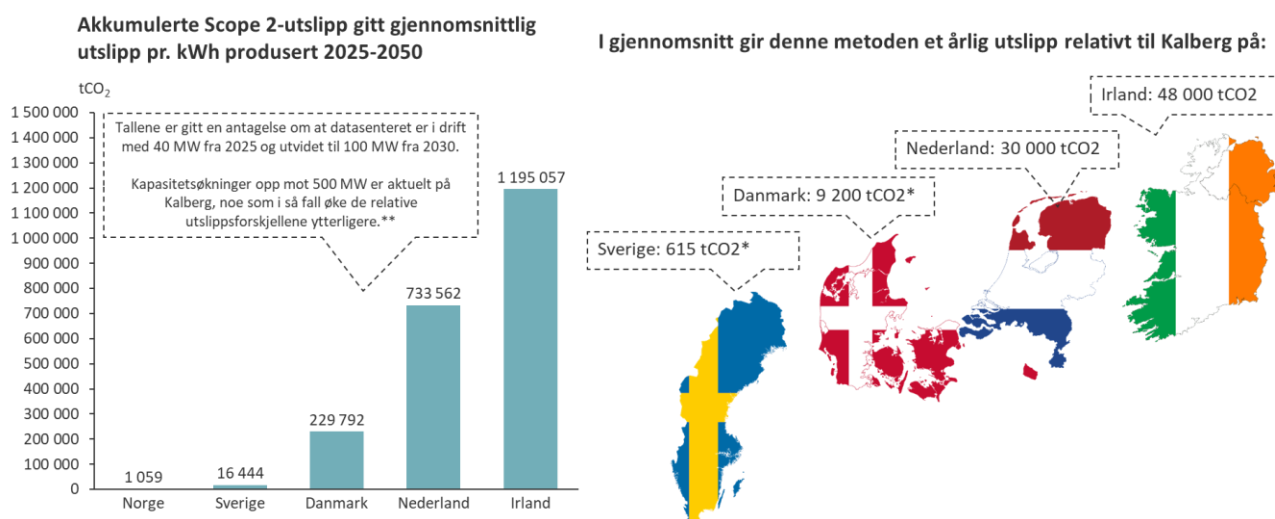
Disse dataene er kombinert med antagelser knyttet til utslippsintensitet pr. kraftproduksjonsteknologi. En oversikt over antatt utslippsintensitet pr. teknologi og de resulterende gjennomsnittlige utslippsintensiteten pr. land fra 2021-2050 kan sees i Figur 5 under. Den viser at utslippsintensiteten varierer mye mellom landene. Mens Norge og Sverige har en marginal utslippsintensitet grunnet en stor fornybar- og kjernekraftandel, har særlig Nederland og Irland, som har store innslag av fossil energi i kraftsektoren i dag, et gjennomsnittlig utslipp på over 200 gCO₂/kWh godt ut på 2020-tallet. Over tid faller den relative forskjellen, ettersom fossil kraftproduksjon fases ut og erstattes av fornybar energi også i Irland, Nederland og Danmark.

¹⁹ Kraftmiksframskrivningen for Norge, Sverige, Nederland og Danmark er basert på referansescenariot i THEMA's kraftprisprognoser mot 2050. For Irland er det tatt utgangspunkt i dagens kraftmiks, landets målsetning om 70% fornybar kraftmiks innen 2030 som er omtalt i Irlands offisielle NECP, samt en antagelse om at utslippene går mot null i 2050.

Figur 5: Utslippsintensitet pr. teknologi og pr. kWh for hvert land mot 2050.²⁰

Kilder: NVE (2020) og egne antagelser.

Med et årlig strømforbruk på 350 GWh (40 MW) fra 2025 som utvides videre til 875 GWh (100 MW) fra 2030, og gitt utslippsintensitetene som beskrevet over fremkommer store forskjeller i utslipp. Figur 6 viser de akkumulerte, indirekte utslippene for datasenteret lokalisert i de ulike landene (høyre) og de økte gjennomsnittlige årlige utslippene pr. land relativt til lokalisering på Kalberg over den samme perioden (venstre).

Figur 6: Akkumulerte indirekte utslipp pr. land med lokaliseringsbasert metode og gjennomsnittlige økte utslipp pr. år pr. land for perioden 2025-2050.

Vi ser at de indirekte utslippene knyttet til kraftforbruket i et datasenter lokalisert i Irland har nær 50 000 tCO₂ høyere utslipp pr. år i snitt over perioden enn et tilsvarende datasenter på Kalberg. For Nederland, Danmark og Sverige er det samme tallet 30 000 tCO₂, 9 200 tCO₂ og 615 tCO₂.

Dersom kapasiteten på datasenteret økes ytterligere, vil også forskjellene i utslipp øke ved bruk av den lokaliseringsbaserte metoden. Dersom vi legger til grunn at 100 MW datasenterkapasiteten er

²⁰ Basert på tall fra [NVE \(2020\) – Hvor kommer strømmen fra?](#) **Det knytter seg usikkerhet til utslippsintensiteten knyttet til kategorien «other». Det er særlig i Sverige at denne utgjør en viktig andel av kraftmiksen. Det inngår trolig en del forbrenning av material av biologisk opphav i denne kategorien og vi har derfor, som et konservativt anslag, satt utslippsintensiteten til en sjettedel av NVEs anslag for «andre fossile brenslere». Denne utslippsintensiteten reduseres ytterligere til 10 gCO₂e/kWh fra 2035 gitt antagelse om at det fossile innholdet faller over tid.

operasjonelt i 2025 og 500 MW fra 2032, vil de indirekte utslippene knyttet til en datasenterlokalisering på Kalberg for de fire referanselandene Sverige, Danmark, Nederland og Irland være henholdsvis 2 000 tCO₂, 23 000 tCO₂, 97 000 tCO₂ og 240 000 tCO₂ i snitt pr. år 2025-2050.

2.3.3 Oppsummering

Datasenteret på Kalberg er ventet å oppnå en PUE på 1,15-1,20, noe som gjør at det er langt mer energieffektivt enn det globale bransjesnittet på rundt 1,60. En lavere gjennomsnittstemperatur enn de fleste alternative lokasjonene og muligheten til å bruke naturlig kjøling med vann fra fjorden bedrer forutsetningene for å etablere et energieffektivt datasenter.

Sammenligner vi de fire ulike metodene for å anslå utslippsintensiteten pr. kWh knytte til datasenterets forbruk av kraft, ser vi at Kalberg kommer bedre eller like godt ut som de øvrige lokasjonene på tvers av alle metoder. Kalberg kommer særlig godt ut dersom man legger til grunn en lokaliseringsbasert metode, takket være den nær 100 prosent fornybare norske kraftmiksen.

3 SYNERGIER VED Å SAMLOKALISERE NY NÆRINGSVIRKSOMHET MED DATASENTERET

Kan en oppnå høyere klima- og miljøeffektene ved å samlokalisere ny næringsvirksomhet med datasenteret? Det vil vi undersøke i dette kapitlet. De nye virksomhetene inkluderer et biogassanlegg, et landbasert oppdrettsanlegg og et veksthus. Vi analyserer både effektene ved å lokalisere hver enkelt virksomhet i nærheten av datasenteret slik at overskuddsvarmen kan utnyttes, og tilleggseffektene som oppstår mellom de ulike virksomhetene i næringsklyngen.

3.1 Klima- og miljøeffekter som vi har sett på

For både biogassanlegget, oppdrettsanlegget og veksthuset definerer vi følgende klima- og miljøeffekter:

1. Effekter av å benytte overskuddsvarme fra datasenteret
2. Effekter knyttet til lokaliseringen på Kalberg
3. Synergieffekter knyttet til samspillet innad i næringsklyngen

For å kvantifisere klima- og miljøeffektene knyttet til oppdrettsanlegget og veksthuset sammenliknes anleggene på Kalberg med to ulike referansealternativ; et tradisjonelt og et moderne. Det første referansealternativet representerer standarden i dagens marked, med tanke på lokalisering og teknologivalg. Det andre alternativet representerer en mulig fremtidig standard i markedene, representert gjennom moderne teknologivalg, og endret mulighetsrom for lokalisering. Anleggene på Kalberg vil ha tilsvarende teknologi som de moderne referansealternativene. Ved å velge moderne løsninger for anleggene på Kalberg, vil næringsklyngen i større grad bidra til innovasjon og teknologiutvikling

Biogassanlegget sammenliknes ikke med noen referansealternativ, kun effekten av samlokalisering med datasenteret og synergieffekter innad i næringsklyngen.

Der hvor det er mulig å kvantifisere, tallfestes klimaeffektene i form av CO₂-ekvivalenter pr. år. Vi har lagt til grunn et årlig gjennomsnitt for CO₂-utslipp fra strøm produsert i Norge mellom 2025-2050 basert på en anslått utslippsintensitet og en framskrevet norsk kraftmiks mot 2050²¹.

3.2 Biogass

Biogassanlegget i næringsklyngen på Kalberg er tenkt å utnytte husdyrgjødsel fra det omliggende landbruket på Jæren, fiske slam og fiskeensilasje fra fiskeoppdrettsanlegget og avfall fra veksthuset i næringsklyngen. Dimensjoneringen av anlegget er beregnet til å produsere 49,4 GWh biogass årlig. I analysen sammenlignes ikke biogassanlegget med noen referansealternativ, kun effekten av samlokalisering med datasenteret og synergieffekter innad i næringsklyngen. Klimanytten av biogassproduksjonen er estimert til å være lik 14 069 tonn CO₂ redusert utslipp pr. år.

I biogassproduksjon kreves det varme i oppvarmingen av råtnetankene hvor biogassen produseres. Avhengig av ulike prosesser og teknologivalg er det behov for en temperatur på enten 37 grader for en mesofil prosess, eller 55 grader for en termofil prosess. For biogassanlegget er effekten av å benytte overskuddsvarme fra datasenteret direkte tilknyttet til å utnytte den tilgjengelige varmen i de interne prosessene. Alternativet til dette er å bruke en andel av den produserte biogassen til interne formål, og således «spise av lasset» fra biogassproduksjonen. Et konservativt anslag på hvor stor andel av den produserte biogassen som går til interne formål i form av energibehovet til oppvarming er på fem prosent. Ut ifra dette vil besparelsen av biogassproduksjon ved å ha tilgang på overskuddsvarme være på 2,475 GWh. 703 tonn CO₂ av den totale klimanytten kan tilskrives tilgangen på overskuddsvarme.

²¹ Se beskrivelse av forutsetninger i beskrivelse av lokasjonsbasert metode i kapittelet om datasenteret for flere detaljer

Videre er effekten knyttet til lokalisering på Kalberg i stor grad knyttet til tilgangen på råstoff til biogassproduksjon i form av husdyrgjødsel fra det omliggende landbruket på Jæren. I tillegg til dette vil plasseringen gjøre det mulig å distribuere den produserte biogassen ut til forbrukerne via gassnettet i Rogaland, hvor det kan erstatte en andel av naturgassen som brukes i dag.

Når det kommer til synergieffekter knyttet til samspillet innad i næringsklyngen vil biogassanlegget bidra på hovedsakelig to måter. For det første vil nærhet til et biogassanlegg gjøre at veksthuset og fiskeoppdrettsanlegget enklere kan bli kvitt avfallet fra sin produksjon. Nærhet til biogassanlegget vil gjøre at de ikke har behov for å etablere alternative måter å håndtere avfallet sitt på. For det andre kan restproduktet CO₂ fra biogassproduksjonen brukes i veksthuset noe som fjerner behovet for å kjøpe CO₂ fra andre kilder.

3.2.1 God tilgang på substrat

Fiskeoppdrett i næringsklyngen gir tilgang på fiskeslam fra selve fiskeoppdrettsanlegget og fiskeensilasje fra settefiskanlegget. Ut ifra dimensjoneringen på disse anleggene er det estimert en tilgang på 10 097 tonn fiskeslam og 1 325 tonn fiskeensilasje som kan brukes til biogassproduksjonen. Veksthuset vil i tillegg ha 400 tonn avfall som kan benyttes i biogassproduksjonen.

NORCE (2019) har vurdert at biogassproduksjon av husdyrgjødsel fra storfe og gris kan være en bærekraftig strategi for gjødselshåndtering for landbruket på Jæren. De estimerer gjødselmengden fra gårdene i kommunene Hå, Time og Klepp til å ha et teoretisk biogasspotensial på 114 GWh. Etter separering av våt- og tørrfraksjonen, vil tørrfraksjonen på anslagsvis 120 000 tonn kunne produsere et realistisk utbytte på omtrent 50 GWh biogass. Å bruke noe av husdyrgjødselen til biogassproduksjon kan i tillegg bidra til å begrense mengden fosfor i jorda i regionen. Det forutsetter at fosforet tas ut av bioresten før det kan brukes som gjødsel.

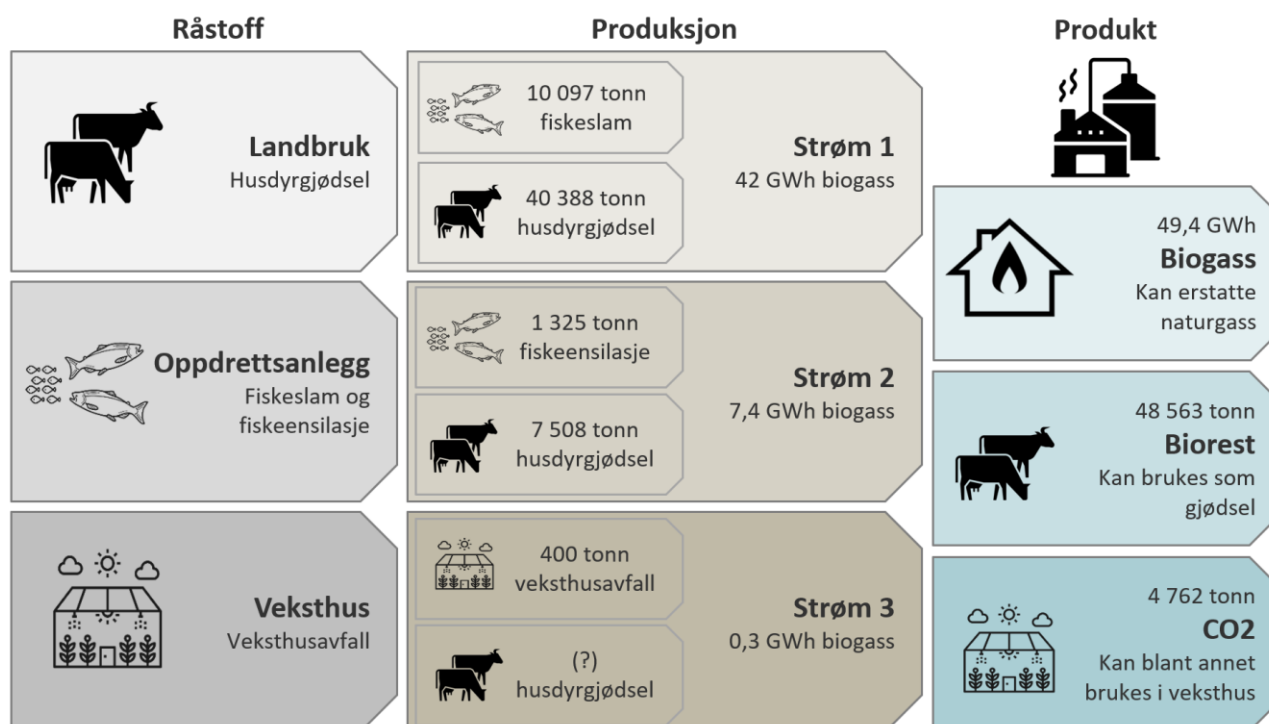
3.2.2 Tre separate produksjonsstrømmer

Når det kommer til utformingen av biogassanlegget i næringsklyngen, har vi gjort få antakelser rundt de ulike designelementene. Det antas et moderne biogassanlegg som er bygget i tilknytning til et oppgraderingsanlegg for biogassen. Det antas som forsvarlig å inkludere et oppgraderingsanlegg i et biogassanlegg av denne størrelsen (Carbon Limits, 2019). Oppgraderingsanlegget vil øke kvaliteten på biogassen fra å ha et metaninnhold på 60-70 prosent til i overkant av 90 prosent. Oppgradert biogass til drivstoffkvalitet (biometan) vil ha et metaninnhold på minst 97 prosent (Miljødirektoratet, 2020). Videre er det på bakgrunn av tilgangen på råstoff innad i næringsklyngen og fra landbruket på Jæren skissert biogassproduksjon i tre ulike produksjonsstrømmer.

I den første strømmen benyttes fiskeslammet fra oppdrettsanlegget, som kombineres med husdyrgjødsel. Det blandingsforholdet mellom fiskeslam og husdyrgjødsel som gir optimal biogassproduksjon er 80 prosent biogass og 20 prosent fiskeslam. Dette vil gi en dobling i produksjonen av metan (NIBIO, 2016). Tilgangen på fiskeslam fra biogassanlegget er 10 097 tonn fiskeslam. Fiskeslamtilgangen tilsier at strømmen krever 40 388 tonn husdyrgjødsel. Råstoffene er estimert til å gi 21 GWh produsert biogass, som gir en total produksjon fra strømmen på 42 GWh, gitt doblingen.

Den andre strømmen benytter fiskeensilasjen fra oppdrettsanlegget. Det optimale blandingsforholdet mellom fiskeensilasje og husdyrgjødsel for biogassproduksjon er 85 prosent husdyrgjødsel og 15 prosent fiskeensilasje. Tilgangen på fiskeensilasje er 1 325 tonn, som tilsier at behov for 7 508 tonn husdyrgjødsel i denne strømmen. Råstoffene er estimert til å gi 3,7 GWh produsert biogass, som gir en total produksjon fra strømmen på 7,4 GWh, gitt doblingen.

De to første strømmene er i stor grad hovedstrømmene i biogassanlegget. Den tredje strømmen er skissert som en reststrøm for å utnytte det energipotensialet som finnes i avfallet fra veksthuset. Et tilgjengelig veksthusavfall på 400 tonn har et energipotensiale på 0,296 GWh (Carbon Limits, 2019). I den tredje strømmen vil det i tillegg være mulighet for å blande inn husdyrgjødsel. Effektene av å blande inne husdyrgjødsel er ikke vurdert. Tilgangen på husdyrgjødsel på Jæren anses som tilstrekkelig for å dekke behovet i alle tre strømmene. De tre strømmene er oppsummert i Figur 7.

Figur 7: Oversikt over innsatsfaktorene, produksjonsstrømmene og produktene fra biogassanlegget

3.2.3 Biogassproduksjonen gir både biogass og nyttige restprodukt

Biogassanlegget kan produsere totalt 49,4 GWh biogass, som er summen fra de tre skisserte produksjonsstrømmene. I tillegg kommer bioresten og CO₂. Å skille ut CO₂ krever at det bygges et oppgraderingsanlegg.

Bioresten vil være differansen mellom mengden råstoff som går inn i prosessen og mengden biogass som tas ut. I biogassanlegget som er tenkt for næringsklyngen tilsvarer total mengde råstoff 59 313 tonn. Vi har beregnet at det etter biogassproduksjonen vil være igjen 48 563 tonn biorest. Ved å bruke denne bioresten som gjødsel i landbruket vil behovet for mineralgjødsel falle. Denne positive effekten er ikke tatt med i klimaregnskapet for næringsklyngen.

Den CO₂-gassen som skilles ut ved oppgradering av biogassen kan brukes i andre prosesser. Vi har beregnet at 49,4 GWh biogass, som er det beregnede produksjonsvolumet, gir 4 762 tonn CO₂. I næringsklyngen er det tenkt at en andel av denne CO₂-gassen kan brukes i veksthuset.

3.2.4 Biogassanlegget bidrar til en viktig del av klimanytten i næringsklyngen

Klimanytten av biogassproduksjonen beregnes med utgangspunkt i tall fra Carbon Limits (2019), etter retningslinjene fra EUs fornybardirektiv (RED II). Som utgangspunkt inkluderes utslipp av hele verdikjeden, fra avfallsgenerering til og med forbrenning av biometan. Substitusjonseffekten ved at biogass erstatter fossile alternativer blir dermed hensyntatt i beregningene som er omtalt nedenfor. Utslippseffekten av biogassen avhenger av hva hvilket fossilt alternativ den erstatter. For de aktuelle råstoffene kunne biogassanlegget på Kalberg erstatte diesel med et utslipp på 338 gCO₂/kWh.²² Ettersom den produserte biogassen fra vårt anlegg er tenkt å erstatte naturgass i distribusjonsnettet i Rogaland, har vi beregnet klimanytten av at det er naturgass som erstattes. Naturgass har et lavere utslipp enn diesel, med 202 gCO₂/kWh,²³ og klimanytten er derfor nedskalert etter dette.

²² 94,00 gCO₂/MJ, med en omregningsfaktor på 3,6 MJ/kWh.

²³ 56,23 gCO₂/MJ, med en omregningsfaktor på 3,6 MJ/kWh.

Tallene for klimanytten for de ulike råstoffene er i utgangspunktet oppgitt som et spenn fra høyt til lavt, avhengig av teknologivalg som har betydning for kvaliteten i produksjonen. Spesielt for husdyrgjødsel gir dette store utslag på klimanytten. Som følge av at vi antar at det bygges et moderne anlegg i næringsklyngen, benytter vi et punktestimat som tilsier høy kvalitet i produksjon. I beregningen tilskrives hvert av råstoffene sin klimanytte, uavhengig av hvilken av de tre strømmene de brukes i. For avfallet fra veksthuset mangler vi tall for klimanytten. Vi har derfor brukt gjennomsnittsverdien for biogass produsert av matavfall og grønnsaker.

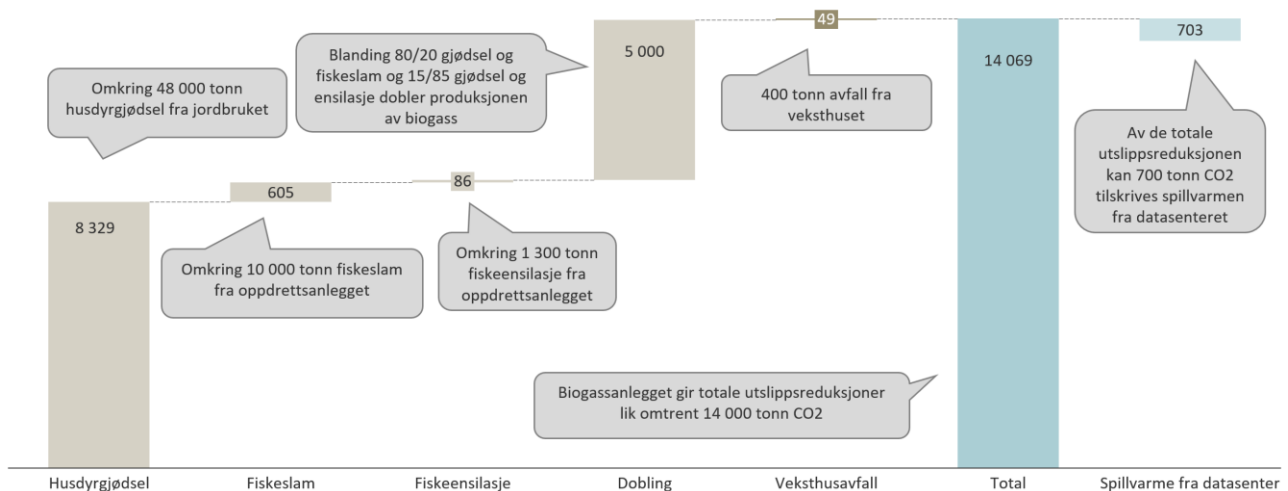
Kombinasjonen av husdyrgjødsel og fiskeavfall gir, som nevnt, en dobling av biogassproduksjonen. Denne doblingen tilskrives ingen av råstoffene, og vil derfor utelukkende ha en klimanytte ved at den erstatter naturgassen. Doblingen tilskrives 21 GWh og 3,7 GWh av produksjonen i henholdsvis første og andre strøm. Dette gir en klimanytte lik 5 000 tonn CO₂ reduserte utslipp. Den andre halvdel av produksjoner (før doblingen), tilskrives hvert av råstoffene.

Husdyrgjødselen brukes i første og andre strøm, der det tilskrives henholdsvis 80 prosent og 85 prosent av halve produksjonen i hver strøm. Dette gir en total klimanytte lik 8 329 tonn CO₂ reduserte utslipp.

Fiskeavfallet brukes i første og andre strøm, med fiskeslammet i første og fiskeensilasjen i andre. Energipotensialet i fiskeavfallet er ikke hensyntatt, og vi behandler dette som det har likt energipotensiale som husdyrgjødselen. Fiskeslammet tilskrives 20 prosent av halve produksjonen i første strøm, som gir en klimanytte lik 605 tonn CO₂ reduserte utslipp. Fiskeensilasjen tilskrives 15 prosent av halve produksjonen i andre strøm, som gir en klimanytte lik 86 tonn CO₂ reduserte utslipp.

Den tredje strømmen består av avfall fra veksthuset. Produksjonen av 0,3 GWh biogass fra dette har en klimanytte lik 49 tonn CO₂ reduserte utslipp. Figur 8 oppsummerer klimanytten fra biogassanlegget.

Figur 8: Oversikt over klimanytten fra biogassanlegget



3.3 Landbasert oppdrett

Analysen knyttet til oppdrettsanlegget er gjennomført ved å sammenlikne anlegget på Kalberg med to referansealternativer; et tradisjonelt og et moderne. Anlegget på Kalberg tilskrives gevinster knyttet til bruk av overskudsvarme fra datasenteret og i tillegg synergieffekter som oppstår innad i næringsklyngen.

3.3.1 Oppdrettsanlegget på Kalberg og det moderne referansealternativet benytter RAS-teknologi, mens det tradisjonelle referansealternativet defineres som et åpent, havbasert anlegg

Vårt anlegg på Kalberg defineres som et RAS²⁴-anlegg hvor vannet resirkuleres. RAS-teknologien er valgt på bakgrunn av lokaliseringen på Kalberg, og at alternative teknologier vil ha et betydelig høyere vannforbruk. Energileveransen til RAS-anlegg består typisk av elektrisitet. Det legges til grunn at oppdrettsanlegget på Kalberg vil bestå av både et matfiskanlegg og et settefiskanlegg, slik at man unngår transport av settefisk på vei. Det antas at oppdrettsanlegget på Kalberg kan erstatte sitt direkte oppvarmingsbehov med overskuddsvarme fra datasenteret. Det er her tatt utgangspunkt i laks, da det er eneste oppdrettsart vi har funnet referanseverdier for. Andre typer oppdrettsanlegg kan også være aktuelle på Kalberg.

Figur 9 gir en beskrivelse av matfiskanlegget på Kalberg og to referansealternativ. Alle anleggene er dimensjonert med en produksjon på 10 000 tonn laks i året. Anlegget på Kalberg og det moderne referansealternativet benytter begge RAS-teknologi, mens det tradisjonelle referansealternativet er et åpent, havbasert anlegg. Energiforbruket vil generelt ligge mye høyere for RAS-anlegg enn for åpne, havbaserte anlegg. RAS-anleggene vil ha et energiforbruk på rundt 60 GWh per år, mens det havbaserte anlegget behøver energi i størrelsesorden 1-2 GWh (NTNU, SINTEF, SNF, 2018). Årsaken til den store forskjellen i energibruk er at RAS-anlegg har behov for svært mye energi for å sirkulere og behandle vann inne på anleggene. Vann sirkulerer gjennom store pumpesystem og behandlingsanlegg. Systemet knyttet til pumping og behandling av vann avgir også store mengder indirekte varme og er en viktig årsak til at RAS-anlegg har behov for mye kjøling. Åpne, havbaserte oppdrettsanlegg (tradisjonelle anlegg) har naturlig sirkulering av sjøvann og benytter ikke rensesystemer for sjøvannet.

Oppdrettsnæringen er godt i gang med en rask og storstilt elektrifisering og det antas derfor at det tradisjonelle, havbaserte anlegget er elektrifisert. Havbaserte anlegg benytter ikke energi til direkte oppvarming. RAS-anlegg har derimot behov for både oppvarming og avkjøling av vann. Summert over året vil behovet for avkjøling være størst. Det antas likevel at RAS-anleggene vil ha behov for rundt 3,5 GWh direkte oppvarming, men da kun over vintermånedene. Vi legger til grunn at alle anleggene produserer tilnærmet like store mengder fiskeslam og fiskeensilasje²⁵. Alle anleggene samler opp dødfisk til produksjon av fiskeensilasje, men kun RAS-anleggene samler opp fiskeslam. Dette innebærer at det åpne, havbaserte anlegget ikke muliggjør utnytting av fiskeslammen. Vi antar at kun vårt anlegg på Kalberg leverer inn fiskeslam og fiskeensilasje til produksjon av biogass. For anlegget på Kalberg antar vi at det vil være mulig å hente nødvendig vann fra Gandsfjorden eller en tilgjengelig ferskvannskilde.

²⁴ RAS står for Recirculating Aquaculture System

²⁵ Fiskeensilasje er dødfisk tilsatt syre

Figur 9: Beskrivelse av matfiskanlegget på Kalberg og de to referansealternativene

	Anlegg på Kalberg	Referansealternativ 1 – tradisjonelt	Referansealternativ 2 - moderne
Teknologi	Oppdrett av laks. RAS-teknologi. Landbasert, lukket anlegg med resirkulering av vann. Stor grad av indirekte oppvarming fra interne prosesser (mye fra pumper)	Oppdrett av laks. Havbasert åpent oppdrettsanlegg. Vi antar at anlegget er elektrifisert	Oppdrett av laks. RAS-teknologi. Landbasert, lukket anlegg med resirkulering av vann. Stor grad av indirekte oppvarming fra interne prosesser (mye fra pumper)
Størrelse	10 000 tonn produsert fisk per år. Arealbehov på rundt 90 mål	10 000 tonn produsert fisk per år	10 000 tonn produsert fisk per år. Arealbehov på rundt 90 mål
Plassering	Som en del av næringsklyngen	Utenfor kysten et sted i Norge	I strandkanten et sted i Norge
Energiforbruk	6-9 kWh/kg fisk produsert. Gir rundt 60 GWh per år. Energikilden er elektrisitet.	Energibruk mellom 0,85-2,4 GWh. Mange oppdrettsanlegg er i dag elektrifiserte, og størsteparten av de resterende anleggene planlegger elektrifisering. Dieselaggregat benyttes fortsatt som backup. Energibruken for referansealternativet antas å være 100% elektrisitet fra strømmettet	6-9 kWh/kg fisk produsert. Gir rundt 60 GWh per år. Energikilden er elektrisitet.
Oppvarming	Omtrent 3,6 GWh direkte oppvarming, også behov for kjøling store deler av året	Tilnærmet null direkte oppvarming. For havbaserte anlegg benyttes ikke oppvarming av vann. Eneste oppvarming er av oppholdsrom for operatører. Svært lite energiforbruk	Omtrent 3,6 GWh direkte oppvarming, også behov for kjøling store deler av året
Slam og ensilasje	Omtrent 9900 tonn slam og 1330 tonn ensilasje i året som benyttes til biogassproduksjon	Omtrent 9900 tonn slam og 1330 tonn ensilasje i året. Slammet slippes direkte ut i havet, mens dødfisk samles opp og omgjøres til ensilasje. Ensilasje benyttes ikke til biogassproduksjon.	Omtrent 9900 tonn slam og 1330 tonn ensilasje. Benyttes ikke til biogassproduksjon.
Fiskefôr	Det er enda ikke utviklet en verdikjede for leveranse av fiskefôr til anlegg i innlandet	Havbaserte anlegg får fiskefôr levert via båt i storsekker eller bulk	For anlegg lokalisert ved kysten vil fiskefôr leveres via båt i storsekk eller bulk
Vann	5 600 000 m ³ vann per år. Kan hentes fra både ferskvann- og saltvannskilde		5 600 000 m ³ vann per år. Kan hentes fra både ferskvann- og saltvannskilde

Figur 10 gir en beskrivelse av settefiskanlegget på Kalberg og et referansealternativ. For settefiskanlegget er det valgt RAS-teknologi både for anlegget på Kalberg og referansealternativet. Begge anleggene er dimensjonert til produksjon av 200 tonn settefisk på 100 gram i året, noe som er tilstrekkelig for et landbasert matfiskanlegg på 10 000 tonn²⁶. Begge anleggene bruker rundt 0,6 GWh energi i året (NTNU, SINTEF, SNF, 2018). Noe energi benyttes også til direkte oppvarming, men som for matfiskanlegget gjelder dette kun i vintermånedene.

Figur 10: Beskrivelse av settefiskanlegget på Kalberg og referansealternativet

	Anlegg på Kalberg	Referansealternativ
Teknologi	Oppdrett av laks. RAS-teknologi. Landbasert, lukket anlegg med resirkulering av vann. Stor grad av indirekte oppvarming fra interne prosesser (mye fra pumper). Fisk på 100 gram går videre inn i matfiskanlegget.	Oppdrett av laks. RAS-teknologi. Landbasert, lukket anlegg med resirkulering av vann. Stor grad av indirekte oppvarming fra interne prosesser (mye fra pumper). Fisk på 100 gram går videre inn i matfiskanlegget.
Størrelse og arealbehov	200 tonn solgt fisk per år. Arealbehov rundt ~1 mål	200 tonn solgt fisk per år. Arealbehov rundt ~1 mål
Plassering	Som en del av næringsklyngen	Kystnær lokasjon i Norge
Energiforbruk	3-5 kWh/kg solgt fisk. Gir tilnærmet 0,6 GWh. Elektrisitet.	3-5 kWh/kg solgt fisk. Tilnærmet 0,6 GWh. Elektrisitet
Oppvarming	Omtrent 6% av energiforbruket går til oppvarming. Dekkes av overskuddsvarme fra datasenteret. Tilsvaret omtrent 36 MWh.	Omtrent 6% av energiforbruket går til oppvarming. Dekkes av overskuddsvarme fra datasenteret. Tilsvaret omtrent 36 MWh.
Slam og ensilasje	Produserer rundt 197 tonn slam og 26 tonn ensilasje som benyttes til biogassproduksjon	Produserer rundt 197 tonn slam og 26 tonn ensilasje. Benyttes ikke til biogassproduksjon
Vann	Vannforbruk på 80 000 m ³ per år. Kan hentes fra både ferskvann- og saltvannskilde	Vannforbruk på 80 000 m ³ per år. Kan hentes fra både ferskvann- og saltvannskilde

²⁶ Samtale med Sintef Ocean

3.3.2 I sammenlikningen av klima- og miljøeffekter kommer oppdrettsanlegget på Kalberg bedre ut enn referansealternativene, for alle kategorier, med unntak av energieffektivitet

Figur 11 gir en kvalitativ sammenlikning av klima- og miljøeffektene for oppdrettsanlegget på Kalberg og de to referansealternativene. Vi ser at oppdrettsanlegget på Kalberg er like bra eller bedre enn referanse-alternativene, med unntak av energieffektivitet, innenfor alle undersøkte kategorier.

Sammenliknet med det tradisjonelle referansealternativet vil vårt anlegg være mindre energieffektivt. Dette skyldes at RAS-anlegg generelt er mye mer energiintensive enn åpne, havbaserte anlegg. Det tradisjonelle anlegget har ikke noe behov for direkte oppvarming og kommer derfor like godt ut som vårt anlegg på Kalberg som benytter overskuddsvarme fra datasenteret til oppvarming. Det tradisjonelle anlegget samler ikke opp fiskeslam, og vårt anlegg på Kalberg kommer derfor bedre ut. Sammenliknet med det moderne referansealternativet vil vårt anlegg på Kalberg i utgangspunktet være like energieffektivt, da vi sammenlinker to tilnærmet like RAS-anlegg, men på ulike lokaliseringer. Kalberganlegget vil kunne benytte overskuddsvarme fra datasenteret til direkte oppvarming, og vil derfor ha et noe lavere energiforbruk i vintermånedene. Begge anleggene samler opp fiskeslam og fiskeensilasje, men vi legger til grunn at kun vårt anlegg på Kalberg leverer dette inn til produksjon av biogass. Dermed slår anlegget på Kalberg bedre ut for avhending av slam og ensilasje.

Verdikjeden for oppdrett er i dag utviklet for en loklisering nær kysten. Deler av verdikjeden er for eksempel avhengige av bruk av spesialdesignede båter. At anlegget på Kalberg er lokalisert i innlandet vil derfor gi behov for utvikling og investeringer i en verdikjede for bla. slakting og transport av fiskefôr og fisk. Slike investeringer vil innebære en økt kostnad og risiko sammenliknet med begge referansealternativene, som er lokalisert utenfor kysten og i strandkanten. Utviklingen av en verdikjede for oppdrett i innlandet vil samtidig kunne bidra til økt innovasjon i forbindelse med næringsklyngen. Det er utfordrende å avgjøre om behovet for utvikling av en ny verdikjede totalt sett vil slå positivt eller negativt ut. Vi har derfor valgt å ikke definere kategorien «andre effekter» som bedre eller dårligere for anlegget på Kalberg. Problemstillingen er likevel interessant og verd å nevne.

Figur 11: Kvalitativ sammenlikning av klima- og miljøeffekter for oppdrettsanlegget på Kalberg og referansealternativene

Hva	Anlegg på Kalberg	Tradisjonelt referansealternativ
Energiforbruk	Energibruk rundt 60 GWh for matfiskanlegg. Tilnærmet 0,6 GWh for settefiskanlegg	Energibruk rundt 0,85-2,4 GWh elektrisitet for matfiskanlegg. Størst andel elektrisitet går til å distribuere fiskefôr. Tilnærmet 0,6 GWh elektrisitet for settefiskanlegg.
Oppvarmingsbehov	Tilnærmet 3,6 GWh i oppvarming fra overskuddsvarme fra datasenteret.	Tilnærmet null direkte oppvarming for matfiskanlegg; eneste oppvarming er av oppholdsrom for operatører - svært lite energiforbruk.
Avhending av slam og ensilasje	Slam og dødfisk blir samlet opp, og bidrar til produksjon av hhv. 21 og 3,7 GWh biogass.	Slam blir ikke samlet opp. Dødfisk blir samlet opp. Benyttes ikke til produksjon av biogass.
Andre effekter	Behov for utvikling av verdikjede for oppdrett i innlandet	Verdikjeden for kystnær oppdrett er veletablert

Hva	Anlegg på Kalberg	Moderne referansealternativ
Energiforbruk	Energibruk rundt 60 GWh for matfiskanlegg. Tilnærmet 0,6 GWh for settefiskanlegg	Energibruk rundt 60 GWh for matfiskanlegg. Tilnærmet 0,6 GWh for settefiskanlegg
Oppvarmingsbehov	Tilnærmet 3,6 GWh i oppvarming fra overskuddsvarme fra datasenteret.	Tilnærmet 3,6 GWh i oppvarming fra elektrisitet fra strømmettet.
Avhending av slam og ensilasje	Slam og dødfisk blir samlet opp, og bidrar til produksjon av hhv. 21 og 3,7 GWh biogass. Nærhet til biogassanlegg gir lavt klima- og miljøavtrykk fra transport.	Slam og dødfisk blir samlet opp. Benyttes ikke til produksjon av biogass.
Andre effekter	Behov for utvikling av verdikjede for oppdrett i innlandet	Lokasjon ved kysten gir mulighet for bruk av eksisterende verdikjede

Bedre enn referansealternativ
 Like godt som referansealternativ

Noe bedre enn referansealternativ
 Dårligere enn referansealternativ

3.3.3 Ved å levere avfall til biogassproduksjon vil oppdrettsanlegget på Kalberg vil oppnå betydelig lavere klimautslipp, målt i tCO₂e per år, sammenliknet med referansealternativene

Figur 12 viser en grafisk framstilling av CO₂-utslippene assosiert med oppdrettsanlegget på Kalberg og de to referansealternativene. For anlegget på Kalberg oppnår man store utslippsreduksjoner ved å levere fiskeslam og fiskeensilasje til biogassproduksjon. Vi lener oss på forskning gjennomført av

I henhold til Nibio vil biogassproduksjonen doble seg dersom man blander inn 20% fiskeslam eller 15% ensilasje i husdyrgjødsel (Nibio, 2016; Nibio, 2017). Oppdrettsanlegget kan levere inn rundt 10 000 tonn slam og 1360 tonn råensilasje til biogassproduksjon. Ved å benytte vårt tilgjengelige fiskeslam, kombinert med rundt 40 000 tonn husdyrgjødsel vil man kunne produsere rundt 42 GWh biogass årlig, hvorav rundt 21 GWh kan sies å bli produsert som resultat av vårt fiskeslam. Tilgjengelig ensilasje kombinert med rundt 7500 tonn husdyrgjødsel vil kunne produsere rundt 7,5 GWh biogass, hvorav rundt 3,7 GWh kan sies å bli produsert som resultat av vår ensilasje. Ved at den produserte biogassen substituerer bruk av tilsvarende mengde naturgass vil vi kunne oppnå en utslippsreduksjon på rundt 5400 tCO₂e per år.

Strøm fra det norske strømmettet antas å ha svært lave utslipp, på rundt 0,1 gCO₂ per kWh. Dette er betydelig lavere enn utslipp fra strøm i andre land, hvor vi benytter et anslag for gjennomsnittlig utslippsintensitet pr. kWh kraft produsert i gCO₂ på 1,1 for Sverige, 8,9 for Danmark og 51,8 for Nederland²⁷. Som resultat vil utslippene knyttet til oppvarming og energibruk bli små, spesielt sammenliknet med utslippsreduksjonen ved produksjon av biogass fra fiskeslam og – ensilasje. Dette innebærer at man kunne oppnådd en større utslippsreduksjon ved å substituere oppdrettsanleggets elektrisitetsbruk med overskuddsvarme dersom næringsklyngen og datasenteret var samlokalisert i et annet land. Sett fra et klimaperspektiv er effekten av å benytte overskuddsvarme fra datasenteret til oppvarming noe begrenset. Man kan likevel ikke overse perspektivene knyttet til effektiv energiutnyttelse og redusert bruk av primærenergi. Ved at oppdrettsanlegget benytter overskuddsvarme fra datasenteret, substitueres bruken av høyverdig energi (strøm) med lavverdig energi (overskuddsvarme), som ellers ikke ville blitt utnyttet. Å benytte mindre elektrisitet bidrar til positive klima- og miljøeffekter ved at energien kan benyttes til alternative formål.

I analysen har vi vurdert oppdrett av laks som trenger 13 grader Celsius, et temperaturnivå som bare er litt over den gjennomsnittlige utetemperaturen på Kalberg. Gevinsten av tilgjengelig overskuddsvarme er derfor liten for lakseoppdrett. Ved oppdrett av fisk og skalldyr som krever høyere temperaturer, kan energieffektiviseringsgevinsten bli betydelig større. Eksempelvis krever oppdrett av hummer, tunfisk og kongereker temperaturer på henholdsvis 20, 24 og 28 grader Celsius. Det finnes aktører som vurderer etablering/utvidelser av denne type landbasert oppdrett i Norge i dag. Nyten av å utnytte tilgjengelig overskuddsvarme er betydelig høyere for slike anlegg.

Figur 12: Sammenlikning av CO₂-utslipp for oppdrettsanlegget på Kalberg og referansealternativene



²⁷ Se beskrivelse av forutsetninger i beskrivelse av lokasjonsbasert metode i kapittelet om datasenteret for flere detaljer

3.4 Veksthus

På samme måte som for oppdrettsanlegget går analysen av veksthuset ut på å sammenlikne anlegget på Kalberg med to referansealternativer; et tradisjonelt og et moderne. Anlegget på Kalberg tilskrives gevinster knyttet til bruk av overskuddsvarme fra datasenteret, og i tillegg synergieffekter som oppstår innad i næringsklyngen.

3.4.1 Veksthuset på Kalberg og det moderne referansealternativet defineres som høyteknologiske veksthus, mens det tradisjonelle referansealternativet er et tradisjonelt veksthus med tilknytning til naturgassnettet i Rogaland

Vårt anlegg på Kalberg defineres som et høyteknologisk veksthus med svært lavt oppvarmingsbehov. Vi benytter data knyttet til energieffektivitet og oppvarming for et såkalt BBBLS-veksthus, som blant annet er bygget som en del av Den Magiske Fabrikken i Vestfold. Et slikt anlegg kan oppnå 80-90% reduksjon i direkte oppvarming sammenliknet med tradisjonelle anlegg, grunnet varme fra belysning kombinert med en patentert isolasjonsløsning. Det moderne veksthuset som er lagt til grunn i vår analyse på Kalberg, er ikke standarden i markedet i dag. Årsaken til at vi velger denne teknologien er at næringsklyngen skal være framoverlent og bidra til innovasjon hos alle involverte aktører. Den generelle trenden for konstruering av nye veksthus er økende energieffektivitet. Den økte energieffektiviteten kommer av at man utvikler og tester nye måter å bygge veksthus på, blant annet ved å forbedre størrelsesforholdet mellom volum og overflateareal, og ved bruk av nye isolasjonsløsninger. Veksthusene som bygges i dag er derfor allerede mer energieffektive enn «standarden» i markedet. Da næringsklyngen ikke forventes å stå klar før om noen år, vil det også være mer sannsynlig at et energieffektivt og «høyteknologisk» veksthus vil være mulig å etablere i større skala.

Figur 13 gir en beskrivelse av veksthuset på Kalberg og de to referansealternativene. Alle anleggene er dimensjonert til et areal på 50 000 kvadratmeter. Vi antar også helårsproduksjon på alle anleggene. Det tradisjonelle referansealternativet antas å være et veksthus lokalisert i Rogaland, tilknyttet det lokale gassnettet. Alle anleggene har behov for direkte oppvarming. Det antas at det tradisjonelle referansealternativet benytter naturgass til oppvarming, mens det moderne referansealternativet benytter elektrisitet. Det antas at alle anleggene produserer tilsvarende mengde planteavfall, men at kun anlegget på Kalberg leverer dette inn til produksjon av biogass. For anlegget på Kalberg og det moderne referansealternativet er det behov for 2500 tonn tilsatt CO₂ i året. Det tradisjonelle referansealternativet vil ha behov for rundt 830 tonn tilført CO₂, i tillegg til rundt 1670 tonn som tilføres gjennom brenning av naturgass til oppvarming. For anlegget på Kalberg vil CO₂en kunne leveres fra biogassanlegget, mens de to referansealternativene vil måtte kjøpe CO₂ fra en annen kilde. Per i dag kjøper et stort antall veksthus CO₂ fra Yaras fabrikk på Herøya. Fabrikken produserer ammoniakk, og benytter fossile innsatsfaktorer inn i produksjonen.

Figur 13: Beskrivelse av veksthuset på Kalberg og de to referansealternativene

	Anlegg på Kalberg	Referansealternativ 1 – tradisjonelt	Referansealternativ 2 - moderne
Teknologi	Helårsproduksjon i høyteknologisk veksthus (BBLS-anlegg) med svært lavt oppvarmingsbehov. 80-90% reduksjon i direkte oppvarming grunnet varme fra belysning kombinert med patentert isolasjonsløsning. Lukket system med lite lufting gir effektiv bruk av CO ₂ .	Et tradisjonelt veksthus tilknyttet naturgassnettet. Helårsproduksjon.	Helårsproduksjon i høyteknologisk veksthus (BBLS-anlegg) med svært lavt oppvarmingsbehov. 80-90% reduksjon i direkte oppvarming grunnet varme fra belysning kombinert med patentert isolasjonsløsning. Lukket system med lite lufting gir effektiv bruk av CO ₂ .
Størrelse	50 000 m ² , rundt 5700 tonn avling i året	50 000 m ² , rundt 5700 tonn avling i året	50 000 m ² , rundt 5700 tonn avling i året
Plassering	Som en del av næringsklyngen	Rogaland	Et sted i Norge
Energiforbruk	Rundt 316 kWh/m ² . Blir tilnærmet 16 GWh per år (ekskl. oppvarming tilsvarer dette 12 GWh). Energikilden er elektrisitet.	Rundt 1300 kWh/m ² . Blir tilnærmet 65 GWh per år (ekskl. oppvarming tilsvarer dette 48 GWh). Energikilden er elektrisitet.	Rundt 316 kWh/m ² . Blir tilnærmet 16 GWh per år (ekskl. oppvarming tilsvarer dette 12 GWh). Energikilden er elektrisitet
Oppvarming	Rundt 79 kWh/m ² . Gir omtrent 4 GWh per år som kan leveres fra overskuddsvarme fra datasenteret	Rundt 340 kWh/m ² . Gir omtrent 17 GWh per år. Energikilden er naturgass	Rundt 79 kWh/m ² . Gir omtrent 4 GWh per år. Energikilden er elektrisitet
Planteavfall	Rundt 400 tonn planteavfall per år. Benyttes til biogassproduksjon	Rundt 400 tonn planteavfall per år. Benyttes ikke til biogassproduksjon	Rundt 400 tonn planteavfall per år. Benyttes ikke til biogassproduksjon
Tilsatt CO ₂	Omtrent 2500 tonn CO ₂ per år	Omtrent 830 tonn CO ₂ per år (det tilføres i tillegg 1670 tonn gjennom naturgassen)	Omtrent 2500 tonn CO ₂ per år
Biorest som gjødsel i veksthus	Noe potensial	Noe potensial	Noe potensial

3.4.2 I sammenlikningen av klima- og miljøeffekter kommer veksthuset på Kalberg bedre ut enn referansealternativene, for alle vurderte kategorier

Figur 14 gir en kvalitativ sammenlikning av klima- og miljøeffekter for veksthuset på Kalberg og de to referansealternativene. Vi ser at veksthuset på Kalberg vil være like bra eller bedre enn referansealternativene innenfor alle undersøkte kategorier. I sammenlikningen av energieffektivitet slår anlegget på Kalberg bedre ut enn det tradisjonelle referansealternativet. Dette skyldes at vi har valgt å definere anlegget på Kalberg til å være et høyteknologisk, energieffektivt veksthus. Som følge av at det tradisjonelle anlegget er mindre energieffektivt har det også større behov for direkte oppvarming. Energikilden er naturgass, noe som har en negativ klimapåvirkning sammenliknet med anlegget på Kalberg som benytter overskuddsvarme fra datasenteret.

Sammenliknet med det moderne referansealternativet vil anlegget på Kalberg være like energieffektivt. For direkte oppvarming vil anlegget på Kalberg oppnå noe lavere klima- og miljøeffekter, ved å erstatte oppvarming via strøm fra nettet med bruk av overskuddsvarme fra datasenteret.

En generell betraktning er at veksthuset på Kalberg har tilgang på tilnærmet ubegrenset gratis overskuddsvarme, og at høy energieffektivitet derfor ikke representerer en like stor klima- og miljøeffekt som for tilsvarende veksthus på andre lokaliseringer. Dersom man vurderer etableringen av veksthuset på Kalberg ut fra et økonomisk perspektiv, vil det kanskje lønne seg å investere mindre i energieffektiviserende tiltak, og mer i andre typer tiltak. Alternative investeringer inkluderer blant annet utstyr for bearbeiding av planteavfall til biogassproduksjon og effektive lufteløsninger som optimerer utnyttelsen av tilsatt CO₂.

Anlegget på Kalberg mottar CO₂ fra biogassanlegget, mens de to referansealternativene vil måtte kjøpe CO₂ fra en annen kilde. Pr. i dag kjøper et stort antall veksthus CO₂ fra Yaras fabrikk på Herøya. Fabrikken produserer ammoniakk, og benytter fossile innsatsfaktorer inn i produksjonen. Anlegget på Kalberg vil derfor score bedre på klima- og miljøeffekter for CO₂-bruk enn begge referansealternativene. Bare anlegget på Kalberg leverer planteavfall til biogassproduksjon, og kommer her bedre ut enn begge referansealternativene. Effektene av bruk av biorest som gjødsel i veksthus ble også vurdert, men antatt å ha noe begrenset potensiale i denne analysen.

Figur 14: Kvalitativ sammenlikning av klima- og miljøeffekter for veksthuset på Kalberg og referansealternativene

Hva	Anlegg på Kalberg	Tradisjonelt referansealternativ
Energiforbruk	Omtrent 16 GWh per år. Elektrisitet.	Tradisjonelle veksthus har et betydelig høyere energiforbruk. Omtrent 65 GWh for helårsproduksjon. Foruten oppvarming er det meste elektrisitet til belysning.
Oppvarmingsbehov	Oppvarmingsbehov på 4 GWh. Dette kan leveres fra overskuddsvarme fra datasenteret.	Oppvarmingsbehov på 17 GWh. Energikilden antas å være naturgass.
CO2	Benytter 2500 tonn CO2. Kan leveres fra biogassanlegget dersom det etableres et foredlingsanlegg	Benytter 2500 tonn CO2, hvorav rundt 830 tonn tilsettes og resten kommer fra naturgassen som brukes til oppvarming. Tilsatt CO2 kommer fra Yaras anlegg for ammoniakkproduksjon på Herøya
Avhending av planteavfall	Rundt 400 tonn planteavfall per år. Benyttes til produksjon av biogass.	Rundt 400 tonn planteavfall per år. Benyttes ikke til biogassproduksjon
Biorest som gjødsel	Antas å ha noe, men begrenset potensial	Antas å ha noe, men begrenset potensial
Hva	Anlegg på Kalberg	Moderne referansealternativ
Energiforbruk	Omtrent 16 GWh per år. Elektrisitet.	Antar lavere energiforbruk. Omtrent 16 GWh per år. Elektrisitet.
Oppvarmingsbehov	Oppvarmingsbehov på 4 GWh. Dette kan leveres fra overskuddsvarme fra datasenteret.	Oppvarmingsbehov på 4 GWh. Energikilde antas å være elektrisitet fra nettet.
CO2	Benytter 2500 tonn CO2. Kan leveres fra biogassanlegget dersom det etableres et foredlingsanlegg	Benytter 2500 tonn CO2. Levert fra Yaras anlegg for ammoniakkproduksjon på Herøya
Avhending av planteavfall	Rundt 400 tonn planteavfall per år. Benyttes til produksjon av biogass.	Rundt 400 tonn planteavfall per år. Benyttes ikke til biogassproduksjon
Biorest som gjødsel	Antas å ha noe, men begrenset potensial	Antas å ha noe, men begrenset potensial

	Bedre enn referansealternativ		Like godt som referansealternativ
	Noe bedre enn referansealternativ		Dårligere enn referansealternativ

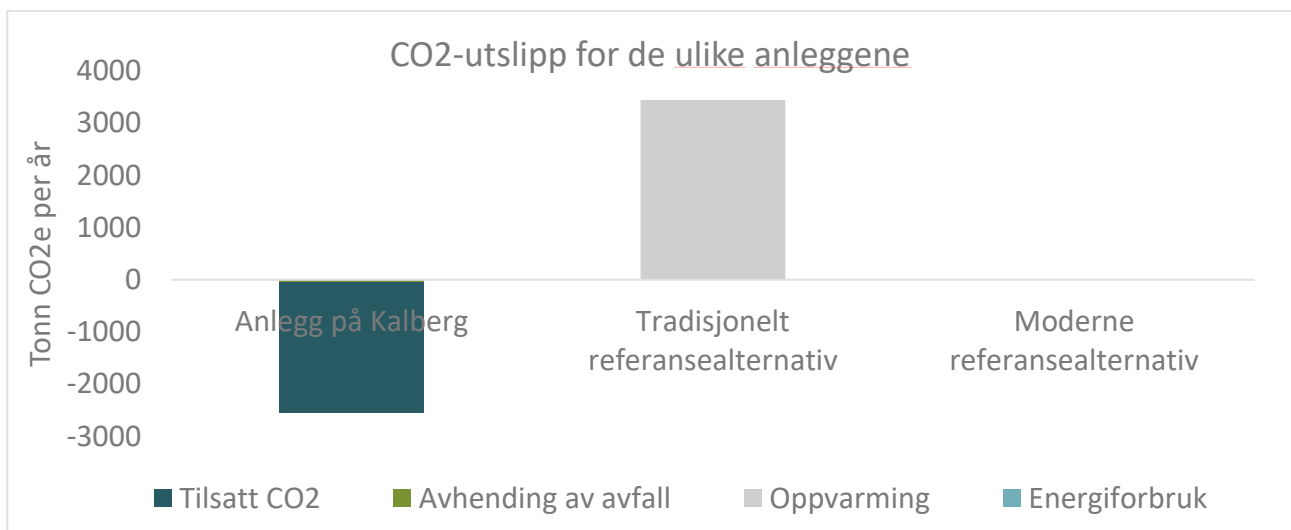
3.4.3 Ved å motta CO2 fra biogassanlegget og benytte overskuddsvarme til oppvarming oppnår veksthuset på Kalberg betydelig lavere klimautslipp, målt i tCO2e per år, sammenliknet med referansealternativene

Figur 15 viser en grafisk framstilling av CO2-utslippene assosiert med veksthuset på Kalberg og de to referansealternativene. Anlegget på Kalberg oppnår de største utslippsreduksjonene ved å

benytte tilsatt CO₂ fanget under oppgraderingen av biogass ved biogassanlegget. Denne CO₂-en erstatter innkjøpt CO₂ fra Yaras fabrikk for ammoniakkproduksjon på Herøya. Ved å erstatte fossil CO₂ fra Herøya med CO₂ fra biogass oppnås en utslippsreduksjoner på 2500 tCO₂ per år for vårt anlegg. Videre vil anlegget på Kalberg kunne oppnå utslippsreduksjoner ved å levere inn planteavfall til produksjon av biogass. Sammenliknet med oppdrettsanlegget vil CO₂-besparelsene knyttet til biogassproduksjon fra avfall være lav. Årsaken er at veksthuset genererer relativt lite planteavfall, og at biogasspotensialet i dette avfallet er noe begrenset.

Det tradisjonelle anlegget er koblet til naturgassnettet og benytter 17 GWh naturgass til oppvarming i året. Anlegget på Kalberg vil til sammenlikning kunne benytte overskuddsvarme fra datasenteret til direkte oppvarming. Som konsekvens vil anlegget på Kalberg oppnå betydelig lavere CO₂-utslipp. Samtidig vil både det moderne referansealternativet og anlegget vårt på Kalberg være betydelig mer energieffektivt enn det tradisjonelle referansealternativet.

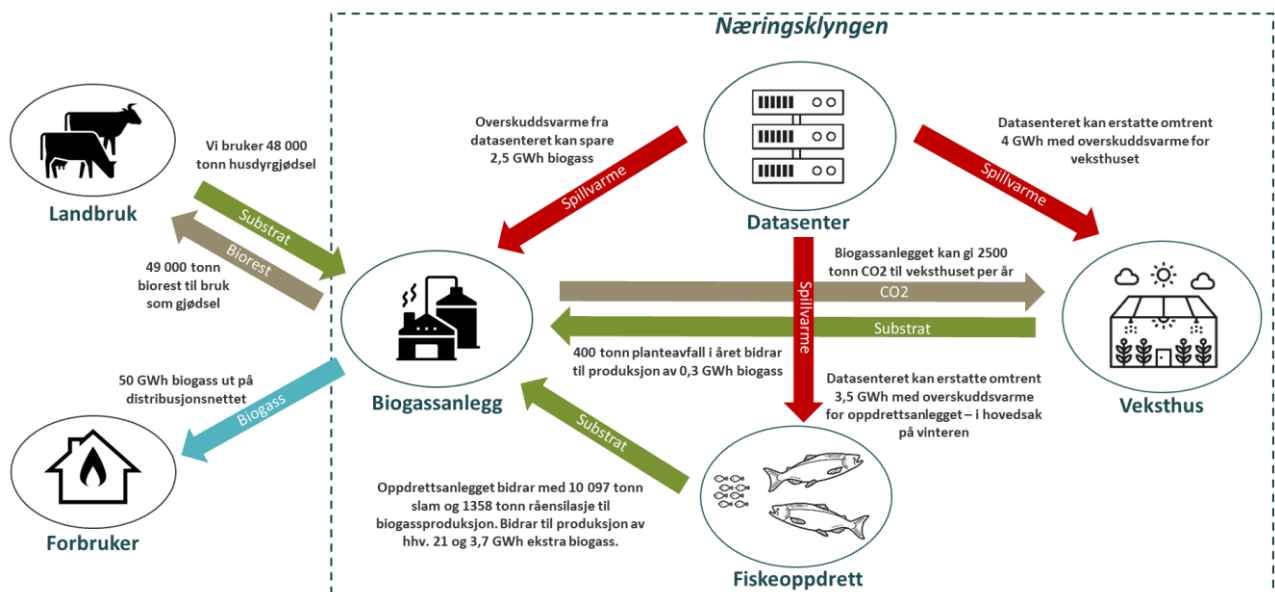
Figur 15: Sammenlikning av CO₂-utslipp for veksthuset på Kalberg og referansealternativene



3.5 Oppsummering

Synergieffektene innad i næringsklyngen oppstår ved å sammenkoble de ulike innsatsfaktorene, produktene og biproduktene for de ulike aktørene. Figur 16 gir en oversikt over input- og outputstrømmene som kobler de ulike aktørene i næringsklyngen sammen. Det antas at datasenteret kan levere mellom 280 – 300 GWh overskuddsvarme²⁸, slik at behovene i næringsklyngen blir dekket med god margin. Strømmene mellom aktørene består i hovedsak av overskuddsvarme fra datasenteret, avfall til biogassproduksjon og bruk av fanget CO₂ inn i veksthuset. I tillegg vil det være behov for husdyrgjødsel fra nærliggende gårder.

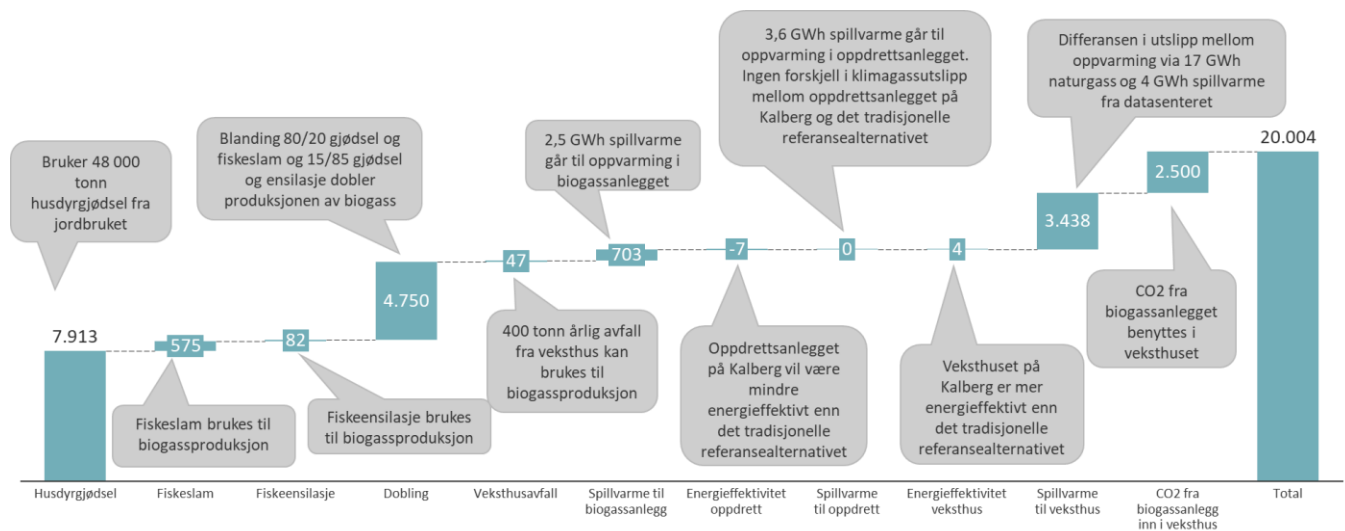
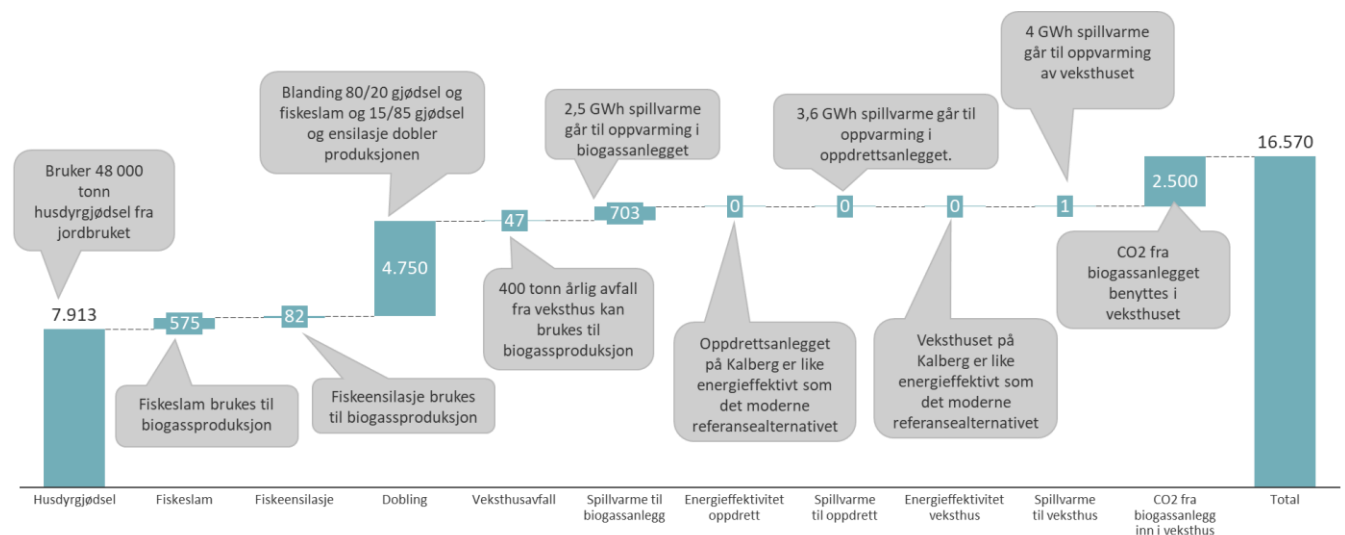
²⁸ Det antas at 80-85 prosent av kraftforbruket i datasenteret omformes til overskuddsvarme

Figur 16: Oversikt over input- og outputstrømmer mellom aktørene i næringsklyngen

Ved å tallfeste CO₂-besparelsene som oppstår for hver enkelt strøm, kan vi kvantifisere de totale klimaeffektene i næringsklyngen. Som nevnt innledningsvis er analysen for fiskeoppdrett og veksthus gjennomført ved å sammenlikne anleggene på Kalberg med to ulike referansealternativ; et tradisjonelt og et moderne. Figur 17 og Figur 18 viser reduksjon i klimagassutslipp for hele næringsklyngen, oppgitt i tCO₂e, når oppdrett og veksthus er sammenliknet med hhv. tradisjonelle og moderne referansealternativ. I begge tilfellene antar vi at produsert biogass erstatter naturgass. Analysen viser at næringsklyngen totalt kan bidra med en reduksjon på rundt 20 000 tCO₂e i året dersom man sammenlikner med tradisjonelle referansealternativ. Sammenliknet med moderne referansealternativ kan næringsklyngen totalt bidra med en reduksjon på omtrent 16 570 tCO₂e i året.

Differansen mellom de to utslippsreduksjonene er i hovedsak knyttet til det tradisjonelle referansealternativet for veksthuset, og dets forbruk av 17 GWh naturgass til oppvarming. Ved at vårt anlegg på Kalberg benytter overskuddsvarme fra datasenteret unngås i dette tilfellet forbrenning av 17 GWh naturgass i året, som gir utslag i en betydelig utslippsreduksjon. For resten av analysen oppnår næringsklyngen omtrent de samme utslippsreduksjonene uavhengig av om man sammenlikner med tradisjonelle eller moderne referansealternativ for oppdrett og veksthus. Årsaken er at strøm fra det norske nettet antas å ha svært lave utslipp. Dermed får vi små utslag for utslippsreduksjoner knyttet til anleggenes energieffektivitet og bruk av overskuddsvarme som erstatning for elektrisitet til oppvarming.

Det er knyttet store utslippsreduksjoner til produksjonen av biogass fra avfall som genereres i næringsklyngen. Den største utslippsreduksjonen kommer fra produksjon av biogass ved kombinasjon av fiskeavfall med husdyrgjødsel fra omliggende gårder. Ved å kombinere fiskeslam og ensilasje med husdyrgjødsel vil man alene kunne bidra med en CO₂-reduksjon på i overkant av 13 000 tCO₂e i året. Videre oppnår vi en reduksjon i klimautslipp ved å erstatte biogass med overskuddsvarme fra datasenteret for oppvarming av rånetanken i biogassanlegget. En videre kilde til utslippsreduksjoner er bruken av CO₂ fra biogassanlegget inn i veksthuset. CO₂ fra biogassanlegget erstatter i dette tilfellet bruk av CO₂ fanget fra fossile kilder, og representerer en utslippsreduksjon på 2500 tonn CO₂ per år.

Figur 17: Reduksjoner i klimautslipp (oppgitt i tCO₂e) sammenliknet med tradisjonelle referansealternativ**Figur 18: Reduksjoner i klimautslipp (oppgitt i tCO₂e) sammenliknet med moderne referansealternativ**

4 INNOVASJONSEFFEKTER OG REGIONALØKONOMISK BETYDNING AV EN DATASENTERKLYNGE PÅ KALBERG

Hvilke innovasjonseffekter kan komme ut av å etablere en datasenterklynge på Kalberg? Og hvilken regionaløkonomisk betydning vil det å etablere en datasenterklynge få i Rogaland, en region som på lang sikt står overfor en omstilling fra petroleumsrettet virksomhet?

4.1 Datasentrenes rolle

De siste 25 årene har verden opplevd en teknologisk revolusjon knyttet til IKT og digitalisering av stadig større del av informasjonsflyten i samfunnet. Endringen har og vil fortsette å påvirke hvordan varer og tjenester produseres og konsumeres. De er all grunn til å regne med at denne raske teknologiske transformasjonen vil fortsette enda et par ti-år, med påfølgende endringer i hvilke næringer og kompetanser som vil bli mer og mindre etterspurt. I arbeidsmarkedet påvirker ny teknologi blant annet hvilke arbeidsoppgaver arbeidskraften har, og hvordan disse utføres (Arntz mfl., 2017).

Som følge av den digitale transformasjonen er den digitale økonomien i betydelig vekst. De siste tre tiårene har den gjennomsnittlige årlige veksten i verdiskaping innen tjenester tilknyttet informasjonsteknologi og informasjonstjenester vært nesten dobbelt så høy som i økonomien for øvrig (SSB, 2020a).

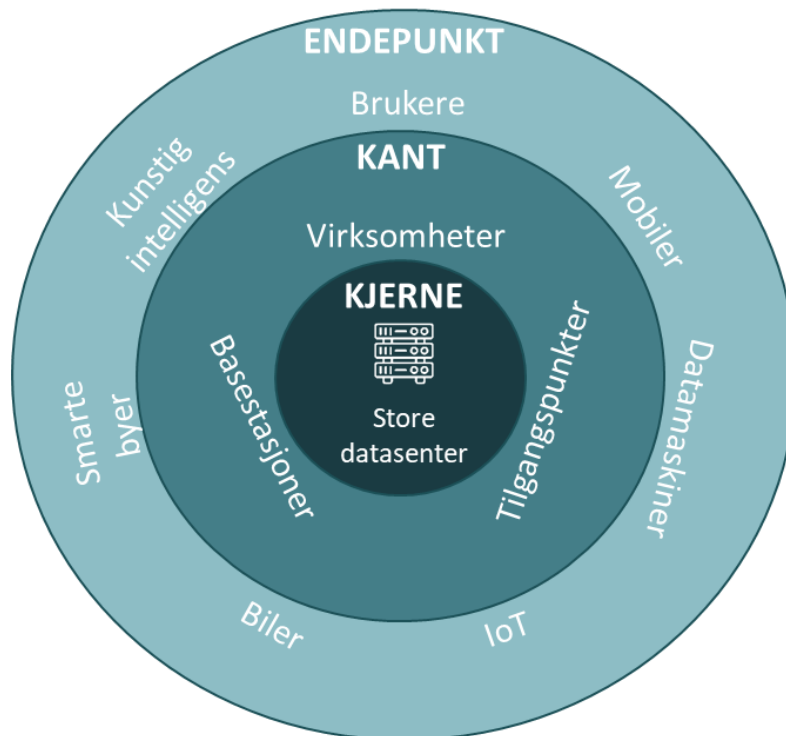
En egenskap ved at nærings- og samfunnsliv tar i bruk ny teknologi og nye digitale tjenester, er at det genereres enorme mengder data. IDC (2018) har beregnet den totale mengden data som produseres til om lag 40 zettabyte (ZB)²⁹. Det er om lag dobbelt så mye som i 2016, og IDCs prognoser tilsier at den årlig genererte mengden data vil firedobles fram mot 2025.

I sin mest grunnleggende form er dataene som genereres en usortert og ustrukturert råvare, med liten verdi. Når dataene struktureres, bearbeides og videreforedles blir den imidlertid en verdifull innsatsfaktor i produksjon og utvikling av nye varer og tjenester (Magalhaes og Roseira, 2017).

Datasentre tilbyr tjenester som muliggjør lagring, bearbeiding og distribusjon av store datamengder, og er en sentral del av den digitale infrastrukturen i økonomien og samfunnet, som illustrert i Figur 19. Ettersom stadig flere produksjonsprosesser, enheter og tjenester digitaliseres, øker behovet for datasentrenes tjenester. Det ventes derfor fortsatt kraftig vekst i markedet for etablering av nye datasentre, men veksten dempes av at effektiviteten i eksisterende datasentre øker (OECD, 2020).

²⁹ 1 zettabyte = 1 milliard terabytes

Figur 19 Forenklet illustrasjon av datasentrenes rolle i den digitale økonomien og samfunnets digitale infrastruktur



Kilde: SØA, basert på IDC (2018).

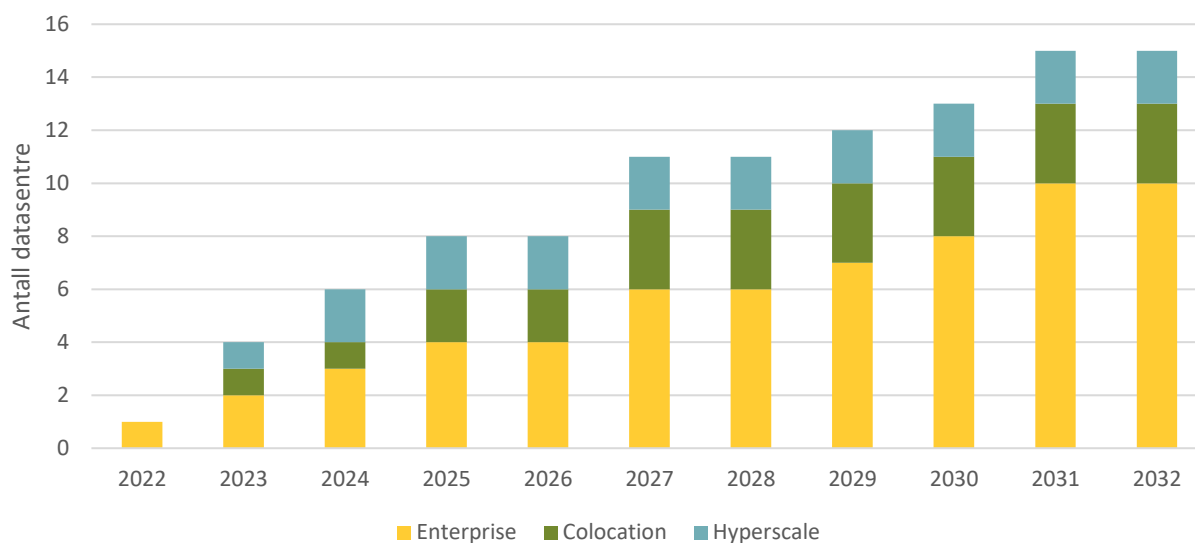
4.2 Innovasjonseffektene bygger på mulighetsstudien

For å vurdere innovasjonseffekter av å etablere en datasenterklynge på Kalberg har vi tatt utgangspunkt i Lyse og Green Mountain (2020) sin mulighetsstudie. I tillegg til erfaringer fra andre steder det er etablert store datasentre, særlig Facebook sitt datasenter i Luleå (Sverige), bygger mulighetsstudien på forfatternes erfaringer fra og kunnskap om markedet for datasentre. Norconsult (2020) har i tillegg gjort uavhengige vurderinger av funn i mulighetsstudien i en konsekvensutredningsrapport for kommuneplanens arealdel i Time kommune.

I mulighetsstudien beskrives tre scenarioer for datasenterklyngen, henholdsvis lav, middels og høy. Antall datasentre som etableres varierer mellom 10 og 19, i løpet av de neste 12 årene. I alle scenarioene etableres det ulike typer datasentre, avhengig av hvilke tjenester og behov disse dekker.

- **Enterprise**-datasentre eies av bedrifter som velger å lokalisere sine datasentre eksternt, for eksempel i mer kostnadseffektive områder enn i deres egne lokaler.
- **Colocation**-datasentre er datasentereiere som tilbyr samlokaliseringstjenester. Datasenterets kunder leier fysisk areal i datasenteret. Dette kan fylles med virksomhetens egne servere, flere colocation-datasentre tilbyr også utleie av digitalt utstyr. Samlokalisering gir stordriftsfordeler blant annet med tanke på sikkerhet, vedlikehold, strømforsyning mv.
- **Hyperscale** er store dedikerte installasjoner til enkeltelskaper. Det er i hovedsak store aktører som Google, Microsoft, Apple og lignende som bygger, eier og bruker disse.

I den videre analysen legger vi til grunn at middels scenario for datasenterklyngen realiseres. Middels scenario tilsier etablering av 15 datasentre i klyngen på Kalberg. Klyngen består av henholdsvis to og tre hyperscale og colocation datasentre. Resterende datasentre er enterprise datasentre. Samlet utgjør datasenterklyngen installasjoner med kapasitet på om lag 500 MW i 2032.

Figur 20 Antall etablerte datasentre i middels scenario, fordelt på type datasenter

Kilde: Lyse og Green Mountain (2020).

Norconsult (2020) vurderer hvor stor del av de samlede permanente arbeidsplassene som genereres av datasenterklyngen som vil sysselsettes regionalt. Analysen konkluderer med at 85 prosent av den samlede sysselsettingseffekten vil genereres regionalt. I beregningene av klyngens regionaløkonomiske betydning legger vi til grunn Norconsult sine tall.

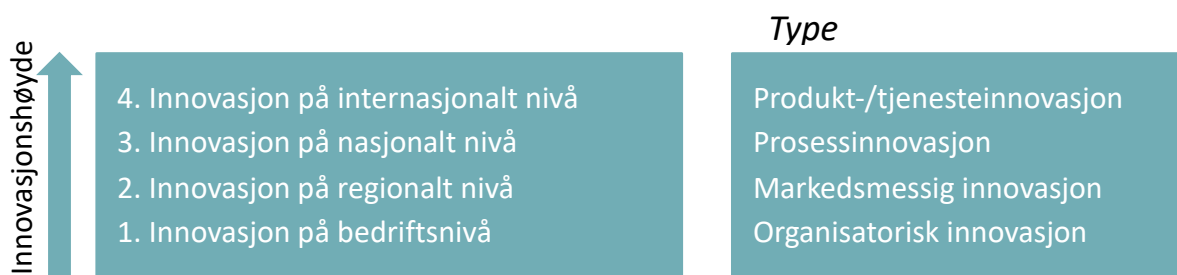
4.3 Datasenterklyngen på Kalberg er en innovasjon på nasjonalt nivå

I et historisk perspektiv representerer datasenternæringen en ny type næringsaktivitet, både i Norge og verden. Behovet for datasentre springer ut fra den generelle digitaliseringen av nærings- og samfunnsliv. Datasentrene i seg selv kan sees på som *basisteknologi*, dvs. en teknologi som både i seg selv er en kilde til innovasjon og som er et grunnlag for innovasjon og utvikling i mange ulike næringer og anvendelser (Bresnahan og Trajtenberg, 1995). Basisteknologier kjennetegnes typisk av å være innsatsfaktorer i mange anvendelser, har et potensiale for dynamisk utvikling og at de komplementerer andre former for utvikling i samfunnet. Historiske eksempler på basisteknologier er blant annet trykkekunsten og elektrisiteten. Datasentrenes teknologi og tjenester, som en del av kjernen i den digitale infrastrukturen, har de samme kjennetegnene.

En systematisk vurdering av innovasjonseffekter av å etablere en datasenterklynge på Kalberg kan ta utgangspunkt i kjente rammeverk fra innovasjonslitteratur. To sentrale begreper er *innovasjonshøyde* og *innovasjonstype*, jf. Figur 21. (Innovasjon Norge, 2017 og Wilhelmsen, 2016).

Innovasjonshøyde beskriver hvor banebrytende en innovasjon er, fordelt på fire nivåer. På det laveste nivået er innovasjonen en nyvinning for den enkelte virksomheten, men allerede kjent for andre aktører. Nivåene øker videre ved henholdsvis regionalt, nasjonalt og internasjonalt nivå, avhengig av om løsningene er kjent i markedet fra tidligere eller ikke. Vanligvis er det en positiv sammenheng mellom hvor banebrytende en innovasjon er, den markedsstørrelse og ringvirkninger i form av læring, utvikling og etterfølgende innovasjoner.

Uavhengig av innovasjonshøyden, har nyvinninger ulike egenskaper og kjennetegn. I norske og internasjonale virksomhetsundersøkelser skilles det mellom fire typer innovasjon. Produkt- og tjenesteinnovasjoner er forbedringer av egenskaper ved det virksomhetene produserer. Prosessinnovasjon er en forbedring av virksomhetens produksjonsprosess, for eksempel ved bruk av ny teknologi eller metode for levering. Markedsinnovasjon er utvikling av en virksomhets eksisterende markedsstrategi, som kan gi tilgang til nye markeder eller nye kundegrupper i eksisterende markeder. Organisatorisk innovasjon omfatter endringer i virksomhetens organisatoriske metoder, for eksempel nyskapende oppgavefordeling.

Figur 21 Innovasjonshøyde og typer innovasjon

Kilde: SØA, basert på *Innovasjon Norge (2017)* og *Wilhelmsen (2016)*.

Overordnet er det fire kilder til innovasjon som følger av datasenterklyngens etablering på Kalberg:

1. Datasenterklyngen innebærer etablering av en ny næring i Norge.
2. Overskuddsvarme fra datasentrene kan realisere etablering av annen næringsaktivitet i regionen, som ikke ellers ville blitt etablert.
3. Økt konsentrasjon av IKT-relatert kompetanse i regionen, som igjen regionens attraktivitet for andre virksomheter som etterspør denne kompetansen.
4. Samarbeid mellom universitet, datasenterklyngen og andre virksomheter kan videreutvikle dataklyngeaktivitetene og annen IKT-relatert aktivitet i regionen.

Som framgår av listen over, er innovasjonseffektene både direkte og indirekte knyttet til selve datasenteretableringene.

4.3.1 Datasenterklyngen innebærer etablering av en ny næring i Norge

Datasenternæringen er i seg selv en ny næring i Norge. Implement (2020) har i en kartlegging identifisert 18 etablerte datasentre i landet, som i all hovedsak eies av en håndfull aktører. Alle de identifiserte datasentrene i kartleggingen er av typen colocation: Analysen identifiserer ingen hyperscale datasenter i Norge. I tillegg kommer en rekke mindre datasentre, som ikke er identifisert enkeltvis i analysen.

I alle scenarioene for datasenterklyngen i Lyse og Green Mountain sin mulighetsstudie etableres det minst ett datasenter av alle de tre typene beskrevet i kapittel 4.1.1. I middels scenario etableres det to hyperscale datasentre på Kalberg i løpet av det neste tiåret. Som følge av at det ikke finnes hyperscale datasentre i Norge i dag, vil realisering av middels scenario representere en nasjonal innovasjon i seg selv. I Implements kartlegging konkluderes det med at forholdene ligger til rette for etablering av hyperscale datasentre i Norge, men det er en usikkerhet knyttet til at disse etableringene ikke er realisert tidligere.

Datasenteretableringene skaper et behov for IKT-relatert kunnskap, men også kunnskap om bygging, drift og vedlikehold knyttet til datasentrenes spesifikke behov som er ny for regionen og landet. Samlet sett er realisering av middels scenario anslått å skape 5 300 permanente årsverk i regionen rundt Kalberg (Norconsult, 2020). Omtrent 10 prosent av disse sysselsettes av datasentrene, resterende sysselsettes gjennom datasentrenes innkjøp av varer og tjenester.

Erfaringer fra andre steder viser at etablering av hyperscale datasenter kan bidra til å øke regionens attraktivitet for andre datasenteretableringer. For eksempel ble antall datasentre i regionen rundt Facebook sitt datasenter i Luleå tredoblet i perioden 2011 til 2018 (CDT, 2019). Denne klyngeeffekten kan ha flere årsaker. Én årsak kan være at lokale leverandører har tilegnet seg og utviklet kunnskap som kommer nye etableringer til gode. En annen årsak kan være at en stor aktørs etablering legger til rette for mer effektive nyetableringer for andre datasentre, blant annet gjennom investeringer i nødvendig infrastruktur.

Realisering av middels scenario i mulighetsstudien for datasenterklyngen på Kalberg vil i seg selv representere en innovasjon på nasjonalt nivå. Det følger både av typer datasentre som etableres i

klyngen, men også at klyngens størrelse er av nasjonal betydning. Middels scenario for datasenterklyngen på Kalberg innebærer utbygging av om lag 500 MW kapasitet. De 18 etablerte datasentrene i Norge hadde i 2019 en kapasitet på om lag 105 MW, ifølge Implements kartlegging.

Et viktig moment knyttet til etablering av en slik datasenterklynge er at eiere og kunder har en betydelig mengde lokaliseringskrav, særlig tilknyttet virksomhetskritiske digitale oppgaver. Det innebærer at slike datasentre ikke kan lokaliseres hvor som helst. Ifølge Data Centre Risk Index er de viktigste faktorene som vektlegges i lokaliseringsvalget politisk og fysisk sikkerhet og forutsigbarhet, internasjonale digitale tilkoblinger og lave strømkostnader (Cushman og Wakefield, 2016).

4.3.2 Overskuddsvarme kan realisere etablering av annen næringsaktivitet

Datasentre forbruker store mengder energi. Store deler av denne energien omgjøres til varme, gjennom driftsprosessene i datasenteret. Fordi serverne i datasenteret er avhengige av kjøling for optimal effektivitet, har overskuddsvarmen som genereres ingen reell verdi for datasenterselskapet. Som følge av både dette, og at datasentereiere ønsker å redusere datasenterets klimaavtrykk, kan overskuddsvarmen tilbys gratis eller til veldig lave priser til andre aktører som kan ha nytte av denne. Den lave prisen forutsetter at datasenteret kan kobles til et eksternt driftet distribusjonsnett. Norconsult (2020) konkluderer med at lokale distribusjonsnett for bruk av overskuddsvarme kan etableres relativt kostnadseffektivt.

Det er igangsatt prosjekter for å utnytte datasentrenes overskuddsvarme, særlig i tilknytning til store aktørers hyperscale datasentre. Felles for de fleste av disse er at de i hovedsak består i å bruke overskuddsvarmen til fjernvarming av boliger. I Oslo har DigiPlex og Fortum inngått et samarbeid om å koble overskuddsvarme fra en serverhall på fjernvarmenettet i Oslo, DigiPlex har lignende systemer tilknyttet sitt datasenter i Stockholm (DigiPlex, 2020). Også i Odense (Danmark) og Helsinki (Finland) er datasentre koblet på fjernvarmenettet.

Fjernvarme er i vekst i Norge, men utgjør fortsatt en liten andel av innenlands energiforbruk. Det er også bygget ut relativt lite fjernvarmenett i Norge, sammenlignet med Sverige og Danmark. Dette har blant annet sammenheng med mer spredt bosetting som gjør fjernvarme mindre lønnsomt, samtidig har Norge historisk hatt lave strømpriser (SSB, 2020b). Dette gjør at det i større grad må tenkes nytt om bruk av overskuddsvarme fra datasentre i Norge.

I de foregående kapitlene er det drøftet klimaeffekter av tre mulige anvendelser av overskuddsvarme fra datasentre, henholdsvis veksthus, landbasert fiskeoppdrett og biogassanlegg. I prinsippet kan overskuddsvarme fra datasenteret inngå som innsatsfaktor i en hvilken som helst energikrevende virksomhet som kan plasseres i nærheten av datasenterklyngen. Tilnærmet gratis overskuddsvarme fra datasentrene bidrar til å redusere kostnader, og øke lønnsomheten i slike investeringer. Hvilke næringsaktiviteter som eventuelt etableres, er avhengig av de spesifikke anvendelsenes markedsmessige forutsetninger, i Norge og internasjonalt.

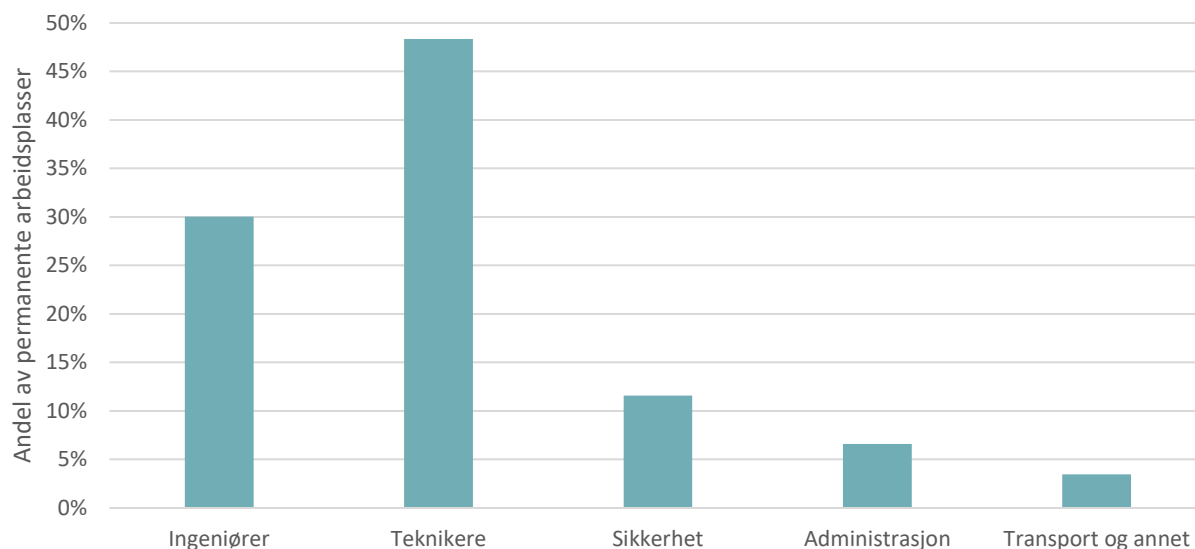
Å ta i bruk overskuddsvarme fra datasentre som innsatsfaktor i annen næringsvirksomhet kan sees på som en nasjonal innovasjon. Bruk av overskuddsvarme er også en form for produktinnovasjon i datasentermarkedet, som i hovedsak tilbyr datasentertjenester og digitale varer og tjenester til sine kunder.

4.3.3 Økt konsentrasjon av IKT-relatert kompetanse i regionen

De to foregående kildene til innovasjon er direkte tilknyttet datasentrenes aktiviteter i regionen. I tillegg til disse kan det oppstå mer indirekte innovasjonseffekter, som følge av datasentrenes tilstedeværelse. Økt konsentrasjon av IKT-relatert næringsaktivitet og kompetanse øker regionens attraktivitet for andre aktører med tilgrensende behov, som igangsetter ny aktivitet. Det øker igjen det regionale arbeidsmarkedet for personer med IKT-relatert kompetanse. Dette kan omtales som teknologisk diffusjon, der kompetanse og teknologi fra datasenternæringen og deres underleverandører tas i bruk i nye anvendelser. Disse effektene er imidlertid mindre håndfaste, og på forhånd er det svært vanskelig å forutsi akkurat hvilke anvendelser som realiseres.

I mulighetsstudien for datasenterklyngen på Kalberg anslås det at en tredel av de sysselsatte i de 5 300 permanente arbeidsplassene vil ha ingeniørkompetanse. Omtrent halvparten har annen teknisk kompetanse, blant annet tilknyttet elektro, ventilasjon og lignende, jf. Figur 22. Dette gir et betydelig økt innslag av IKT-relatert teknisk kompetanse i regionen.

Figur 22 Kompetansesammensetning blant de permanente sysselsatte i tilknytning til datasenterklyngen



Kilde: Lyse og Green Mountain (2020).

I litteratur omtales disse effektene som katalytiske virkninger. Implement (2020) analyserer nedstrøms produktivitetsgevinster, blant datasentrenes kunder. Det framheves at datasentrenes tilstedeværelse vil bidra til kostnadsbesparelser for drift av digitale løsninger, økt effektivitet og fleksibilitet i norske virksomheters IT-tjenester og raskere implementering av ny teknologi. Også på leverandørsiden kan datasentrenes krav og behov som forutsetter forskning og utvikling hos disse.

Sweco (2017) analyserer effekter av Facebooks etablering i Luleå i perioden 2012–2017. Studien finner flere kvalitative effekter etter at Facebook etablerte datasenter i 2011. Flere store leverandører, som Vattenfall og Ericsson har etablert nye kontorer i regionen. Det er også observert betydelig økning i antall nyetablerte foretak i Luleå Science Park og andre foretak med tilknytning til bransjen. Regionen opplever økt synlighet som lokaliseringssted, og har økt kompetanse for å ta imot både nasjonale og internasjonale aktører. Blant annet ble The Node Pole, en ideell organisasjon som veileder investorer som er interesserte i regionen. Videre har Facebooks tilstedeværelse gitt strukturelle endringer og ny infrastruktur, som har gjort regionen mer attraktiv for andre investeringer, som batterifabrikk og lignende. Ikke alle disse effektene skyldes Facebooks etablering direkte, men har vært en medvirkende faktor.

4.3.4 Samarbeid mellom universitet, datasenterklyngen og andre virksomheter

En annen mulig kilde til innovasjon er samarbeid mellom Universitetet i Stavanger, datasenterklyngen og andre virksomheter. I Luleå er det etablert en rekke samarbeidsprosjekter mellom næringslivet og det lokale tekniske universitetet for å utvikle både datasentrene og relaterte aktiviteter. Facebook, Vattenfall, Ericsson, ABB og andre har donert til forskning på datasentertjenester. På universitetet er flere prosjekter startet. Blant annet Cloudberry, som forsker på måter å gjøre datasenterindustrien mer miljøvennlig (Sweco, 2017). Erfaringene fra Luleå tilsier imidlertid at det må gjøres betydelig innsats for å oppnå disse samarbeidseffektene, og at eksterne aktører har en betydelig rolle i å tilrettelegge og involvere relevante parter. Det er like fullt grunn til å vente at Universitetet i Stavanger vil forholde seg aktivt til en så stor næringsetablering som datasenteret på Kalberg.

4.4 Datasenterklyngen kan bidra til omstilling av regionens næringsliv

Rogaland er den regionen i Norge som er tettest knyttet til petroleumsaktiviteten på norsk sokkel, blant annet gjennom landets «oljehovedstad» i Stavanger. Innslaget av petroleumsrettet næringsliv har tjent regionen vel over flere tiår. Selv om aktiviteten i petroleumssektoren opprettholdes også framover, er det ventet at investeringsnivået vil begynne å falle gradvis ut 2020-tallet. Det får konsekvenser for den nasjonale sysselsettings- og næringsutviklingen, men har særlig stor betydning for Rogaland som region.

4.4.1 Store datasentre er en ny basisnæring (konkurranseutsatt næring) i regionen

Grovt sett kan næringsaktiviteter deles i to grupper. *Basisnæringer* produserer varer, tjenester eller teknologi som kan handles over lange avstander. Produsenter i en gitt region eller land kan derfor dekke etterspørselen fra aktører i andre deler av både landet og verden. På denne måten er basisnæringene konkurranseutsatte, og avhengige av komparative fortrinn for å vinne fram i konkurransen i markedet. Eksempler på basisnæringer er petroleumsnæringen, industri og primærnæringer som jordbruk, skogbruk og fiske. *Lokalnæringer* er næringer som i hovedsak dekker behovene til virksomheter og personer innad i en region eller land. Eksempler på slike næringer er detaljvarehandel, omsorgstjenester, skoler mv.

Den samlede inntektsutviklingen i et land eller en region er avhengig av et tilstrekkelig omfang av basisnæringer. Inntektene fra basisnæringene gir videre et grunnlag for virksomheter (private og offentlige) som leverer tjenester til befolkningen i regionen. Hvordan endringer i basisnæringer påvirker resten av økonomien har vært gjenstand for forskning i flere land. Disse sammenhengene kan uttrykkes ved multiplikatoreffekter, målt ved at én arbeidsplass i basisnæringene gir lokal etterspørsel som øker sysselsetting i lokalnæringene (Moretti, 2010). Moretti (2010) finner at én arbeidsplass i basisnæringene gir 1,6 arbeidsplasser i lokalnæringer med amerikanske data. Dyrstad (2014) gjør samme studie med norske tall, og finner en multiplikator på 0,75.

For at basisnæringer skal bidra til økonomisk vekst i en region avhenger blant annet av at de har:

1. Lønnsevne over gjennomsnittet i økonomien
2. Produserer produkter det er stabil eller økende etterspørsel etter
3. Stimulerer videre kunnskapsutvikling og læring i samfunn og næringsliv

Petroleumsnæringen har over tid hatt alle disse kjennetegnene og vil fortsatt ha disse i årene som kommer. Med en overgang til et lavutslippssamfunn og økte preferanser og krav til klima- og miljøvennlige energi- og transportløsninger, er det grunn til å vente at etterspørselen etter olje vil begynne å avta. Datasenternæringen vil på sin side, med den digitale revolusjonen verden er inne i, også tilfredsstille alle disse tre kjennetegnene over.

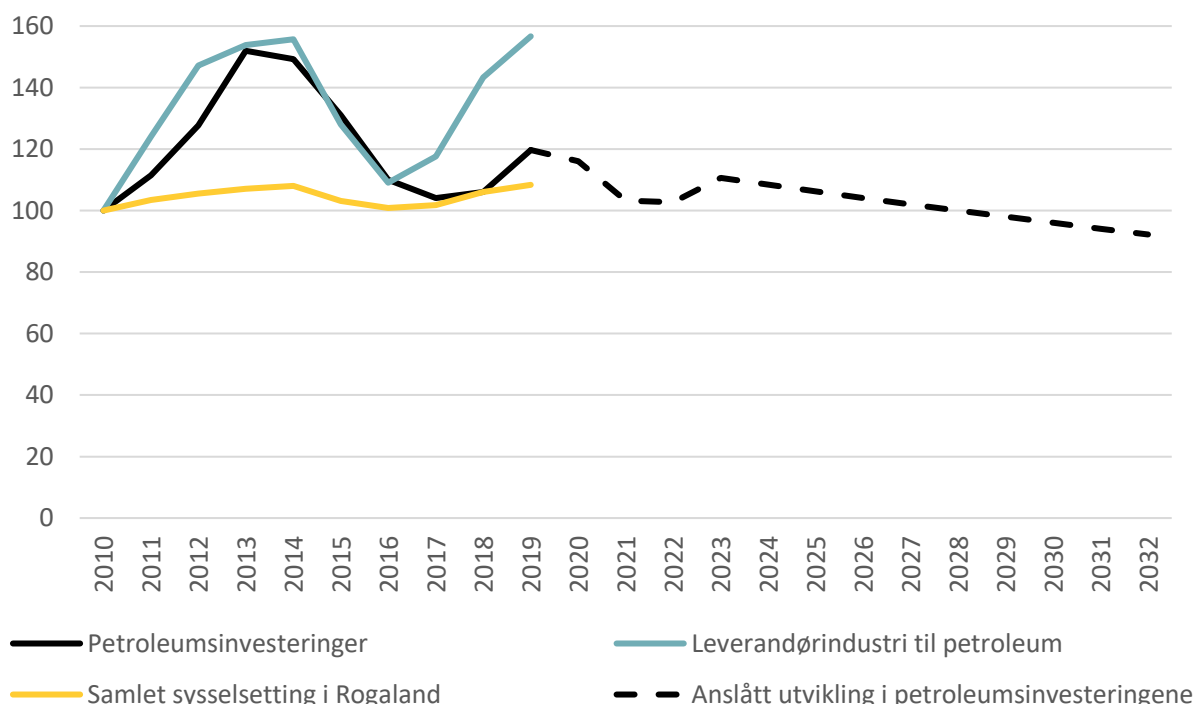
4.4.2 Nedgang i petroleumsinvesteringene reduserer isolert sett sysselsettingen i Rogaland

Som nevnt har Rogaland et betydelig innslag av petroleumsrettet næringsliv. Det gjelder for petroleumsnæringen i seg selv, men også et stort antall aktører i leverandørindustrien som leverer både varer og tjenester rettet mot petroleumsaktiviteten på sokkelen.

Sysselsettingen i leverandørindustrien henger tett sammen med utviklingen i petroleumsinvesteringene, jf. Figur 23. Også sysselsettingen i fylket som helhet har fulgt svingningene i petroleumsinvesteringene, men med mindre utslag enn for leverandørindustrien spesifikt.

Norges Banks prognoser for de nærmeste årene tilsier at petroleumsinvesteringene først vil falle noe, og deretter ta seg opp igjen i 2023. Økningen i 2023 kommer som følge av nye skatteinsentiver innført i 2020, som forutsetter igangsetting før utgangen av 2022. I årene fram mot 2030 legger SSB (2018) til grunn at petroleumsinvesteringene faller med 2 prosent årlig. I figuren har vi lagt til grunn den samme utviklingen for årene fra 2024 fram til 2032.

Figur 23 Utvikling i petroleumsinvesteringer og sysselsettingen i Rogaland, og framskrevet utvikling i petroleumsinvesteringene.



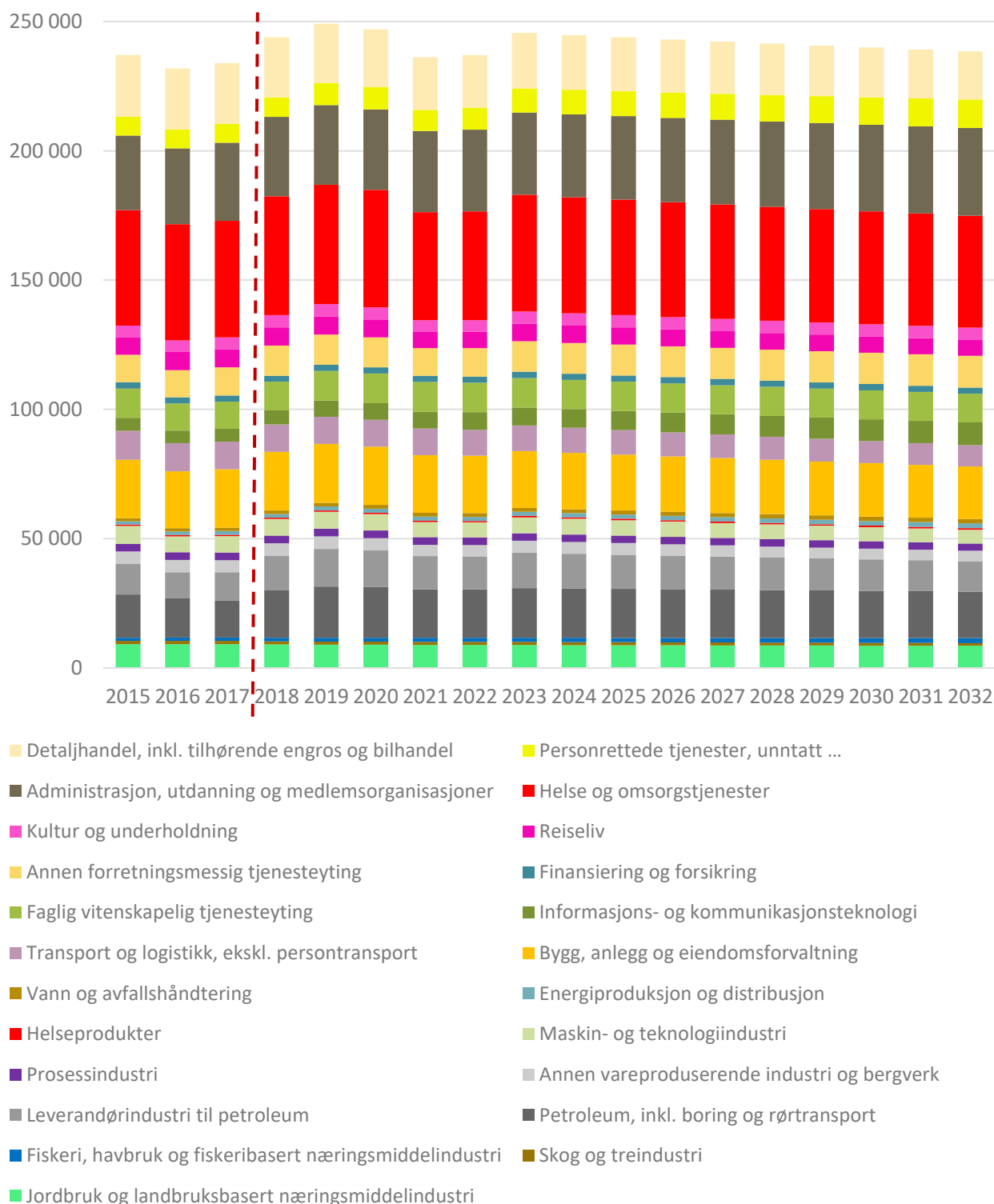
Kilde: Registerbasert sysselsetting fra SSB, Nasjonalregnskapet, Norges Bank (2020) og SSB (2018).

Med utgangspunkt i de observerte sammenhengene mellom leverandørindustrien, andre næringer som leverer tjenester til petroleumsaktører og multiplikatorene har vi framskrevet en sannsynlig referansebane for sysselsettingsutviklingen i Rogaland, som følge av gradvis fallende petroleumsinvesteringer fram mot 2032. Framskrivingene er laget med utgangspunkt i SØAs nærings- og kompetansemodell, og bygger på følgende forutsetninger:

1. Sysselsettingstrender framskrives med fem års glidende gjennomsnitt.
2. Petroleumsinvesteringene følger prognoser og framskrivinger fra henholdsvis Norges Bank og SSB.
3. Sysselsettingsutviklingen i leverandørindustri rettet mot petroleum, maskin- og teknologiindustrien, samt annen vareproduserende industri og bergverk er antatt å følge samme utvikling som petroleumsinvesteringene.
4. I bygg og anlegg, transport og logistikk, informasjons- og kommunikasjonsteknologi, samt faglig og vitenskapelig tjenesteyting er framskrevet sysselsettingsutvikling nedjustert avhengig av hvor sterkt den historiske sysselsettingsutviklingen i disse næringene henger sammen med utviklingen i petroleumsinvesteringene.
5. Multiplikatoren mellom sysselsetting i basisnæringer og lokalnæringer antatt å være 0,75 arbeidsplasser, jf. Dyrstad (2014).

Formålet med framskriving av referansebanen er å belyse hvordan forventede endringer i petroleumssektoren vil påvirke næringslivet og sysselsettingsutviklingen i Rogaland.

Den framskrevne referansebanen tilsier at sysselsettingen i Rogaland faller med i overkant av 4 prosent i perioden fra 2019 til 2030, som følge av reduserte petroleumsinvesteringer. Det tilsvarer en sysselsettingsnedgang på om lag 10 000 personer i løpet av denne perioden, jf. figur 4.6. Den framskrevne sysselsettingsnedgangen kan motvirkes av omstilling eller nyetableringer i ulike deler av næringslivet. I denne rapporten ser vi på hvordan datasenteretableringer på Kalberg kan bidra.

Figur 24 Framskrevet referansebane for sysselsettingsutvikling i Rogaland, fordelt på næringsgruppe

Kilde: Registerbasert sysselsetting fra SSB, beregninger gjort av SØA.

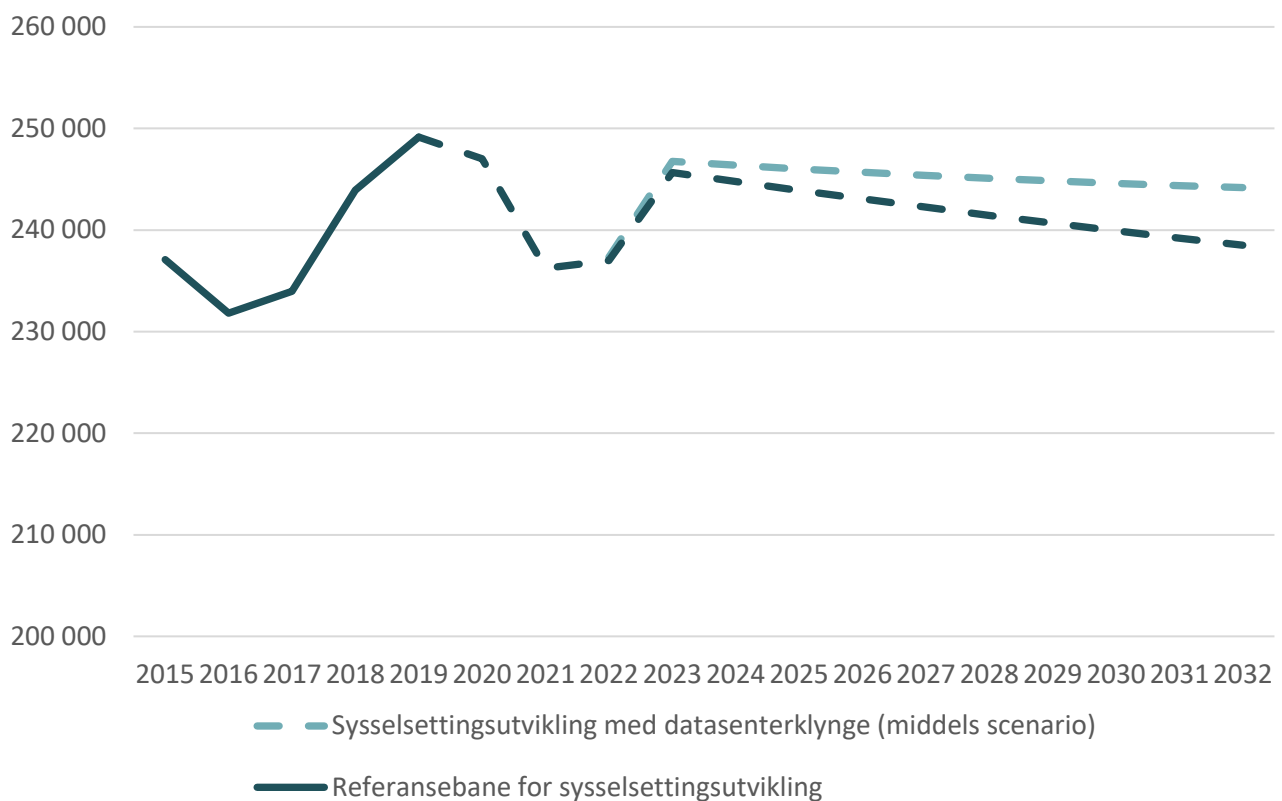
4.4.3 Middels scenario for datasenterklynge på Kalberg motvirker halvparten av sysselsettingsnedgangen

Norconsult (2020) anslår at den regionale sysselsettingseffekten av middels scenario for datasenterklyngen er 5 300 permanente arbeidsplasser i 2032. Dette er kun sysselsettingseffekter

som er direkte knyttet til drift og vedlikehold av de 15 etablerte datasentrene. Det innebærer at sysselsettingsnedgangen i referansebanen om lag halveres, gitt at middels scenario for datasenterklyngen realiseres, jf. Figur 25.

I den justerte utviklingsbanen er det kun sysselsatte i tilknytning til datasenterklyngen som er medregnet. Det innebærer at vi kun har beregnet sysselsettingseffekter av første punkt i de fire kildene til innovasjonseffekter som følger av datasenteretableringer. Øvrige innovasjonseffekter som også gir regionale sysselsettingseffekter, vil komme i tillegg. Det er imidlertid betydelig usikkerhet knyttet til både typer og omfang av effekter. Disse er derfor ikke tallfestet. Konklusjonen er imidlertid at datasenterklyngen på Kalberg vil være et vesentlig bidrag til å opprettholde sysselsetting og inntekt i Rogaland det neste tiåret.

Figur 25 Sysselsettingsutvikling i Rogaland, referansebane og med realisert middels scenario for datasenterklynge



Note: Datasenterklyngen inkluderer kun sysselsatte til drift og vedlikehold av datasentrene, ytterligere innovasjons- og sysselsettingseffekter er ikke medregnet.

Kilde: SØA, basert på Norconsult (2020).

REFERANSELISTE

- Arntz, M., T. Gregory, U. Zierahn (2017). Revisiting the risk of automation. *Economic Letters* 65(1), s. 157-160.
- Asplan Viak; https://klimamarin.no/wp-content/uploads/2019/11/16_Skontorp-Hogens_Landbasert-oppdrett-i-RAS-anlegg_Klimamarin2019.pdf
- BBBLS-veksthus; <https://www.bbbbs.net/> - bygges blant annet som en del av Den magiske fabrikken
- BioForsk, Energi til Norsk veksthusnæring; <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2505510/Bioforsk-Rapport-2006-01-119.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bresnahan, T.F. og M. Trajtenberg (1995). General purpose technologies: Engines of growth. *Journal of Econometrics*, 65(1), s. 83-108.
- Carbon Limits (2019) Ressursgrunnlaget for produksjon av biogass i Norge i 2030
- CDT (2019). Great investment in data center research. Publisert i Data Centers in North Sweden.
- Cushman og Wakefield (2016). Data centre risk index.
- DigiPlex (2020). Sustainability report 2019.
- DNV GL, Fullelektrisk fiskeoppdrett; https://www.energinorge.no/contentassets/ef7f99cb7a954aa99393156203f764ad/fullelektrisk-fiskeoppdrett_endeligversjon.pdf
- Dyrstad, E.H. (2014). Local Employment Multipliers in Norway.
- Enova, Havets gull får strøm fra land; <https://presse.enova.no/news/havets-gull-faar-stroem-fra-land-103514>
- IDC (2018). Data Age 2025. The Digitization of the World. IDC white-paper.
- Ilaks, Må all vekst i norsk oppdrett tas på land; <https://ilaks.no/ma-all-vekst-i-norsk-oppdrett-tas-pa-land/>
- Implement (2020). Datasentre i Norge. Ringvirkningsanalyse av gjennomførte og potensielle etableringer.
- Innovasjon Norge (2017). Veien til innovasjonskontrakter.
- Kystverket, Prosedyre for dødfiskhåndtering, avliving og destruering; <https://einnsyn.kystverket.no/einnsyn/registryentry/ShowDocument?registryEntryId=318064&documentId=576825>
- Lyse og Green Mountain (2020). Kalberg Valley. Scenarios and Employment study.
- Lyse, Sommerprosjekt 2020; Datasenter på Kalberg
- Magalhaes, G. og C. Roseira (2017). Open Government Data and the Private Sector. An Empirical View on Business Models and Value Creation. *Government Information Quarterly*.
- Mattilsynet, Krav til opptak og håndtering av dødfisk; https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/fiske_og_sjellsykdommer/krav_til_opptak_og_haandtering_av_dodfisk_i_oppdrettsanlegg.33039
- Miljødirektoratet, omregning energivare; <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabeller-for-omregning-fra-energivarer-til-kwh/>
- Miljødirektoratet (2020) Virkemidler for økt bruk og produksjon av biogass. Rapport M-1652.
- Moretti, E. (2010). Local Multipliers. *American Economic Review*, 100(2), s. 373-377.
- NIBIO, Fiskeslakt er gull verdt i biogassindustrien; <https://www.nibio.no/nyheter/fiskeslakt-er-gull-verdt-i-biogassindustrien>
- NIBIO, Husdyrsgjødsel + fiskeslam = biogass; <https://www.nibio.no/nyheter/husdyrsgjodsel-fiskeslam--biogass>
- NIBIO (2016) Biogassproduksjon fra settefiskslam i sentraliserte og desentraliserte biogassanlegg.
- NLH, Fiskeensilasje i kraftfor til husdyr; https://www.rubin.no/Rapporter/301_50.PDF
- NMBU, Livsløpsvurdering av tomatproduksjon i Norge; <http://www.kore.no/wp-content/uploads/2018/12/Livsl%C3%B8psvurdering-av-tomatproduksjon-i-Norge.pdf>
- NORCE, Biogass/biorestproduksjon som bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren; <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/bitstream/handle/11250/2630988/Rapport%20NORCE%20Milj%C3%B8%205-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Norconsult (2020). *KU-rapport for Kommuneplanens arealdel – Fase 2*.
- Norges Bank (2020). *Pengepolitisk rapport 3/20*.
- Norsk Gartnerforbund, *Energibehov i gjennomsnittsveksthus*; <http://ngfenergi.no/veksthuset/energibehov/>
- NTNU, SINTEF, SNF, *Analyse av lukka oppdrett av laks*; <http://fisk.no/attachments/article/6572/landbasert-lakseoppdrett-analyse.pdf>
- NVE; *Hydrogenproduksjon ved småkraftverk*; http://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_73.pdf
- OECD (2020). *Measuring the economics value of data and cross-border data flows*. OECD digital economy papers no. 297.
- *Samtale med Fredrikstad Seafoods v. Bernt Olav Røttingsnes*
- *SSB-tabeller Akvakultur: 07516 og 09259*; <https://www.ssb.no/statbank/list/fiskeoppdrett/>
- Statistisk sentralbyrå (2018). *Framskrivinger av arbeidsstyrken og sysselsettingen etter utdanning mot 2035*. SSB-rapport 2018/36.
- Statistisk sentralbyrå (2020a). *Nasjonalregnskapet. Tabell 09170*. Hentet fra: <https://www.ssb.no/statbank/list/knr>.
- Statistisk sentralbyrå (2020b). *Stadig mer bruk av fjernvarme*. Hentet fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/stadig-mer-bruk-av-fjernvarme>
- Sweco (2017). *Effekter av Facebooks etablering i Luleå*.
- Wilhelmsen, L. (2016). *Innovasjon i norsk næringsliv 2012-2014*. SSB-rapport 2016/18.

APPENDIX

Biogass

Figur 26: Data biogass

Hva	Data	Kommentar	Kilde
Energibehov oppvarming	5 % av produsert biogass	Oppdragsgiver antar at dette ligger rundt 5-10 %, og at vi bør bruke et konservativt anslag på 5 %	Møte med oppdragsgiver
Mengde biorest	Differansen mellom vekten på substrat inn og vekten på biogass+CO ₂ ut	Fordelingen av det som kommer ut er ca. 65 % biogass (metan) og 35 % CO ₂ .	Møte med oppdragsgiver
Tilgang på husdyrgjødsel	50 GWh produsert biogass / 120 000 tonn tørrfraksjon	Rapporten ser på separering av husdyrgjødsel (fra storfe og gris) i våt og tørrfraksjon (23%), før den tørre fraksjonen tas videre for biogassproduksjon i en sentralisert hub. Kommunene som er inkludert er Hå (46%), Klepp (29%) og Time (24%) på Jæren. De antar at utslippene per tonn tørrstoff er upåvirket av separeringsprosessen., men at fosfor i stor grad vil følge det tørre. Rapporten sier at det er totalt 696 433 tonn bløtgjødsel, med et teoretisk potensiale på 114 GWh, hvorav 163 150 tonn tørrfraksjon med 80 GWh teoretisk biogasspotensialet. Nedskalert gir dette realistisk utbytte på GWh ut av 120 000 tonn tørrfraksjon. Rapporten bruker at tørrfraksjonen inneholder 30 % TS.	NORCE, 2019.
Energipotensiale husdyrgjødsel	1,8 – 3,99 MWh/tonn VS	Volatile Solids (VS). Potensialet varierer mye mellom dyr. 2,3 på melkeku, 3,0 på slaktegris. Realistisk.	Carbon Limits, 2019
Energipotensiale veksthus	0,74 MWh/tonn råvekt	Energipotensialet i veksthusavfall	Carbon Limits, 2019
TS og VS i bløtgjødsel husdyr	2,6-4,5 % TS, hvorav 78 % VS	Total Solids (TS) er tørrstoff. Volatile Solids (VS) er organisk tørrstoff.	Gebauer, 2016
CO ₂ fra biogassproduksjon	190 000 tonn CO ₂ fra 2 500 GWh	Rambøll, 2019 og Sommerprosjektet til Lyse bruker samme tall.	
Omregningsfaktor fra gCO ₂ /MJ til tCO ₂ /GWh	3,6	1 MJ = 0,277 kWh og 1 kWh = 3,6 MJ	
Utslipp fra referanseenergibærere	Diesel: 94,00 gCO ₂ /MJ Naturgass: 56,23 gCO ₂ /MJ	Tall fra rapporten for diesel og fra Bransjenormen for klimarapportering av biogass (utarbeidet av Carbon Limits) for naturgass	Carbon Limits, 2019
Klimanytte ulike råstoffer	Husdyrgjødsel: 94 - (-60) = 154 Fiskeslam: 94 - 16 = 78 Fiskeensilasje: 94 - 13 = 81 Veksthus: 94 - 10 = 84	Dette er med utregning. Klimanytten inkluderer verdikjeden fra produksjon og bruk til og med oppgradering. Diesel er referansedrivstoff. For veksthuset er det brukt et gjennomsnitt av grønnsaker og matavfall. Klimanytten oppgis som et spenn som avhenger av produksjonskvalitet, og vi antar at vårt anlegg er moderne (80 % av maks).	Carbon Limits, 2019/ egne beregninger

Figur 27: Utregninger biogass

Hva	Utregninger	Kommentar																												
CO2 fra biogassproduksjon	(49,5 GWh/2 500 GWh)*190 000 tonn = 3 762 tonn CO2 per år.	Nedskalering av tall i Carbon Limits (2019)																												
Produsert biogass spart på å bruke spillvarme	49,5 GWh * 0,05 = 2,475 GWh ≈ 2,5 GWh	Gitt at 5 prosent av biogassen ville gått til oppvarming																												
Mengde biorest (totalt)	47 891 + 10 097 + 1324 – (3 762* 65/35 + 3 762) = 48 563 tonn biorest	Gitt at det kommer ut 3 762 tonn CO2, og at det er 65/35 biogass/co2																												
Energipotensiale husdyrgjødsel – alternativ utregning for kvalitetssikring	50 000 tonn tørrfraksjon * 0,3 TS tørr * 0,78 VS/TS * 2 MWh/tonn VS = 23 400 MWh /1000 = 23 GWh	50 000 tonn tørrfraksjon er det vi bruker. 30 % TS i tørrfraksjonen (NORCE, tabell A.3). 78 % VS i TS (NIBIO, tabell 1). 1,8-3,99 MWh/tonn VS (Carbon Limits, tabell 5), bruker 2,0 fordi kuer har lav (Carbon Limits, tabell 2, kolonne 6). [21 060 MWh, 46 683MWh].																												
Klimanytte, med diesel og naturgass som referansedrivstoff, inndelt etter bidraget fra hvert råstoff.	<table><tr><th></th><th>Diesel</th><th></th><th>Naturgass</th></tr><tr><td>Husdyrgjødsel</td><td>154*3,6*(21*0,8+3,7*0,85) = 11 058 tCO2</td><td>Husdyrgjødsel</td><td>(154-38)*3,6*(21*0,8+3,7*0,85) = 8329 tCO2</td></tr><tr><td>Fiskeslam</td><td>78*3,6*21*0,2 = 1 179 tCO2</td><td>Fiskeslam</td><td>(78-38)*3,6*21*0,2 = 605 tCO2</td></tr><tr><td>Fiskeensilasje</td><td>81*3,6*3,7*0,15 = 162 tCO2</td><td>Fiskeensilasje</td><td>(81-38)*3,6*3,7*0,15 = 86 tCO2</td></tr><tr><td>Dobling</td><td>94*3,6*(21+3,7) = 8 358 tCO2</td><td>Dobling</td><td>56,23*3,6*(21+3,7) = 5 000 tCO2</td></tr><tr><td>Veksthus</td><td>84*3,6*0,296 = 90 tCO2</td><td>Veksthus</td><td>(84-38)*3,6*0,296 = 49 tCO2</td></tr><tr><td>Sum</td><td>20 847 tCO2</td><td>Sum</td><td>14 069 tCO2</td></tr></table>		Diesel		Naturgass	Husdyrgjødsel	154*3,6*(21*0,8+3,7*0,85) = 11 058 tCO2	Husdyrgjødsel	(154-38)*3,6*(21*0,8+3,7*0,85) = 8329 tCO2	Fiskeslam	78*3,6*21*0,2 = 1 179 tCO2	Fiskeslam	(78-38)*3,6*21*0,2 = 605 tCO2	Fiskeensilasje	81*3,6*3,7*0,15 = 162 tCO2	Fiskeensilasje	(81-38)*3,6*3,7*0,15 = 86 tCO2	Dobling	94*3,6*(21+3,7) = 8 358 tCO2	Dobling	56,23*3,6*(21+3,7) = 5 000 tCO2	Veksthus	84*3,6*0,296 = 90 tCO2	Veksthus	(84-38)*3,6*0,296 = 49 tCO2	Sum	20 847 tCO2	Sum	14 069 tCO2	I nedskaleringen fra diesel til naturgass som referanseenergibærer brukes differansen i utslipp mellom dem. Effekten av <i>doblingen</i> har en ren substitusjonseffekt, og verdsettes som kun erstatning. De ulike råstoffene som kombineres tilskrives sin andel av produksjonen (80/20 og 85/15, fisk behandles i regnestykke med likt energiinnhold som husdyrgjødsel).
	Diesel		Naturgass																											
Husdyrgjødsel	154*3,6*(21*0,8+3,7*0,85) = 11 058 tCO2	Husdyrgjødsel	(154-38)*3,6*(21*0,8+3,7*0,85) = 8329 tCO2																											
Fiskeslam	78*3,6*21*0,2 = 1 179 tCO2	Fiskeslam	(78-38)*3,6*21*0,2 = 605 tCO2																											
Fiskeensilasje	81*3,6*3,7*0,15 = 162 tCO2	Fiskeensilasje	(81-38)*3,6*3,7*0,15 = 86 tCO2																											
Dobling	94*3,6*(21+3,7) = 8 358 tCO2	Dobling	56,23*3,6*(21+3,7) = 5 000 tCO2																											
Veksthus	84*3,6*0,296 = 90 tCO2	Veksthus	(84-38)*3,6*0,296 = 49 tCO2																											
Sum	20 847 tCO2	Sum	14 069 tCO2																											

Oppdrett

Figur 28: CO2-regnskap for oppdrettsanlegg på Kalberg sammenliknet med referansealternativene

Hva	Anlegg på Kalberg	Tradisjonelt referansealternativ	Anlegg på Kalberg	Moderne referansealternativ
Energiforbruk	Anlegg for settefisk + matfisk trekker totalt ~57 GWh fra strømmettet. Tilsvarende 5,7 tonn CO ₂ e.	Anlegg for settefisk + matfisk trekker totalt 3 GWh fra strømmettet. Tilsvarende 0,4 tonn CO ₂ e.	Anlegg for settefisk + matfisk trekker totalt ~57 GWh fra strømmettet. Tilsvarende 5,7 tonn CO ₂ e.	Anlegg for settefisk + matfisk trekker totalt ~57 GWh fra strømmettet. Tilsvarende 5,7 tonn CO ₂ e.
Oppvarmingsbehov	3,6 GWh overskuddsvarme fra datasenteret. Antar null utslipp knyttet til overskuddsvarme.	Tilnærmet null	3,6 GWh overskuddsvarme fra datasenteret. Antar null utslipp knyttet til overskuddsvarme.	3,6 GWh strøm fra strømmettet. Tilsvarende 0,5 tonn CO ₂ e.
Avhending av slam og ensilasje	Slam og ensilasje blir samlet opp, og bidrar til produksjon av hhv. 21 og 3,7 GWh ekstra biogass. Bidrar med en CO ₂ -reduksjon på 5 407 tCO ₂	Slam blir ikke samlet opp. Utgjør en begrenset klima- og miljøeffekt i dag.	Slam og ensilasje blir samlet opp, og bidrar til produksjon av hhv. 21 og 3,7 GWh ekstra biogass. Bidrar med en CO ₂ -reduksjon på 5 407 tCO ₂	Slam blir samlet opp, men blir ikke brukt i biogassproduksjon.
SUM	+5,7 tonn CO ₂ e for energibruk. +0 tonn CO ₂ e for oppvarming. -5 407 tonn CO ₂ e for biogassproduksjon fra slam. SUM = minus ~5 401 tonn CO ₂ e	+0,4 tonn CO ₂ e for energibruk. +0 tonn CO ₂ e for oppvarming. -0 tonn CO ₂ e for biogassproduksjon +Negativ miljøeffekt ved utslipp av slam i havet (ikke tallfestet). SUM = 0,4 tonn CO ₂ e	+5,7 tonn CO ₂ e for energibruk. +0 tonn CO ₂ e for oppvarming. -5 407 tonn CO ₂ e for biogassproduksjon fra slam. SUM = minus ~5 401 tonn CO ₂ e	+5,7 tonn CO ₂ e for energibruk. +0,5 tonn CO ₂ e for oppvarming. -0 tonn CO ₂ e for biogassproduksjon SUM = 6,2 tonn CO ₂ e

	Bedre enn referansealternativ		Like godt som referansealternativ
	Noe bedre enn referansealternativ		Dårligere enn referansealternativ

Figur 29: Data oppdrett

Hva	Data	Kommentar	Kilde
Energibehov RAS-anlegg	6-9 kWh/kg fisk produsert	100% elektrisitet. Erfaringstall fra operative anlegg avdekker derimot at en kan forvente et energiforbruk på nærmere 6 kWh.	NTNU, SINTEF, SNF (2018)
Oppvarmingsbehov RAS-anlegg	Tilnærmet 6 % av energibruken	Svært mye indirekte oppvarming fra andre prosesser, samt varme fra fisken gir derimot et behov for nedkjøling store deler av året. Også behov for 20 % kjøling. Oppvarmingsbehovet vil komme i perioder på vinteren.	Samtale med Sintef Ocean; Asplan Viak (2019)
Dieselforbruk for åpne, havbaserte oppdrettsanlegg	Dieselforbruk sjøanlegg (utan brønnbåt): 21 liter per tonn fôr		NTNU, SINTEF, SNF (2018)
Energiinnhold diesel	1 liter = 10,056 kWh		Miljødirektoratet, omregning energivare
Energibesparelse for havbaserte oppdrettsanlegg ved å gå over fra diesel til elektrisitet	Landstrøm sparer 65% energi for oppdrettsanlegg til havs	Gjennomsnittstall for Måsøval Fiskeoppdrett som har syv lokaliteter i hovedsak rundt Frøya og Hitra.	Enova (2015)
Energibehov smoltanlegg	3-5 kWh/kg fisk solgt	100% elektrisitet	NTNU, SINTEF, SNF (2018)
Oppvarmingsbehov RAS-anlegg	Ca 6 % av energibehovet	Behovet for kjøling er derimot høyere enn behovet for varme. Vil avhenge gjennom året basert på utetemperatur. Behovet for oppvarming kommer på vinteren.	Asplan Viak (2019)
Ratio post-smolt til matfisk	Behov for 2 millioner settefisk for å produsere 10 000 tonn matfisk.		Samtale med Sintef Ocean
Førfaktor – ulike anlegg	Matfisk: 1,15 kg fôr/kg fisk produsert Post-smolt: 1,0 kg fôr/kg fisk solgt		NTNU, SINTEF, SNF (2018)
Arealbehov – ulike anlegg	Matfisk-anlegg: 90 000 m ² for 10 000 tonn Settefisk (smolt og post-smolt): 900 m ² for 200 tonn		NTNU, SINTEF, SNF (2018)
Slamproduksjon RAS-anlegg	Et matfiskanlegg på 10 000 tonn gir 1650 tonn slam med tørrstoffprosent 90. Et settefiskanlegg på 3000 tonn gir 492 tonn slam med tørrstoffprosent 90.	For matfiskanlegget: Dette tilsvarer $1650 * ((0,9/15) * 100) = 9900$ tonn slam per år med tørrstoffprosent 15, som er den ideelle prosenten for biogassproduksjon (5). For settefiskanlegg: et anlegg på 200 tonn vil gi $(492/15) * ((0,9/15) * 100) = 197$ tonn slam per år med tørrstoffprosent 15.	NTNU, SINTEF, SNF (2018)
Energiinnhold i fiskeslam	1 tonn TS gir $5.59 * 10^{(-6)}$ TWh biogass	(1 tonn TS = 5.59 MWh biogass)	NTNU, SINTEF, SNF (2018)
Energiinnhold husdyrsgjødsel	0,00041667 GWh biogass per tonn husdyrsgjødsel	Med 30% TS	Norce (2019)
Gunstig kombinasjon av slam og ensilasje med husdyrsgjødsel	20% slam / 80 % husdyrsgjødsel. 15% ensilasje / 85 % husdyrsgjødsel	Dersom man blander mer enn 15 % ensilasje inn i miksen vil biogassproduksjonen kollapse. fiskeensilasje (dødfisk og fiskeslo stabilisert ved tilsetning av maursyre), slam fra fiskeoppdrett (avføring fra fisk og fôrrester).	NIBIO (2016); NIBIO (2015);
Døde laks i produksjonen (svinn) av gjennomsnittsbeholdning gjennom året	Landsgjennomsnittet ligger på 11,5 % i 2018	Snittbeholdning laks 2018 var på omtrent 412 000 tonn. Av dette endte omtrent 47 000 tonn opp som død fisk. Dette utgjør en prosent på 11,5. Vi benytter dette tallet for både matfisk og settefisk. I realiteten er svinn i settefiskanlegg noe høyere, men siden settefisken (svinn i antall kg) utgjør lite sammenliknet med matfisken velger vi å gjøre denne forenklingen.	SSB tabeller Akvakultur: 07516 og 09259

Fiskeensilasje (mengde syre per kg fisk)	25 kg syre per 1000 kg fisk. 2,5 % syre.		Kystverket (2017)
Behov for vann	300 – 500 liter vann per kg fôr per døgn. Vi velger å benytte midtverdien på 400 liter.	Kan benytte ferskvann, brakkvann eller sjøvann. Går gjennom rensesystem.	NTNU, SINTEF, SNF (2018)

Figur 30: Utrekninger oppdrett

Hva	Utrekninger	Kommentar
Energibehov vårt anlegg og moderne referansealternativ (RAS)	Matfiskanlegg: $(6 \text{ kWh/kg}) \cdot (10000 \text{ tonn}) = 60 \text{ GWh}$ per år Settefiskanlegg: $(3 \text{ kWh/kg}) \cdot (200 \text{ tonn}) = 0,6 \text{ GWh}$ per år	Antar 10000 tonn matfisk og 200 tonn post-smolt på 100 gram. For post-smolt velger vi energibehov på 3 kWh/kg fordi NVE (2017) har et tall på rundt 2,5 kWh/kg. Altså legger vi oss i det lavere sjiktet.
Oppvarmingsbehov vårt anlegg og moderne referansealternativ (RAS)	Matfiskanlegg: $(60 \text{ GWh}) \cdot (6\%) = 3,6 \text{ GWh}$ Settefiskanlegg: $(3 \text{ kWh/kg}) \cdot (200 \text{ tonn}) \cdot (6\%) = 0,036 \text{ GWh}$ per år	Antar 10000 tonn matfisk og 200 tonn post-smolt på 100 gram.
Energiforbruk åpne havbaserte matfiskanlegg	$(1,15 \text{ kg fôr}) \cdot (10\,000 \text{ tonn fisk}) = (11\,500 \text{ tonn fôr}) \cdot (21 \text{ liter diesel}) = (241\,500 \text{ liter diesel}) \cdot (10,056 \text{ kWh}) \cdot (0,35) = 849\,983 \text{ kWh}$ elektrisitet (tilnærmet 850 MWh eller 0,85 GWh per år) Dersom man antar null forbruksreduksjon ved å gå fra diesel til el blir tallet 2,4 GWh. Vi antar derfor et tall mellom 0,85-2,4 GWh.	Antar: förfaktor matfisk: 1,15 kg fôr/kg fisk produsert. Dieselforbruk sjøanlegg: 21 liter per tonn fôr. Energiinnhold i diesel: 10,056 kWh per liter. Strømforsbruk på 35% av energiforbruk fra diesel.
Mengde slam fra vårt anlegg og moderne referansealternativ	$9900 + 197 = 10\,097$ tonn slam i året	Med tørrstoffprosent 15, som er det ideelle for biogassproduksjon (Lyse sommerprosjekt, 2020)
Biogasspotensiale i fiskeslam fra vårt anlegg	$(10\,097 \cdot 0,15) \cdot (5,59) = \sim 8,5 \text{ GWh}$ biogass i året	For fiskeslam alene. (1 tonn TS = 5,59 MWh biogass)
Tilleggsproduksjon av biogass dersom man blander 20/80 slam/husdyrgjødsel, og benytter all tilgjengelig fiskeslam	For å benytte all vår fiskeslam trenger vi $(10\,097/20) \cdot 100 = (50\,484 \text{ tonn}) - (10\,097 \text{ tonn}) = 50\,485 \sim 40\,000$ tonn husdyrgjødsel per år. 50 000 tonn husdyrgjødsel har $(50\,000 \text{ tonn}) \cdot (0,00041667 \text{ GWh per tonn}) = 21 \text{ GWh}$ energimengde. $21 \cdot 2 = 42 \text{ GWh}$. Ved å tilføre vår fiskeslam øker vi biogassproduksjonen med 21 GWh.	Antakelser: 15% TS for fiskeslam og 30% TS for husdyrgjødsel (Lyse sommerprosjekt, 2020) $0,00041667 \text{ GWh biogass per tonn husdyrgjødsel}$ (Norce, 2019)
Fiskeensilasje fra matfisk og settefisk	$(10\,000 \text{ tonn}) / 0,885 = 11\,300$ tonn, gir 1300 tonn svin. For post-smolt (antar samme mengde svin) får vi $(200 \text{ tonn}) / 0,885 = 225$, gir 25 tonn svin. Antar derfor $(1300 \cdot 1,025) + (25 \cdot 1,025) = 1358$ tonn fiskeensilasje fra våre anlegg per år.	11,5 % svin. Antar at tonn svin = tonn fiskeensilasje. Antar 2,5 % syre i ensilasjen. I tillegg til død fisk produseres ensilasje fra avkapp osv. i fileteringsprosessen. Det finnes ikke tilgjengelige tall på dette, men man antar derfor at vår mengde fiskeensilasje er et lavt estimat.
Tilleggsproduksjon av biogass dersom man blander 15/85 ensilasje/husdyrgjødsel, og benytter all tilgjengelig ensilasje	For å benytte all vår ensilasje trenger vi $(1358/15) \cdot 100 = 9053 - 1358 = 7695$ tonn husdyrgjødsel per år. 9053 tonn husdyrgjødsel har $\sim 3,7 \text{ GWh}$ energimengde. $3,7 \cdot 2 = 7,5 \text{ GWh}$. Ved å tilføre vår ensilasje øker vi biogassproduksjonen med 3,7 GWh.	Antakelser: 30% TS for husdyrgjødsel (Lyse sommerprosjekt, 2020), og rå-ensilasje (uklart hvilken TS-prosent denne har) $0,00041667 \text{ GWh biogass per tonn husdyrgjødsel}$ (Norce, 2019)
Behov for vann	For matfisk: $(1,15 \text{ kg fôr per kg fisk}) \cdot (10\,000 \text{ tonn fisk}) \cdot (400 \text{ l per kg fôr}) = 5\,600\,000 \text{ m}^3$ vann per år For settefisk: $(1 \text{ kg fôr per kg fisk}) \cdot (200 \text{ tonn fisk}) \cdot (400 \text{ l per kg fôr}) = 80\,000 \text{ m}^3$ vann per år Gir totalt: $5\,600\,000 + 80\,000 = 5\,680\,000 \text{ m}^3$ vann per år.	Antar 400 liter vann per kg fôr per døgn. Forfaktor på 1,15 for matfisk og 1 for settefisk. 1000 liter vann = m^3 vann.

Veksthus

Figur 31: CO₂-regnskap for veksthus på Kalberg sammenliknet med referansealternativene

Hva	Anlegg på Kalberg	Tradisjonelt referansealternativ	Anlegg på Kalberg	Moderne referansealternativ
Energiforbruk	Omtrent 16 GWh per år. Elektrisitet, ekskl. oppvarming blir dette 12 GWh. Tilsvarer 1,6 tonn CO ₂ e.	Omtrent 65 GWh for helårsproduksjon, ekskl. oppvarming blir dette 48 GWh. Tilsvarer 6,3 tonn CO ₂ e.	Omtrent 16 GWh per år. Elektrisitet, ekskl. oppvarming blir dette 12 GWh. Tilsvarer 1,6 tonn CO ₂ e.	Omtrent 16 GWh per år. Elektrisitet, ekskl. oppvarming blir dette 12 GWh. Tilsvarer 1,6 tonn CO ₂ e.
Oppvarmingsbehov	Oppvarmingsbehov på 4 GWh. Dette kan leveres fra overskuddsvarme fra datasenteret. Antar null utslipp knyttet til overskuddsvarme.	Oppvarmingsbehov på 17 GWh. Energikilden antas å være naturgass. Tilsvarer 3438 tonn CO ₂ e.	Oppvarmingsbehov på 4 GWh. Dette kan leveres fra overskuddsvarme fra datasenteret. Antar null utslipp knyttet til overskuddsvarme.	Oppvarmingsbehov på 4 GWh. Energikilde antas å være elektrisitet fra nettet. Tilsvarer 0,5 tonn CO ₂ e.
CO ₂	Benytter 2500 tonn CO ₂ . Kan leveres fra biogassanlegget dersom det etableres et foredlingsanlegg. Bidrar med en CO ₂ -reduksjon på 2500 tCO ₂	Benytter 2500 tonn CO ₂ , hvorav rundt 830 tonn tilsettes og resten kommer fra naturgassen som brukes til oppvarming. Tilsatt CO ₂ kommer fra Yaras anlegg på Herøya (fra fossile kilder)	Benytter 2500 tonn CO ₂ . Kan leveres fra biogassanlegget dersom det etableres et foredlingsanlegg. Bidrar med en CO ₂ -reduksjon på 2500 tCO ₂	Benytter 2500 tonn CO ₂ . Levert fra Yaras anlegg på Herøya (fra fossile kilder)
Avhending av planteavfall	Produserer 400 tonn planteavfall i året som benyttes til å produsere 0,3 GWh biogass. Bidrar med en CO ₂ -reduksjon på 47 tCO ₂	Produserer 400 tonn planteavfall i året. Benyttes ikke til produksjon av biogass.	Produserer 400 tonn planteavfall i året som benyttes til å produsere 0,3 GWh biogass. Bidrar med en CO ₂ -reduksjon på 47 tCO ₂	Produserer 400 tonn planteavfall i året. Benyttes ikke til produksjon av biogass.
SUM (utslipp av CO₂e per år)	+1,6 tonn CO₂e for energibruk. +0 tonn CO₂e for oppvarming. -47 tonn CO₂e fra planteavfall -2500 tonn CO₂e fra bruk av CO₂ SUM= minus 2545,4 tonn CO₂e	+6,3 tonn CO₂e for energibruk. +3438 tonn CO₂e for oppvarming. SUM= 3 444,3 tonn CO₂e	+1,6 tonn CO₂e for energibruk. +0 tonn CO₂e for oppvarming. -47 tonn CO₂e fra planteavfall -2500 tonn CO₂e fra bruk av CO₂ SUM= minus 2545,4 tonn CO₂e	+1,6 tonn CO₂e for energibruk. +0,5 tonn CO₂e for oppvarming. SUM= 2,1 tonn CO₂e

Bedre enn referansealternativ

Noe bedre enn referansealternativ

Like godt som referansealternativ

Dårligere enn referansealternativ

Figur 32: Data veksthus

Hva	Data	Kommentar	Kilde
Energibehov for gjennomsnittlig tradisjonelt veksthus	Snitt sesongbasert: 450 kWh per m ² . Snitt helårsproduksjon 1330 kWh per m ² (vi bruker et avrundet tall på 1300 kWh per m ²).	Sum energi per m ² i året for sesongbasert produksjon og helårsproduksjon. Sesongbasert er snitt for tomat, agurk og krydderurt, mens helårsproduksjon er snitt for tomat og agurk.	Norsk gartnerforbund: energibehov I veksthus, (hentet fra hjemmeside 09.2020)
Oppvarmingsbehov for gjennomsnittlig tradisjonelt veksthus	Snitt sesong og helårs 340 kWh	Snitt for tomat, agurk og krydderurt. Liten forskjell i oppvarmingsbehov per vekst og for sesong/helårs. Varmebehovet for ulike vekster som for eksempel paprika er også ganske likt som tomat/agurk/krydder (5).	Norsk gartnerforbund: energibehov I veksthus, (hentet fra hjemmeside 09.2020)
Andel energi til oppvarming for gjennomsnittlig tradisjonelt veksthus		For sesongbasert produksjon går tilnærmet 100% av energibehovet til oppvarming. For helårs produksjon går mellom 25-30% av energibehovet til oppvarming. Mye går til lys på vinteren.	Norsk gartnerforbund: energibehov I veksthus, (hentet fra hjemmeside 09.2020)
Energibehov moderne og energieffektivt veksthus (BBBLS-anlegg)	316 kWh per m ²	100% elektrisitet	Bioforsk (2006)
Oppvarmingsbehov moderne og energieffektivt veksthus (BBBLS-anlegg)	79 kWh per m ²	100% elektrisitet	Bioforsk (2006)
Planteavfall fra produksjonen	8 tonn avfall per 1000 m ²	Gjelder med antakelse: 160 kg agurk per m ² eller 115 kg tomat per m ²	Samtale med Norsk Gartnerforbund
Planteavfall fra produksjonen II	Miljøgartneriet har ikke konkrete tall, men kan levere noen hundre tonn i året.	Miljøgartneriet har forsøkt å levere til IVAR i mange år, men IVAR ønsker ikke å motta planteavfallet da det forstyrrer prosessene i anlegget og ikke har et særlig høyt biogasspotensiale.	Samtale med Miljøgartneriet
Avling vårt anlegg og begge referansealternativ	115 kg/m ²	Helårsproduksjon	Samtale med Norsk Gartnerforbund
Behov for tilsatt CO ₂ for tradisjonelle veksthus med belysning	50 kg/m ² . Hvorav 33,6 kg tilføres gjennom naturgassen og 16,6 kg tilføres gjennom tilsatt CO ₂	Ved helårsproduksjon. Gjelder for produksjon av tomat.	Samtale med Norsk Gartnerforbund

Behov for tilsatt CO₂ i høyteknologisk veksthus	50 kg/m ²	Gjelder for produksjon av tomat.	Bioforsk (2006)
Biorest som gjødsel	Man kan benytte biorest fra biogassanlegget. Veksthus har effektiv resirkulering av næringsstoffer og dermed behov for lite gjødsel.		Samtale med Norsk Gartnerforbund
Biorest fra biogassanlegg til gjødsel	Dette antas å ikke være aktuelt.	Gjødsel er svært billig (1-2% av omsetningen til et gartneri). Bioresten må gjennom prosesser for å forsikre at det ikke er farlige stoffer i den som kan ødelegge for avlingene. Ingen andre drivhus benytter biorest i dag, selv om det er rikelig tilgang og ofte kort transportvei.	Samtale med Miljøgartneriet

Figur 33: Utrekninger veksthus

Hva	Utrekninger	Kommentar
Energibehov for vårt anlegg og moderne referansealternativ	$(316 \text{ kWh/m}^2) * (50\,000 \text{ m}^2) = 15,8 \text{ GWh per år}$	Antar 50 000 m ² areal
Oppvarmingsbehov for vårt anlegg og moderne referansealternativ	$(79 \text{ kWh/m}^2) * (50\,000 \text{ m}^2) = 3,95 \text{ GWh per år}$	Antar 50 000 m ² areal
Energibehov for tradisjonelt referansealternativ (helårsproduksjon)	$(1300 \text{ kWh/m}^2) * (50\,000 \text{ m}^2) = 65 \text{ GWh per år}$	Antar 50 000 m ² areal
Oppvarmingsbehov for tradisjonelt referansealternativ	$(340 \text{ kWh/m}^2) * (50\,000 \text{ m}^2) = 17 \text{ GWh per år}$	Antar 50 000 m ² areal
Behov for CO₂ tradisjonelt veksthus	$(16,6 \text{ kg/m}^2) * (50\,000 \text{ m}^2) = 830 \text{ tonn per år}$	Antar 50 000 m ² areal
Behov for CO₂ vårt anlegg og moderne referansealternativ	$(50 \text{ kg/m}^2) * (50\,000 \text{ m}^2) = 2500 \text{ tonn per år}$	Antar 50 000 m ² areal
Planteavfall fra vårt anlegg og begge referansealternativene	$(8 \text{ tonn per } 1000 \text{ m}^2) * 50 \text{ (tusen m}^2) = 400 \text{ tonn planteavfall i året}$	Antar 50 000 m ² areal

