

Offentlig

Mulighetsstudie biogassanlegg Helgeland

Vibeke Lind¹, Aina Stensgård², Kari-Anne Lyng², Annette Bär³ og Inger Hansen⁴

¹Avdeling Fôr og Husdyr Tjøtta, ²Østfoldforskning, ³Avdeling for Kulturlandskap og biomangfold Tjøtta,

⁴Avdeling Utmarksressurser og næringsutvikling Tjøtta



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Sammendrag

Formålet med mulighetsstudien er å definere potensialer og evt. flaskehalser for å få oppnå en økonomisk lønnsom regional biogassproduksjon. Dette er gjort gjennom å vurdere tilgjengelighet av mulige biogass substrater, vurdere potensielle inntekter og utgifter knyttet til de tilgjengelige substratene, samt å beregne transport-, investerings og driftskostnader og inntekter fra salg av biogass for ulike lokaliseringer på Helgeland. Tre ulike lokaliseringer for tre ulike typer anlegg har blitt analysert. Analysen viser at inntektsgrunnlaget for de tre lokasjonene og de tre anleggstypene i stor grad er avhengige av forutsetninger knyttet til behandlingskostnader (gate fee). Analysen viser også at transportkostnadene er en viktig kostnadskomponent. Ved bygging av et biogassanlegg på Helgeland, bør man med andre ord være sikre på hvilke priser som er realistiske for mottak av de ulike substratene.

The aim of the study was to define bottlenecks and prospects of an economical viable, regional biogas production. During the study, available substrates for biogas production, potential income and expenses related to substrates and products is evaluated. In addition, transport-, investment- and operational costs are included in the analysis. Three different locations are evaluated. Three types of installations at each location are discussed. The analysis show that the source of income at all locations and all installations are tightly linked to the gate fee. Costs related to transport is an important factor. Realistic cost-benefit analyses for the different substrates are essential when considering constructing biogas installation(s) at Helgeland.

Prosjektet er finansiert av Landbruksdirektoratet – Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri og Nordland Fylkeskommune i tillegg til bidrag fra eierne.



Innhold

Sammendrag	2
1 Innledning	6
1.1 Prosjektets organisering	8
1.2 Prosjektets innhold	8
2 Bakgrunn om biogass	10
2.1 Næringsstoffer	10
2.2 Hygiene	11
2.3 Substrattyper	12
2.3.1 Husdyrgjødsel	12
2.3.2 Slakteri	12
2.3.3 Avløpsslam	12
2.3.4 Fiskeslam	12
2.3.5 Fiskeensilasje	13
2.3.6 Våtorganisk matavfall	14
2.3.7 Jordbruksavfall	14
2.3.8 Skogsavfall	14
2.3.9 Meieri	15
2.3.10 Utbytte fra substrater	15
3 Biogassprosessen – ulike typer	16
3.1 Biogass – anvendelse	16
3.2 Biorest – anvendelse	17
4 Regional substrattilgang	18
4.1 Husdyrgjødsel	19
4.2 Fiskeslam	20
4.3 Fiskeensilasje	21
5 Økonomisk vurdering av biogassanlegg på Helgeland	23
5.1 Substrater inkludert i økonomianalysen	24
5.1.1 Flytende gjødsel fra husdyr	24
5.1.2 Mage/tarm	25
5.1.3 Slam/septik	25
5.1.4 Fiskeslam	25
5.1.5 Fiskeensilasje	26
5.1.6 Våtorganisk matavfall fra husholdning og næring	26
5.2 Substrater ekskludert fra økonomianalysen	26
5.2.1 Hageavfall	26
5.2.2 Trevirkeavfall	27
5.2.3 Slakteavfall	27
5.2.4 Tørr gjødsel	27
5.3 Oppsummering av strategiens egenskaper og potensialer	27
5.4 Avsetningsmuligheter i regionen	28
5.4.1 Avsetning av biogass	28

5.4.2	Avsetning av biorest	29
6	Vurderte biogassanlegg og lokasjoner	31
7	Metode og datagrunnlag for kostnadsberegninger	33
8	Økonomiske resultater	35
8.1	Lokalisering A, Mosjøen	35
8.1.1	Driftsspesifikke forutsetninger	35
8.1.2	Årlig resultat, netto nåverdi og internrente.....	36
8.2	Lokalisering B, Sandnessjøen	38
8.2.1	Driftsspesifikke forutsetninger	38
8.2.2	Årlig resultat, netto nåverdi og internrente.....	39
8.3	Lokalisering C, Brønnøy/Sømna	40
8.3.1	Driftsspesifikke forutsetninger	40
8.3.2	Årlig resultat, netto nåverdi og internrente.....	41
8.4	Oppsummering av økonomiske resultater	43
9	Oppsummering	45
	Litteratur	46
	Vedlegg 1	49
	Vedlegg 2	50

Ordliste

Biogass	Gass som produseres i biogassanlegg etter nedbryting av substrater
Biogjødsel	Uavvannet biorest som tilfredsstiller gjødselforskriften
Biorest	Næringsrike faste fasen som gjenstår etter biogassproduksjon
CBG	Komprimert gass
CH ₄	Metangass
CO ₂	Karbondioksid
CSTR	Continuous stirred tank reactor
Gate fee	Behandlingsavgift
GWh	Gigawatt-timer
H ₂ S	Hydrogensulfid
kWh	Kilowatt-time
LBG	Flytende biogass
N	Nitrogen
NH ₃	Ammoniakk
NH ₄ ⁺	Ammonium
N ₂ O	Lystgass
Nm ³	Normalkubikkmeter – gassvolum ved 0°C og 1,01325 bar/760 mmHg. 1 Nm ³ svarer til 1/22,414 mol av gassen
Råstoffer	Materiale som kan brukes i biogassreaktor; f.eks. matavfall, husdyrgjødsel, fiskeslam, samme som substrat
Samråting	Behandling av flere råstoffer i biogassproduksjon
Substrat	Materiale som kan brukes i biogassreaktor; f.eks. matavfall, husdyrgjødsel, fiskeslam, samme som råstoff
TS	Tørrstoff, andel tørt materiale etter fullstendig tørking av materialet
TSE	Spongiforme encefalopater
VS	Volatile solids, andel tørt materiale uten aske, dvs TS - aske

1 Innledning

Forprosjektet «Blå-grønn BIOGASS Helgeland – Biogassanlegg baser på regionale koblinger mellom blå-grønn sektor» (heretter kalt prosjektet) ble initiert på et møte sommeren 2016 avholdt av Alstahaug kommune. Til stede på møtet var representanter fra Søndre Helgeland Miljøverk IKS (SHMIL), LetSea AS, NIBIO Tjøtta og Sentrum næringshage, i tillegg til Alstahaug kommune ved næringssjef og landbrukssjef. Felles interesser for utnyttelse av «avfall» var starten på utviklingen av prosjektet. Resultatet ble dette prosjektet med finansiering fra både næringa og det offentlige.

Fokus har de seneste årene vært lagt på å redusere klimagassutslippene i Norge og oppfylle forpliktelsene Norge har fra Parisavtalen. Det innebærer at Norge skal redusere klimagassutslippene med minst 40% i 2030 sammenlignet med 1990 (Klimaloven 2016-2017). I 2010 sto jordbruket for ca 8% av de samlede klimagassutslipp i Norge. Utslippene er hovedsakelig metan (CH_4) og lystgass (N_2O) som står for omtrent hver sin halvpart. Utslipp av metan kommer hovedsakelig fra fordøyelsesprosesser hos drøvtyggere og fra gjødsellagre mens utslipp av lystgass stammer fra omdanning av nitrogen i jord og gjødsel. I St.meld. 21 (2011-2012) Norsk klimapolitikk vil regjeringen «Bidra til utvikling av biogass i Norge, blant annet gårdsbaserte biogassanlegg og store sambehandlingsanlegg for husdyrgjødsel og avfall». I dette ligger at biogassproduksjon er basert på gjødsel, avløpsslam og ulike typer avfall som har vesentlig potensial for å redusere utslipp av klimagasser. Produksjon av biogass har dobbelt formål; å redusere utslipp av klimagasser fra husdyrgjødsel i jordbruket samtidig som biogass kan erstatte fossil energi og dermed bidra til reduserte utslipp i for eksempel transportsektoren. I tillegg til gassen produseres det i et biogassanlegg også en biorest. Biorest er den næringsrike, gaste fasen som gjenstår etter biogassproduksjon. Biorest kan enten utnyttes uavvannet som biogjødsel eller avvannet som jordforbedringsmiddel eller fosforgjødsel. Fordelingen av næringsstoffer i biogjødsel ligner på mineralgjødsel og er et potensiale for å redusere bruken av mineralgjødsel (KLIF 2013). Utnyttelse av biogjødsel reduserer klimautslipp indirekte gjennom redusert produksjon av mineralgjødsel samt bedre anvendelse av fosfor. Fosfor er en ressurs med begrensede lagre og bruk av fosfor som holdes innenfor kretsløpet vil dermed være positivt.

Biogasstiltak har relativt høye kostnader i produksjon og distribusjon. Det er ikke satt pris på utslipp av klimagasser fra husdyrsektoren som gjør at det lønner seg for bonden å redusere disse. For å få utnyttelse av husdyrgjødsel til produksjon av biogass må det være en økonomisk gevinst. Samtidig må løsningene være praktisk orientert slik at bøndene ikke får mer-arbeid ved å erstatte den tradisjonelle spredning av husdyr- og mineralgjødsel med biogjødsel. LD, MD og Mattilsynet har lagt ny gjødsel forskrift ut på høring og ny forskrift forventes i løpet av vinteren 2018/19 (Landbruksdirektoratet 2018). Blant forslagene som er oppe til vurdering er strengere krav til lagerkapasitet, sprede-tidspunkt, sprede-areal og sprede-metode ut fra miljøhensyn. Per i dag spredes husdyrgjødsel til dels på tidspunkter der plantene ikke tar til seg næringsstoffene, det gjelder både om våren og om høsten. Om våren spredes en del husdyrgjødsel på et tidlig tidspunkt fordi gjødsellageret er fullt. Om høsten tømmes lagret for å ha kapasitet til vinterens gjødsel. Krav til 12 måneders lagerplass i stedet for dagens 8 måneder kan bli en konsekvens, noe som vil bli dyrt for bonden i investering (Landbruksdirektoratet 2018). I vedtak 483 (St. meld 45 2016-2017) står det at «Stortinget ber regjeringen om at ved bygging av nye industrielle anlegg for produksjon av biogass basert på matavfall, skal det gjøres en utredning av om det er hensiktsmessig å ta inn husdyrgjødsel i produksjonen». Med denne bakgrunn er bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon et interessant alternativ da det kan leveres husdyrgjødsel til biogassanlegg året rundt og behov for utvidet

lagringskapasitet unngås. Husdyrgjødsel er godt egnet i biogassproduksjon og klassifiseres i kategori 3 som betyr laveste krav i forhold til forbehandling .

Mage/tarm-innhold er et mer gjødsellignende produkt som vil være en viktig ressurs til biogassproduksjon. Mage/tarm-innhold er kategori 2 som typisk komposteres i dag.

Avløpsslam er restproduktet som blir igjen etter at avløpsvann er blitt rensset. Slammet inneholder store mengder organisk materiale og fungerer derfor utmerket som jordforbedringsmiddel der det ellers er lavt innhold av organisk materiale. Slam er ikke tillatt brukt på arealer der det dyrkes grønnsaker, poteter, bær eller frukt, på eng eller i gartnerier. I høringsdokument til ny gjødsselforskrift (Landbruksdirektoratet 2018) er bruk av slam på arealer til matproduksjon foreslått endret fra 3 år til 8 måneders karatene. Slam klassifiseres som kategori 2 avfall.

Slakteriavfall er en viktig ressurs men det er forskjell på deler av slakteriavfallet. Avfall som inneholder ben og marg må behandles spesielt dersom det skal være en ressurs i et biogassanlegg og er et kategori 1 materiale. Det meste av slakteavfallet i denne kategorien går i dag til Norsk protein for bruk i fiskefôr.

Havbruksnæringen er stadig voksende og gjennom de seneste 30 årene har industrialiseringen av oppdrettsfisk eksplodert. Det ble omsatt 1 326 000 tonn matfisk i rundvekt i Norge i 2016, hvorav 257 000 tonn ble produsert i Nordland (19,4 %) (SSB 2016a). Omlag halvparten av produksjonen i Nordland skjer i Helgelandsregionen, dvs. Helgeland sin andel av nasjonal matfiskproduksjon er ca. 10 % (M. Johansen, NCE Aquaculture, pers. medd. 04.12.2107).

I dag sliter næringen med miljøutfordringer relatert til relativt høy dødelighet, samt fôrrester og avføring fra laksen under merdene, en blanding som går under betegnelsen fikseslam. Maursyrebehandlet (ensilert), kvernet dødfisk og fiskeslam er kategori 2-materiale som ikke er tillatt for konsum eller til fôrproduksjon, men er lovlig substrater til bruk i biogassproduksjonen.

Fiskeavfall fra slakteriene – såkalt restråstoff - er klassifisert som Kategori 3-materiale. Dette er fra fisk som er tillatt slaktet for konsum og avskjæret herfra kan brukes til fôr til matproduserende dyr etter bearbeiding. I 2016 var det en restråstofftilgang på 910 000 tonn i Norge. Av dette ble 76 % utnyttet (Richardsen *et al.* 2017), hovedsakelig i kraftfôrblandinger til husdyr som fiskemel og konsentrert fiskeensilasje (Landbruksdirektoratet 2016). Mesteparten av det utnyttede restråstoffet kommer fra hvitfiskektoren (Richardsen *et al.* 2017). På Helgeland utgjør total restråstoffmengde fra oppdrettsnæringa drøye 30 000 tonn. Av dette er det kun fritt blod (9 %) som i dag ikke benyttes høyere opp i verdikjeden.

Siden restråstoffet kan inngå i produksjoner lenger opp i verdikjeden, er det mindre økonomisk lønnsomt å benytte slakteriavfall fra oppdretts- og fiskerinæringa som substrat i biogassreaktorer. Vi vil i denne mulighetsstudien derfor kun ta for oss fiskeslam og fiskeensilasje (kategori 2-materiale) som de mest aktuelle substratene fra havbrukssiden inn i et biogassanlegg. I 2009 ble et forbud mot deponering av biologisk nedbrytbart avfall vedtatt i Norge og avfallsbransjen jobber metodisk for å utnytte denne ressursen på annen måte, som for eksempel i biogassanlegg. Det produseres store mengder våtorganisk avfall hver dag, estimert til knapt 80 kg per person per år. I dag utnyttes ca 30% av avfallet i biogassanlegg i Norge, mens store deler fortsatt destrueres eller sendes ut av landet til Danmark og Sverige for bruk i biogassanlegg. Matavfall gir høy biogassproduksjon, men utbyttet varierer avhengig av sorteringskvalitet og forbehandlingsmetode (Carlsson & Uldal, 2009). Matavfall er Kategori 3 materiale som egner seg godt til biogassproduksjon.

Tang og tare produksjon er fortsatt i en tidlig fasen i Norge. Imidlertid er etterspørselen for tang- og tareprodukter økende noe som påtvinger flere oppdrettsanlegg. Også i en slik produksjon er det biomasse som ikke kan nyttes og dermed blir til restavfall; et avfall som kanskje egner seg i et biogassanlegg.

Trevirke fra hogst, krattrydding og beskjæring av hagevekster er også alternativer som biologisk materiale i biogassanlegg. Kompostering av hageavfall er en anvendt metode, men kan kanskje nyttes bedre på en annen måte: Enten etter kompostering som forbedringsmateriale sammen med biogjødsel for jordforbedringsprodukter eller direkte i et biogassanlegg.

Helgeland kan ses på som et «Norge i miniatyr». Innen relativt korte avstander er det tilgang til alle de omtalte substratene. Formålet med studien presentert i denne rapporten er å definere potensialer og evt. flaskehalser for å få oppnå en økonomisk lønnsom regional biogassproduksjon. Dette er gjort gjennom å vurdere tilgjengelighet av mulige biogasssubstrater, vurdere potensielle inntekter og utgifter knyttet til de tilgjengelige substratene, samt å beregne transport-, investerings og driftskostnader og inntekter fra salg av biogass for ulike lokaliseringer på Helgeland.

Tre ulike lokaliseringer for anlegget har blitt analysert:

- Ved søndre Helgeland Miljøverk Interkommunale avfallsselskap (SHMIL) ved Åremma Avfallsanlegg utenfor Mosjøen.
- Nærliggende industriområder utenfor Sandnessjøen (ved Botnfjorden).
- Nærliggende industriområder ved Akvafuture på Sømna.

Disse områdene er valgt da de er lokalisert nærme nøkkelressurser for biogassproduksjon og avsetningsmuligheter for biogass på Helgeland.

1.1 Prosjektets organisering

Prosjektet er initiert i samarbeid mellom næring, forvaltning og FoU-miljøer på Helgeland. Prosjektet har fem medeiere: Søndre Helgeland Miljøverk IKS (SHMIL), LetSea AS, BioMiljø AS, Nordland Bondelag og Skognæringsforum Nordland. Alstahaug kommune og Sentrum næringshage er prosjektpartnere mens prosjektet ledes fra Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO) på Tjøtta. Prosjektet er finansiert av næringa, Landbruksdirektoratet og Nordland Fylkeskommune.

Prosjektet har koblet til seg flere kompetansemiljø og kontakter i perioden; Sandnessjøen Fjernvarmeanlegg, EcoPro biogassanlegg, Greve biogassanlegg, NORSØK, NIBIO Tingvoll og NIBIO Ås. Østfoldforskning har hatt ansvar for bedriftsøkonomisk analyse.

1.2 Prosjektets innhold

Mulighetsstudien er et ledd i og resultat av mål og oppgaver i forprosjektet «Blå-grønn BIOGASS Helgeland – Biogassanlegg baser på regionale koblinger mellom blå-grønn sektor». Målet for prosjektet er å «Utrede potensiale for biogassanlegg basert på lokale ressurser fra husholdning og blå-grønn sektor i region Helgeland med fokus på regional utnyttelse og sirkulær økonomi». Prosjektet har fire delmål:

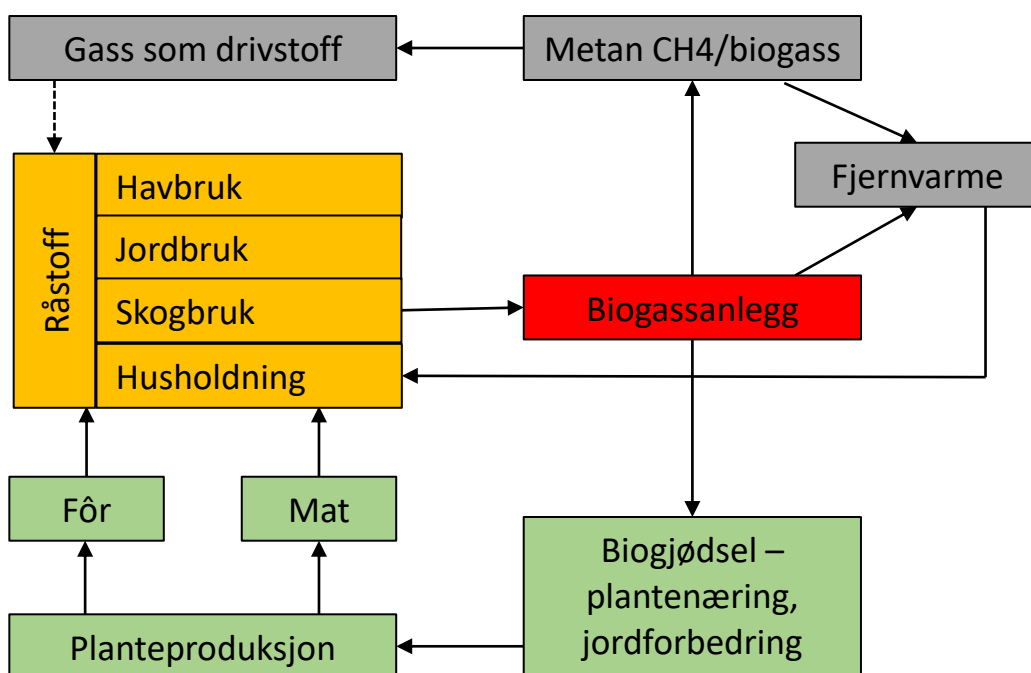
1. Kartlegge tekniske løsninger og de nyeste forskningsresultater for avfallsgjenvinning til biogassanlegg og deres relevans for regionale muligheter på Helgeland; f.eks. blandingsforhold mellom substratene, energitutteltelse, kvalitetskrav ifh saltinnhold, flisstørrelse e.l.

2. Kartlegge kvalitet og kvantitet samt variabilitet av tilgjengelige organiske avfallsressurser i regionen, regionale forbruker av sluttprodukter og krav til produktkvalitet
3. Lage drifts- og samfunnsøkonomiske analyser inkl. logistikk og transport. Herunder kartlegge utstyrmessige utfordringer ved tilkobling til fjernvarmeanlegg. Hvor ligger flaskehalsene?
4. Identifisere forsknings- og utviklingsbehov som vil være relevant å løse regionalt og samtidig være overførbart nasjonalt og internasjonalt.

Målene løses gjennom litteraturstudie av eksisterende rapporter og mulighetsstudier fra andre deler av Norge. Gjennomgang og undersøkelse av forskningsrapporter og publikasjoner relatert til den nyeste utvikling innen teknologi og bruk av substrater. Prosjektets deltakere har besøkt to kommersielle anlegg (EcoPro og Greve Biogass) samt to forsøksenheter (gårdsanlegg ved NORSØK/NIBIO Tingvoll, laboratoriet ved NIBIO Ås).

Utgangspunktet for prosjektet vises i Figur 1-1 som et flytediagram over kretsløpet for gjenvinning av organiske substrater.

Prosjektet har blitt presentert ved oppstartsmøte ved Testsenter for Havromsteknologi; Workshop Biogass i Landbruket (LD og Norges Bondelag); Alstahaug Bondelag, Nordland Bondelag (styre og årsmøte); Alstahaug kommune formannskap; NFK Blågrønt Innovasjonssenter; Oppstartsmøte BIA nettverk Resirkulering industriavfall; for Fylkesråd for Næring Nordland med næringsavdeling. Prosjektet har deltatt på Bioenergidagene i regi Norsk Bioenergiforening (<https://www.tekniskenyheter.no/forside/aktuelle-smasaker/bioenergi/bioenergidagene-2017>) og Skandinavisk Biogasskonferanse i regi ÖKS Interreg prosjektet Biogass2020 (<https://www.biogas2020.se/kalendarium/skandinavia-biogasskonferanse-2018/>) og gjennom deltaktelse og presentasjoner bygd kompetanse og nettverk.



Figur 1-1 Visualisering av kretsløpet for gjenvinning av organiske substrater

2 Bakgrunn om biogass

Biogass produseres når mikroorganismer bryter ned organisk materiale under anaerobe forhold, dvs uten tilgang på oksygen. Biogass består hovedsakelig av metan (CH_4) og karbondioksid (CO_2) i tillegg til små mengder av andre gasser som hydrogensulfid (H_2S), ammoniakk (NH_3) og vanndamp, men sammensetningen avhenger av råstoff og prosess. Biogass er et begrep som brukes både om gasser som samles opp fra avfallsdeponier og gass som dannes i en reaktor. Oppsamling av gass fra deponier er viktig for å unngå utslipp av CH_4 til atmosfæren. Samtidig kan CH_4 produseres i lukkede anlegg med tanke på gjenvinning av gassen til for eksempel transport og dermed redusere utslippene av fossile klimagasser. Alle organiske råstoffer kan i prinsippet benyttes i et biogassanlegg og i deler av Europa har det vært «populært» for bøndene å produsere for eksempel mais og korn til formålet. Dette er imidlertid ikke en aktuell problemstilling i Norge der all jordbruksareal nyttes til matproduksjon. De fleste biogassanlegg i Norge i dag er basert på avløpsslam, mens våtorganisk matavfall og husdyrgjødsel brukes i noen anlegg (se Vedlegg 1). Nye og planlagte anlegg baseres i stor grad på tilgang til disse råstoffene.

Det fremgår av Vedlegg 1, at det nordligste anlegg i drift er EcoPro AS i Verdal, Trøndelag. Det fremgår også av tabellen at fiskeslam og restråstoff fra havbruksnæringen til i dag ikke er i tilstrekkelig bruk til å anses som viktig/mulig råstoff i biogassproduksjonen til å bli nevnt i egen kolonne.

2.1 Næringsstoffer

Sammensetningen av næringsstoffer er avgjørende for gassutbyttet. Avfall med høyt innhold av fett og proteiner, som for eksempel fiskeslam og –ensilasje, våtorganisk matavfall og slakteavfall gir det høyeste gassutbyttet. Husdyrgjødsel og mage/tarminnhold fra slakterier er rikere på karbohydrater og har dermed et lavere biogassutbytte (Tabell 2-1). For å beregne gassutbyttet må man ta hensyn til at ikke alt organisk materiale i et råstoff lar seg nedbryte. Råstoff med høyt innhold av lignin som f.eks. trevirke er derfor mindre aktuelle, da det normalt ikke brytes fullstendig ned. Den utnyttbare delen i råstoffene kalles Volatile Solids (VS) som er et mål på mengde organisk materiale i råstoffet. Den delen av tørrstoffet (TS) som er organisk og nedbrytbart kalles også glødetap og har betegnelsen kg TS/døgn. VS er mengden tørrstoff minus askeinnholdet (det som ikke brennes opp).

Tabell 2-1 Biogassutbytte og metaninnhold i biomassen fra fett, protein og karbohydrater (Schnürer 2008; Carlsson & Uldal 2009). Nm^3 , normal kubikkmeter – 1 m^3 gass ved temperatur 0 grader og trykk 760 mmHg. 1 Nm^3 svarer til 1/22,414 mol av gassen.

Næringsstoff	Biogass $\text{Nm}^3/\text{kg VS}$	Metan $\text{Nm}^3/\text{kg VS}$	Metan %
Fett	1,37	0,96	70
Protein	0,64	0,51	80
Karbohydrat	0,84	0,42	50

Fett er attraktivt å tilsette i en biogassprosess grunnet det høye metanutbyttet (Tabell 2-1); men for mye fett kan medføre problemer i prosessen da fett kan tørke og feste seg i tanker, rør mm. I tillegg kan for mye fett påvirke mikroorganismene da de lange fettsyrer som frigjøres kan sette seg på mikroorganismenes ytre og dermed hindre transporten av substratet til og fra cellen. De lange fettsyrene brytes sakte ned og dersom tilførelsen av fett er for rask eller stor vil fett samle seg og mye unedbrutt fett flyter opp og kan hemme den biologiske nedbryting av andre stoffer. Løsningen er sakte tilførsel av fett som gjør at metandannende bakterier kan følge med.

Lett nedbrytbart materiale som sukker og stivelse kan raskt omdannes i den biologiske prosess. Risikoen ved store mengder er at de mer langsomme metandannende bakterier ikke kan følge med og det skjer en opphopning av fermenteringsprodukter, flyktige fettsyrer. Mikrobiologien i en biogassprosess, som i en vom, fungerer best ved pH 7. Opphoping av fettsyrer medfører et fall i pH som igjen påvirker de metandannende bakterier som medfører den saktere funksjonen.

På samme måte som karbon omdannes til metan (CH_4) i prosessen, omdannes nitrogen til ammonium (NH_4^+). Dette er interessant med tanke på bruk av bioresten som biogjødsel. Derimot er NH_3 giftig, spesielt for de metandannende bakterier og for høyt innhold av nitrogen i et substrat kan derfor også medføre at disse bakteriene jobber saktere og igjen kan dette føre til en syring i prosessen som gjør at den stopper opp.

Fiberrikt materiale må tilføres biogassreaktoren i små mengder av gangen. Dette fordi oppholdstiden i reaktoren er relativt kort samtidig som nedbrytning av store partikler og fibre går svært sakte. Store mengder fiber (cellulose, lignin, mm) hemmer ikke i seg selv fermenteringen, men vil gi et redusert metanutbytte samtidig som større deler i bioresten ikke er nedbrutt. Partikkelstørrelse er derfor viktig å tenke på ved innmating i et biogassanlegg. Det er mulig å forbehandle cellulose- og ligninholdige råstoffer (halm, trevirke, papir, ...), men bruk av energi til denne prosessen kontra utbyttet av metan fra biogassproduksjonen er i de fleste tilfelle et null- eller negativt regnskap. Forbehandling av papir synes å være det som er mest lønnsomt (Odhner *et al.* 2012).

Mikroorganismene har bruk for både karbohydrat, protein og fosfor samt øvrige mikronæringsstoffer, vitaminer og mineraler for å vokse. Substratsammensetningen må derfor tilgodese mikroorganismenes behov. Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N-forhold) bør ligge rundt 30 for optimal nedbrytning av substrater. Et lavere C/N-forhold ned mot 10-15 tyder på et overskudd av nitrogen, noe som forårsaker ammoniumakkumulering og høy pH. Ved C/N-forhold høyere enn 30 er det overskudd av karbon og nedbrytingen vil som omtalt gå saktere. Blanding av substrater med ulike næringsinnhold kan derfor sikre en mer optimal nedbryting i biogassreaktoren for gassproduksjon.

2.2 Hygiene

Alle animalske biprodukter plasseres i en av tre kategorier som vil legge avgjørende føringer på hvordan materialet skal behandles og senere kan utnyttes. I kategoriseringen er nærhet til matkjeden sentral da det er avgjørende å holde materiale som en ikke ønsker inn i matkjeden unner denne.

Kategori 1 er den høyeste risikokategorien og omfatter materiale som det anses viktig å holde langt unna matkjeden. Slikt materiale omfatter dyr eller deler av dyr som mistenkes å være angrepet av TSE (spongiforme encefalopatier) eller forurenset av forbudte listeførte stoffer.

Kategori 2 materiale regnes også som høyrisiko materiale og omfatter blant annet husdyrgjødsel og innhold fra fordøyelseskanalen, animalske biprodukter som inneholder rester av legemidler eller annet fremmedelement. Kategori 2 er en samlekategori for materiale som ikke er omfattet av kategori 1 og 3.

Kategori 3 materiale regnes som lavrisiko materiale og kan tillates benyttet i matkjeden som fôr til matproduserende dyr. Kjøkken- og matavfall fra privathusholdninger og storhusholdning inngår i kategori 3. For fullstendig liste over materiale i de tre kategorier vises til «Veileder Animalske biprodukter» Mattilsynet EU forordning 1069/2009 (hoved forordning) og EU forordning 142/2011 (gjennomføringsforordningen).

Anvendelse av materiale for de tre kategorier viser at kategori 1 i stor grad går til forbrenning, mens materiale fra kategori 2 og 3 kan inngå i biogassproduksjon. Standardmetode for bearbeiding av animalske biprodukter i kategori 2 og 3 i et biogassanlegg er at biogassanlegget må være utstyrt med en pasteuriserings-/hygieneenhet som biproduktene må passere med en partikkelstørrelse på maks 12 mm, og som kan overvåke at temperaturen holdes på minimum 70 °C i minst en time. For fullstendig krav til omdanning av animalske biprodukter i biogassanlegg vises til EU kommisjonsforordning nr. 142/2011 kapittel 1.

2.3 Substrattyper

2.3.1 Husdyrgjødsel

Husdyrgjødsel har et stort u-utnyttet potensiale for bruk til produksjon av biogass. Biogass produsert av husdyrgjødsel vil gi en dobbelt klimaeffekt ved at den vil bidra til å redusere utslippene av metan fra landbruket samtidig som klimanøytral energi produseres (St. meld. 39 (2008-2009)). Husdyrgjødsel er lett nedbrytbart og bakteriene som driver biogassprosessen er allerede til stede i substratet noe som sikrer stabil funksjon i reaktoren og dermed en stabil biogassproduksjon. Hovedbestanddelen i husdyrgjødsel er karbohydrater med et lavere innhold av fett og protein, men inneholder viktige mineraler og næringsstoffer som er igjen etter fôringa av dyrene. Biogass produsert alene på husdyrgjødsel gir for lite gass til at produksjonen blir lønnsom og det anbefales sambehandling med mer næringsrike substrater som matavfall eller fiskeavfall (KLIF 2013).

2.3.2 Slakteri

Ved slakterier produseres det fire store avfallstyper: vannavrenningsslam, slakterester, gjødsel og mage/tarm-innhold. Slakteriavfall er et bra substrat som er energirikt og gir høyt biogassutbytte. Slakteriavfall kan inneholde ben, magemagneter, rep, metall og andre forurensinger som må sorteres fra. Slakterester som ben, marg, hjerne og andre deler som kan mistenkes å være angrepet av TSE (spongiforme encefalopater) må behandles særskilt (se avsnitt 2.2). Disse deler går til destruksjon. Mage/tarm-innhold komposteres i stor grad og har stort potensial som substrat i biogass produksjon med tilnærmet samme funksjon som husdyrgjødsel.

2.3.3 Avløpsslam

Dersom avløpsslam blir brukt som substrat i biogassprosessen, er det noen begrensninger på bruk av biorest som biogjødsel på jordbruksarealet. Slik biorest kan ikke spres på områder der grønnsaker, potet, bær eller frukt skal dyrkes de nærmeste tre årene. Ny gjødselforskrift kan medføre en fra 3 år til 8 måneder. For å forhindre oppkonsentrering av tungmetaller i jorden, og dermed maten, er det i dagens lovverk ikke lov å spre biogjødsel som er basert på avløpsslam oftere enn hvert 10. år. Blanding av slam med våtorganisk avfall og husdyrgjødsel kan derfor i noen tilfeller redusere anvendbarheten av bioresten. Bruken av avløpsslam som substrat kan føre til en forringelse av gjødselproduktet dersom slammet inneholder vesentlige mengder av organiske miljøgifter eller at det er benyttet fellingskemikalier i avløpsslammet som binder fosforet slik at det ikke blir plantetilgjengelig. Ved planlegging og utforming av biogassanlegg må derfor både substratgrunnlaget og anvendelsen av bioresten vurderes.

2.3.4 Fiskeslam

Fiskeslam er stort sett ufordøyet fôr og avføring fra fisk. Det er økende interesse for fiskeslam, både til biogass for å øke energiproduksjon, som gjødsel og for å ta vare på næringsstoffene. Årlig utslipp av fiskeslam fra norske oppdrettsanlegg tilsvarer kloakkslam fra 12 millioner mennesker som går rett

ut i havet. Fiskeslammet inneholder like mye fosfor som det brukes årlig i landbruket i hele Norge (Hamilton *et al.* 2015).

Fiskeslam er energirikt og har et stort potensiale for biogassproduksjon. Potensialet er imidlertid vanskelig å utnytte i en stabil biogassprosess da fiskeslam inneholder høye konsentrasjoner av både protein og fett. Biogassprosessen hemmes, som omtalt, ved for store mengder fett og protein ved å inhibere produksjon av nedbrytningsproduktene ammonium og langkjedete fettsyrer (Kugelman & van Gorder 1991, Gebauer 1998, Gebauer & Eikebrokk 2006, Ytrestøl *et al.* 2013, Gebauer *et al.* 2016). I studien til Gebauer *et al.* (2016) ble biogass-prosessen med fersk avannet fiskeslam (15,9 % TS) fra settefiskoppdrett blandet med husdyrgjødsel fra melkekyr undersøkt i fire laboratoriereaktorer. Forskerne konkluderte med at i et biogassanlegg for gjødsel med CSTR-reaktor, bør innblanding av fiskeslam være på maksimalt 20 volum% eller ca. 50% av TS i blandingen. Med dette blandingsforholdet oppnådde man en biogassproduksjon på ca. 600 kWh og den volumetriske metanproduksjon var fordoblet sammenliknet med biogassproduksjon fra kumøkk alene. Biogasspotensialet i fiskeslam varierer en del avhengig av andel fôrspill i slammet (R. Gebauer, pers. medd. 2017).

Nye settefiskanlegg, samt utvidelser av gamle anlegg, har krav om rensing av utslippsvannet (Klima og miljødirektorat, 2004) og om å sluttdeponere slammet på land. Metoden som da er mest vanlig er tilsetning av kalk til stabilisering og gjenbruk av slammet som gjødsel i jordbruket, med eller uten avvanning i forkant. Til tross for at metoden er enkel har den sine utfordringer. Det trengs forholdsvis store mengder kalk, tilsetningen kan være utfordrende arbeidsmiljømessig, slammet er ikke varig stabilisert og mengden slamtørrestoff øker. Den største ulempen med kalkstabilisering er imidlertid, at kalkstabilisering ikke utnytter energiressursen i fiskeslammet. Dette er spesielt uheldig, fordi settefisknæringen er en svært energikrevende industri.

I motsetning til nyere settefiskanlegg, blir ikke oppdrettsanlegg til havs underlagt rensekraft. Per i dag finnes det ingen god teknologi for å fange opp fiskeslam fra oppdrettsanlegg i sjøen og avsalte dette. Imidlertid er det spørsmål om tid før det kan bli krav om oppsamling av marint slam. I dag er det svært strenge krav i landbruket til håndtering av gjødsel, mens lakseindustrien ikke ennå er regulert i stor grad (<https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjodsel-fiskeslam-biogass>).

2.3.5 Fiskeensilasje

Selvdød og klinisk syk fisk uten ytre tegn på sykdom er kategori 2-materiale. Dette «problemavfallet» er ikke tillatt for konsum og kan heller ikke brukes til fôr til matproduserende dyr etter bearbeiding. Virksomhetene har selv ansvar for trygg håndtering av animalske biprodukter, slik at de ikke skal representerer en smittefare for dyr og mennesker.

Mattilsynet anbefaler at Kategori-2 materiale fra fisk bearbeides til fiskeensilasje. De fleste oppdrettsanlegg gjør dette selv ved å kverne dødfisken og tilsette maursyre for å senke pH. Produktet anses som lagringsstabil når det har en pH på 4 eller lavere. Det er i dag lovlig å bruke sluttprodukter fra ensilert Kategori 2- materiale til biogassproduksjon og som gjødsel eller jordforbedringsmiddel. Biogjødsel og kompost skal oppfylle mikrobielle krav fastsatt i Animalia biproduktforskriften (FOR 2016-09-14 1064. Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum). For å bli godkjent skal biogassanlegg fremlegge dokumentasjon på analyse-resultater som viser at de mikrobielle kravene er oppfylt og ved inspeksjon skal dokumentasjon av analyseresultater kunne kontrolleres.

Det finnes i dag firmaer som har spesialisert seg på å videre håndtere den delen av fisken som ikke kan utnyttes til humant konsum. Et eksempel er Hordafôr, som frakter og håndterer det meste av kategori 2-ensilasjen fra hele norskekysten, også fra Helgeland inn til sitt bearbeidingsanlegg i Austevoll for videre prosessering. Oppdrettsanleggene betale per i dag kr 2 per kg for å bli kvitt fiskeensilasjen, slik at denne kan bearbeides videre på forskriftsmessig måte.

Tall fra labskala forsøk gjort med fiskeensilasje med 38-45 % TS, tilsier at en blanding av ca. 15 % volum fiskeensilasje og resten kumøkk gir et gassutbytte mellom ca. 400 og 500 kWh/tonn substrat. Gassproduksjon fra et anlegg på Åna med samme ensilasje som den brukt i labskala forsøk (over) gav i perioder beregnet energiproduksjon på ca. 1600 kWh/tonn fiskeensilasje. Til sammenligning var energiutbyttet fra kumøkk 80 kWh/tonn (Fjørtoft *et al.* 2014). Terskelnivåer i labskala forsøk gjort på biogasslaboratoriet til NIBIO på Ås ligger på mellom 15 og 20 volum % fiskeensilasje i blanding med storfe gjødsel (Solli *et al.* 2014).

Svenske potensialtester på biogass fra fiskeavfall (ikke spesifisert hvorvidt det er ensilert) viser et energipotensiale fra fiskeavfall på ca. 9 mWh/tonn tørrstoff eller 4 mWh/tonn våtvekt. Disse resultatene er sammenlignbare med tall fra potensialtester av fiskeensilasje på biogasslaboratoriet til NIBIO på Ås. Resultater fra potensialtester er imidlertid ikke representative for det som kan forventes oppnådd i en kontinuerlig prosess (Linn Solli, NIBIO, pers. medd. 2017).

2.3.6 Våtorganisk matavfall

I 2016 tok renovasjon hånd om 190 000 tonn våtorganisk matavfall fra norske husholdninger (SSB 2016c). Dette utgjør ca 8,3 % av husholdningsavfall. Kildesortering har redusert mengden våtorganisk avfall samtidig som det er økende fokus på matsvinn både i privat husholdning, fra butikker og restauranter. Kildesortert matavfall krever forbehandling; i størst grad for separasjon av plast og metall fra det organiske. Matavfall kan komme fra husholdninger, storkjøkken, restauranter og mat som har gått ut på dato fra matbutikker. Det er viktig for biogassproduksjonen at matavfallet er variert og inneholder en god balanse mellom karbohydrater, protein og fett. Stadig flere biogassanlegg sambehandler våtorganisk matavfall med andre substrater. Våtorganisk matavfall har et tørrstoffinnhold på 30-40 % og må vannes ut dersom det benyttes i en våt prosess. Ved Greve Biogass i Tønsberg brukes våt husdyrgjødsel for utblanding og er det første anlegg i Norge der et annet substrat erstatter vann. Det kan tenkes at fiskeslam med tørrstoff på 10-15% kan ha samme effekt for utvanning av organisk matavfall. Våtorganisk matavfall har en høy biogassproduksjon grunnet høyt innhold av både fett og protein.

2.3.7 Jordbruksavfall

Gamle/ubrukte rundballer og annet fôr som høy og halm kan nyttes som substrat i biogassanlegg. Imidlertid er substratene rike på lignin og fiber og krever forbehandling før de tilsettes i biogassreaktoren. Det er planlagt testing av slike substrater for biogassproduksjon ved Greve Biogass.

2.3.8 Skogsavfall

Avfall fra skognæringa er rikt på lignin og cellulose og har en lav nedbrytningsgrad. Selv om avfallet brytes ned til mindre enheter, som små flis, vil strukturen gjøre at det meste flyter oppe på substratmassen og ikke bidrar med gass. Skogsavfall har derimot høy verdi i kombinasjon med biorest som jordforbedringsmiddel.

2.3.9 Meieri

De fleste avfallsprodukter i meierinæringen, som separatorslam og myse brukes til dyrefôr (primært i griseproduksjonen). Eventuelt andre avfallsprodukter er fettslam som kan brukes i biogassanlegg. Fettslammet, er som navnet sier, fettrikt og gir derfor et høyt gassutbytte. Meieriavfall bør brukes sammen med andre substrater for optimal gassproduksjon.

Et eventuelt biogassanlegg på Helgeland vil primært kunne gjøre nytte av substratene husdyrgjødsel og mage/tarm innhold fra slakteri, fiskeslam og –ensilasje samt matavfall fra industri.

2.3.10 Utbytte fra substrater

Tabell 2-2 viser potensielt metaninnhold og energi (kWh) i ulike substrater som er omtalt over. Verdiene er retningsgivende men viser potensialet for metanutbytte i et biogassanlegg.

Tabell 2-2 Biogassutbytte og metaninnhold i biogassen avhengig av substrattype (Carlsson & Uldal 2009; Ellingsen & Filbakk 2016; Gebauer et al. 2016)

Substat	TS, %	VS av TS %	Metan innhold %	M ³ metan T VS	M ³ metan T våt v	Energi kWh T TS	Energi kWh T våt v	Kategori
Storfegjødsel, flytende	9	80	65	213	22	1666	141	2
Svinegjødsel, flytende	8	80	65	268	26	2083	167	2
Slakteriavfall, mage/tarm	16	83	63	434	92	3169	507	2
Fiskeslam*	16	83			510***		593	2
Fiskeensilasje*	35	93,3		400**		9000	4000	2
Kildesortert matavfall, husholdning	33	85	63	461	204	3837	1257	3
Returprodukt meieri	20	95	67	520	147			3

*Lite data fra fiskeslam og fiskeensilasje alene. Må blandes med annet substrat pga. mye fett og protein (Morken *et al.* 2017). **0.400 L CH₄ gVS⁻¹ i en blanding av 16 % fiskeensilasje og 84 % kumøkk (Solli *et al.* 2014)

***Volumetrisk metanproduksjon i prosessen med ren fiskeslam var 0,51±0,07 l/l slamvolum per døgn (Gebauer *et al.* 2016).

3 Biogassprosessen – ulike typer

Biogassprosessen er anaerob (uten tilførsel av luft) og er i prinsippet den samme som skjer i vomma til en drøvtygger. Mikroorganismene i den biologiske prosessen trenger stabil surhet (pH) og høy fuktighet. Substrater med et lavt tørrstoffinnhold egner seg derfor godt. Selv om prosessen er avhengig av høy fuktighet er det likevel kun tørrstoffet som bidrar til gassproduksjonen.

Biogassprosessene kan klassifiseres etter ulike kriterier (Ohr *et al.* 2002):

- Etter type substrat: husdyrgjødsel, fiskeslam, kildesortert matavfall, blandet husholdningsavfall, industriavfall, avløpsslam eller blandinger av disse
- Tørrstoffinnhold: Tørre, halvtørre eller våte prosesser
- Antall prosesstrinn: ett-trinns eller fler-trinns prosesser
- Frie mikroorganismer eller biofilmprosesser og granulbaserte prosesser
- Gjennomstrømning: Plug-flow eller totalomblandet system (CSTR – continuous stirred tank reactor)
- Temperatur: mesofilt (typisk 30 – 38°C) eller termofilt temperaturområde (typisk 50 – 60°C)

Ett-trinns prosesser:

Våte biogassprosesser med CSTR (se under) er det mest vanlige i Norge. Tørrstoffinnholdet er vanligvis lavere enn 10 – 15% og omfatter gjerne substrater som flytende husdyrgjødsel, matavfall, kloakkslam og andre våte substrater. Dersom massen blir for tørr må det tilsettes vann som er en kostnad det må tas med i betraktning.

Tørre biogassprosesser er sjelden i Norge men mer vanlig i Europa og er aktuell ved behandling av tørre substrater med tørrstoffinnhold mellom 25 – 35%. Gassutbyttet i denne biogassprosess er ofte lavere enn i våtprosess og lukt i biogjødsel er ofte et problem. Den produserte biorest anses mer som jordforbedringsmiddel enn som gjødsel da N (nitrogen) innholdet er lavere enn i mineralgjødsel.

Totalomblandet (CSTR) prosessen brukes i de fleste våre biogassprosesser (se over). Slike reaktorer egner seg godt til sambehandling av ulike typer flytende substrater. Omrøring er viktig for at nytt substrat raskt kommer i kontakt med mikroorganismene, varme fordeles jevnt, bunnfall og skum hindres samtidig som gass frigjøres fra væsken. Ulempen er at ubehandlet biomasse følger med utrånnet masse i bioresten.

To-trinns prosesser gir mulighet for å skille mellom hydrolysen og biogassproduksjonen, noe som vil medføre større gassutbytte enn ett-trinns prosessene. Investeringskostnadene er imidlertid høyere og drifta mer kompleks. Tyngre nedbrytbare substrater egner seg godt i denne prosessen.

Temperaturen i biogassreaktoren er viktig i forhold til hygienekrav for bruk av biorest (Veileder Animalske biprodukter, Mattilsynet EU forordning 1069/2009 og EU forordning 142/2011)

3.1 Biogass – anvendelse

Det anvendes ca. 60% av produsert energimengde fra biogassanlegg internt i anlegget (Klif, 2013) mens de resterende 40% brukes eksternt levert i form av elektrisitet, varme og oppgraderes til gass

for bruk på gassnett eller som drivstoff. Det er busser drevet på biogass i Oslo, Fredrikstad og Trondheim. TINE meierier har biler som kjører på biogass både i Østlandsområdet og i Vestfold (<http://www.tine.no/presserom/nyheter/nyhet?id=2233169>). Av andre kjøretøy drevet av biogass kan nevnes at Posten/Bring har ca 100 biler og Veolia i Oslo rundt 60 renovasjonsbiler. Potensialet for bruk av oppgradert biogass på busser, tunge kjøretøy, ferger og båter er stort.

Tabell 3-1 viser omregnet til kWh for vanlige energibærere med potensielt energiinnhold.

Tabell 3-1 Omregning av drivstoff til energiutbytte

Råstoff	Energiutbytte (kWh)
1 m ³ rå biogass (60% metan)	6,2 kWh
1 m ³ oppgradert biogass (97% metan)	10,1 kWh
1 m ³ naturgass	11,0 kWh
1 liter bensin	9,6 kWh
1 liter diesel	9,8 kWh

Av tabellen over ser en at 1 m³ oppgradert biogass tilsvarer 1,1 liter bensin eller 1 liter diesel.

3.2 Biorest – anvendelse

Biorest består av tungt nedbrytbart organisk stoff, for eksempel ligning, mikroorganismer som lever i biogassreaktoren, salter og næringsstoffer. Flytende biorest er et høyverdig produkt med gode gjødselegenskaper som kan benyttes på lik linje med flytende gjødsel fra storfe og svin. Biorest benyttet som biogjødsel kan erstatte mineralgjødsel, reduseres klimagassutslipp og forbruket av energi- og materialressurser knyttet til produksjonen av mineralgjødsel. Samtidig resirkuleres fosfor som er en begrenset ressurs. Biogjødsel må tilfredsstille gjødselvareforskriftens krav til maksimumskonsentrasjon av tungmetaller samtidig som innhold av organiske miljøgifter, plantevernmidler, antibiotika, kjemoterapeutiske midler eller andre miljøfremmede organiske stoffer må begrenses og forebygges spredning av. I tillegg må innholdet av hovednæringsstoffene nitrogen (N), fosfor (P) og kalium (K) være tilstede i en viss mengde for at biogjødsel er interessant å benytte. Sekundære næringsstoffer og mikronæringsstoffer har også betydning for virkning og kvaliteten av biogjødsel. Spredning av biogjødsel på åker og eng må tilfredsstille FOR-2003-07-04-951 Forskrift om gjødselvarer mv av organisk opphav.

Brod *et al.* (2016) fant at gjødseleffekten av nitrogen (N) i biogjødsel tilsvarte andelen mineralsk nitrogen tilført med mineralgjødseleffekten. Gjødseleffekten av biogjødsel basert hovedsakelig på flytende storfe-gjødsel økte med økende andel fiskeslam i prosessen. Gjødseleffekten av fiskeslam-basert biogjødsel er imidlertid betraktelig lavere enn gjødseleffekten til tørket fiskeslam. Planter som ble gjødset med 20 % fiskeslam og 80 % storfe-gjødsel, tok opp like lite nitrogen som om de ikke var gjødset i det hele tatt, mens plantene som ble gjødset med tørket fiskeslam tok opp mer nitrogen, slik at planteveksten var betydelig bedre (Brod *et al.* 2016). Oterhals & Oppen (2016) konkluderte i sin logistikkstudie for behandling av fiskeslam, at så langt det ikke er tillatt å slippe fiskeslam ut i sjøen, bør slammet tørkes og selges som gjødsel framfor å transporteres til et sentralt biogassanlegg. Konklusjonen fra disse to studiene er at tørking er den beste behandlingsmetoden for fiskeslam, både på grunn av gjødseleffekt og fordi det koster mye å frakte det vannholdige fiskeslammet fra settefiskanlegg til større biogassanlegg.

Biorest kan foredles i for eksempel en våt, nitrogenrik del og en tørr, fosforrik del. Den tørre delen muliggjør pelletering og er dermed et enklere produkt å selge og transportere enn den våte delen. Den fosforrike del egner seg godt som jordforbedringsmiddel, gjerne sammen med for eksempel flis fra skogbruket, eller som fosforgjødsel.

4 Regional substrattilgang

For å vurdere lønnsomhet for etablering av biogassanlegg på Helgeland er det avgjørende å kjenne til hvilke ressurser og substrater som potensielt er tilgjengelige. I dette avsnittet fokuserer vi på hvilke typer ressurser og substrater som finnes i regionen, i hvilke mengder og hvor ressursene i dag benyttes. Det er dermed ikke entydig at et biogassanlegg kan få tilgang til alt som listes opp. Eksisterende kontrakter, transportavstander og andre faktorer vil ha stor betydning for i hvilken grad substratene kan utnyttes. Oversikten i Tabell 4-1 danner grunnlaget for den bedriftsøkonomiske analysen (Kap 5-8).

Tabell 4-1 Regional substrattilgang Helgeland

	Substrat	Mengde/år* (tonn)	Tørrstoff %	Strømmer av substrat – eksisterende
Husdyrprodusenter på Helgeland	Storfe gjødsel (fast og flytende)			
	Flytende gris gjødsel			
	Fast gjødsel sau			
BioMiljø	Mage/tarm			
	Slam/septiktank			
Oppdrettsnæringa på Helgeland	Fiskeslam			
	Fiskeensilasje			
SHMIL	Matavfall privat			
	Matavfall industri			
	Hageavfall			
	Trevirke			
	Frityrolje			
Nortura Bjerka	Bein			
	Tarm/blod/fett/bløtvev			

4.1 Husdyrgjødsel

Tallene for husdyrgjødsel som ligger til grunn for Tabell 4-1 og Figur 4-1 er beregnet på bakgrunn av antall dyr det er utbetalt produksjonstilskudd for i hver enkelt kommune per 01.01.2017

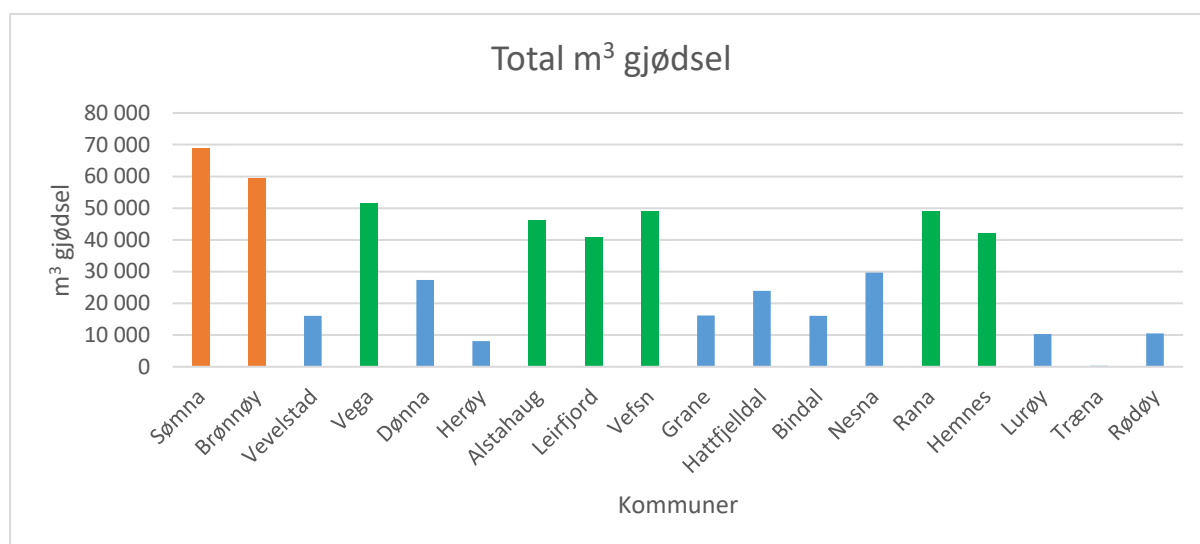
<http://statistikk.landbruksdirektoratet.no/skf/pt900/1620/1620F18f.htm>. Estimert mengde gjødsel er beregnet etter tallene i Tabell 4-2 som er lagerbehov for husdyrgjødsel ved prosjektering av nye bygg eller nye gjødsellagre

https://medlem.nortura.no/storfe/fagbibliotek/storfebygg/lagerbehov_gjodsel_for/

Tabell 4-2 M³ gjødsel per dyr per måned ved ulike kategorier av husdyr

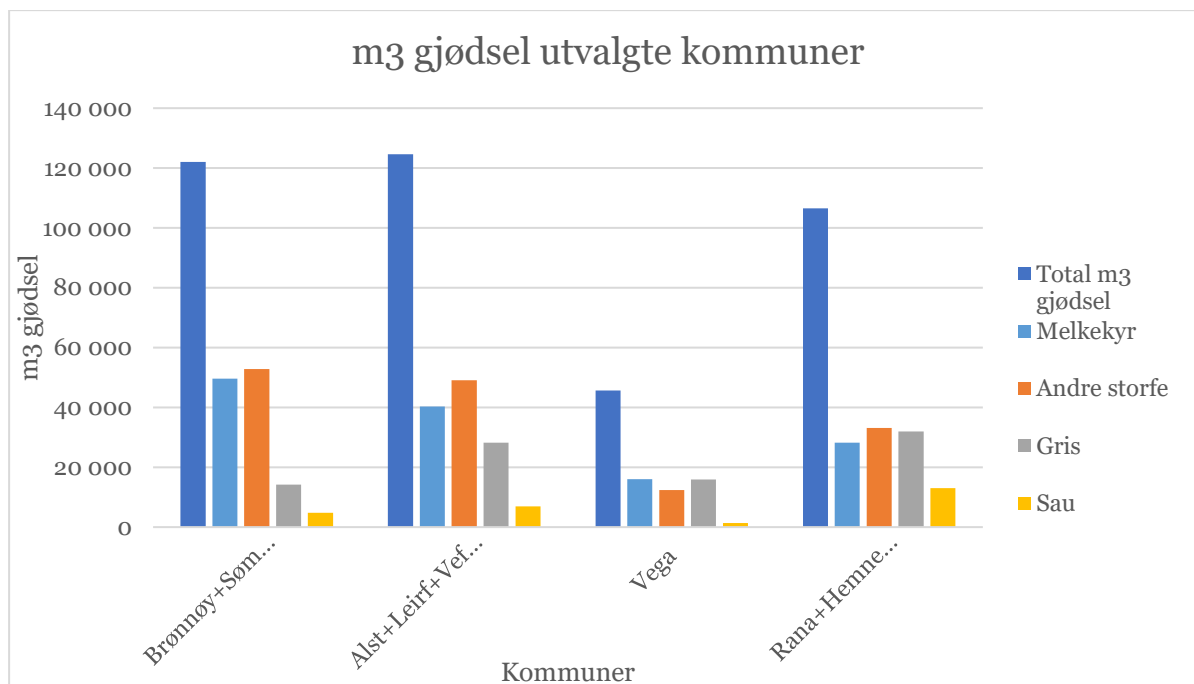
Dyreslag	M ³ gjødsel / dyr / måned
Melkekyr	2,3
Ammekyr	1,2
Ungdyr/kalv	0,8
V.f. sau	0,15
Purker	0,4
Slaktegriser	0,6
Høner	0,0025

I Figur 4-1 og Figur 4-2 er det beregnet gjødsel fra storfe og gris i 8 måneder og for sau i 6 måneder (inneførsperioden for sau er ca 6 måneder og resten av året er de på beite).



Figur 4-1 Total mengde tilgjengelig husdyrgjødsel i 18 kommuner på Helgeland. Lys grønn - >55 000 m³, mellom grønn 30 000 – 55 000 m³, mørk grønn < 30 000 m³.

Figur 4-2 viser total estimert mengde husdyrgjødsel (m³) i kommuneregioner som naturlig hører sammen geografisk. Figuren inkluderer regionene Brønnøy - Sømna, Alstahaug - Leirfjord - Vefsn, Vega, og Rana - Hemnes - Nesna. De fire regionene utgjør dermed 9 av de totalt 18 kommuner på Helgeland. Det er ikke entydig at husdyrgjødsel fra andre kommuner utelukkes fra å bli benyttet i et biogassanlegg. Figuren gir uttrykk for et minste potensiale av tilgang på husdyrgjødsel fra ulike regioner på Helgeland. Det er verdt å merke seg at Vega er en øykommune med fergeforbindelse til både Brønnøy og Alstahaug kommuner. Brønnøy og Sømna kommuner er direkte tilknyttet hverandre mens avstanden til Alstahaug kommune går via Vevelstad kommune som har fergeforbindelse både i sør (til Brønnøy) og nord (til Alstahaug). Vefsn og Alstahaug forbindes via Leirfjord sør for Ranafjorden mens Rana, Hemnes og Nesna ligger nord for Ranafjorden (vedlegg 1 kart over Helgeland).



Figur 4-2 Husdyrgjødsel totalt og fordelt på dyreslag i kommuneregioner som naturlig hører sammen.

Totalt produseres det ca 520 000 m³ husdyrgjødsel på hele Helgeland per år. Av dette kommer ca 375 000 m³ fra storfe, 100 000 m³ fra griseproduksjon og 45 000 m³ fra sau. Gjødsel fra geit og høns/fjørfe utgjør til sammen godt 1 000 m³ for hele Helgeland.

4.2 Fiskeslam

Oppløst nitrogen og fosfor slippes ut fra matfiskanlegg som uorganiske forbindelser dannet ved fiskens metabolisme. Total estimerte slam-utslipp er på 560 - 660 000 tonn organisk materiale (fekalier+fôrspill) fra norske matfiskanlegg (Svåsand *et al.* 2017). Helgelands andel av norsk matfiskproduksjon er ca. 10 %, dvs. at produksjonen av slam fra havbruksnæringa på Helgeland er på minst 56 000 tonn årlig.

Kun slammet som produseres i nyere settefiskanlegg har krav om å slutt deponere slammet på land. Slammet fra den resterende delen av havbruksnæringa går i dag i sjøen. EcoPro sier at de får inn minimale mengder fiskeslam fra Helgeland til sitt biogassanlegg på Værdal, bare noen få tonn per år (Tore Fløan, pers. medd. , jan. 2018). I framtida tror vi at miljøkravene til håndtering av slam i oppdrettsnæringa vil bli strengere, samtidig som andel lukkede anlegg vil øke. Det er stort utviklingsarbeid på dette området nå. Dette betyr at slammengden og potensialet for å benytte denne ressursen i et biogassanlegg forventes å bli langt større. Ikke minst av hensyn til fosfor-kretsløpet er dette viktig (Blytt *et al.* 2017). Ulempen er det høye vanninnholdet (og saltinnhold) i slammet som medfører kostbar transport.

Beregninger gjort av Anders Næss, daglig leder ved AkvaFuture i Brønnøysund, viser at slamproduksjonen per i dag ved anlegget i de lukkede merdene er ca. 40 gram tørt slam (80-90 % TS) per kg laks produsert. AkvaFuture forventer en årlig lakseproduksjon på 5000-6000 tonn med fire tillatelser (Anders Næss, mailkorrespondanse med Kari Anne Andreassen, 17.11.2017). Dette betyr en slammengde på minst 50 tonn tørt (avvannet) slam per konsesjon per år.

Havbruksnæringa på Helgeland betaler relativt mye (ca. 1700 kr/m³ slam) for å levere til SHMIL/Ecopro i Trøndelag for biogassproduksjon. Siden innblanding av opptil 20 % slam i blanding med kumøkk kan doble metangassproduksjonen (Gebauer *et al.* 2016), er det rimelig å tenke seg at en rimeligere gate-fee for denne råvareressursen, vil bli et viktig incentiv for havbruksnæringa til å satse på biogass i framtida.

Fremtidig potensiale for lukkede- og landbaserte anlegg som kan samle opp slam

Det skilles mellom lukkede anlegg på land og semilukkede anlegg i sjø. Per i dag er begge typer anlegg for matfisk på forsøksstadiet. Aktuelle produksjonsregimer er å produsere fisk opptil 1 kg (storsmolt) i lukkede anlegg før overføring til åpen merd, eller å gjennomføre hele produksjonen i lukket eller semilukket anlegg. Lukkede og semilukkede anlegg stiller store krav til vanntilførsel, vannbehandling og driftssikkerhet for å sikre et stabilt godt oppdrettsmiljø, særlig med tanke på nivåer av oksygen, karbondioksid og ammoniakk (Rosten *et al.* 2011).

Det er mer kostbart og risikofylt å satse på lukkede, flytende anlegg enn tradisjonelle flyteanlegg, både når det gjelder kapitalkostnader og inntjening. Imidlertid er teknologien svært framtidsretta, miljøvennlig og aktuell, særlig på skjermede lokaliteter. Problemer med lakselus, sykdommer og rømming av fisk har igjen satt gang i debatten rundt landbaserte anlegg, men det ligger både økonomiske og politiske årsaker til grunn for at utviklingen og implementeringen av landbaserte løsninger ikke har oppnådd ønsket markedsandel. På lengre sikt er det sannsynlig at både lukkede anlegg i sjø (også langt til havs) og landbaserte anlegg vil øke i antall.

Akvafuture har en kapasitet på 3 900 tonn biomasse kontinuerlig i sine tre lukkede anlegg (smolt og påvekstanlegg) på Helgeland. Dette er et steg mot fullskalaproduksjon ved hjelp av egenutviklet teknologi (Helgelands Blad, 29.11.2017). Marine Harvest avventer svar fra Fiskeridirektoratet på søknad om åtte utviklingstillatelser for å bygge fem lukkede oppdrettsanlegg (såkalte «Donuts») til havs. Anleggene til en verdi av 325 millioner skal testes ut på Herøy på Helgeland. Vannet i tankene skal hentes fra dybder uten lakselus og inne i tankene skal laksen svømme i motstrømsanlegg. På bunnen skal fôrrester og avføring samles opp og brukes som ressurs til f.eks. biogass (Varden, 04.06.2017). LetSea har kjøpt seg opp i Biolaks AS i Bergen som har patentert et nytt konsept for lukkede sjøanlegg (Helgelands Blad, 08.12.17).

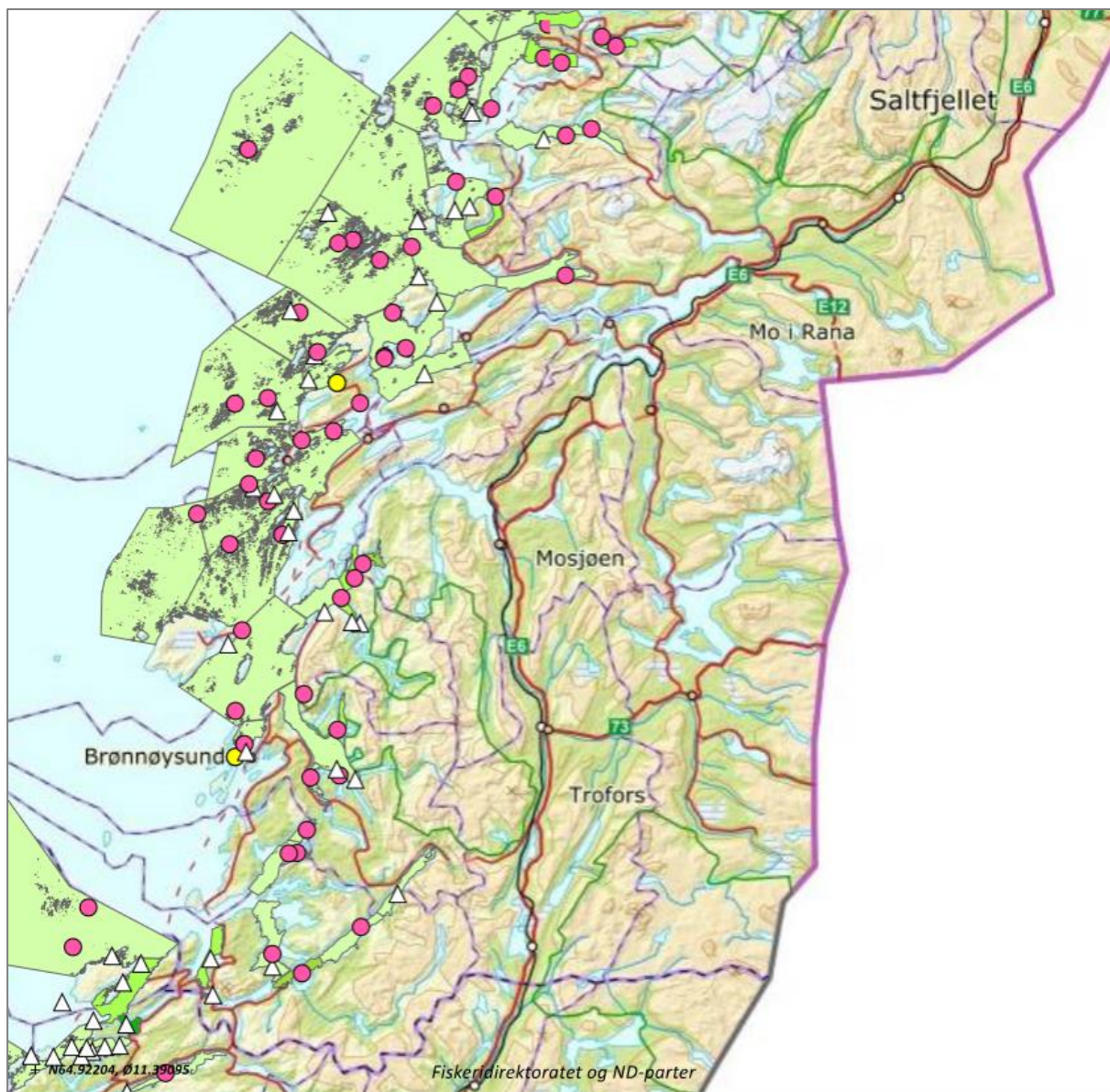
4.3 Fiskeensilasje

Potensial og mengde fiskeensilasje fra Helgeland

Erfaringsbaserte estimer tilsier at det er 15-20 % dødelighet i matfiskproduksjonen i Norge. Omregnet til antall fisk og kg ensilasje, er potensialet for fiskeensilasje fra Helgelandskysten på minimum 12 500 tonn per år (K. Johnsen, LetSea, pers. medd., febr. 2018). Oppdrettsnæringa er i sterk ekspansjon, men man forsøker hele tiden å redusere dødeligheten, slik at dette kan være et realistisk estimat også for framtida. Siden kategori 2-ensilasje i utgangspunktet er et «problemavfall» som skal håndteres videre på en sikker måte, må en anta at mesteparten av fiskeensilasjen kan benyttes i et biogassanlegg. Leveransen fra oppdrettsnæringa vil være avhengig av om det blir rimeligere å levere ensilasjen til biogassanlegget enn de gjeldende avtaler som er inngått (f.eks. med Hordafôr).

Fiskeensilasje inneholder 20-35 % TS (Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap 2008, Solli *et al.* 2014). Denne mulighetsstudien vil avdekke hvorvidt det er logistisk og økonomisk forsvarlig å

transportere fiskeensilasje fra oppdrettsanleggene på Helgelandskysten inn til ett, eller flere regionalt lokaliserte biogassanlegg. Figur 4-3 viser oversikt over oppdrettslokaliteter på Helgeland per november 2017.

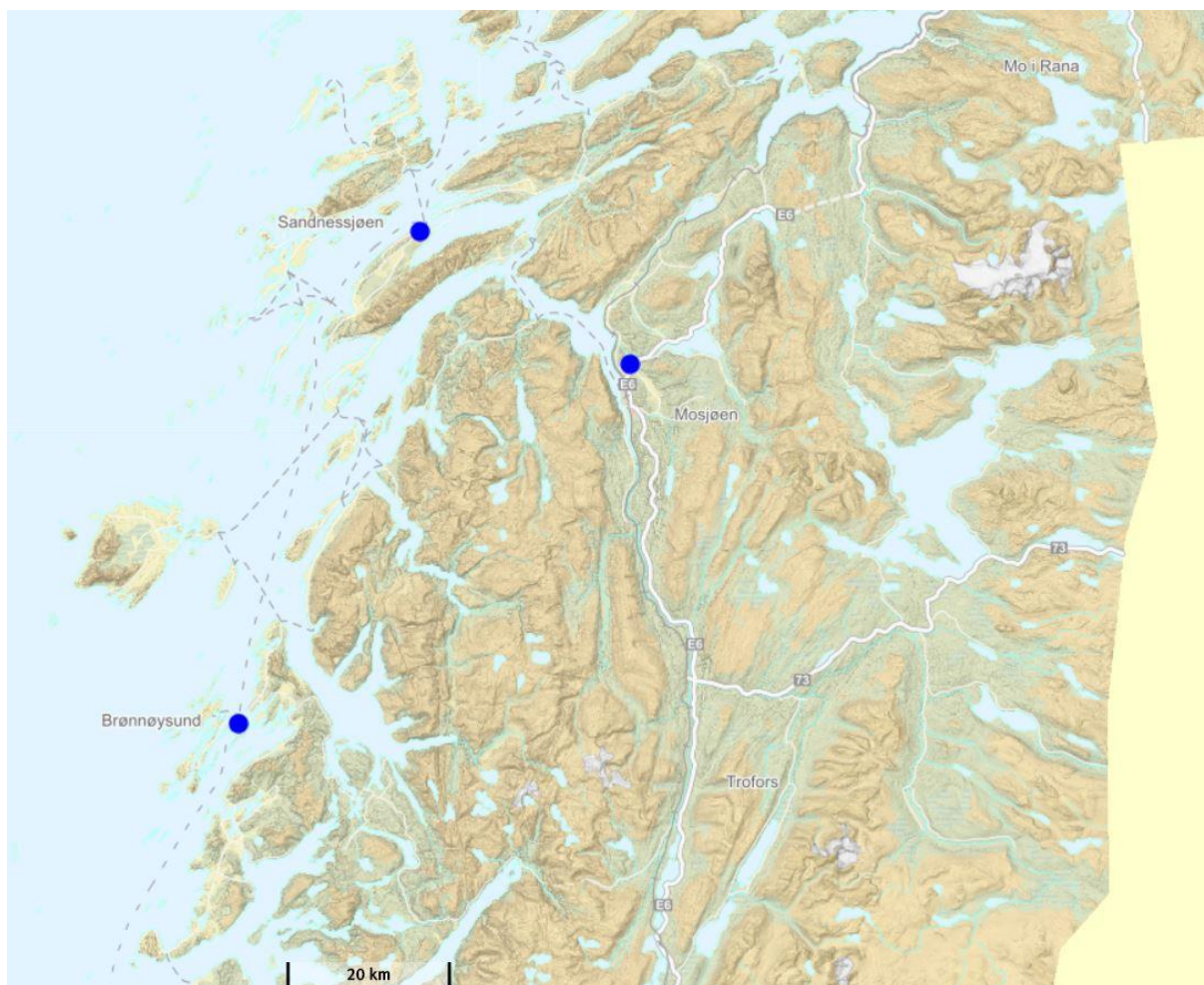


Figur 4-3 Viser oppdrettslokaliteter på Helgeland per november 2017. Rosa sirkler er lokaliteter med stående biomasse av laks, gule sirkler er lokaliteter med stående biomasse av andre fiskearter, hvit trekant er lokaliteter uten fisk

5 Økonomisk vurdering av biogassanlegg på Helgeland

De neste kapitlene (kap. 5 til 9) er skrevet av Aina Stensgård og Kari-Anne Lyng ved Østfoldforskning

Figur 5-1 viser de tre vurderte lokasjonene som er analysert for Helgeland. Lokasjonene er merket med blå punkter.



Figur 5-1 Vurderte lokasjoner for biogassanlegg i analysen

Kostnadsanalysen dekker privatøkonomiske kostnader og inntekter knyttet til investeringer og drift av et biogassanlegg i regionen. Analysen er en bedriftsøkonomisk kostnadsanalyse for utbygging av biogassanlegg på Helgeland. Samfunnsøkonomiske kostnader og nytte som lokale ringvirkninger (eks. flere arbeidsplasser, klimagevinster, lukt mm) samt kostnader som bæres av andre aktører utover biogassanlegget er ikke vurdert. Det anbefales at disse kostnadene og nytteeffektene vurderes ved en eventuell utbygging av biogassanlegg i regionen.

Økonomianalysene i denne del av rapporten er kun overordnede vurderinger som i stor grad er basert på generelle- og nasjonale kostnadsdata. Analysen kan med andre ord gi en indikasjon på hvilke løsninger som kan være bedriftsøkonomiske lønnsomme, men rapporten hensyntar ikke lokale forhold (eks. grunnforhold, avtaleforhold, bompenger o.l.). Dette er ting som må utredes grundig i forkant av en utbygging.

Samr tning av ulike substrater kan i noen tilfeller bidra til økt biogassutbytte og effektivisering av prosessen (reduert behov for tilførsel av vann) (Modahl *et al.* 2016), men dette er ikke hensyntatt i analysen da effekten ikke er tilstrekkelig dokumentert.

Tilgang til substrater og gode avsetningsmuligheter for biogass og biorest er en forutsetning både for å oppnå lønnsomhet og for å oppnå en miljøvennlig verdikjede. Dette kapitlet vurderer sannsynlige substrater inn i anlegget og mulige markeder for biogass og biorest på Helgeland, samt kostnader og inntekter knyttet til disse.

5.1 Substrater inkludert i  konomianalysen

Norske storskala biogassanlegg er i stor grad avhengig av inntekter for behandling av avfallet (såkalt gate fee eller behandlingsavgift). I dette kapitlet gjøres en vurdering av inntekter og utgifter knyttet til de ulike substratene som er tilgjengelige i regionen.

Fra et miljø- og ressursperspektiv er det viktig å oppnå en så høy utnyttelse som mulig av avfallsressursene. Det betyr at dersom det finnes muligheter for at avfallet kan utnyttes til et mer høyverdig formål enn biogassproduksjon (f.eks. redistribusjon, dyrefôr eller bioprospektering) bør dette vurderes f r man eventuelt beslutter at substratet kan brukes inn i biogassproduksjon. Fra et økonomisk perspektiv vil et biogassanlegg ofte ikke kunne konkurrere om substrat som er etterspurt på markedet av andre aktører som produserer råvarer med en høyere økonomisk verdi.

5.1.1 Flytende gjødsel fra husdyr

Gjødsel er et egnet substrat for biogassproduksjon fordi dens innhold er sammensatt og gir prosessen stabilitet (Morken *et al.* 2017). Flytende husdyrgjødsel har en høy andel vann og lavere utbytte per tørrstoffinnhold sammenliknet med matavfall fra husholdning og næring. I tillegg er ressursene ofte spredd utover store områder, noe som gjør at logistikken kan bli kostbar. For at en gård skal levere gjødsel til et sentralisert biogassanlegg og få biogjødsel (flytende biorest) i retur, vil det i mange tilfeller være behov for å bygge et nytt lager. For eksempel kan det tidligere lageret benyttes til lagring av biogjødsel, mens det kan bygges et nytt lager med kapasitet til å romme en m nedes gjødselproduksjon.

Tidligere har det vært krav til hygienisering av husdyrgjødsel som brukes i biogassanlegg for å hindre smitte. I forslaget til den nye gj dselvar forskriften derimot legges det opp til at husdyrgjødsel som går til biogassanlegg hvor bioresten brukes innenfor samme fylke kan unntas fra kravet om hygienisering (Landbruksdirektoratet, 2018). Dette vil gjøre det enklere å bruke husdyrgjødsel som substrat i biogassanlegg, og å returnere bioresten tilbake til landbruket.

Det er innført en støtte som gis til bønder som leverer husdyrgjødsel til biogassanlegg. Støtten baserer seg på tørrstoffinnholdet i gjødsel (FOR-2014-12-19-1815, 2015). Tilskudd kan også utbetales etter fast sats per dyr, men hovedregelen er at tilskudd skal utmåles per tonn husdyrgjødsel vektet for vanninnholdet. I analysen er det tatt utgangspunkt i at tilskuddet beregnes per tonn husdyrgjødsel. Støtten er beregnet med basis i «Veiledning med kommentarer til forskrift om tilskudd for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg» fra des. 2017. Beregningen av tilskuddet per tonn gjødsel er gjort etter følgende formel:

$$(1 - (Y \times X)) \times 500 \text{ NOK}$$

Der Y er vanninnholdet i gjødsel.

Basert på denne formelen er støtten per tonn storfe gjødsel og svin gjødsel er i denne studien beregnet til henholdsvis 86 og 77 NOK/tonn basert på TS-innhold tilsvarende 9 og 8 prosent.

I denne rapporten antar man at avtale mellom bøndene og biogassanlegget er tilsvarende som hos Den Magiske Fabrikken i Vestfold (Greve Biogassanlegg): det antas at bonden betaler 75% av støtten til biogassanlegget, at anlegget dekker transportkostnadene og betaler en lagerleie til bonden for investering i ny gjødselkum. Støtten som anlegget mottar (75 %) antas å dekke opp om lagerleien. Dette betyr at biogassanlegget kun vil ha utgifter knyttet til transport av husdyrgjødsel og bioresten, og ingen øvrige inntekter eller utgifter.

For de tre aktuelle lokasjonene som er vurdert, er det identifisert relativt store ressurser husdyrgjødsel. For å estimere kostnadene knyttet til transport av husdyrgjødsel og biorest er transportmodellen utarbeidet i BVC-prosjektet brukt (Modahl *et al.* 2016), og en gjennomsnittlig transportavstand fra gård til anlegget på 20 km (anlegg 2) og 40 km (anlegg 3) er brukt basert på mengde husdyrgjødsel behandlet i de ulike analyserte anleggene.

Kun gårder som har en månedlig husdyrgjødselproduksjon over 35 kubikkmeter er vurdert, da dette er nedre grense for å fylle opp tankbilen på en tur. Dette er fordi de største kostnadene knyttet til transport av husdyrgjødsel påløper ved lasting og lossing, hvilket gjør det for kostbart å fylle opp tanken i to omganger.

5.1.2 Mage/tarm

Komposteringsanlegget til BioMiljø AS i Mosjøen behandler i dag mage/tarm fra Nortura på Bjerka. Mage/tarm er relativt likt husdyrgjødsel som substrat.

5.1.3 Slam/septik

Den eksisterende gjødselverforskriften definerer bioresten som slam dersom slam blandes inn som substrat. Dette vil gi begrensninger når det kommer til bruk av bioresten i landbruket. Dette gjør at det er mindre aktuelt å bruke slam/septik som substrat i verdikjeder som inkluderer landbruket, enten i form av å motta biogjødsel, levering av husdyrgjødsel som substrat, eller begge.

Ved bruk av slam som substrat må man derfor enten ha separate produksjonslinjer dersom man ønsker å utnytte deler av bioresten i landbruket, eller så kan man la være å ta imot substrat fra landbruket. Det er på bakgrunn av dette definert tre anleggstyper (se kapittel 6). Bioresten fra slam avvannes og komposteres.

5.1.4 Fiskeslam

Fiskeslam er ekskrementer og fôrrester fra akvakulturanlegg (Landbruksdirektoratet, 2018). Det er lite erfaring så langt med bruk av fiskeslam til biogassproduksjon (Morken *et al.* 2017), men det er forventet at bruken av fiskeslam til biogassproduksjon vil øke fremover, ettersom det vil komme rensekraft for nye og større settefiskanlegg.

I dag fins det lite tilgjengelig fiskeslam, da dagens regelverk tillater utslipp av ubehandlet slam til sjø, men for nye anlegg og utvidelse av eksisterende, er det krav om rensing (Oterhals & Oppen 2016). Dette betyr at fiskeslam kan bli en viktig biogassressurs i fremtiden, da ressursen ikke har så mange andre utnyttelsesområder samt at man i fremtiden må finne avsetning.

Det er antatt en transportavstand via båt tilsvarende 33 km for lokalisering i Sandnessjøen (sjøvegen fra settefiskanlegget på Dønna til tenkt lokalisering av biogassanlegg ved Sandnessjøen). For

lokalisering i Mosjøen og Brønnøysund vil transportavstandene via båt bli en del lengre, og det er antatt transportavstand på henholdsvis 76 og 83 km (sjøvegen fra settefiskanlegget på Dønna til tenkt lokalisering av biogassanlegg ved Mosjøen og Brønnøysund).

For transport på land vil lokalisering ved Sandnessjøen muliggjøre direkte omlasting fra båt til anlegg, derfor er transportavstanden satt lik 0 for denne lokasjonen.

For Mosjøen og Brønnøysund er transport på land beregnet til henholdsvis 5 og 4 km. Merk at det er store usikkerheter knyttet til disse kostnadene, da de i stor grad er avhengig av lokale løsninger og fremtidig regelverk.

5.1.5 Fiskeensilasje

Fiskeensilasje er død fisk fra fiskeoppdrett og slakteavfall. Det inneholder mye protein og fett, og har en lav pH-verdi. Innholdet av fett forstyrrer biogassprosessen og fører til skumdannelse. Forsøk har vist at det maksimale man kan blande inn er ca. 10 - 15 % av volumet (Morken *et al.* 2017). I analysen er det antatt at maks innblanding er 10 %.

Ettersom ensilasjonen i dag utnyttes til et mer høyverdig formål (for, oljer og fiskemel), er det viktig å påpeke at i et miljø- og ressursperspektiv bør det vurderes hvorvidt ensilasjonen fortsatt skal utnyttes til for, oljer og fiskemel.

5.1.6 Våtorganisk matavfall fra husholdning og næring

Matavfall fra husholdning og næring er et biogassubstrat med et relativt høyt tørrstoffinnhold og biogassutbytte. Før man kan ta i bruk våtorganisk avfall fra husholdninger (og ofte næring) må avfallet forbehandles for å skille ut feilsorterte elementer slik som plast, glass og metall. Forbehandlingen av matavfall utgjør en vesentlig kostnad for biogassanlegg (Yngvesson *et al.* 2013). Rejekt fra forbehandling av matavfall kalles sikterest og for norske anlegg utgjør rejekten mellom 7 - 20 % av total mengde matavfall inn i anlegget. I tillegg er det krav til hygienisering i henhold til den animalske biproduktforordningen.

Inntekten fra behandlingen av avfallet varierer fra anlegg til anlegg. For de anlegg som er omfattet av selvkostprinsippet i avfallsforskriften, skal behandlingspris (gate fee) dekke den reelle kostnaden for behandling av det kommunale avfallet. Biogassanlegg som har søkt investeringsstøtte fra Enova har beregnet en inntekt fra behandling av kildesortert matavfall fra husholdninger (såkalt gate fee) på mellom 500 og 950 kr/tonn (median på 625 kr).

5.2 Substrater ekskludert fra økonomianalysen

5.2.1 Hageavfall

Hageavfall er bedre egnet til kompost enn til biogassproduksjon. Dette kommer av at norske biogassanlegg i hovedsak er basert på en teknologi med våt metanprosess, og anleggene ønsker derfor som hovedregel ikke å motta hageavfall. Hageavfall har et lavt eller lite tilgjengelig biogassutbytte, i tillegg til at jord og steiner kan føre til ødeleggelser på anlegget. Hageavfall er derfor ikke inkludert som substrat for de økonomiske beregningene i denne rapporten.

5.2.2 Trevirkeavfall

Trevirke vil ikke kunne brytes ned i et biogassanlegg med våt metanprosess uten spesiell forbehandling, for eksempel ved hjelp av termisk hydrolyseprosess (THP). På grunn av disse teknologiske begrensningene er ikke trevirke inkludert som substrat i de økonomiske beregningene i denne rapporten. Treavfall (flis eller pellets) kan være en mulig varmekilde på biogassanlegget dersom en ikke ønsker å bruke egenprodusert biogass som varmekilde for å maksimere inntektene knyttet til salg av biogass.

5.2.3 Slakteavfall

Slakteavfall fra Nortura Bjerka leveres til norsk protein. Dette kan antas å gi en høyere nivå av utnyttelse enn biogass- og biogjødselproduksjon, og vurderes som usannsynlig at biogassanlegget kan konkurrere på pris for å få tilgang til substratet.

5.2.4 Tørr gjødsel

Sauetalle, tørr småfegjødsel og tørr storfegjødsel vil ikke kunne brytes ned i et biogassanlegg med våt metanprosess uten spesiell forbehandling, for eksempel ved hjelp av termisk hydrolyseprosess (THP). På grunn av disse teknologiske begrensningene er ikke tørr gjødsel inkludert i økonomiberegningene i denne rapporten.

5.3 Oppsummering av substrategenskaper og potensialer

På bakgrunn av vurdering av teknisk gjennomførbarhet og markedssituasjon, er det i den økonomiske analysen valgt å fokusere på matavfall fra husholdning og næring, slam/septik, mage/tarm, flytende storfe- og svinegjødsel, fiskeslam og fiskeensilasje.

Tabell 5-1 Mengde og teoretisk energipotensiale tilgjengelig per år på Helgeland

	Tonn (våtvekt)	GWh Teoretisk	GWh realistisk	Kommentar
Matavfall husholdning				Krever forbehandling
Matavfall næring				Krever forbehandling
Slam/septik				Biorest kan ikke spres på jordet
Mage/tarm				
Flytende storfegjødsel				Ikke realistisk å ta imot alt pga. transportkost
Flytende svinegjødsel				Ikke realistisk å ta imot alt pga. transportkost
Fiskeslam				Realistisk potensiale 1 500 tonn.
Fiskeensilasje				Maks innblanding i reaktor er 10 %.
Totalt	357 815	137	94,8	

Merk at det ikke er sannsynlig at et biogassanlegg vil få tilgang til den totale mengden av substrat. For eksempel er gjødselressursene spredd over hele regionen, og det kan være små kvanta på enkelte gårder som gjør det mindre lønnsomt å hente inn alle ressursene. Norske biogassanlegg som behandler matavfall og gjødsel, produserer i dag fra ca. 10 GWh per år og opp til ca 60 GWh per år.

Tabell 5-1 viser at mengden matavfall fra husholdning og næring som oppstår på Helgeland per år kan antas å være for små for å kunne dekke opp et kapasiteten til et potensielt biogassanlegg alene. En kombinasjon av matavfall, mage/tarm, slam/septik, gjødsel og avfall fra oppdrettsnæringen som substrat inn i et biogassanlegg synes derimot å være en lovende løsning.

Tabell 5-2 viser de analyserte substratene med tilhørende egenskaper forutsatt i analysen.

Tabell 5-2 De ulike analyserte substratene med tilhørende nedbrytningsgrad, tørrstoffandel og realistisk energiutbytte

Substrat	Nedbrytningsgrad	Tørrstoffandel	kWh/tonn (realistisk)
Flytende storfegjødsel	40 %	9 %	99
Flytende svinegjødsel	55 %	8 %	117
Matavfall husholdninger	70 %	30 %	748
Matavfall industri	70 %	13 %	714
Fiskeslam	70 %	10 %	415
Fiskeensilasje	70 %	20 %	2 800
Mage/tarminnhold	55 %	16 %	350
Slam/septik	70 %	16 %	0,23

5.4 Avsetningsmuligheter i regionen

5.4.1 Avsetning av biogass

For å oppnå en optimal klimanytte fra biogassproduksjonen, bør biogassen brukes til å fase ut fossile energibærere (Lyng 2018; Modahl *et al.* 2016). Siden fornybarandelen i den norske energisektoren er relativt høy, vil biogassen som hovedregel gi en større klimanytte dersom den brukes i transportsektoren til å fase ut fossile drivstoff slik som diesel, enn dersom den brukes til å generere strøm og varme.

Biogassproduksjon har ved mange norske anlegg i hovedsak vært en avfallsbehandlingsløsning for matavfall og avløpsslam, og biogassen har i stor grad blitt brukt til å generere strøm og varme med lav utnyttelse. De siste årene har det kommet flere anlegg som oppgraderer biogassen til drivstoffkvalitet og leverer den til transportsektoren. I 2015 var en tredjedel av sluttbruken til biogass til transportformål (105 av 308 GWh) (SSB 2016).

Oppgraderingsanlegg representerer en betydelig investering og studier har vist at dette kun lønner seg for anlegg over en viss størrelse (Lyng *et al.* 2018). Biogass har en fordel sammenlignet med fossile drivstoff i transportsektoren fordi den er fritatt fra veiavgift og CO₂-avgift. Oppgradert gass gir høyere inntekt for salg av gassen.

Biogass som drivstoff blir i dag i hovedsak brukt i bybusser, renovasjonsbiler og varebiler. Flåtebiler er egnet til å bruke biogass fordi bruken er forutsigbar og de kan fylle drivstoff på samme sted, noe som er en fordel på grunn av den lite utviklede infrastrukturen for distribusjon av gass i Norge. Bruken av biogass i privatbiler i Norge er i dag svært begrenset. De fleste norske biogassanlegg med oppgradering leverer komprimert biogass (CBG). Det er sannsynlig at teknologiutvikling vil gi en mulighet for mer lønnsomme løsninger for bruk av gass til langdistansetransport, noe som vil kreve flytende biogass (LBG) for å oppnå en høyere energitetthet.

Helgeland har spredt bebyggelse, lange avstander og lite utbredt kollektivtransport sammenlignet med regioner med høyere befolkningstetthet. Dette gjør at markedet for levering av biogass til

kollektivtransport er begrenset. Det er ifølge Nordland fylkeskommune (2016) 440 busser som utfører den daglige kollektivtransporten i hele fylket, og i mange tilfeller er det skoleskyss som er i dimensjonerende for kollektivtransporten. I tillegg til bruk i busser, vil det være muligheter i regionen til å benytte biogass som drivstoff for kjøretøy som transporterer varer og tjenester. Muligheter som bør undersøkes mer i detalj er blant kjøretøy som distribuerer dagligvarer, innsamling av avfall og transport til og fra TINEs to meierier i Nordland fylke.

En annen avsetningsmulighet er biogass til ferger. Nordland fylkeskommune er ansvarlig for 28 hurtig- og lokalbåtruter (Nordland fylkeskommune 2016). Dette representerer en avsetningsmulighet for biogassen, siden det finnes flere gassferger tilgjengelig på markedet. Ovrum *et al.* (2018) har vurdert hvorvidt biogass, teknisk og økonomisk sett, er et realistisk alternativ for Nordlandsbanen, og konkluderte med at det er teknisk mulig innenfor fornuftige økonomiske rammer. Dette gjør at Nordlandsbanen er en aktuell avsetningsmulighet for biogassen produsert ved et fremtidig biogassanlegg på Helgeland. Ovrum *et al.* (2018) anslår at Nordlandsbanen vil representere en årlig etterspørsel på 125 GWh biogass, hvis det besluttes at banen skal konverteres til gassdrift. Ved bruk av biogass som drivstoff for ferge og jernbane vil det være mer aktuelt med flytende biogass (LBG) fremfor komprimert gass (CBG).

Basert på avsetningsmulighetene beskrevet ovenfor (buss, ferge, varetransport, avfallsinnsamling og tog), ser det ut til å være gode muligheter for å skape et marked for bruk av biogass til transport. Med tanke på å optimalisere klimanytten er det i denne rapporten forutsatt at biogassen benyttes i transportsektoren. Det er derfor tatt utgangspunkt i dette i de økonomiske beregningene i denne rapporten. Det kan selvsagt være andre avsetningsmuligheter som ikke er nevnt her, for eksempel til lokal industri med varmebehov som i dag benytter seg av fossile energibærere. Før det eventuelt tas en beslutning om å bygge et anlegg, vil det være nødvendig å gå mer i detalj på aktuelle markeder og å gå i dialog med relevante aktører for å undersøke aktørenes interesse for biogass.

5.4.2 Avsetning av biorest

Biorest har flere anvendelsesområder. Bruk av bioresten til et potensielt anlegg på Helgeland vil sannsynligvis være påvirket tre hovedfaktorer:

1. Hvilke substrat som inngår i produksjonen og eventuelle begrensninger av dem i gjødselvarselskriften.
2. Hva som er behovet for gjødsel og jordforbedringsprodukter i området.
3. Kostnader knyttet til behandling, distribusjon og bruk av bioresten.

Dersom flytende biorest benyttes i landbruket i stedet for mineralgjødsel, vil dette gi den beste klimanytten (Lyng *et al.* 2015; Modahl *et al.* 2016). Forholdet mellom nitrogen, fosfor og kalium (NPK) i useparert gjødsel svært lik gjødselbehovet til korn og gras (Grønlund 2014).

Gjødselvarselskriften har begrensninger til bruk av biorest til matproduksjon dersom den er produsert fra slam. Tørr/kompostert biorest kan brukes som gjødsel eller jordforbedringsmiddel og kan bidra til utfasing av bruk av torv.

I Nord-Norge er landbruket preget av grasproduksjon i kombinasjon med husdyr der gjødsla spres direkte på jordet. I slike tilfeller vil bruk av biogjødsel fra biogassproduksjon ikke bidra til redusert bruk av mineralgjødsel, ettersom gjødsla allerede erstatter mineralgjødsel. Ifølge SSB (2017) er det 2100 dekar dyrket kornareal totalt i Nordland hvorav 1 500 er bygg og 600 dekar er havre. Dette er

relativt lite, og indikerer at flytende biorest fra en biogassreaktor ikke vil kunne erstatte mineralgjødsel i stort omfang i regionen.

Et annet alternativ er å avvanne bioresten og kompostere den avvannede fasen i komposteringsanlegget til BioMiljø AS.

6 Vurderte biogassanlegg og lokasjoner

Med bakgrunn i vurderingene av tilgjengelige substrater i kapittel 5.1 og avsetningsmulighetene for bruk av biorest og biogass i kapittel 5.4 er den økonomiske analysen avgrenset til tre ulike typer biogassanlegg:

- Anlegg 1: En produksjonslinje, med sambehandling av matavfall fra husholdning, matavfall fra næring, slam/septik, mage/tarm, fiskeslam og fiskeensilasje, med avvanning av bioresten som komposteres. All produsert biogass oppgraderes og utnyttes til transportformål. Det tilsettes vann for å oppnå lavt nok TS-innhold (15 %)
- Anlegg 2: To produksjonslinjer, der linje 1 er sambehandling av matavfall fra husholdning og flytende husdyrgjødsel uten avvanning av biogjødsel som utnyttes i landbruket, mens linje 2 er sambehandling av matavfall fra næring, slam/septik, mage/tarm, fiskeslam og fiskeensilasje med avvanning av bioresten som komposteres. All produsert biogass oppgraderes og utnyttes til transportformål. Det tilsettes vann i produksjonslinje 1 for å oppnå lavt nok TS-innhold (15 %). De to produksjonslinjene dimensjoneres slik at de behandler like store volumer substrat per år, men biogassproduksjonen er ulik på grunn av substratenes biogasspotensiale.
- Anlegg 3: En produksjonslinje, med sambehandling av matavfall fra husholdning, matavfall fra næring, flytende husdyrgjødsel, mage/tarm, fiskeslam og fiskeensilasje, uten avvanning av bioresten som utnyttes i landbruket. All produsert biogass oppgraderes og utnyttes til transportformål. Det trengs ikke å tilsettes vann i prosessen, da husdyrgjødsel fungerer som prosessvann.

Tabell 6-1 oppsummerer forutsetningene for type substrat og utnyttelse av biorest og biogass for de tre analyserte biogassanleggene. Merk at total mengde biorest (kompostert og sendt til landbruket) ikke er lik total mengde substrat inn pluss tilsatt vann. Dette skyldes at substratet brytes ned under utråtningsprosessen (blir til biogass).

For de tre scenariene varierer årlig mengde substrat utnyttet og dermed også gassproduksjonen, men forskjellen er relativt liten i årlig gassproduksjon sammenliknet med årlig mengde behandlet. Dette skyldes at husdyrgjødsel er et substrat som er stort i volum, men med relativt lav energitetthet.

Total mengde substrat behandlet for anlegg 1 og 2 varierer ikke for de tre vurderte lokasjonene, men for anlegg 3 varierer mengden husdyrgjødsel. I tillegg er sammensetningen av andel svine- og storfe-gjødsel noe forskjellig for de tre lokasjonene for anlegg 2 og 3. Dette skyldes at for anlegg 2 og 3 utnyttes husdyrgjødsel innenfor 40 km avstand til anleggene, og ettersom mengden tilgjengelig husdyrgjødsel varierer mellom de ulike lokasjonene, varierer også årlig mengde husdyrgjødsel behandlet og sammensetningen.

Tabell 6-1 Forutsetninger for analyserte biogassanlegg

Substrat	Anlegg 1	Anlegg 2	Anlegg 3
Husdyrgjødsel		x	x
Mataavfall husholdninger	x	x	x
Mataavfall industri	x	x	x
Fiskeslam	x	x	x
Fiskeensilasje	x	x	x
Mage/tarm	x	x	x
Slam/septik	x	x	
Mengde våtvekt behandlet/år (1000 tonn)			
Mengde TS behandlet/år (1000 tonn)			
Biogassproduksjon/år (GWh)			
Tilsatt vann i forbehandling (1000 tonn)			
Vann sendt til rensing (1000 tonn)			
Biogjødsel sendt til landbruket (1000 tonn)			
Biorest kompostert (1000 tonn)			
Andel biogass oppgradert			

Siden bioresten får ulike egenskaper avhengig av hvilke substrater som går inn i anlegget, vil funksjonen og gjødselverdien til bioresten være ulik for de tre alternativene. I alternativ 1 er det forutsatt at bioresten avvannes og komposteres, og den vil da ha funksjon som en kompost/ jordforbedringsprodukt. I alternativ 2 og 3 vil gjødselverdien avhenge av nitrogen, kalium og fosforinnholdet i substratene. Siden både matavfall og fiskeslam er rike på nitrogen, vil bøndene som leverer inn gjødsel og få biorest i retur med en høyere gjødselverdi per tonn sammenliknet med gjødsla de leverte.

Som nevnt innledningsvis (Figur 5-1) er det vurdert tre ulike lokaliseringer:

- Lokasjon A: Ved Søndre Helgeland Miljøverk Interkommunale avfallsselskap utenfor Mosjøen.
- Lokasjon B: Nærliggende industriområder utenfor Sandnessjøen (ved Botnfjorden).
- Lokasjon C: Nærliggende industriområder ved Akvafuture utenfor Sømna/Brønnøy

Disse områdene er valgt da de er lokalisert nærmest nøkkelressurser for biogassproduksjon og avsetningsmuligheter for biogass på Helgeland.

Ved lokasjon A ligger komposteringsanlegget til BioMiljø som i dag komposterer mage/tarm og slam/septik. Her ligger også SHMILs optiske sorteringsanlegg som skiller ut de grønne posene fra restavfallet. For lokasjon A betyr det at det ikke vil påløpe merkostnader knyttet til transport av våtorganisk avfall fra husholdningene, da avfallet uansett må omlastes ved SHMIL.

For samtlige av de tre lokasjonene er det antatt at anleggene som avvanner bioresten, sender den tørre fasen til BioMiljø i Mosjøen. Dette medfører ekstra transportkostnader for de lokasjon B og C. En alternativ løsning er å bygge komposteringsanlegg på de to lokasjonene, noe som hadde medført til økte investeringskostnader.

7 Metode og datagrunnlag for kostnadsberegninger

Analysen bygger delvis på tilgjengelige spesifikke data for Helgeland knyttet til eksisterende løsninger for de aktuelle substratene. Dette er hentet fra partnerne og andre samarbeidsaktører i prosjektet (Søndre Helgeland Miljøverk IKS (SHMIL), BioMiljø, LetSea og Akvafuture).

I tillegg er det brukt data fra prosjektet BioValueChain og Følgeforskning av pilotanlegg for biogass, der Østfoldforskning har jobbet med økonomidata knyttet til investering og drift av biogassanlegg som har fått innvilget investeringsstøtte fra ENOVA og Pilotstøtteordningen via Innovasjon Norge. Med base i disse dataene, kombinert med litteratordata og innhentede data fra landbruks- og transportsektoren, er det utarbeidet en økonomimodell for biogassproduksjon i Norge (Modahl *et al.* 2016). Kostnadene knyttet investering og drift av biogassanleggene, transport av husdyrgjødsel og biogjødsel samt investeringskostnadene for nye gjødselkummer på gårdene er beregnet med base i denne modellen.

Tabell 7-1 Kostnadskomponenter i analysen med tilhørende metode for beregning.

Kostnads-komponent	Hva	Beregningsmetode
Investeringskostnader		
Avskrivninger anlegg	Årlige avskrivninger for investering i biogassanlegget.	
Avskrivninger tank for fiskeslam	Årlige avskrivninger for investering i tank for fiskeslam.	
Avskrivninger tank for gjødsel	Årlige avskrivninger for investering i tank for husdyrgjødsel	
Driftskostnader		
Rensing av avvannet vann	Årlige kostnader knyttet til rensing av avvannet vann.	
Vann tilsatt prosess	Årlige kostnader knyttet til vann tilsatt prosess for å oppnå ønsket TS-innhold.	
Kompostering	Årlige kostnader knyttet til kompostering av avvannet biorest.	
Behandling av rejekt	Årlige behandlingskostnader for rejekt (15 %).	
Elektrisitet	Årlige kostnader knyttet til elektrisitet.	
Varme	Årlige kostnader knyttet til bruk av varme.	
Øvrig drift og vedlikehold	Årlige lønnskostnader, bruk av kjemikalier, nettleie for gass, vedlikehold og andre øvrige driftskostnader.	
Inntekter		

Inntekt biogass	Årlige inntekter knyttet til salg av oppgradert biogass.
Inntekt gatefee	Årlige inntekter knyttet til behandling av ulike substrater.
Transportkostnader	
Flytende storfegjødsel	Årlige kostnader knyttet til henting, transport og lossing av flytende storfegjødsel.
Flytende svinegjødsel	Årlige kostnader knyttet til henting, transport og lossing av flytende svinegjødsel.
Matavfall husholdninger	Årlige kostnader knyttet til henting, transport og lossing av matavfall fra husholdningene.
Matavfall industri	Årlige kostnader knyttet til henting, transport og lossing av matavfall fra næring.
Fiskeslam	Årlige kostnader knyttet til henting, transport og lossing av fiskeslam.
Fiskeensilasje (10 % av total mengde)	Årlige kostnader knyttet til henting, transport og lossing av fiskeensilasje.
Mage/tarm	Årlige kostnader knyttet til henting, transport og lossing av mage/tarm-innhold.
Slam/septik	Årlige kostnader knyttet til transport av slam/septik.
Biogjødsel	Årlige kostnader knyttet til transport av biogjødsel (levering til landbruk)
Kompost	Årlige kostnader knyttet til lasting, transport og lossing av kompost til BioMiljø AS.

Merk at for alle transportkostnader på land er det kun vurdert ruter uten ferge.

8 Økonomiske resultater

8.1 Lokalisering A, Mosjøen

8.1.1 Driftsspesifikke forutsetninger

Tabellen under viser de ulike anleggstypene og årlige tonnasje som er analysert for lokasjon A, Mosjøen.

Tabell 8-1 Årlige tonnasje og produksjon for de tre anleggene ved lokasjon A, Mosjøen.

Substrat	Anlegg 1 (Alle substrater unntatt gjødsel, avvanning)	Anlegg 2 (Alle substrater, to linjer, avvanning og ikke- avvanning)	Anlegg 3 (Alle substrater unntatt slam, ingen avvanning)
Flytende storfegjødsel			
Flytende svinegjødsel			
Matavfall husholdninger			
Matavfall industri			
Fiskeslam			
Fiskeensilasje (10 %)			
Mage/tarm			
Slam/septik			
SUM substrat inn			
SUM TS substrat			
Tilsatt vann (tonn)			
Andel tørrstoff linje 1			
Andel tørrstoff linje 2			
Mengde kompostert			
Mengde vann renset			
Mengde sendt til landbruket			
GWh/år	5,97	5,64	29,61

8.1.2 Årlig resultat, netto nåverdi og internrente

Årlig resultat er netto inntekt eller utgift anlegget sitter igjen med, etter at kostnader knyttet til avskrivninger på investeringer og driftskostnader er trukket fra. Netto nåverdi (NNV) er et uttrykk for dagens verdi av et prosjekt eller investering. Netto nåverdi beregnes ved å diskontere alle fremtidige kontantstrømmer forbundet med et prosjekt, basert på oppgitt avkastnings- eller rentekrav. Et prosjekt er lønnsomt dersom netto nåverdi er positiv.

Internrenten forteller oss hvilket rentekrav som gir netto nåverdi lik null. Dersom Internrenten i et prosjekt er høyere enn vårt eget avkastningskrav, bør prosjektet gjennomføres.

Tabell 8-2 viser årlig resultat og netto nåverdi i Mill NOK og internrenten for de tre analyserte anleggene ved lokalisering A, Mosjøen. Netto nåverdi er beregnet ut fra 3,5 % rente og 20 års avskrivning

Tabell 8-2 Årlig resultat, netto nåverdi (Mill NOK) og internrente for de tre anleggene ved lokasjon A, Mosjøen.

	Anlegg 1	Anlegg 2	Anlegg 3	Enhet
Årlig resultat	3,68	3,06	2,39	Mill NOK/år
IR	15,2 %	13,8 %	6,4 %	%
NNV	50,71	42,32	33,11	Mill NOK/år

Tabellen viser at samtlige anlegg oppnår positive årsresultat, og følgelig også positiv NNV og internrente. Anlegg 1 kommer best ut av de tre alternativene for lokasjon A, med et årsresultat på 3,68 Mill NOK og netto nåverdi lik 50,71 Mill NOK.

Figur 8-1 er en forenklet illustrasjon av kostandene knyttet til de tre analyserte anleggene for lokasjon A, Mosjøen, fordelt på de fire hovedkostnadskomponentene; investeringer, driftskostnader, inntekter og transport.

Positive verdier er inntekter og negative verdier er kostnader. Avskrivningene er beregnet ut fra levetid på 20 år og rentesats på 3,5 %. Verdiene er beregnet ved å multiplisere enhetskostnader/-inntekter med beregnet produksjon og innsatsfaktorer, og forutsetter like enhetspriser (se Tabell 7-1).

Figur 8-1 Årlige kostander knyttet for de tre analyserte anleggene ved lokasjon A, fordelt hovedkostnadskomponent (Mill NOK/år)

Figuren viser at inntektene knyttet til behandling av avfall og restråstoffer (gate fee) er utgjør hoveddelen av inntekten (fra 59 – 78 %), og utgjør forholdsvis minst andel av totalinntektene for anlegg 3 relativt sett mot anlegg 1 og 2. Forutsetningene om priser som er gjort i analysen er med andre ord svært viktig for robustheten til resultatene.

Figuren viser også at transportkostnadene er en viktig kostnadskomponent, men mindre viktig for anlegg 1 (9 % av totale kostnader) og mer viktig for anlegg 3 (40 % av totale kostnader).

Til slutt ser vi at investeringskostnadene er lavest for anlegg 2 og høyest for anlegg 3. Tabell 8-3 viser hvordan de ulike kostnadskomponentene fordeler seg på de ulike substratene.

Tabell 8-3 Fordeling av transportkostnader for de ulike anleggene ved lokasjon A, Mosjøen (Mill NOK/år)

Transportkostnader	Anlegg 1	Anlegg 2	Anlegg 3
Storfegjødsel	-	-0,43	-6,54
Svinegjødsel	-	-0,04	-1,88
Matavfall husholdninger	-	-	-
Matavfall industri	-0,03	-0,03	-0,03
Fiskeslam	-0,12	-0,12	-0,12
Fiskeensilasje	-0,03	-0,02	-0,27
Mage/tarm	-0,12	-0,12	-0,12
Slam/septik	-0,28	-0,28	-
Biogjødsel	-	-0,06	-1,36
Kompost	-	-	-

Av tabellen ser vi at kostnadene knyttet til frakt av husdyrgjødsel er den største transportutgiften. Dette skyldes en kombinasjon av lange avstander og høye fraktkostnader.

8.2 Lokalisering B, Sandnessjøen

8.2.1 Driftsspesifikke forutsetninger

Tabellen under viser de ulike anleggstypene og årlige tonnasje som er analysert for lokasjon B, Sandnessjøen.

Tabell 8-4 Årlige tonnasje og produksjon for de tre anleggene ved lokasjon B, Sandnessjøen.

Substrat	Anlegg 1 (Alle substrater unntatt gjødsel, avvanning)	Anlegg 2 (Alle substrater, to linjer, avvanning og ikke- avvanning)	Anlegg 3 (Alle substrater unntatt slam, ingen avvanning)
Flytende storfegjødsel			
Flytende svinegjødsel			
Matafall husholdninger			
Matafall industri			
Fiskeslam			
Fiskeensilasje (10 %)			
Mage/tarm			
Slam/septik			
SUM substrat inn			
SUM TS substrat			
Tilsatt vann (tonn)			
Andel tørrstoff linje 1			
Andel tørrstoff linje 2			
Mengde kompostert			
Mengde vann renset			
Mengde sendt til landbruket			
GWh/år	5,97	5,67	33,68

8.2.2 Årlig resultat, netto nåverdi og internrente

Tabell 8-5 viser årlig resultat og netto nåverdi i Mill NOK og internrenten for de tre analyserte anleggene ved lokalisering B, Sandnessjøen. Netto nåverdi er beregnet ut fra 3,5 % rente og 20 års avskrivning.

Tabell 8-5 Årlig resultat, netto nåverdi (Mill NOK) og internrente for de tre anleggene ved lokasjon B, Sandnessjøen.

	Anlegg 1	Anlegg 2	Anlegg 3	Enhet
Årlig resultat	3,16	2,70	2,34	Mill NOK/år
IR	13,7 %	12,6 %	6,1 %	%
NNV	43,68	37,25	32,40	Mill NOK/år

Tabellen viser at samtlige anlegg oppnår positivt årsresultat, og følgelig også positiv NNV og internrente ved lokasjon B, Sandnessjøen. Anlegg 1 kommer igjen best ut av de tre alternativene for lokasjon B, med et årsresultat på 3,16 Mill NOK og netto nåverdi lik 43,68 mill NOK.

Anlegg 1 etterfølges av anlegg 2, som har et årsresultat på 2,7 Mill NOK og netto nåverdi lik 37,25 mill NOK, og til slutt kommer anlegg 3 med årsresultat på 2,34 Mill NOK og netto nåverdi lik 32,40 Mill NOK.

Sammenliknet med Lokasjon B, Sandnessjøen, kommer de tre anleggene marginalt bedre ut ved lokasjon A, Mosjøen. Dette skyldes reduserte transportkostnader knyttet til kompost og husholdningsavfall for lokasjon A. Den økonomiske differansen for anlegg 3 ved lokasjon A og B er likevel marginal, og sammen med usikkerhetene i kostnadskomponentene er det vanskelig å konkludere med hvilken av de to lokasjonene som er best for dette anlegget. Differansen for lokalisering av anlegg 1 og 2 er derimot større, og dermed også mer sikker.

Figur 8-2 er en forenklet illustrasjon av kostandene knyttet til de tre analyserte anleggene for lokasjon B, Sandnessjøen, fordelt på de fire hovedkostnadskomponentene; investeringer, driftskostnader, inntekter og transport.

Positive verdier er inntekter og negative verdier er kostnader. Avskrivningene er beregnet ut fra levetid på 20 år og rentesats på 3,5 %. Verdiene er beregnet ved å multiplisere enhetskostnader/-inntekter med beregnet produksjon og innsatsfaktorer, og forutsetter like enhetspriser (se Tabell 7-1).

Figur 8-2 Årlige kostander knyttet for de tre analyserte anleggene ved lokasjon B, fordelt hovedkostnadskomponent (Mill NOK/år)

Figuren viser at inntektene fordeler seg relativt likt ved lokasjon B som ved lokasjon A, der behandling av avfall og restråstoffer (gate fee) er utgjør hoveddelen av inntekten (fra 59 – 78 %). Igjen er forutsetningene om priser per tonn substrat svært viktig for robustheten til resultatene.

Figuren viser også her at transportkostnadene er en viktig kostnadskomponent, men mindre viktig for anlegg 1 (13 % av totale kostnader) og mer viktig for anlegg 3 (41 % av totale kostnader). Transportkostnadene er relativt sett større for alle anlegg ved lokasjon B, sammenliknet med lokasjon A. Dette skyldes i all hovedsak kortere avstander for matavfall fra husholdning, og nærhet til komposteringsanlegget. Tabell 8-6 viser hvordan de ulike kostnadskomponentene fordeler seg på de ulike substratene.

Tabell 8-6 Fordeling av transportkostnader for de ulike anleggene ved lokasjon B, Sandnessjøen (Mill NOK/år)

Transportkostnader	Anlegg 1	Anlegg 2	Anlegg 3
Storfegjødsel	-	-0,28	-5,31
Svinegjødsel	-	-0,20	-4,40
Matavfall husholdninger	-0,11	-0,11	-0,11
Matavfall industri	-0,00	-0,00	-0,00
Fiskeslam	-0,05	-0,05	-0,05
Fiskeensilasje	-0,03	-0,02	-0,23
Mage/tarm	-0,15	-0,15	-0,15
Slam/septik	-0,28	-0,28	-
Biogjødsel	-	-0,07	-1,61
Kompost	-0,31	-0,21	-

Av tabellen ser vi igjen at kostnadene knyttet til frakt av husdyrgjødsel og biogjødsel er de største, som nevnt skyldes en kombinasjon av lange avstander og høye fraktkostnader. Vi ser også at kostnadene knyttet til transport av avvannet biorest til kompostering og transport av husholdningsavfall er gjeldende ved lokasjon B.

8.3 Lokalisering C, Brønnøy/Sømna

8.3.1 Driftsspesifikke forutsetninger

Tabellen under viser de ulike anleggstypene og årlige tonnasje som er analysert for lokasjon C, Brønnøy/Sømna.

Tabell 8-7 Årlige tonnasje og produksjon for de tre anleggene ved lokasjon C, Brønnøy/Sømna..

Substrat	Anlegg 1 (Alle substrater unntatt gjødsel, avvanning)	Anlegg 2 (Alle substrater, to linjer, avvanning og ikke- avvanning)	Anlegg 3 (Alle substrater unntatt slam, ingen avvanning)
Flytende storfegjødsel			
Flytende svinegjødsel			
Matavfall husholdninger			
Matavfall industri			
Fiskeslam			
Fiskeensilasje (10 %)			
Mage/tarm			
Slam/septik			
SUM substrat inn			
SUM TS substrat			
Tilsatt vann (tonn)			
Andel tørrstoff linje 1			
Andel tørrstoff linje 2			
Mengde kompostert			
Mengde vann rensert			
Mengde sendt til landbruket			
GWh/år	5,97	5,50	30,86

8.3.2 Årlig resultat, netto nåverdi og internrente

Tabell 8-8 viser årlig resultat og netto nåverdi i Mill NOK og internrenten for de tre analyserte anleggene ved lokalisering C, Brønnøy/Sømna. Netto nåverdi er beregnet ut fra 3,5 % rente og 20 års avskrivning.

Tabell 8-8 Årlig resultat, netto nåverdi (Mill NOK) og internrente for de tre anleggene ved lokasjon C, Brønnøy/Sømna.

	Anlegg 1	Anlegg 2	Anlegg 3	Enhet
Årlig resultat	1,59	1,67	1,42	Mill NOK/år
IR	9,1 %	9,6 %	5,2 %	%
NNV	22,13	23,11	19,71	Mill NOK/år

Tabellen viser igjen at samtlige anlegg oppnår positivt årsresultat, og følgelig også positiv NNV og internrente ved lokasjon C, Brønnøy/Sømna. Ved lokasjon C kommer anlegg 2 best ut av de tre alternativene, med et årsresultat på 1,67 Mill NOK, netto nåverdi lik 23,11 Mill NOK og internrente lik 9,6 %. Anlegg 1 følger tett etter, og selv om anlegg 2 kommer litt bedre ut ved lokasjon C sammenliknet med anlegg 1, er differansen helt marginal.

Samtlige av de tre anleggene ved lokasjon C kommer dårligere ut for de analyserte økonomiske indikatorene sammenliknet med de to andre lokasjonene. Dette skyldes økte transportkostnader.

Figur 8-3 er en forenklet illustrasjon av kostandene knyttet til de tre analyserte anleggene for lokasjon C, Brønnøy/Sømna, fordelt på de fire hovedkostnadskomponentene; investeringer, driftskostnader, inntekter og transport.

Positive verdier er inntekter og negative verdier er kostnader. Avskrivningene er beregnet ut fra levetid på 20 år og rentesats på 3,5 %. Verdiene er beregnet ved å multiplisere enhetskostnader/-inntekter med beregnet produksjon og innsatsfaktorer, og forutsetter like enhetspriser (se Tabell 7-1).

Figur 8-3 Årlige kostander knyttet for de tre analyserte anleggene ved lokasjon C, fordelt hovedkostnadskomponent (Mill NOK/år)

Figuren viser at inntektene fordeler seg relativt likt som ved lokasjon B og A, der behandling av avfall og restråstoffer (gate fee) er utgjør hoveddelen av inntekten (fra 59 - 78 %). Atter en gang er forutsetningene om priser per tonn substrat svært viktig for robustheten til resultatene.

Figuren viser også her at transportkostnadene er en viktig kostnadskomponent. For anlegg 1 utgjør transportkostnadene 23 % av totale kostnader og for anlegg 3 utgjør de 42 % av totale kostnader. Transportkostnadene er relativt sett større for alle anlegg ved lokasjon C, sammenliknet med lokasjon A og B.

Tabell 8-9 viser hvordan de ulike kostnadskomponentene fordeler seg på de ulike substratene ved lokasjon C.

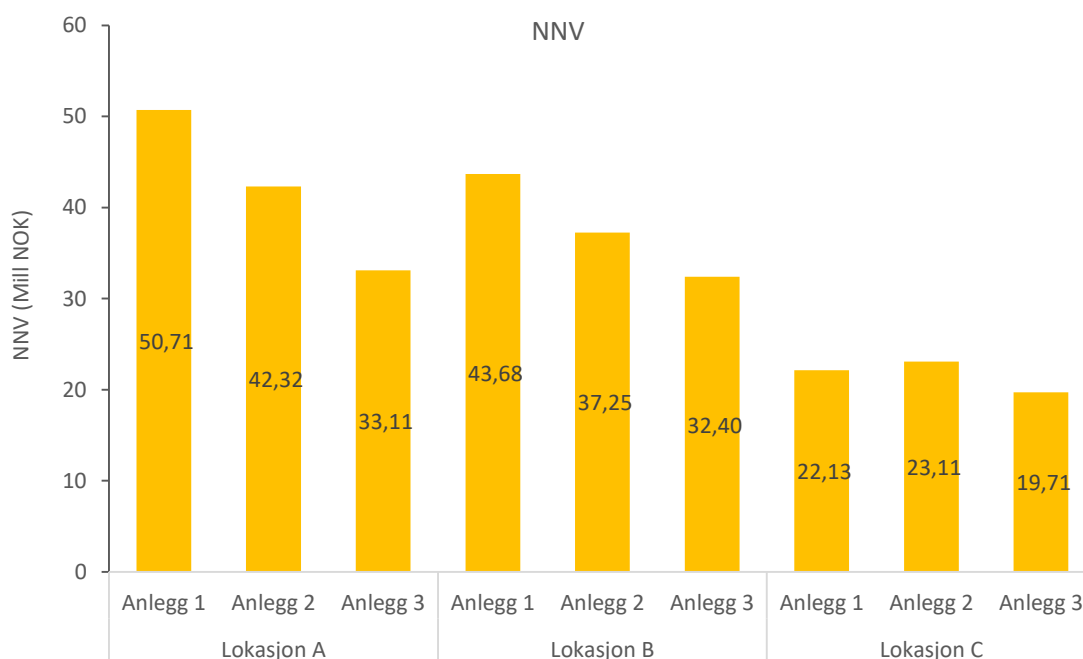
Tabell 8-9 Fordeling av transportkostnader for de ulike anleggene ved lokasjon C, Brønnøy/Sømna (Mill NOK/år)

Transportkostnader	Anlegg 1	Anlegg 2	Anlegg 3
Storfegjødsel	-	-0,16	-3,73
Svinegjødsel	-	-0,12	-4,97
Matavfall husholdninger	-0,29	-0,29	-0,29
Matavfall industri	-0,01	-0,01	-0,01
Fiskeslam	-0,13	-0,13	-0,13
Fiskeensilasje	-0,03	-0,02	-0,26
Mage/tarm	-0,42	-0,42	-0,42
Slam/septik	-0,28	-0,28	-
Biogjødsel	-	-0,05	-1,55
Kompost	-0,81	-0,55	-

Av tabellen ser vi igjen at kostnadene knyttet til frakt av husdyrgjødsel og biogjødsel er store, men for lokasjon C er faktisk kostnadene knyttet til transport av kompost størst. Dette skyldes lang avstand til komposteringsanlegget ved SHMIL. Vi ser også at kostnadene knyttet til transport av husholdningsavfall er større ved lokasjon C sammenliknet med lokasjon A.

8.4 Oppsummering av økonomiske resultater

Figur 8-4 oppsummerer netto nåverdi for de tre analyserte anleggene ved lokasjon A, B og C.



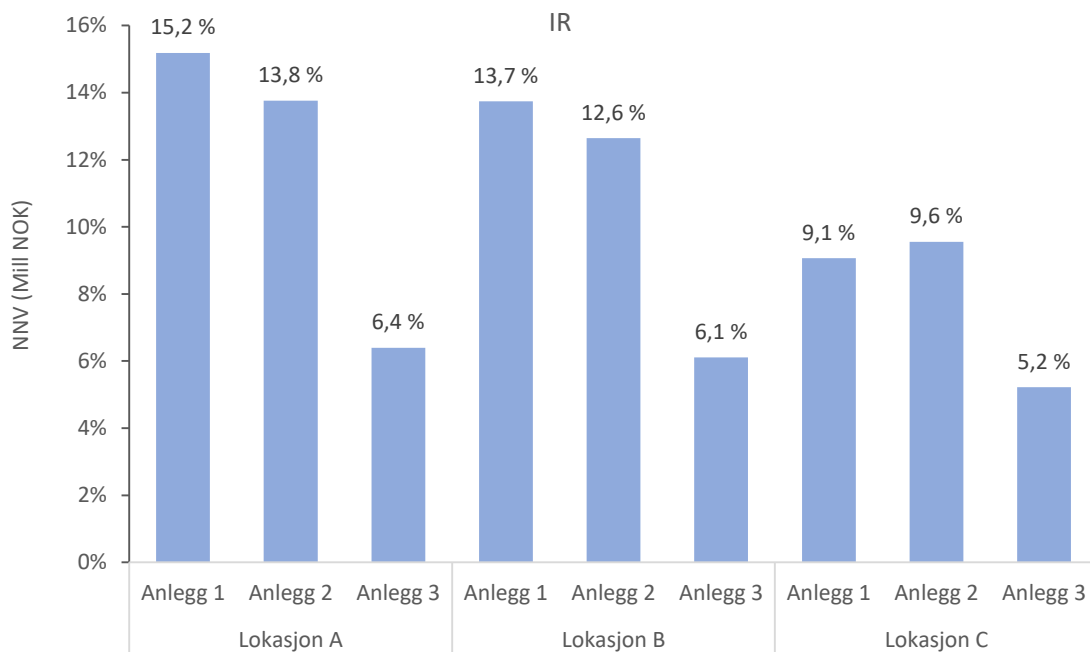
Figur 8-4 Netto nåverdi i Mill NOK for de tre analyserte anleggene og vurderte lokasjoner

Av figuren ser vi at samtlige av anleggene og de tre analyserte lokasjonene kommer ut med positiv netto nåverdi. Anlegg 1 kommer best ut ved lokasjon A, Mosjøen, og lokasjon B, Sandnessjøen, mens anlegg 2 kommer best ut ved lokasjon C, Brønnøy/Sømna.

Analysene viser også at lokasjon A kommer marginalt bedre ut for samtlige av de tre analyserte anleggene.

Til sammen tyder analysen på at anlegg 1 ved lokasjon A er å foretrekke av de analyserte alternativene, men det er viktig å merke seg at differansen mellom anlegg 1 og 2 og lokasjon A og B ikke er så store med tanke på usikkerhetene knyttet til kostnadsanalysen (avstander, ressurstilgang, avtaler og behandlingskostnader).

Figur 8-5 viser internrenta for de tre vurderte anleggene ved lokasjon A, B og C.



Figur 8-5 Internrenten (%) for de tre analyserte anleggene og vurderte lokasjoner

Som vist tidligere scorer anlegg 1 best på den økonomiske indikatoren internrente for lokasjon A og B, mens anlegg 2 kommer marginalt bedre ut ved lokasjon C. Også her er differansen mellom lokasjonene marginale sammenliknet med usikkerhetene.

9 Oppsummering

Analysen viser at inntektsgrunnlaget for de tre lokasjonene og de tre anleggstypene i stor grad er avhengige av forutsetninger knyttet til behandlingskostnader (gate fee). Ved bygging av et biogassanlegg på Helgeland, bør man med andre ord være sikre på hvilke priser som er realistiske for mottak av de ulike substratene. Her vil følgelig også årlig forventet tonnasje inn i anlegget være avgjørende.

Analysen viser også at transportkostnadene er en viktig kostnadskomponent, der mye tyder på at et evt. biogassanlegg på Helgeland vil være avhengig av kortest mulig transportavstander. Basert på forutsetningene om årlige tonnasje, kostnader og inntekter beskrevet i rapporten, viser analysen at anlegg 1 kommer marginalt best ut ved lokasjon A og B, etterfulgt av anlegg 2, og at lokasjon A, Mosjøen, er lokasjonen som kommer best ut, tett etterfulgt av lokasjon B, Sandnessjøen. Dette skyldes at lokasjon A og B har lite transport, ettersom husholdningsavfallet omlastes og avvannet biorest behandles ved lokasjon A (optibag og komposteringsanlegg) og at fiske slam og fiskeensilasje ikke krever landtransport ved lokasjon B. Merk at analysen ikke har sett på muligheter knyttet til investeringer i komposteringsanlegg eller optibagsorteringsanlegg ved lokasjon B eller C, som er vesentlige avgrensninger for analysen.

Anlegg 1 og 2 er relativt små anlegg målt i årlig energiproduksjon sammenliknet med andre industrielle norske anlegg som behandler matavfall og oppgraderer biogassen til drivstoffkvalitet (litt over 5 GWh/år mot minste norske anlegg på 7,5 GWh/år). Ettersom kostnadsmodellen som er brukt for beregning av investeringskostnadene bygger på tallgrunnlag fra planlagte og eksisterende norske anlegg, er investeringskostnadene for anlegg 1 og 2 noe usikre. I analysen utgjør investeringskostnadene for anlegg 1 og 2 mellom 39 til 41 mill NOK.

Analysen har også kun sett på utvalgte substrater, og tre definerte mikser av disse substratene (de tre analyserte anleggene). Ved analyse av andre substrater som ikke er vurdert (eks. halm, trevirke, tørr gjødsel, slakteriavfall mm), ved analyse av andre substratpotensialer (årlige tonnasje) eller ved analyse av andre sambehandlingsløsninger (f.eks. kun husdyrgjødsel og fiskeensilasje), vil resultatene endres. Denne rapporten taler med andre ord kun for de analyserte løsningene.

Til slutt bygger analysene på en rekke forutsetninger om avsetningsmuligheter for biogass og biorest som er avgjørende for økonomien til anleggene. Dersom angitt gasspris ikke kan oppnås, eller dersom mottakerne av bioresten (komposteringsanlegg eller bønder) har andre krav til de økonomiske rammebetingelsene enn de beskrevet i rapporten, vil resultatene ikke være gyldige.

Litteratur

- EU forordning 1069/2009 og EU forordning 142/2011. Veileder Animalske biprodukter
- FOR-2003-07-04-951. Forskrift om gjødselvarer mv av organisk opphav.
- FOR-2014-12-19-1815. Forskrift om tilskudd for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg.
- FOR 2016-09-14 1064. Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum
- Blytt, L.D., Brod, E., Øgaard, A.F., Johannessen, E., Estevez, E.M.E. & Paulsrud, B. 2017. Bedre utnyttelse av fosfor. Miljødirektoratet rapport M-846
<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M846/M846.pdf>
- Brod, E., Haraldsen, T.K. & Krøgstad, T. 2016. Fiskeslam som nitrogengjødsel. Effekt av ulike behandlingsteknologier. NIBIO Rapport 2 (118), 1-22.
- Carlsson, M. & Uldal, M. 2009. Substrathandbok för biogasproduktion. Rapport SGC Svensk Gasteknisk Center 200, 34 pp
- Ellingsen, J.G. & Filbakk, T. 2016. Biogass. Håndbok i etablering og drift av gårdsbaserte biogassanlegg. Utviklet av Det Kongelige Selskap for Norges Vel med midler fra Jordbrukets klima og miljøprogram, Landbruksdirektoratet. www.norgesvel.no/biogassboka
- Fjørtoft, K., Morken, J., Hanssen, J.F. & Briseid, T. 2014. Methane production and energy evaluation of a farm scaled biogas plant in cold climate area. Bioresource Technology 169, 72-79.
- Gebauer, R. 1998. Anaerobic digestion of fish farming sludge. Doktor ingeniøravhandling 1998:123, Institutt for vassbygging, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) Trondheim
- Gebauer, R. & Eikebrokk, B. 2006. Mesophilic anaerobic treatment of sludge from smolt hatching. Bioresource Technology 97, 2389-2401.
- Gebauer, R. Cabell, J.F. & Ween, O. 2016. Biogassproduksjon fra settefiskslam i sentraliserte og desentraliserte biogassanlegg. NIBIO Rapport 2/121/2016, 1-76.
- Grønlund, A. 2014. Nytteberegning av kompost og biorest/biogjødsel Avfall Norge-rapport 1/2013.
- Hamilton, H.A., Brod, E., Hanserud, O.S., Gracey, E.O., Vestrum, M.I., Bøen, A., Steinhoff, F.S., Müller, D.B. & Brattebø, H. 2015. Investigating cross-sectional synergies through integrated aquaculture, fisheries and agriculture phosphorus assessments: A case study in Norway. Journal of Industrial ecology, 20 (4), 867-881
- Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap. 2008. *Førtabell-2008*.
<http://statisk.umb.no/iha/fortabell/index.php>
- Klimaloven 2016-2017
<https://www.regjeringen.no/contentassets/717cac3854ec4c618bfedb54ac3845d4/no/pdfs/prp201620170077000dddpdfs.pdf>
- KLIF (Klima- og forurensningsdirektoratet) 2013. Underlagsmateriale til tverrsektoriell biogass-strategi <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/3020/ta3020.pdf>
- Klima og miljødirektoratet 2004. Forurensningsloven. Kommunalt avløpsvann

- Kugelman, I.J. & Van Gorder, S. 1991. Water and energy recycling in closed aquaculture systems. In: Engineering Aspects of Intensive Aquaculture. Proc Aquaculture Symposium, Cornell University, April 4-6, 1991. Northeast Regional Agricultural Engineering Service (NRAES)-49, Ithaca, New York, 80-87
- Landbruksdirektoratet 2018. Forslag til ny gjødselvereforskrift og gjødselbrukforskrift. <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/jordbruk-og-miljo/gjodsling/regelverk/forslag-til-nye-forskrifter-levert-gj%C3%B8dsel-st%C3%B8rre-ressurs-mindre-ulempe>.
- Landbruksdirektoratet 2016. Råvareforbruk i norsk produksjon av kraftfôr til husdyr 2015. <https://www.slf.dep.no/no/produksjon-og-marked/korn-og-kraftfor/marked-og-pris/statistikk/attachment/51224?ts=152cf33bf08&download=true>
- Lyng, K-A. 2018. Reduction of environmental impacts through optimisation of biogas value chains. Drivers, barriers and policy development. PhD thesis 2018:6, Norwegian University of Life Sciences.
- Lyng, K-A., Modahl, I.S., Møller, H., Morken, J., Briseid, T. & Hanssen, O.J. 2015. The BioValueChain model: a Norwegian model for calculating environmental impacts of biogas value chains. Int. J. Life Cycle Assess. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0851-5>
- Lyng, K-A., Stensgård, A.E., Hanssen, O.J. & Modahl, I.S. 2018. Relation between greenhouse gas emissions and economic profit for different configurations of biogas value chains: A case study on different levels of sector integration. Journal of Clean Production 182, 737–745.
- Modahl, I.S., Lyng, K-A., Stensgård, A., Saxegård, S., Hanssen, O.J., Møller, H., Morken, J., Briseid, T. & Sørby, I. 2016. Biogassproduksjon fra matavfall og møkk fra ku, gris og fjørfe. Status 2016 (fase IV) for miljønytte for den norske biogassmodellen BioValueChain. OR 34.16. Østfoldforskning AS. <https://www.ostfoldforskning.no/no/publikasjoner/Publication/?id=1987>
- Morken, J., Briseid, T., Hovland, J., Lyng, K.A. & Kvande, I. 2017. Veileder for biogassanlegg - mulighetsstudie, planlegging og drift - REALTEK Rapport versjon 091017, 53 s.
- Nordland fylkeskommune 2016. Regional transportplan Nordland. "Fra kyst til marked" - Strategisk del. 2018-2029. Vedtatt i fylkestinget i Nordland, sak 137/2016, 5. oktober 2016.
- Odhner, P.B., Horváth, I.S., Kabir, M.M. & Schabbauer, A. 2012. Biogas from lignocellulosic biomass. Rapport SGC 247, 68 pp
- Ohr, K., Førland, O.S. & Birkenes, V.Ø. 2002. Biogass – Energiproduksjon og avfallsbehandling. Asplan Viak, prosjekt nr 703012 ORIO-programmet
- Oterhals, O. & Oppen, J. 2016. Logistikk og forretningsmodeller for behandling av fiskeslam. Arbeidsrapport nr. M 1602, 1-12.
- Ovrum, E., Narvestad, J., Myklebost, J., Berg, H.Ø., Sedal, H., Krane, H.P., Gilja, H., Kjellefold, T. & Khan, S.A. 2018. Nordlandsbanen på biogass. Rambøll.
- Rosten, T.W., Ulgenes, Y., Henriksen, K., Terjesen, B.F., Biering, E. & Winther, U. 2011. Oppdrett av laks og ørret i lukkede anlegg – forprosjekt. Utredning for Fiskeri og havbruksnærings forskningsfond (FHF). SINTEF Rapport A21169 – Åpen, 1-75.

- Richardsen, R., Nystøyl, R., Strandheim, G. & Marthinussen, A. 2017. Analyse av marint restråstoff, 2016. SINTEF rapport OC2017A-095, 1-55.
- Schnürer, A. 2008. Forskare vid Institutionen för mikrobiologi. SLU. Muntlig presentasjon. SSB. 2016. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfcomm/aar>
- Solli, L., Bergersen, O., Sørheim, R. & Briseid, T. 2014. Effects of a gradually increased load of fish waste silage in co-digestion with cow manure on methane production. Waste Management 34, 1553-1559.
- SSB 2016a. Fiskeoppdrett <https://www.ssb.no/fiskeoppdrett>
- SSB 2016b. Produksjon og forbruk av energi, energibalanse, 2015, foreløpige tall. <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energibalanse/aar-forelopige/2016-05-20>.
- SSB 2016c. Våtorganisk matavfall. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfcomm/aar>
- SSB 2017. Korn og oljevekster, areal og avlinger. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/korn/aar>.
- Stortingsmelding 21 2011-2012. Norsk klimapolitikk <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-21-2011-2012/id679374/>
- Stortingsmelding 39 2008-2009. Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/stmeld-nr-39-2008-2009-/id563671/>
- Stortingsmelding 45 2016-2017. Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi <https://www.stortinget.no/nn/Saker-og-publikasjoner/Vedtak/Vedtak/Sak/?p=67737>
- Svåsand T., Grefsrud E.S., Karlsen Ø., Kvamme B.O., Glover, K. S, Husa, V. & Kristiansen, T.S. (red.). 2017. Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2017. Fisken og havet, særnr. 2-2017.
- Yngvesson, J., Persson, E., Fransson, M., Olsson, M., Henriksson, G. & Björkmalm, J. 2013. Energi- och kostnadseffektiv biogasproduktion från avfall. - kartläggning och jämförande av nyckeltal. Projektnummer WR-54 http://wasterefinery.se/media/2016/02/WR54_Slutrapport.pdf
- Ytrestøyl, T., Løes, A-K., Kvande, I. & Berge, G.M. 2013. Utnyttelse av slam fra Akvakultur i blandingsanlegg for biogassproduksjon: Teknologi og muligheter. Nofima rapport 12 2013. ISBN 978-82-8296-066-3a

Vedlegg 1

Eksisterende biogassprodusenter 2012 (KLIF, 2013). Det tas forbehold om at informasjon om enkelt anlegg kan være mangelfull eller ikke er oppdatert. Det tas forbehold om at flere anlegg kan være i drift.

Anleggsnavn	Fylke	Industriavfall	Matavfall	Gjødsel	Avløpsslam
BEVAS	Oslo				x
Romerike biogassanlegg	Akershus	X	x	(x)	
VEAS	Akershus				x
Søndre Follo RA	Akershus				x
Gardermoen RA	Akershus				x
FREVAR KF	Østfold		X		x
Alvim RA	Østfold				x
Halden resirkulering	Østfold		X	x	
Bodal RA	Østfold				x
Mysen RA	Østfold				x
Fugelvik RA	Østfold				x
Greve Biogass*	Vestfold		X	x	x
Sandefjord RA	Vestfold				x
Lillevik RA	Vestfold				x
Lindum Energi AS	Buskerud		X		x
Monserud RA	Buskerud				x
Sellikdalen RA	Buskerud				x
Knardalsstrand RA	Telemark				x
IATA Treungen	Telemark		X		
Saulekilen RA	Aust-Agder				x
Odderøya RA	Vest-Agder				x
SNJ/IVAR	Rogaland		X		x
Voss RA	Hordaland				x
HIAS RA	Hedmark				x
Mjøsanlegget AS	Oppland		X		
Rambekk RA	Oppland				x
HRA-Trollmyra	Oppland		X		
Høvringen RA	Sør-Trøndelag				x
Ladehammer RA	Sør-Trøndelag				x
EcoPro AS	Nord-Trøndelag	X	x		x
Gårdsanlegg					
Holum gård	Akershus		x	x	
Tomb jordbruksskole	Østfold			x	
Åna kretsfengsel	Rogaland		x	x	
NORSØK Tingvoll	Møre og Romsdal	x		x	

*Greve Biogass i drift fra 2013 (ikke inkludert i KLIF, 2013).

Vedlegg 2

Region Sømna - Brønnøy, Vega, Alstahaug – Leirfjord – Vefsn, Hemnes – Rana – Nesna fra sør til nord.

