CARBON LIMITS

Ressursgrunnlaget for produksjon av biogass i Norge i 2030

Sammenfatning av kunnskap og oppdaterte analyser

Prosjekt for Miljødirektoratet

M-1533|2019



Rapport utarbeidet av Carbon Limits i samarbeid med Endrava AS og John Morken (NMBU)

Prosjekt tittel:

Ressursgrunnlaget for produksjon av biogass i Norge i 2030

Oppdragsgiver:	Miljødirektoratet
Prosjektleder:	Francois Sammut (Carbon Limits)
Prosjektteam:	Irina Isakova (Carbon Limits), Kaja Voss (Carbon Limits), Valentin Vandenbussche (Endrava AS), John Morken (NMBU)
Rapport tittel:	Ressursgrunnlaget for produksjon av biogass i Norge i 2030
Rapportnummer:	M-1533|2019

CARBON LIMITS

Øvre Vollgate 9
0158 Oslo
Norge
carbonlimits.no
Org nr/VAT no.: NO 988 457 930

Carbon Limits er et konsulentselskap som arbeider bredt med energi og klimaspørsmål. Analyser av investering som bidrar til økt energieffektivitet og reduserte utslipp av klimagasser står sentral sammen med vurdering av politikk og virkemidler som kan utløse slike forbedringer. Carbon Limits har oppdragsgivere og samarbeidspartnere både innenfor industrien, nasjonale myndigheter, finansinstitusjoner, internasjonale organisasjoner, miljøorganisasjoner og forskningsmiljøer.

Innhold

Innhold 3
Forkortelser 4
Sammendrag 5
Forord 7
Prosjektets avgrensninger 8
1 Status for biogassproduksjon og bruk av ulike råstoff i dag 8
2 Tilgjengelig råstoff, potensialet for energi og biogjødsel i 2030 11
2.1 Generelle forutsetninger og metodikk for evaluering av potensialet 11
2.1.1 Generelle forutsetninger for alle råstoff 11
2.1.2 Metodikk for beregning av biogasspotensialet i 2030 12
2.1.3 Metodikk for beregning av biorestpotensialet i 2030 13
2.2 Potensialet for ulike råstoff 14
2.2.1 Husdyrgjødsel 15
2.2.2 Jordbruksrester – Halm 25
2.2.3 Jordbruksrester – Kornavrens 27
2.2.4 Grønnsaks- og fruktrester 29
2.2.5 Jordbruksrester – Øvrig 30
2.2.6 Fiskeensilasje 31
2.2.7 Fiskeslam 33
2.2.8 Avløpsslam 35
2.2.9 Matavfall fra husholdninger 38
2.2.10 Våtorganisk avfall matindustri 42
2.2.11 Matavfall fra grossist og dagligvare 43
2.2.12 Matavfall fra serveringsbransjen 45
2.2.13 UCO (Used Cooking Oil / Brukt matolje) 47
2.2.14 Papir- og skogsproduktindustri 48
2.3 Sammendrag av biogass- og biorest/biogjødselpotensial i 2030 51
2.3.1 Biogass 51
2.3.2 Biorest 53
3 Analyse av produksjonskostnader 58
3.1 Generelt om metode 58
3.1.1 Om kilder til produksjonskostnader 58
3.1.2 Om gatefee eller prisen på råstoffet 58
3.1.3 Allokering av kostnader til ulike typer råstoff 59

3.2 Kostnadselementer som inngår for de ulike råstoffene og konseptene 59
3.3 Forutsetninger for kostnader 62
3.4 Resultater 66
3.5 Usikkerhet 70
4 Barrierer og muligheter til økt biogassproduksjon i Norge 71
4.1 Barrierer og drivere 71
4.2 Virkemiddelvurdering 73
5 Regulatoriske muligheter og barrierer 74
5.1 Innstramming av regelverk, betydning for biogasspotensial 77
6 Kilder 85
Vedlegg 1 Klima- og miljønytte etter metoden i EUs fornybardirektiv 91
Metode og forutsetninger for klimanytte 91
6.1 Klimanytte av biogass produsert av ulike råstoff 95
6.2 Miljønytte av biogass produsert fra ulike råstoff 96

Forkortelser

CAGR	Compound Annual Growth Rate - sammensatt årlig vekst rente
CH_4	Metan
CO_2	Karbondioxid
GROT	Greiner og topper
GWh	Gigawatt timer (1 GWh = 1 million kWh)
kWh	Kilowatt timer (1 kWh = 1 tusen Wh)
LBG	Liquid biogas – Flytende biogass
MWh	Megawatttimer (1 MWh = 1 tusen kWh)
N2O	Lystgass
NH_3	Ammoniakk
Nm^3	Normal kubikkmeter
NO_x	Nitrogenoksid
TS	Dry Matter - Tørrstoff
TWh	Terrawatt timer (1 TWh = 1 milliard kWh)
UCO	Used Cooking Oil – Brukt frityrolje
VS	Volatile solids

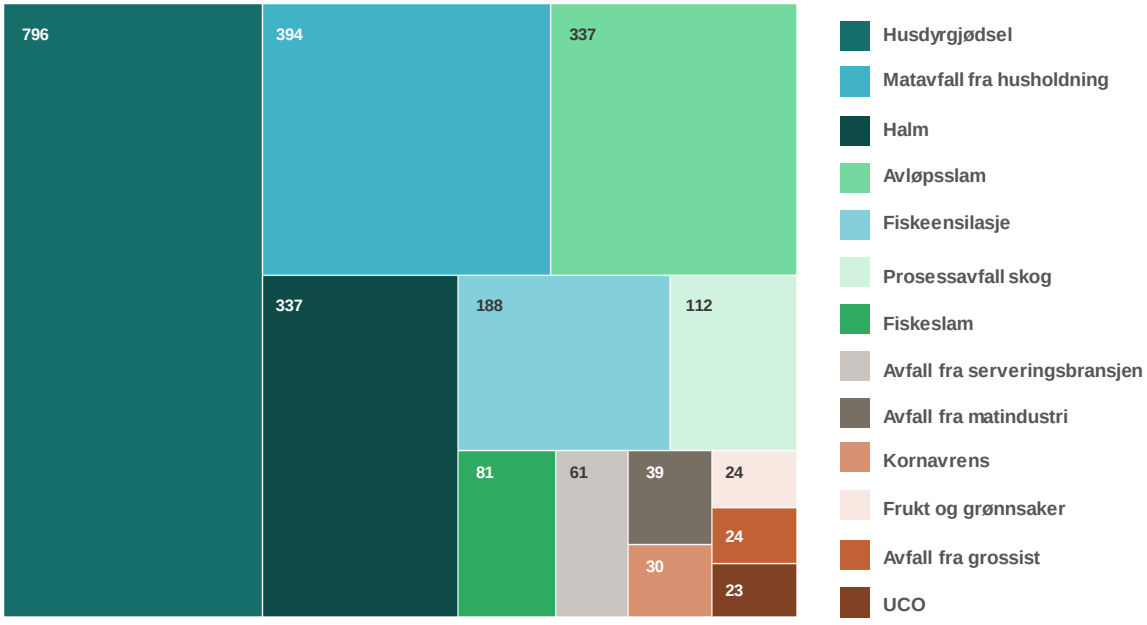
Sammendrag

Biogass er en fornybar energikilde som har potensial til å redusere klimagassutslipp betydelig innenfor flere sektorer. I Norge anvendes i stor grad avfall og rester som råstoff for biogassproduksjon, noe som gir stor klimanytte uten utfordringer knyttet til arealbruk. Utover klimanytte kan biogass gi positive virkninger på lokal luftforurensning og støy innenfor transportsektoren (inkludert innen marin sektor). Gjenværende biomasse etter utråtning bevarer viktige næringsstoffer som bl.a. nitrogen og fosfor og bidrar til at mikrolivet i jorda bevares og styrkes (Carbon Limits, 2018).

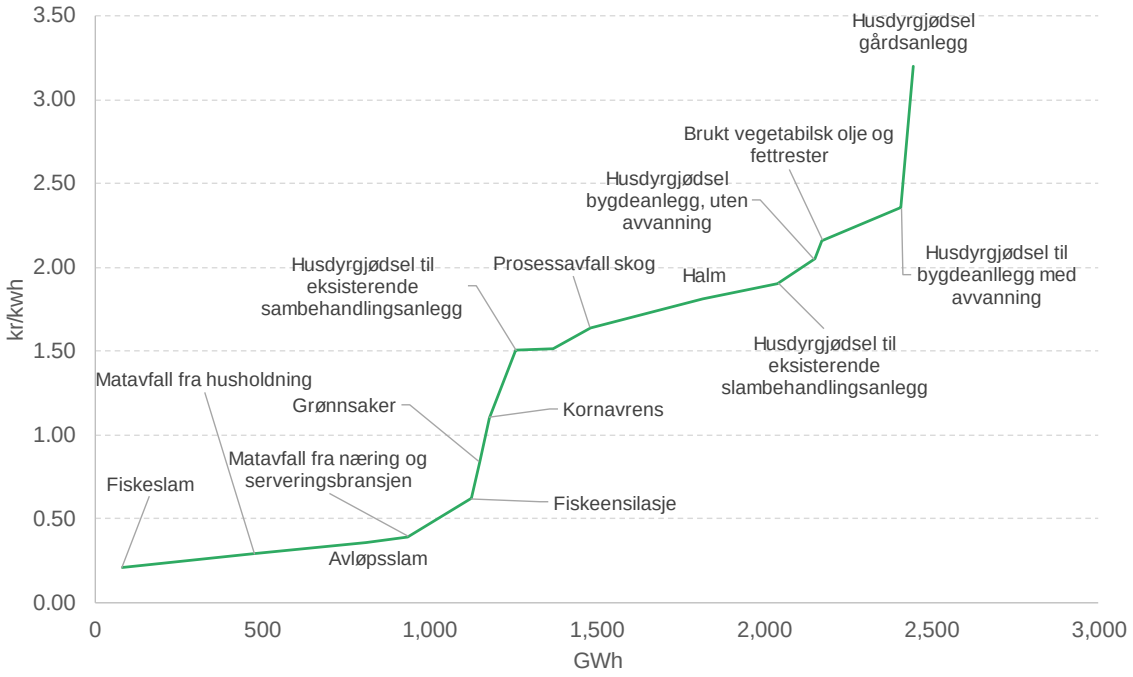
I dette oppdraget har Carbon Limits, på vegne av Miljødirektoratet, kartlagt ressursgrunnlaget og potensialet for biogassproduksjon i Norge frem mot 2030 for ulike råstoff som vi anser som de mest aktuelle for biogassproduksjon i Norge. Vi har også estimert produksjonskostnader ved biogass per råstoff.

For å beregne potensialet har vi først beregnet det teoretiske potensialet, og deretter det realistiske potensialet. Dette er den delen av potensialet vi anser det kan være realistisk i et teknisk-økonomisk perspektiv å benytte til biogassproduksjon.

Vi beregner det realistiske potensialet i 2030 til 2.5 TWh, med produksjonskostnader som spenner fra 0.3-3.6 kr/kWh over de ulike råstoff og produksjonskjeder.



Figur 1 Totalt realistisk potensial for biogassproduksjon i 2030 (i GWh)



Figur 2 Kostnader av å utnytte potensialet.

Figuren viser kostnader for oppgradert gass for de råstoffene der vi forutsetter at det er oppgradering, som vil si alle råstoff med unntak av husdyrgjødsel gårdsanlegg og prosessavfall skog. Det er vist kostnader før subsidier, men med gatefee trukket fra, eller pris for råstoff inkludert. Kostnadene inkluderer ikke distribusjonskostnader og salg.

Forord

Denne rapporten oppsummerer resultatene av et prosjekt utført på oppdrag for Miljødirektoratet som har hatt følgende hovedformål:

1 Kartlegge ressursgrunnlaget for produksjon av biogass fra forskjellige råstoff, både de som allerede har blitt nøye studert, og de relativt nye råstoffene med få anlegg i Norge
2 Beregne produksjonskostnader ved biogassproduksjon for de ulike råstoffene

Prosjektet har vært gjennomført av et prosjektteam bestående av konsulenter fra Carbon Limits, Endrava, og kvalitetssikret av John Morken (NMBU). Vi har analysert og sammenstilt ulike kilder til informasjon for å danne oss et så komplett bilde som mulig av potensialet for biogassproduksjon Norge, samt kostnader knyttet til utnyttelse av dette potensialet. Kilder til informasjon inkluderer studier, informasjon fra private selskaper, regionale eller kommunale virksomheter, offentlig tilgjengelig statistikk og Miljødirektoratet. For mindre etablerte råstoff i Norge har vi brukt utenlandske erfaringer og tilgjengelig informasjon om pilotprosjekter i Norge.

Tabell 1 Råstofftyper inkludert i arbeidsomfanget

Kategori / Sektor	Råstoff	Beskrivelse	*Kommentar*
Jordbruk	husdyrgjødsel	fra storfe, gris, fjørfe, og andre dyr	
	jordbruksrester / sidestrømmer fra landbruket	halm, grønnsaker, frukter og kornavrens	
Fisk	Fiskeslam	avfall fra fisk og fôrrester	
	Fiskeensilasje	kategori 2 fiskeavfall fra oppdrettsanlegg	
Skog	papir- og skogsproduktindustri	f.eks. avløpsvann på Borregaard	
	GROT og stubber og røtter		*Kvalitativ analyse*
Avløp	avløpsslam	faste fraksjonen etter rensing av avløpsvann	
Våtorganisk avfall	matavfall fra husholdning	kildesortert matavfall, og det som ikke kildesorteres per i dag	
	våtorganisk avfall matindustri	f.eks. avfall fra meieri og slakteri	
	matavfall fra grossist og dagligvare		
	avfall fra næringsmiddelindustri		
	brukt matolje[1]		

Ulike temaer knyttet til tilbudssiden av biogass presenteres i de følgende avsnittene:

- Kapittel 1 presenterer dagens nivå av biogassproduksjon i Norge

[1] Used cooking oil (UCO)

- Kapittel 2 inneholder en beskrivelse av tilnærming til beregningen av potensialet for biogassproduksjon for hvert av råstoffene som dekkes i dette studiet. Her beskrives også viktige forutsetninger, datakilder og resultater. I tillegg vil potensialet for produksjon av andre verdifulle tilleggsprodukter – biogjødsel og CO_2 – også kvantifiseres.
- Kapittel 3 presenterer klima- og miljønytte av biogassproduksjon fra ulike råstoff. Den nylig etablerte bransjenormen for klimarapportering av biogassproduksjon ble brukt for å kvantifisere utslipp og utslippsreduksjoner fra biogassproduksjonen.
- Kapittel 4 presenterer beregninger av produksjonskostnader ved biogassproduksjon for de ulike råstoffene dekket i dette studiet. Her presenteres brutto produksjonskostnader, gatefee/pris på råstoff og ev. subsidier til produksjon
- I kapittel 5 presenteres eksisterende barrierer for økt biogassproduksjon, samt mulige virkemidler for å adressere disse.

Prosjektets avgrensninger

I prosjektet har vi kartlagt et teoretisk og realistisk potensial for biogassproduksjon og biogjødsel for utvalgte råstoff. Vi har også analysert produksjonskostnader av de identifiserte råstoffene. Disse råstoffene ble identifisert i utlysningsteksten og i senere kommunikasjon med oppdragsgiver. Dette betyr at det å identifisere relevante råstoff ikke har vært en del av selve analysen.

Det ble bestemt i etterkant av oppdragstildeling at analysen skulle begrenses til anaerob utråtning (mao. er perolyse og andre former for produksjon av biogass utelatt). Det ble også avgjort i dialog mellom konsulent og oppdragsgiver at arbeidet skulle være avgrenset til avfall.[2] Dette innbærer at potensialet knyttet til råstoff som kan tilverkes primært for biogassproduksjon ikke inkluderes, da dette ikke er i tråd med avfallsdefinisjonen (se fotnote). Det at noe er klassifisert som avfall betyr ikke at biogassproduksjon er den mest hensiktsmessige bruken av dette avfallet, se beskrivelse av hvordan dette er prioritert mellom biogassproduksjon og andre anvendelser av avfallet i kapittel 2.

Vi har ikke gjort vurderinger av ev. fremtidige prosess- eller teknologiforbedringer som kan gjøre potensialet større eller kostnadene lavere.

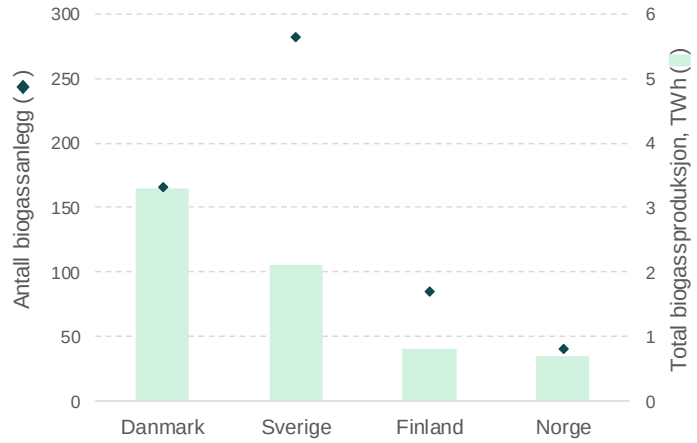
1 Status for biogassproduksjon og bruk av ulike råstoff i dag

Biogass har lenge vært anerkjent som en viktig bidragsyter til utslippsreduksjoner i enkelte sektorer i norsk økonomi (f.eks. gjennom produksjon av biogass fra husdyrgjødsel i landbruket (Miljødirektoratet, 2015). Det er klare signaler fra myndigheter om at biogass bør være en del av det pågående, langsiktige arbeidet med å omstille Norge til et lavutslippssamfunn (Regjeringen, 2014). I 2013-studien gjennomført av Miljødirektoratet ble potensialet for biogassproduksjon i Norge estimert til 2.3 TWh i 2020 (KLIF, 2013), men utviklingen av biogass-sektoren er fortsatt begrenset og spesielt sammenlignet med Sverige og Danmark (se Figur 3). I 2017 ble bare 4 prosent av total mengde avfall (målt i vekt) behandlet i biogassanlegg (SSB, 2017). Våtorganisk avfall og slam er hovedkildene som blir benyttet (Figur 4). I 2018 ble biogass tilsvarende drøye 0,5 TWh produsert i Norge (hvorav ca. 40 prosent ble oppgradert til drivstoffkvalitet)[3].

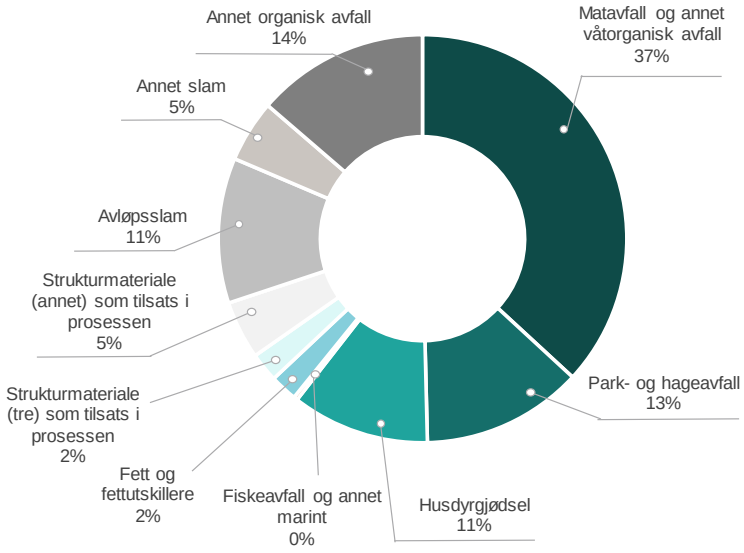
[2] Definisjon av avfall fra Store norske leksikon: “Avfall er kasserte gjenstander, stoffer, energibærere, restprodukter og emballasje som ikke lenger har sin opprinnelige verdi, men som representerer viktige ressurser ved gjenvinning.”

[3] Basert på biogassprodusenters selvrapportering til Miljødirektoratet

Figur 3 Biogassproduksjon i TWh (høyre akse, stolper) og antall anlegg (venstre akse, streker)[4]



Figur 4 Avfall brukt til biologisk behandling i Norge i 2017 (SSB, 2018a)[5]

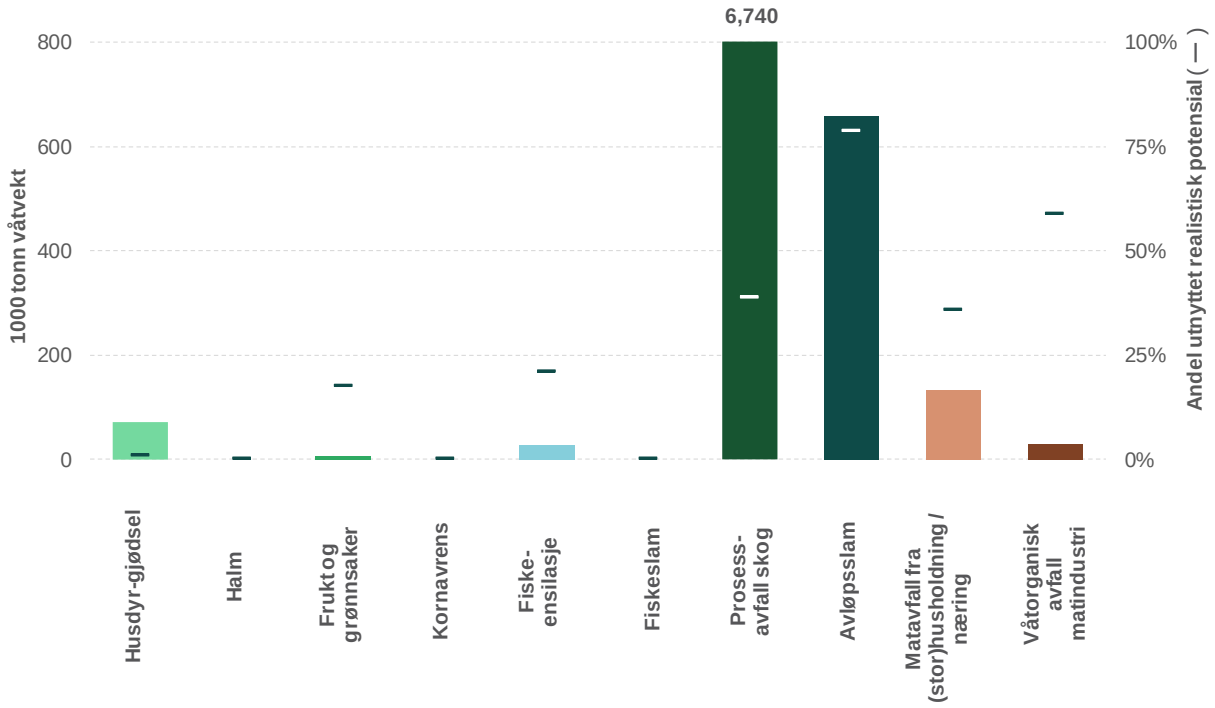


For å kunne sammenligne det totale realistiske potensialet for biogassproduksjon I Norge frem mot 2030 er det viktig å vite hvilke råstoff som allerede blir brukt for dette formålet og i hvilken grad disse benyttes som kilde til biogass i dag. Figur 4 presenterer et overblikk over biogassressurser som for øyeblikket anvendes, men i figuren er det tall for både biogassproduksjon og kompostering.

Miljødirektoratet samler informasjon fra biogassprodusenter om hvor mye gass som produseres og dets kvantitet og kvalitet (f.eks. mengden tørrstoff, TS) som brukes. Disse dataene danner grunnlaget for overblikket av dagens situasjon for biogassproduksjon i Norge (i 2018).

[4] Basert på Boesgaard K., 2017
[5] Basert på masse (våtvekt). Både kompostering og biogassproduksjon er ikludert.

Figur 5 Mengde råstoff som brukes til biogassproduksjon i Norge i 2018 (venstre akse, stolper) og grad av utnyttelse av ulike råstoff sammenlignet med det beregnede realistiske potensialet (høyre akse, streker)



Som vist i Figur 5, utgjør avløpsslam og våtorganisk avfall (hovedsakelig matavfall) en betydelig andel av råstoffene for produksjon av biogass. Nye anlegg har imidlertid tatt i bruk andre ressurser også; Greve biogassanlegg tar imot store mengder husdyrgjødsel, mens produksjonsanleggene på Saugbrugs og Skogn utnytter slam fra papirindustrien og Biokraft Skogn bruker kategori 2 fiskeavfall. Ytterligere avfall og rester fra landbrukssektoren, fiskeri og havbruk kan i fremtiden bli aktuelle råstoff i norsk biogassproduksjon.

Produksjonsanleggene er geografisk spredt. Det vil derfor i prinsippet være mulig å få tilgang til biogass innenfor store deler av Sør-Norge. Biogass krever imidlertid, på samme måte som hydrogen og elektrisk transport, at det opprettes særlig infrastruktur for drivstoff. Etablering av fyllestasjoner er en barriere for økt anvendelse av biogass, og etablering av nye fyllestasjoner vil kreve en viss forutsigbarhet og tilstrekkelig volum. Tilgang på produksjonskapasitet for flytende biogass (LBG) gjør det mulig å transportere biogass i Norge over lengre avstander til en akseptabel økonomisk og miljømessig kostnad.

2 Tilgjengelig råstoff, potensialet for energi og biogjødsel i 2030

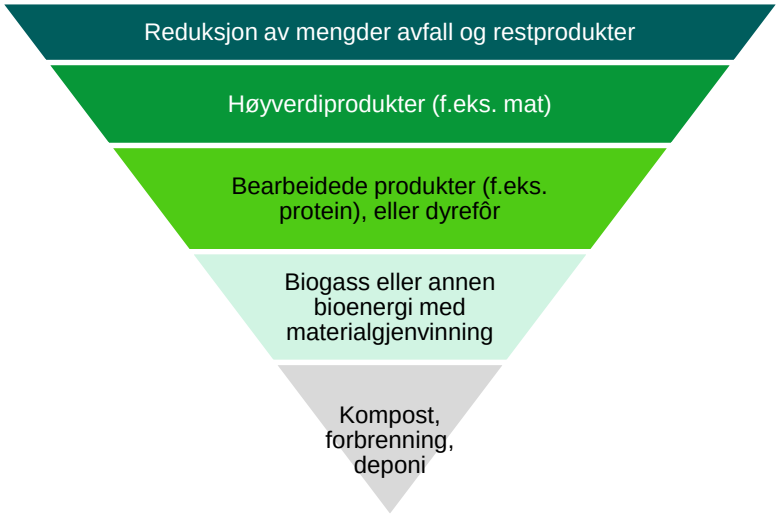
2.1 Generelle forutsetninger og metodikk for evaluering av potensialet

2.1.1 Generelle forutsetninger for alle råstoff

Vi har gjort en rekke forutsetninger for å gjennomføre analysen og klart definere analysens omfang:

- Analysen er begrenset til bruk av avfall og restprodukter til biogassproduksjon. Definisjon på det som kategoriseres som avfall kan variere avhengig av type råstoff i analysen. Noen av råstoffene vurdert i analysen har alternativ bruk for eksempel som dyrefôr, og ikke gir grunnlag for medregning i delkrav for avansert biodrivstoff. Omfanget for analysen er derfor ikke nødvendigvis harmonisert med regelverket for avfallsklasiffisering i produktforskriften.
- Energivekster ikke er inkludert i analysen. Med energivekster mener vi vekster som plantes eller sås spesifikt for å utnyttes som bioenergi. Dette inkluderer for eksempel bruk av trevirke til energi og dyrking av alger til biogassproduksjon. Disse ressursene vurderes derfor ikke i analysen. Energivekster inkluderer ikke rester av vekster som plantes eller sås til andre formål enn energi (det vil si mat eller materiale). For eksempel er skogavfall, halm og andre jordbruksrester vurdert i analysen.
- Prioriteringen for bruk av råstoff er illustrert i Figur 6. Figuren nedenfor brukes som utgangspunkt for analysen. Vi forutsetter at dersom mulig skal mengde avfall og restprodukter reduseres (jf. mål for reduksjon av matsvinn). Hvis det er forventet at en del av en avfallsstrøm vil reduseres mot 2030, vil omfanget av disse ekskluderes fra det teoretiske og realistiske potensialet. Vi ekskluderer også det som i dag brukes til mat eller dyrefôr (vi antar med andre ord ikke at kategori 3-fiskeavfall som brukes til produksjon av omega 3 eller fôr i dag vil bli brukt til biogass i stedet). Vi forutsetter at ressurser som brukes til produksjonen av høyverdig- eller bearbeidede produkter i dag, vil fortsette å brukes til disse formålene i 2030. Vi forutsetter at prioritet gis til biogassproduksjon fremfor kompostering, forbrenning eller deponi. Konkurranse mellom biogass og andre typer bioenergi (for eksempel flytende biodrivstoff fra skogindustrien) blir vurdert separat for hvert råstoff (hvor dette er relevant).

Figur 6 Prioritering for bruk av råstoff i analysen



- For enkelhets skyld forutsetter vi at fremtidens kapasitet hos de eksisterende biogassprodusentene vil være den samme som i dag. Det er viktig å bemerke at for alle råstoffene

omfattet av denne studien, vil det teoretiske potensialet for tilgjengelighet av råstoff inkludere den mengden råstoff som allerede i dag er brukt til anaerob utråtning. Det realistiske potensialet presenteres som «ytterlig potensial» og inkluderer kun det resterende potensialet for biogassproduksjon for disse råstoffene (med andre ord vil vi for det realistiske potensialet trekke fra den mengden råstoff som allerede er brukt i dag).[6]

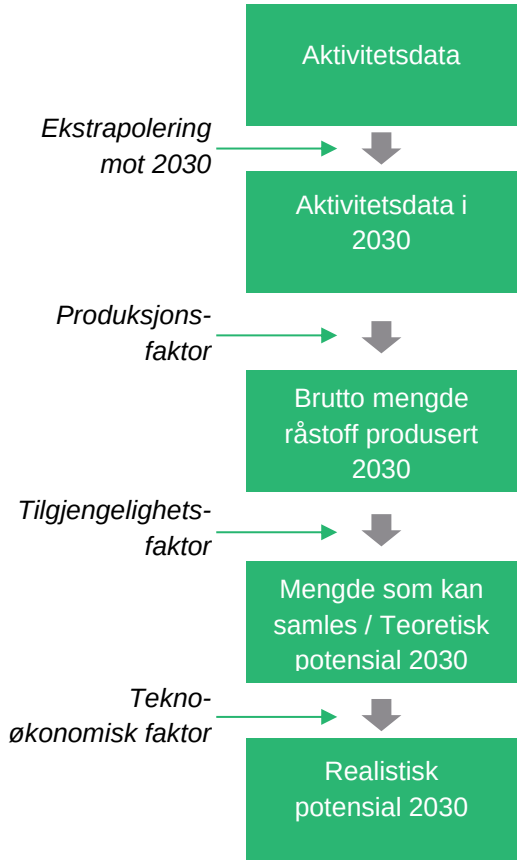
- Det er observert at det kan oppstå synergieffekter ved å sambehandle ulike råstoff i utråtningen. Synergier kan oppstå mellom ulike råstoff i produksjonsprosessen som gir større biogassproduksjon med samme innsatsfaktorer enn dersom råstoffene var brukt hver for seg.[7] Dette varierer imidlertid med type utråtningsprosess, utråtningstid, råstoffsammensetning og andre forhold. Det er altså vanskelig å kvantifisere disse effektene med en tilstrekkelig grad av sikkerhet. I stedet presenterer vi følsomhetsanalyser av biogasspotensialet med ulike faktorer for biogassutbyttet i del 2.3.1.
- Faktoren for biogassutbytte brukes som en indikator for produksjonspotensialet i hvert råstoff. Faktoren avhenger både av kvaliteter ved råstoffet og av forhold knyttet til utråtningen (type reaktor, utråtningstid, tilsetningsstoffer og andre råstoff). I litteraturen uttrykkes disse verdiene typisk som brutto gassutbytte per enhet av råstoff (f.eks. Nm^3 CH_4/kg halm). Dette betyr at energi som kreves i selve produksjonsprosessen (for eksempel oppvarming av råtnetanken eller energi som kreves av oppgraderingsanlegget) ikke er trukket fra i gassutbytte-faktoren. Altså, når resultatene skal tolkes, er det viktig å huske på at en del av det forventede biogasspotensialet vil brukes i produksjonsprosessen. Det trenger ikke være kun en andel av den produserte biogassen som brukes i produksjonsprosessen, det kan også være elektrisitet eller fossile drivstoff. Med andre ord kan ikke potensialet som det presenteres her, forventes å kunne brukes av sluttbrukere i sin helhet.

2.1.2 Metodikk for beregning av biogasspotensialet i 2030

Metodikken brukt til å evaluere tilgjengeligheten av råstoff for biogassproduksjon er adaptert fra ADEME (2013) og presenteres i figuren nedenfor.

[6] For mer informasjon om definisjonene av teoretisk og realistisk potensial i dette studiet, se del 2.1.2.
[7] Macias-Corral M. et al. (2017), NMBU (2017), Aquateam COWI (2019)

Figur 7 Tilnærming for beregning av tilgjengelig råstoff og potensial i 2030



Aktivitetsdata brukes som utgangspunkt for evalueringer. Relevant data for hver sektor brukes som proxy for råstoffkvantifisering, f.eks. antall husdyr, kornproduksjon, mengde matavfall osv.

Aktivitetsdata blir ekstrapolert til 2030 ved bruk av relevante vekstfaktorer, eller basert på mål fra ulike organisasjoner.

Produksjonsfaktorer brukes til å konvertere ekstrapolert aktivitetsdata til en brutto mengde råstoff produsert per år, f.eks. gjødselmengder per husdyr. Denne mengden tar ikke hensyn til andre typer anvendelser eller til tekniske muligheter.

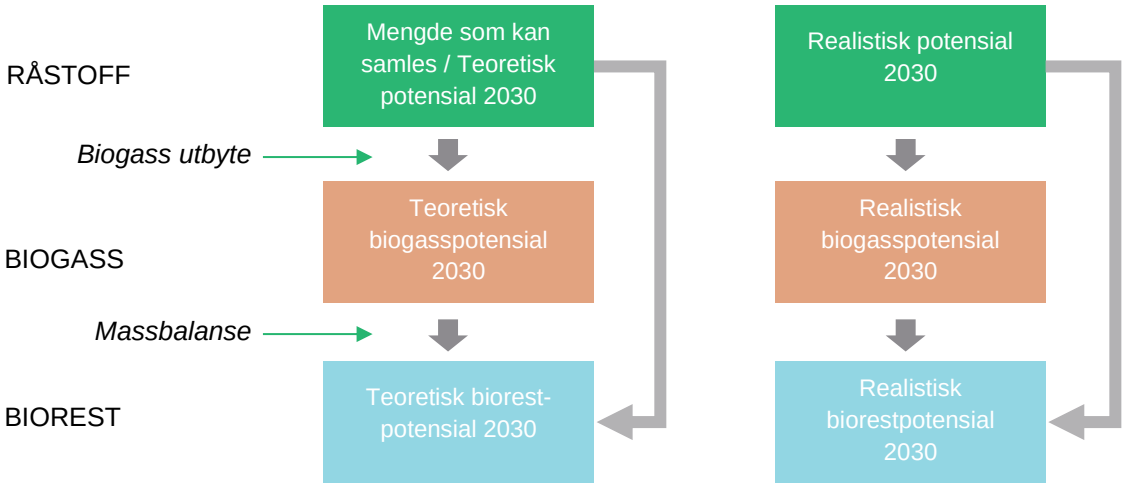
En tilgjengelighetsfaktor brukes til å konvertere brutto mengde produsert råstoff til mengde som kan samles. Dette er det teoretiske potensialet for råstoff, f.eks. mengde gjødsel som er produsert innendørs. Potensialet tar ikke hensyn til økonomiske faktorer som f.eks. transportkostnader eller etterspørsel for andre anvendelser.

Den tekno-økonomiske faktoren brukes til å kvantifisere mengden råstoff som realistisk kan utnyttes, gitt tekno-økonomiske muligheter. Det realistiske potensialet tar hensyn til innsamlingskostnader, bruk av råstoffene til andre formål, osv.

2.1.3 Metodikk for beregning av biorestpotensialet i 2030

Biogasspotensial beregnes basert på potensialet for råstoffmengde og biogassutbytte per råstoff, som illustrert i figuren nedenfor. Biogjødselpotensial beregnes med en metodikk basert på massebalanse.

Figur 8 Tilnærming for beregning av biogass- og biogjødselpotensial nå og i 2030



I denne delen av rapporten vil vi presentere vurderinger av hvilke råstoff som kan brukes til å produsere biogjødsel. Vi vil så langt det er mulig kvantifisere potensialet for biorest i 2030. Underlaget vil være mengde tilgjengelig råstoff, vurdert i oppgave 2. Vi vil vurdere biogjødselens kvalitet basert på det resterende næringsinnholdet i bioresten etter nedbryting.

Potensialet for biorest i 2030

For å beregne biorestpotensialet bruker vi en massebalanse-tilnærming. Gitt mengde biogass (i tonn) produsert og mengden råstoff (i tonn) som er behandlet, kan mengden biorest fra hvert råstoff beregnes ved å trekke førstnevnte fra sistnevnte. For alle råstoff er biogasspotensialet gitt i form av energipotensial (GWh eller TWh). Energipotensialet kan konverteres tilbake til volum og til slutt til masse biogass produsert ved å følge trinnene nedenfor:

1. Konverter biogasspotensial i GWh eller TWh til volum metan ved å bruke en kjent brennverdi for metan;[8]
2. Konverter volum av metan til volum biogass ved å bruke kjente metan- og CO_2-andeler i biogassen
3. Konverter volum av biogassen til masse biogass basert på tetthet og proporsjon av CH_4 og CO_2[9]
4. Trekk mengden biogass produsert fra mengden råstoff som er behandlet for å få biorestpotensial for hvert råstoff

Ovennevnte er gjennomført basert på både det teoretiske og realistiske biogasspotensialet.

2.2 Potensialet for ulike råstoff

I det følgende presenteres en vurdering av tilgjengelighet av råstoff i 2030 og potensialet for biogassproduksjon fra hvert råstoff analysert etter metoden i Figur 7. Informasjonskildene som er brukt vises for hvert råstoff i tilsvarende kapitler.

[8] Denne er forutsatt å være 9.95 GWh/million m^3 metan

[9] Disse er råstoffspesifikke

2.2.1 Husdyrgjødsel

Husdyrgjødsel er et veletablert råstoff i biogassproduksjon og bruken av dette råstoffet er utbredt i verden. For eksempel ble 75 prosent av biogass i Danmark i 2017 produsert av husdyrgjødsel (Geerolf, 2018) og 44.5 prosent av total mengde biomasse brukt til biogassproduksjon i Tyskland i 2018 kom fra husdyrgjødsel, FNR (2019). Bruk av husdyrgjødsel til biogassproduksjon er ikke bare en verdifull energikilde, men muliggjør utslippsreduksjoner av metan, lystgass og ammoniakk fra husdyrgjødsla.

Norge har et ambisiøst politisk mål for bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon: 30 prosent innen 2020 i følge St.meld. nr. 39 (2008–2009) *Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen*[10]. På grunn av økonomiske og regulatoriske barrierer, samt behov for mer kunnskap (se kapittel 5 Barrierer og muligheter), er imidlertid kun 2 prosent av husdyrgjødsel brukt til biogassproduksjon (Avfall Norge, 2019). En av særegenhetene ved norsk landbruk er den relativt sett moderate gårdsstørrelsen, hvilket gjør det vanskelig for mange bønder å oppnå lønnsomhet ved produksjon av biogass på gården. For at et gårdsanlegg skal være vellykket, må gården være av en viss størrelse (nok råstoff for å kunne utnytte utråtningskapasiteten), nok energibehov på gården eller i nærheten, finansiell støtte fra Landbruksdirektoratet, og teknisk kompetanse. I områder med høyere konsentrasjon av husdyrforetak, er det mulig å samle husdyrgjødsel og transportere denne til store sentraliserte biogassanlegg (enten allerede eksisterende anlegg som bygges i fremtiden) eller til mellomstore «bygdeanlegg». På sentraliserte biogassanlegg er det også mulig å sambehandle husdyrgjødsla med andre råstoff (f.eks. matavfall, annet våtorganisk avfall, fiskeensilasje osv.). Sambehandling kan gi større gassutbytte og større anlegg gjør det (økonomisk) mulig å oppgradere gassen til drivstoffkvalitet.

I dette delkapitlet presenterer vi resultater av den analyserte størrelsen på det teoretiske og realistiske potensialet for biogassproduksjon fra husdyrgjødsel i Norge. Vi forventer at det totale potensialet vil være delt mellom flere ulike konsepter som presenteres under. Hvilken del av potensialet som tilegnes de ulike konseptene avhenger av en rekke faktorer (gårdenes størrelse, avstand til eksisterende biogassinfrastruktur og nærhet til gårder i området, etc.)

Aktivitetsdata

Antall dyr av ulike kategorier på jordbruksforetakene er brukt som hovedkilde til aktivitetsdata for dette råstoffet. Tallene er hentet fra søknader om Produksjons- og avløsertilskudd til jordbruksforetak (Landbruksdirektoratet, 2019a) og gir antall dyr på telledato 1. mars (dette tilsvarer antall dyreplasser/år per dyrekategori per gård). Vi fokuserer på gjødsel fra kyr, gris og fjørfe og de ulike dyreslagene er kategorisert i ulike grupper.

Antall dyr i 2030 er basert på framskrivinger fra Miljødirektoratet/NIBIO.

Brutto mengde produsert råstoff

Vi har beregnet mengden husdyrgjødsel per gård (og per kommune) ved å bruke gjennomsnittlige verdier for mengder gjødsel produsert (i tonn gjødsel per dyr, basert på Bioforsk, 2013). Tabell 2 viser nøkkelparametere for ulike dyrekategorier som er forutsatt i analysen, og kilder for disse. Vi har forutsatt at det kun er husdyrgjødsel som er produsert når dyrene er innendørs (i fjøs) som kan samles og brukes til biogassproduksjon (kolonne 4 i tabellen under). Det vil også være ekstra vann som blandes med gjødsla (fra nedbør eller vaskevann) som vi tar høyde for da dette vil øke den totale mengden gjødsel. Dette reduserer tørrstoffinnholdet i gjødsla, samt biogass-utbyttet per tonn råvekt,

10 https://www.regjeringen.no/contentassets/1e463879f8fd48ca8acc2e6b4bceac52/no/pdfs/stm200820090039000ddpdfs.pdf

men øker transportvolumet og behovet for dimensjonert kapasitet av blant annet biogasstanken.[11] I tillegg til mengde gjødsel, har vi beregnet mengde VS («volatile solids») per dyrekategori, da dette brukes i beregningen av biogassutbyttet. Tilgjengelige mengder VS i husdyrgjødsel i 2030 presenteres i Tabell 5.

Tabell 2 Egenskaper ved ulike dyrekategorier som er forutsatt for analysen

Dyrekategori	**Gjødsel (tonn / dyr)**	**Tillegg av vann, strø, sagflis (tonn / dyr)**	**% til lager**	**Volatile Solids (VS) (tonn / dyr)**	**B_0 (m^3 CH_4 / kg VS)**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Kilde	*Bioforsk (2013)*	*Carbon Limits beregninger[12]*	*Norwegian Environment Agency (2019)[13]*	*Norwegian Environment Agency (2019)[14], IPCC (2019)[15]*	
Melkeku	18,54	6,1	84%	1,52	0,23
Ammeku	10,68	0,6	69%	0,97	0,18
Øvrig storfe	6,48	0,2	69%	0,76	0,18
Purker, råner, unggris til avl	4,68	0,5	100%	0,27	0,3
Slaktegris	0,51	0,06	100%	0,04	0,3
Smågris	0,08	0,02	100%	0,02	0,3
Høner	0,04	0,002	100%	0,01	0,39
Slaktekyllinger	0,00	0,0001	100%	0,001	0,36
Livkyllinger	0,00	0,0002	100%	0,003	0,36
Annet fjørfe	0,02	0,001	100%	0,007	0,36
Geit	1,80	0,02	63%	0,13	0,18
Sau	1,80	0,03	38%	0,12	0,19
Hest	9,60	0,2	74%	0,78	0,3

Energipotensial

Potensialet for biogass beregnes på grunnlag av mengden VS i husdyrgjødsel som tilføres gjødsellager og en spesifikk faktor (B_0) som angir maksimal mengde metan (målt i m^3) per kg VS. Ved dagens teknologi for biogassproduksjon i Norge regner en med å oppnå 70 prosent av det maksimale potensialet.

[11] Særlig i gjødsel fra melkekyr har vannmengdene økt som følge av at det i økende grad nyttes melkerobot som forbruker mye vann til vasking.
[12] Basert på følgende kilder: vaskevann– Bioforsk (2013), gjennomsnittlig mengde halm for ulike dyrekategorier – Finnish Normative Manure System (Luostarinen et al., 2017). Verdier for ulikt vanninnhold på grunn av nedbør (vannsøl/lekkasjer) har vi beregnet på bakgrunn av gjennomsnittlig vannmengde i husdyrgjødsel levert til biogassproduksjon I 2018 og dette har vært diskutert med Bjørn Huso og Irina Ålund (Landbruksdirektoratet).
[13] Norwegian Environment Agency (2019) Tabell 5.14.
[14] Tabell 5.10 (for kyr, svin og fjørfe)
[15] Tabell 10.13A, 10.16 og 10A.5 (for alle andre dyr)

Energipotensialet i husdyrgjødsel er relativt sikkert sammenlignet med andre råstoff for biogass, siden teoretisk energiinnhold kan valideres med produksjonsdata både i Norge og i utlandet. Det er imidlertid variasjon i oppnåelig biogassutbytte, som avhenger av ulike forhold: innholdet i fôret (som varierer fra dyrekategori til dyrekategori og som kan være sesongvariert), mengde og type strø, sagflis, halm eller torv, mengde vann som tilkommer husdyrgjødsla (slik som vaskevann eller nedbør for utendørs åpne husdyrgjødsel-lagre). Tall brukt i denne analysen (se Tabell 2), er basert på norske verdier for kyr, svin og fjørfe (som er basert på uttak av gjødselprøver som er blitt analysert (NIBIO, 2017) og på sjablongverdier fra IPCC for andre dyrekategorier (IPCC, 2019).

Potensialet for biogassproduksjon

Antall dyr, mengde VS produsert, og metaninnhold i VS er multiplisert for hver dyrekategori for å kalkulere det teoretiske potensialet for biogassproduksjon. For realistisk biogassproduksjon, er det forutsatt at 70 prosent av det teoretiske metanutbyttet kan oppnås. Dette reflekterer dagens utråtningsteknologi og praksis (f.eks. utråtningstid), så vel som mulige gasslekkasjer under forråtnelsen.[16]

For dette råstoffet (husdyrgjødsel), ble det gjennomført en mer detaljert analyse av realistisk potensial for bruk i biogassproduksjon, på grunn av råstoffets betydning som klimatiltak både i landbruket og i transportsektoren. For hvert spesifikke «konsept» eller verdikjede for bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon har vi beregnet hvor mye potensial som kan tilegnes dette konseptet, samt produksjonskostnader knyttet til dette konseptet. Hvor mye av potensialet for husdyrgjødsel som tilegnes hvert konsept bestemmes av ulike kriterier for de omkringliggende gårdene, slik som mengde husdyrgjødsel produsert på gården, avstand til eksisterende biogassanlegg eller andre gårder, type gård og gårdens energibehov (se Tabell 3). Konseptene presenteres i boksen under.

Vi har også vurdert muligheten av å avvanne gjødsel før gjødsla transporteres for å redusere transportkostnader (og altså muliggjøre lengre transportdistanser). Dette vekker for øyeblikket interesse hos myndigheter biogassprodusenter, forskning på biogass og bønder. Dette er på teststadiet for øyeblikket og benyttes ikke i stor skala. Se mer om avvanningskonseptene og kostnader avhengig av kjøredistanse i boksen under.

[16] NIBIO (2017) Tabell 2.2. Verdier varierer mellom 60 og 80 prosent (Østfoldforskning, 2016a)

Ulike forretningsmodeller for bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon

Leveranse av husdyrgjødsel til eksisterende sambehandlingsanlegg, ingen avvanning

Dette konseptet innebærer at husdyrgjødsel behandles på eksisterende biogassanlegg, som har ekstra kapasitet (både i råtnetanken og i oppgraderingsanlegget). Dette kan typisk være et biogassanlegg som er bygget for å behandle råstoff med et høyere næringsinnhold og tørrstoffandel enn husdyrgjødsel og som i fravær av husdyrgjødsel hadde måttet tilsette prosessvann. Gassen oppgraderes til drivstoffkvalitet.

Leveranse av husdyrgjødsel til eksisterende sambehandlingsanlegg, avvanning

Dette konseptet innebærer at husdyrgjødsel avvannes på gård, for å kunne transporteres lengre distanser. Som i konseptet over fraktes gjødsla til eksisterende biogassanlegg med ekstra kapasitet i råtnetanken og i oppgraderingsanelgget. Til forskjell fra konseptet over må prosessvann tilføres gjødsla når det skal behandles på biogassanlegget, for å få tørrstoffprosenten til et ønsket nivå. Gassen oppgraderes til drivstoffkvalitet.

Leveranse av husdyrgjødsel til eksisterende slambehandlingsanlegg, ingen avvanning

Dette konseptet innebærer at husdyrgjødsel behandles på eksisterende slambehandlingsanlegg. For å kunne bruke bioresten fra husdyrgjødsla uten ytterligere restriksjoner blandes ikke slammet og gjødsla, og det bygges en egen produksjonslinje for husdyrgjødsel. Dette betyr at nesten alle komponenter må bygges separat, og den økonomiske fordelen dette konseptet er at oppgraderingsanlegget til det eksisterende slambehandlingsanlegget kan deles på. Gassen oppgraderes til drivstoffkvalitet.

Leveranse av husdyrgjødsel til bygdeanlegg, ingen avvanning

Dette konseptet innebærer å bygge et nytt mellomstort biogassanlegg (årlig kapasitet på ca. 20 GWh) primært for behandling av husdyrgjødsel, men også for en mindre fraksjon mer høyverdige råstoff (primært fiskeensilasje og matavfall). Tilgjengelighet for energirike råstoff er ikke ansett som del av denne analysen. Dette konseptet er forutsatt relevant for kommuner/kommuneenklaver med høy konsentrasjon og store mengder husdyrgjødsel. Gassen oppgraderes til drivstoffkvalitet.

Leveranse av husdyrgjødsel til bygdeanlegg, avvanning

Dette konseptet er likt som konseptet over, med det unntak at gjødsla avvannes for så å transporteres lengre distanser. Gassen oppgraderes til drivstoffkvalitet.

Gårdsanlegg

Dette er anlegg der husdyrgjødsla behandles på gården der den oppstår. Dette konseptet er forutsatt relevant for større gårder som har tilstrekkelig energibehov (for eksempel melkeroboter) og som ikke har andre husdyrgjødsel i tilstrekkelig nærhet som kunne vært brukt i et eksisterende anlegg eller et nytt bygdeanlegg. Gassen oppgraderes ikke, men erstatter interne elektrisitets- og varmebehov.

I tillegg til konseptene over kunne det være aktuelt å tilegne en del av potensialet til nye sambehandlingsanlegg. Vi har imidlertid foretatt en kvalitativ vurdering av dagens gjenværende råstoffmengder og lokalisering og vi anser det ikke som realistisk at betydelige mengder husdyrgjødsel vil sambehandles ved store sentraliserte sambehandlingsanlegg innen 2030. Vi har dermed heller forutsatt at dagens anlegg utnyttes fullt ut først, og deretter kan det resterende potensialet benyttes av bygdeanlegg og gårdsanlegg. Konseptene i boksen er presentert i rekkefølgen fra det rimeligste (i

kr/kWh) til det dyreste, målt i produksjonskostnader før subsidier. Potensialet for de konseptene med lavest kostnad ble vurdert først, og deretter det neste konseptet, osv..[17] Potensialet består av gårder med husdyrgjødsel. Én gård kan ikke tilegnes flere gårder, men tilegnes ett konsept i sin helhet (om gården regnes som en del av det realistiske potensialet). Gårder som tilegnes de ulike konseptene blir så tatt ut av potensialet for å sikre at ingen gårder dobbelt-telles og tilegnes flere konsept.

[17] Rekkefølgen i boksen over følger denne logikken. Produksjonskostnadene for de ulike stegene er illustrert Figur 24 i del 3.2 i rapporten

Tabell 3 Viktigste forutsetninger for estimering av realistisk potensial for ulike forretningsmodeller for bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon

Konsept	Avvanning?	Forutsetninger				Beskrivelse av metode
		Avstand, km	Minimumsstørrelse	Tetthet	Annet	
Eksisterende sambehandlings-anlegg	Nei	Opp til 20 km	>168 tonn/år (er det samme som 35 m3/måned, eller en fylt lastebil)	N/A	N/A	Det er kun vurdert anlegg som produserer biogass tilsvarende mer enn 10 GWh og som i dag oppgraderrer biogass til drivstoffkvalitet. Det er forutsatt at den maksimale eksisterende oppgraderingskapasiteten i Norge setter en øvre grense for den delen av det realistiske potensialet som kan tilegnes disse to konseptene. Radiusen på 30 km ble funnet ved å vurdere hvor stor radiusen må være dersom den fulle oppgraderingskapasiteten skal utnyttes.
Eksisterende sambehandlings-anlegg	Ja	20 til 30 km				
Eksisterende slambehandlings-anlegg	Nei	Opp til 20 km		N/A	N/A	Kun anlegg som produserer biogass tilsvarende 10 GWh eller mer (for å sikre tilstrekkelig «economies of scale»). Det er forutsatt at dersom renseanlegg ikke i dag har oppgraderingsutstyr, så vil de investere i dette som en del av referansealternativet.[18] Det er forutsatt at den maksimale eksisterende oppgraderingskapasiteten i eksisterende sambehandlingsanlegg i Norge er den øvre grensen for det realistiske potensialet for dette konseptet.

[18] Se kapittel 3 om kostnader for beskrivelse av hvilke kostnadselementer som er inkludert i de ulike konseptene

Bygdeanlegg	Nei	Opp til 20 km	>168 tonn/år	>15 MWh/km2 (tilsvarer 20 GWh/20 km, altså i en 20 km radius)	Kun kommuner med husdyrgjødsel tilsvarende minimum 10 GWh er inkludert	Gitt at lokalisering til fremtidige bygdeanlegg ikke er kjent, måtte vi forutsette lokalisering av disse. Utgangspunktet er å identifisere kommuner som har en tilstrekkelig tetthet av og mengde husdyrgjødsel (med andre ord GWh av husdyrgjødsel per km2 av kommunens areal). [19] Det forutsettes at den totale mengden husdyrgjødsel i den aktuelle kommunen vil brukes i et bygdeanlegg, med unntak av gjødsla fra gårdene som er brukt i de tidligere konseptene og dermed ekskludert fra potensialet. Slik som for øvrige konsepter, forutsettes det en minimumsstørrelse for gårder som leverer til bygdeanlegg på 168 tonn husdyrgjødsel/år. Dette tilsvarer en lastebiltransport per måned på hver gård.
Bygdeanlegg	Ja	20 til 40 km	>168 tonn/år	>4 MWh/km2 (tilsvarer en 40 km radius)	Kun kommuner med husdyrgjødsel tilsvarende minimum 5 GWh er inkludert	Samme tilnærming som over – velg kommuner som høy nok tetthet og nok husdyrgjødsel. Tetthet er basert på en radius på 40 km. For et utvalg av kommuner forutsettes det at all husdyrgjødsel tilgjengelig i kommunen vil behandles ved bygdeanlegg, for gårder som møter minimumskravet til størrelse, med unntak av gjødsla fra gårdene som er brukt i de tidligere konseptene og dermed ekskludert fra potensialet. .

[19] Det er et stort antall kommuner med en høy konsentrasjon av husdyrgjødsel, men begrenset mengde total husdyrgjødsel (f.eks. fordi kommunen er liten i størrelse). Å ha et minimumskrav til mengde husdyrgjødsel i en kommune gjør at vi utelukker kommuner med for lite husdyrgjødsel til å kunne forsvare å ha et oppgraderingsanlegg. Vi forutsetter at det minimum må være 20 GWh som skal til før det kan forsvares å ha et oppgraderingsanlegg. Det er imidlertid satt en lavere minimumsgrense enn 20 GWh for å hensynta at lokaliseringen av fremtidige bygdeanlegg kan optimeres til å samle ressurser også fra nabokommuner. I tillegg vil en andel av energien som produseres forutsatt å komme fra mer andre og mer energirike råstoff, slik som matavfall og fiskeensilasje.

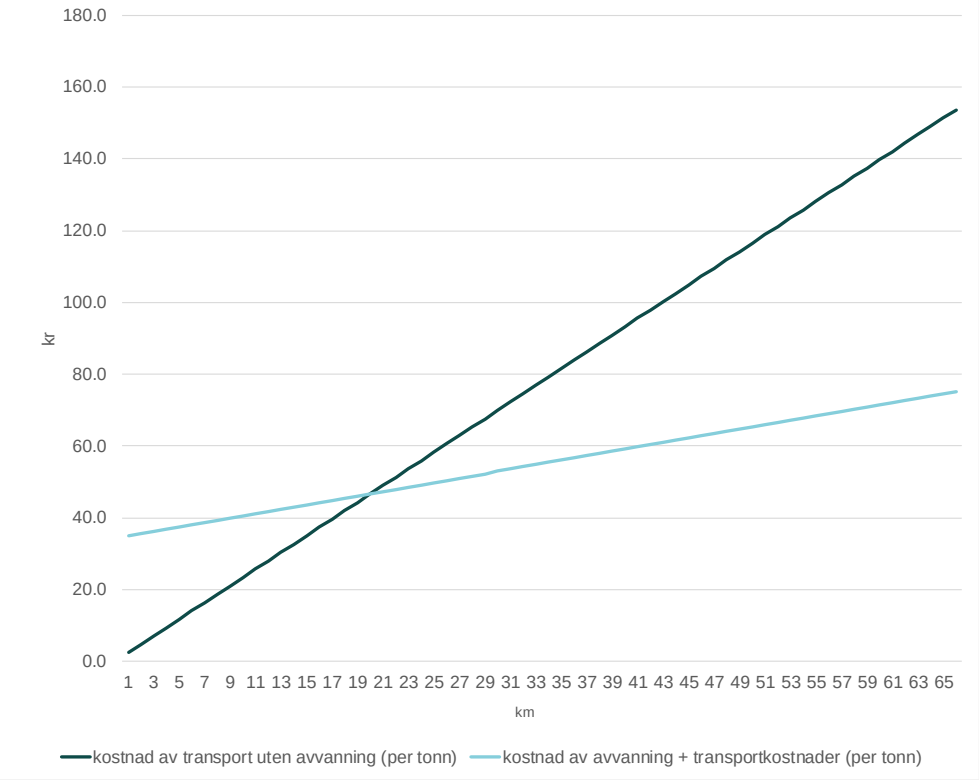
Gårdsanlegg	Nei	N/A	Alle gårder som har mer enn 70 melkekyr/år (dette gir ca. 1,700 tonn gjødsel/år)	N/A	Kun gårder med melkekyr	Kun gårder med melkekyr tas i betraktning, siden deres energibehov (spesielt for melkeroboter) er høyt nok til å rettferdiggjøre energibehov. [20] Det er kun vurdert gårder som ikke har naboer i en 20 km radius. Det forutsettes at hvis de har naboer vil det foretrukne valget for utnyttelse av gjødsla for disse gårdene være bygdeanlegg, som har lavere kostnader per energienhet og mer stabil produksjon.

[20] Basert på diskusjon med Landbruksdirektoratet, (kommunikasjon med Irina Ålund))

Avvanning og transport

Basert på beregninger av avvanningskostnader har vi funnet hvor stor transportavstand det må være for at avvanning skal lønne seg (Gitlesen, 2019). Avvanning reduserer transportkostnad per km med ca. en fjerdedel per tonn, fordi en kan frakte ca. fire ganger så mye tørrstoff per tonn råstoff, som før avvanning. Avvanning har imidlertid noen faste kostnader: både knyttet til selve avvanningsutstyret og knyttet til lagerkostanden ved et ekstra lager bonden må ha på gården for å skille den avvannade fraksjonen fra gjødsla som ennå ikke er avvannet. Disse faste kostnadene utgjør i sum ca. 35 kr/t. Kostnadene beskrevet her innebærer at vi må opp i transportdistanser på ca. 20 km før avvanning lønner seg. Det bør bemerkes at dette er usikre kostnadsestimater, og det er på et nokså teoretisk nivå da det er lite erfaring med avvanning av husdyrgjødsel i Norge i dag.

For konseptene med avvanning legger vi til grunn transportdistanser over 20 km, da det ikke lønner seg med avvanning for lavere transportidstanser enn dette.



Totalt realistisk potensial for produksjon av biogass ved bruk av husdyrgjødsel er summen av alle potensialene som beskrives over. Resultatene per konsept presenteres under og er summert for all total husdyrgjødsel i Tabell 4.

Tabell 4 Realistisk potensial for bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon

Konsept	Antall gårder	Total mengde husdyrgjødsel (tonn våtvekt)	Biogass produsert, GWh
Sambehandling uten avvanning	1,022	1,082,088	111
Sambehandling med avvanning	833	702,299	80
Slambehandling uten avvaning	1,602	1,935,250	223
Bygdeanlegg uten avvaning	771	763,536	110
Bygdeanlegg med avvaning	2,290	1,799,838	236
Gårdsanlegg	136	323,134	35
SUM	**6,654**	**6,606,145**	**796**

Oppsummering for husdyrgjødsel

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 5 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for husdyrgjødsel

	Faktor	Verdi	Enhet
	Aktivitetsdata	16 516 691	Antall dyr/dyreplass[21]
	Basisår	2019	
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	13%	Vektet gjennomsnitt for alle dyrekategorier
	Aktivitetsdata 2030	19 015 577	Antall dyr/dyreplass
	Produksjonsfaktor	0.006 – 1.52	tonn VS / dyr Dette varierer mye for ulike dyrekategorier
	Brutto mengde råstoff produsert	1 150 723	Tonn VS
	Tilgjengelighetsfaktor	78%	Vektet gjennomsnitt
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	859 083	Tonn VS
	Tekno-økonomisk faktor	Ikke beregnet	Se metode beskrevet over
	Realistisk potensial 2030	482 025	Tonn VS
	Biogass utbytte	1,8 – 3,99	MWh / tonn VS

[21] Analysen fokuserer på dyrekategorier presentert i Tabell 2 (rein, hjort, pelsdyr og andre mindre vanlige og mindre betydningsfulle dyrekategorier er ikke inkludert i analysen)

	Faktor	Verdi	Enhet
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	1 967 (<10)[22]	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	786	GWh

Alternativ anvendelse for husdyrgjødsel

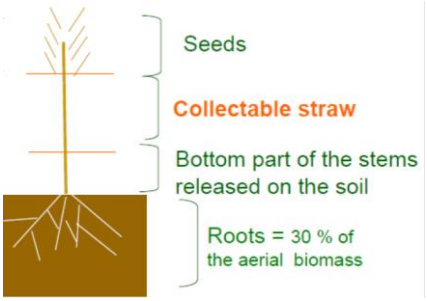
I fravær av muligheter for anaerob utråtning av husdyrgjødsel er gjødsla typisk lagret på gårder (med ulike lagerløsninger – fra lagre med tett dekke til talle lagret direkte på bakken) og deretter spredt på jordene. Ihht. forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav skal all gjødsel spres på godkjent spredeareal (dyrka mark og godkjent innmarksbeite). Fra husdyrgjødsla oppstår i husdyrrom (fjøs o.l.), og gjennom lagring og spredning av ubearbeidet gjødsel (også referert til som gjødselshåndtering), vil utslipp av ulike stoffer – CH_4, N_2O, NH_3, NO_x – oppstå. Å bruke husdyrgjødsel til biogassproduksjon gir betydelige reduksjoner i disse utslippene og er derfor å foretrekke. Levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg kan gi bedre muligheter til omfordeling av gjødsla, fra foretak med overskudd av gjødsel til foretak med underskudd. Dette er særlig relevant for Rogaland (Carbon Limits, 2018). Nye metoder for bearbeiding og bruk av husdyrgjødsel til biogassproduksjon og innovativ foredling og anvendelse av biorest med omfordeling av næringsstoffer (nitrogen og fosfor) kan bidra til å løse utfordringene med for store gjødselmengder i husdyrtette områder.

2.2.2 Jordbruksrester – Halm

Halm er den delen av loavlingen som blir igjen når kornet er tresket fra. Halm består nesten bare av ren cellulose, og har liten næringsverdi.

Aktivitetsdata

Kornproduksjon i Norge består hovedsakelig av bygg, hvete, havre, rug og rughvete. Skog og Landskap (2013) rapporterer at halmproduksjon er mest korrelert med areal, og delvis korrelert med kornproduksjon. Derfor brukes SSB-data om areal av kornvekster som basis for å beregne mengde produsert halm (SSB, 2019f). I 2018 ble 2 777 900 dekar brukt til kornproduksjon i Norge.



Figur 9 Illustrasjon av biomasse i halm (kilde: Ecofys, 2013)

Selv om arealet er blitt litt redusert siden 2001, har kornavlingen holdt seg relativt stabil over den samme perioden (SSB, 2019g), og derfor ingen ekstrapolering gjøres for aktivitetsdata mot 2030: kornavlingen (og den relaterte halmproduksjonen) antas som stabil over de neste 11 år.

Brutto mengde produsert råstoff

En produksjonsfaktor på 248 kg halm per dekar kornvekster brukes i analysen (NIBIO, 2016). Andre studier bruker imidlertid andre faktorer, og Bioforsk (2012) viser at mange parameter påvirker

[22] GWh biogass allerede produsert i 2018. 71 000 tonn husdyrgjødsel fra 35 foretak ble brukt i biogassproduksjon i 2017 basert på tilskudd for levering av husdyrgjødsel til biogassproduksjon som ble utbetalt (Østfoldforskning, 2019). Det er forutsatt at ca. halvparten var storfegjødsel og resten – svinegjødsel.

halmproduksjon, blant annet type korn, sortenes alder, området, osv. Faktoren er derfor noe usikker, men på lik nivå som det nevnt i Skog og Landskap (2013) basert på erfaring fra 7 ulike gårdsbruk i Norge over tre år.

Potensialet til biogassproduksjon

Halm kan betraktes som et avfallsprodukt med lav økonomisk verdi ved dagens anvendelse. Av halmavlingene brukes ca. 100 000 tonn til fôr eller strø, og resten pløyes ned, eller brennes på jordoverflaten (NIBIO 2016b, NVE 2017). Dette har en positiv effekt på jordstrukturen og for jordsmonnets innhold av karbon. Siden NIBIO går ut fra 700 000 tonn halm som basis, betyr det at ca. 14 prosent av halm brukes til fôr eller strø. Verdien er nær den fra NVE (2014), som indikerer 16 prosent til fôr, strø og talle. Halm har liten næringsverdi og en tilgjengelighetsfaktor på 86 prosent brukes derfor for å beregne det teoretiske potensialet til biogassproduksjon.

Ikke alt halmpotensial bør benyttes til biogassproduksjon. Dette er fordi innblandet halm i jorden har en positiv effekt på jordstrukturen og karboninnhold i jorden. Ulike kilder bruker ulike faktorer for andel halm som kan brukes på en bærekraftig måte. Ecofys (2013) viser at faktorene varierer fra land til land, og gir en oversikt for en rekke europeiske land. Ifølge Ecofys kan 33 til 50 prosent halm brukes uten å uten å fjerne for mye karbon fra jorda. Studien ikke viser faktorer for Norge, men gir en verdi på 40 prosent for Danmark. Denne verdien brukes som basis for å beregne den tekno-økonomiske faktoren brukt i analysen.

Siden 14 prosent allerede brukes til fôr, strø og talle i Norge kan ca. 26 prosent av brutto mengde halm brukes til biogassproduksjon. Dette tilsvarer 30 prosent av det teoretiske potensialet. Verdien anses som konservativ, siden en del karbon også kan returneres ved bruk av bioresten fra biogassproduksjonen. I tillegg nevner Ecofys (2013) at røtter og stubb alltid returneres til jorda, selv om halm trekkes. Disse delene av plantene utgjør ca. halvparten av biomasse etter kornavling (IES, 2007). følge Miljødirektoratet (2013), er halm en veldig spredt ressurs, som antas å være krevende å få utnyttet. Den tekno-økonomiske faktoren på 30 prosent er derfor usikker.

Energipotensial

Steinhauser (2010) gir en faktor på 85 prosent tørrstoff i halm. En faktor på 2,28 MWh/tonn TS halm brukes til å beregne biogasspotensialet. Faktoren er gjennomsnittet av fem ulike kilder om temaet, blant annet: Linne (2008), Østfoldsforskning (2008), SGC (2009) og ADEME (2013).

Oppsummering for halm

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 6 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for halm

Faktor	Verdi	Enhet
Aktivitetsdata	2 777 900	dekar til kornvekster
Basisår	2018	
Ekstrapoleringsfaktor 2030	0 %	
Aktivitetsdata 2030	2 777 900	dekar til kornvekster
Produksjonsfaktor	248	kg halm/dekar

	Faktor	Verdi	Enhet
	Brutto mengde råstoff produsert	687 818	tonn råvekt halm
	Tilgjengelighetsfaktor	86 %	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	589 558	tonn råvekt halm
	Tekno-økonomisk faktor	30 %	
	Realistisk potensial 2030	176 867	tonn råvekt halm
	Biogass utbytte	2,28	MWh / tonn TS halm
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	1 124	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	337	GWh

Alternativ anvendelse for halm

Halm består nesten bare av ren cellulose og er et krevende råstoff for biogassproduksjon. Den kan være mer egnet til forbrenning, og denne anvendelsen ansees å konkurrere mest med biogassproduksjon. NVE (2014) nevner en antagelse fra Miljødirektoratet (da KLIF) om at 30 prosent av halmen utnyttes til biogass, og resten til forbrenning, da en høy brennverdi fører til at halm er svært egnet til forbrenning.

Skog og Landskap (2011 og 2013) oppsummerer erfaringen fra høsting og bruk av halm til varmeproduksjon på 7 ulike gårdsbruk i Norge over tre år. Rapportene viser at halm kan være en krevende brensel på grunn av fuktighet, og at høsting- og lagringsmetoder er viktige for å sikre en god kvalitet ved forbrenning.

Lantz et al. (2018) også nevner etanolproduksjon fra halm og korn, men det er ukjent i hvilken grad dette blir aktuelt mot 2030. Gasifisering også er et mulig fremtidige alternativ anvendelse for halm (Skog og Landskap, 2013).

2.2.3 Jordbruksrester – Kornavrens

Ved rensing av korn fjernes det som med en samlebetegnelse blir kalt kornavrens. Det er et sammensatt avfall bestående av bøss, halmstubb, lettkorn, snerp, agner og jord (NVE, 2003).

Aktivitetsdata

SSB (2019h) data om kornavling brukes som basis for aktivitetsdata. Kornavlingen varierer fra år til år, og har generelt holdt seg på et stabilt nivå siden 2001. Derfor gjøres ingen ekstrapolering for aktivitetsdata mot 2030: kornavlingen (og den relaterte kornavrensproduksjonen) antas som stabil over de neste 11 år.

Brutto mengde produsert råstoff

NVE (2014) indikerer en produksjonsfaktor på 1,6 prosent for å beregne mengden kornavrens basert på kornavling, og verdien er nær den fra Østfoldforskning (2008) (1,5 prosent). Statistikkene fra ADEME (2013) viser at produksjonsfaktorene for kornavrens varierer avhengig av type korn, med for

eksempel lavere verdier for hvete enn for bygg. Faktoren fra NVE (2014) brukes i analysen, siden den er norsk og antas å bedre reflektere de norske forholdene.

Potensial til biogassproduksjon

Verdikjedene for kornavrens er allerede på plass. Ifølge Miljødirektoratet (2013) kan kornavrens brukes til fôrproduksjon, proteinproduksjon og forbrenning, og dette bekreftes også av NVE (2014). Miljødirektoratet antar at 50 prosent kunne brukes til biogassproduksjon, med resten til fôr eller forbrenning. NVE antar at fôr utgjør 50 prosent, og at resten går til biogass og forbrenning. En tilgjengelighetsfaktor på 50 prosent brukes derfor i analysen for å beregne det teoretiske potensialet til kornavrens. I praksis vil mengden kornavrens til biogass variere avhengig av variasjoner i kornavling og i etterspørsel etter dyrefôr.

En tekno-økonomisk faktor på 100 prosent brukes i analysen, selv om at konkurransen med forbrenning er usikker. I likhet med halm inneholder kornavrens mye cellulose, og råstoffet kunne være bedre egnet til forbrenning. Dette er avhengig av produksjonsmetoder for biogass i 2030 og av andre kilder for biomasse til forbrenning.

Energipotensial

En faktor for biogassutbytte på 3,16 MWh/tonn TS kornavrens brukes for å beregne biogasspotensialet. Dette er gjennomsnitt fra tre ulike kilder: Linne (2008), NVE (2011) og ADEME (2013). Linne og ADEME gir en gjennomsnitt TS andel på 92 prosent.

Oppsummering for kornavrens

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 7 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for kornavrens

	Faktor	Verdi	Enhet
	Aktivitetsdata	1 307 200	tonn kornavling
	Basisår	2017	
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	0 %	
	Aktivitetsdata 2030	1 307 200	tonn kornavling
	Produksjonsfaktor	0,016	tonn kornavrens/tonn korn
	Brutto mengde råstoff produsert	20 915	tonn kornavrens
	Tilgjengelighetsfaktor	50 %	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	10 458	tonn kornavrens
	Tekno-økonomisk faktor	100 %	
	Realistisk potensial 2030	10 458	tonn kornavrens
	Biogass utbytte	3,16	MWh/ tonn TS kornavrens
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	30	GWh

Faktor	Verdi	Enhet
Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	30	GWh

Alternativ anvendelse for kornavrens

Ifølge Miljødirektoratet (2013) og NVE (2014), kan kornavrens også brukes til fôrproduksjon, proteinproduksjon og forbrenning. Det har blitt rapportert mangel på kornavrens til dyrefôr i enkelte områder, på grunn av mangel av grovfôr (f.eks. Smaalenenes Avis, 2018). Tilgang på kornavrens til biogassproduksjon vil derfor variere fra år til år. Konkurransen med forbrenning er usikker, men kornavrens kunne være bedre egnet til forbrenning, på grunn av høyt celluloseinnhold. Lantz et al. (2018) nevner også etanolproduksjon fra halm og korn, som antas å også være relevant for kornavrens, men det er ukjent i hvilken grad dette blir aktuelt mot 2030.

2.2.4 Grønnsaks- og fruktrester

Sidestrømmer fra primærproduksjon inkluderer grønnsaker og frukt som blir produsert men ikke kommer inn i verdikjeden for matproduksjon. Norden (2016) gir en detaljert beskrivelse av disse strømmene, og skiller mellom matavfall som i prinsipp kunne spises av mennesker, og andre typer matavfall.

Annet avfall fra matverdikjeden beskrives i seksjonen “våtorganisk avfall”.

Aktivitetsdata

Norden (2016) estimerer mengden grønnsaks- og fruktrester fra jordbruk til å være ca. 52 000 tonn per år i perioden 2011-2013. Den største delen er grønnsaker og poteter. Den historiske veksten i grønnsaks- og fruktavling brukes for å ekstrapolere mengden rester til 2030. SSBs (2019i) data for perioden 2010-2018 viser at grønnsaksavlingen økte med 1,8 prosent CAGR, mens frukt- og bæravlingen økte med 1,9 prosent CAGR.

Potensialet til biogassproduksjon

De fleste grønnsaks- og fruktrester blir enten værende på bakken ved innhøsting, eller blir utsortert på gården. Dette er avhengig av de ulike typene grønnsaker og frukt og av lokal praksis. Analysen antar at 100 prosent av disse restene kunne samles til biogassproduksjon hvis nok insentiver var på plass. Dette er delvis optimistisk når det gjelder restene som blir værende på bakken ved innhøsting.

Det tekno-økonomiske potensialet beregnes basert på en faktor på 46 prosent av det teoretiske potensialet. Faktoren er vektet gjennomsnitt av ulike faktorer beregnet ut fra data fra Norden (2016). For gulrøtter brukes for eksempel 66 prosent av restene som dyrefôr, mens 25,5 prosent blir værende på bakken og 8,5 prosent brukes til andre formål. Løk har størst andel tilgjengelig til biogassproduksjon, med 5 prosent som blir værende på bakken, 32 prosent til kompostering og 50 prosent som ikke utnyttes per i dag.

Energipotensial

Biogassutbyttet har vektet gjennomsnitt på 0,74 MWh/tonn råvekt, og er beregnet for poteter og grønnsaker og frukt, basert på to ulike kilder SGC (2009) og ADEME (2013).

Oppsummering for grønnsaker og frukt

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 8 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for grønnsaker og frukt

	Faktor	Verdi	Enhet
	Aktivitetsdata	52 000	tonn sidestrøm og avfall
	Basisår	2010-2013	
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	1,8%	CAGR
	Aktivitetsdata 2030	71 511	tonn sidestrøm og avfall
	Produksjonsfaktor	-	data om avfall er tilgjengelig
	Brutto mengde råstoff produsert	71 511	tonn sidestrøm og avfall
	Tilgjengelighetsfaktor	100 %	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	71 511	tonn sidestrøm og avfall
	Tekno-økonomisk faktor	46 %	
	Realistisk potensial 2030	33 037	tonn sidestrøm og avfall
	Biogass utbytte	0,74	MWh/tonn råvekt
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	52 (4)[23]	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	20	GWh

Alternativ anvendelse for grønnsaker og frukt

Bruk til dyrefôr eller kompostering er de to største identifiserte konkurrentene til biogass for sidestrømmer fra grønnsaks- og fruktproduksjon.

2.2.5 Jordbruksrester – Øvrig

Andre jordbruksrester kan være relevante for biogassproduskjon, som for eksempel ensilasje og potetblader.

Bruk av ensilasje, eller grovfôr, til biogassproduksjon nevnes i ulike studier, blant annet Biogass Østfold (2013), Miljødirektoratet (2013) og NMBU (2017).

Ensilasje brukes primær som dyrefôr, men råstoffet kan også utnyttes til biogassproduksjon når det ikke holder fôrkvalitet. Dette kan skje hvis arealene blir overflommet av slamholdig vann, når rundballene blir ødelagt, eller hvis ensilasjeproduksjonen overskrider etterspørselen som dyrefôr. Tilgangen antas å være uforutsigbar.

Potetblader inkluderes i biogasspotensialet beregnet av Linne (2008) for Sverige. Bladene samles ikke per i dag, og det kan bli krevende å få på plass de riktige teknikkene og verdikjeden til innsamling for bruk til biogassproduksjon. Mengden potetblader produsert i Norge er ukjent per i dag, og biogasspotensialet beregnes derfor ikke.

[23] GWh biogass allerede produsert i 2018 (basert på selvrapportering av norske biogassanlegg til Miljødirekektoratet).

2.2.6 Fiskeensilasje

Fiskeensilasje er fisk eller deler av fisk som er blandet med et konserveringsmiddel, slik at blandingen er lagringsstabil over lengre tid (Rubin, 1993). Som konserveringsmiddel brukes vanligvis en syre som bringer pH (surhetsgraden) i blandingen ned til et nivå der bakterieveksten i fiskemassen stopper.

Det finnes tre kategorier av fiskeavfall:

- Kategori 1-materiale betraktes som så helsefarlig at det ikke er tillatt å bruke som fôr, gjødsel eller til teknisk bruk, og må derfor destrueres eller deponeres (graves ned) (Mattilsynet, 2007).
- Kategori 2-materiale fra fisk er i hovedsak selvdød og klinisk syk fisk uten ytre tegn på sykdom.
- Kategori 3-materiale kommer av fisk som er tillatt slaktet for konsum og kan brukes til fôr til matproduserende dyr etter bearbeiding (Mattilsynet, 2013).

Analysen begrenses til fiskeensilasje i kategori 2. Den inkluderer ikke kategori 3-materiale, siden det brukes til produksjon av protein og dyrefôr (SINTEF, 2016), og ikke kategori 1-materiale, siden bruk til biogassproduksjon ikke er tillatt. Bruk av fiskeensilasje fra rognkjeks er heller ikke inkludert i analysen, siden disse kan brukes til matproduksjon (Nofima, 2016).

Firmaer som Hordafor og Scanbio henter fisk til produksjon av fiskeensilasje fra oppdrett (kategori 2) eller slakteri (kategori 3) (Rubin, 2010). Kategori 2-ensilasje stammer i hovedsak fra laks (Salmo salar), med en mindre andel fra ørret (ca. 3-5 prosent) (ScanBio, 2019).

Aktivitetsdata

Mengde slaktet matfisk solgt i Norge brukes som basis (aktivitetsdata) for beregning av råstoffpotensial med kategori 2-fiskeensilasje. Historisk sett har salget vokst 7 prosent årlig i perioden 1997-2017, og 5 prosent årlig siden 2007. DKNVS og NTVA (2012) brukte 3 og 7 prosent årlig vekst som lav og høy verdi for å estimere produksjon av laks og ørret i Norge frem mot 2030 og 2050. En årlig vekstfaktor på 5 prosent brukes derfor i analysen.

Brutto mengde produsert råstoff

Data fra SINTEF (2016) viser at mengde død fisk fra næringen varierer fra år til år, avhengig av dødeligheten til stor fisk i lakseoppdrett og andre operasjonelle faktorer. I 2016 representerte død fisk 83 830 tonn avfall, eller ca. 8 prosent av mengde slaktet matfisk solgt i Norge (SINTEF 2016, SSB 2019a). Gjennomsnittsverdien over perioden 2013-2016 er 6,6 prosent av mengde slaktet matfisk solgt i Norge. Dette brukes som produksjonsfaktor for å beregne mengden kategori 2-materiale i 2017.

Kategori 2-materiale representerer et produksjonstap for fiskenæringen, og analysen antar at fremtidig teknologiutvikling og optimalisering gjør det mulig å redusere den med 25 prosent. Denne faktoren er veldig usikker, siden det ikke finnes prognoser for dette. Produksjonsfaktoren i 2030 er derfor 5,0 prosent av mengde slaktet matfisk.

Fiskeensilasje er en blanding av fiskeavfall med ca. 3 $\%_{vekt}$ syre (UN FAO 2018, Rubin 2010). Det inkluderes også i beregningene for råstoffpotensialet.

Potensial til biogassproduksjon

Verdikjeden for fiskeensilasje er veletablert i Norge. Firmaer som Hordafor, ScanBio og Ecopro henter fiskeavfall fra oppdrettsanlegg med båt og lager ensilasje av det. I følge SINTEF (2016) ble mye av råstoffet i perioden 2013-2016 eksportert til Danmark for biogassproduksjon, på grunn av begrenset etterspørsel etter råstoffet i Norge. En del av råstoffet brukes også som pelsdyrfôr, selv om dette anvendelsesområdet stadig blir redusert. Andre kilder nevner bruk at fiskeavfall som gjødsel eller

jordforbedringsmiddel og for produksjon av teknisk olje (biofyringsolje), men SINTEF gir ikke data om dette (se også seksjon XXX). Siden verdikjeden er etablert, brukes en tilgjengelighetsfaktor på 100 prosent i analysen: alt kategori 2-fiskeavfall anses som tilgjengelig for produksjon av fiskeensilasje.

I 2016 ble ca. 74 prosent av fiskeensilasjen brukt til biogassproduksjon (SINTEF, 2016), og den tekno-økonomiske faktoren antas å øke til 100 prosent i 2030. Dette skyldes redusert pelsdyrproduksjon i Europa frem mot 2030, og en antagelse om at alt råstoffet skal brukes i Norge i stedet for å eksporteres til Danmark. Biokrafts biogassfabrikk har allerede fått de første leveransene av fiskeensilasje til biogassproduksjon i Trøndelag.

Energipotensial

Østfoldforskning (2008) gir en faktor på 1,49 MWh/tonn råvekt for biogassutbyttet fra fiskeensilasje. Dette er nær verdien beregnet basert på data i Rubin (2010, 1,64 MWh/tonn råvekt), og verdien fra Østfoldforskning brukes i analysen.

Oppsummering for fiskeensilasje

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 9 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for fiskeensilasje

	Faktor	Verdi	Enhet
	Aktivitetsdata	1 299 073	tonn slaktet matfisk (95,0% laks og 4,8% ørret (SSB, 2019)
	Basisår	2017	
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	5%	CAGR
	Aktivitetsdata 2030	2 449 596	tonn slaktet matfisk
	Produksjonsfaktor	0,066 % i 2017, 0,05 i 2030	tonn K2/tonn slaktet fisk
	Brutto mengde råstoff produsert	125 678	tonn K2 fiskeensilasje
	Tilgjengelighetsfaktor	100%	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	125 678	tonn K2 fiskeensilasje
	Tekno-økonomisk faktor	100%	
	Realistisk potensial 2030	125 678	tonn K2 fiskeensilasje
	Biogass utbytte	1,49	MWh/tonn råvekt
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	188 (39)[24]	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	148	GWh

[24] GWh biogass allerede produsert i 2018 (basert på selvrapportering av norske biogassanlegg til Miljødirekektoratet).

Alternativ anvendelse for fiskeensilasje

Produkter fra kategori 3-fiskeensilasje er lakseolje og proteinkonsentrat (Hordafor, 2019) og har relativt høy verdi. Det er derfor lite sannsynlig at kategori 3-fiskeensilasje skulle brukes til biogassproduksjon, med mindre verdien for biogass blir høyere enn det lakseolje- og proteinkonsentratprodusentene får av disse produktene. Dette er uansett ikke kompatibelt med avfallshierarkiet brukt i analysen (se seksjon 2.1.1).

Kategori 2-fiskeavfall kan ikke brukes som fôr til matproduserende dyr, og brukes per i dag til produksjon av biogass (f.eks. på Biokraft Skogn), som gjødsel eller jordforbedringsmiddel (NIBIO, 2018a), som fôr til pelsdyr (NMBU 2015), eller for produksjon av teknisk olje (biofyringsolje). ScanBio er et eksempel på et selskap som deler kategori 2-ensilasje i to kvalitetskategorier: én til biogass og én til ingrediens i fôr til pelsdyrnæringen (ScanBio, 2019). Det anses som lite sannsynlig at anvendelse som gjødsel eller jordforbedringsmiddel skulle konkurrere med biogass, siden disse typisk har lavere verdi. Konkurransen mellom biogass, fôrproduksjon til pelsdyrnæringen og biofyringsolje er mer sannsynlig, og vil være avhengig av etterspørsel for hver av disse anvendelsene.

2.2.7 Fiskeslam

Fiskeslam er avløpsslam samlet fra settefiskanlegg. Ulike metoder har blitt brukt siden 1980-tallet for å rense utslippet fra settefiskanlegg, og myndighetene stiller stadig økende krav til rensing (NIBIO, 2016a). Siden 2000-tallet har flere og flere settefiskanlegg fått pålegg om å rense utslippsvannet på linje med kravene om rensing av kommunale avløp. I følge NIBIO er den vanligste håndteringsmetoden for fiskeslam i dag å tilsette kalk og bruke slammet som gjødsel i jordbruket, med eller uten avvanning i forkant.

Analysen begrenses til fiskeslam fra settefiskanlegg på land, siden utslipp fra oppdrettsanlegg til havs ikke samles eller renses per i dag. Biogass Oslofjord (2019) nevner en økende interesse for landbasert produksjon av matfisk og mulige fremtidige økende mengder fiskeslam som kan brukes til biogassproduksjon. SINTEF (2018) nevner at seks anlegg har fått konsesjon for landbasert matfiskoppdrett i Norge, og at ett var under bygging i 2018. Teknisk Ukeblad (2019) indikerer at halvparten av forventet lakseproduksjon på land er utsatt. Vi anser situasjonen som for usikker til å inkludere matfiskproduksjon på land mot 2030 i potensialanalysen som kilde til fremtidig biogassproduksjon. Likevel understrekes det at slam fra landbasert matfiskproduksjon *kan* representere et stort fremtidig potensial i biogass-sammenheng, avhengig av hvordan denne bransjen utvikler seg. Det finnes også tekniske konsepter for innsamling av utslippet fra oppdrettsanlegg til havs, men disse er ikke i bruk per i dag, og den fremtidige utviklingen er dermedusikker.

Aktivitetsdata

Data fra Fiskeridirektoratet om salg av smolt og settefisk for utsett i sjø brukes som basis (aktivitetsdata) for beregning av råstoffpotensialet med fiskeslam. Salget økte med 3,6 prosent CAGR mellom 2013 og 2018. DKNVS og NTVA (2012) brukte 3 og 7 prosent årlig vekst som lav og høy verdi for å estimere produksjon av laks og ørret i Norge mot 2030 og 2050. Dette anses som overførbart til produksjon av smolt og settefisk, og en årlig vekstfaktor på 5 prosent brukes derfor i analysen.

Brutto mengde produsert råstoff

Slamproduksjon kan beregnes basert på enten mengde fisk eller antall fisk. Nofima (2018) viser at gjennomsnittlig utsettsfisk for laks i Norge økte fra ca. 80g i 2010 til ca. 135g i 2017. Større settefisk øker produksjon av fiskeslam, og tendensen kan lede til mer fiskeslam produsert i fremtiden. Faktoren brukt i analysen er 0,306 gTS slam / stk fisk @ 90g (beregnet basert på data fra Nofima, 2010), siden en faktor for større settefisk ikke finnes i litteratur. Det er stor variasjon i faktorer brukt i ulike kilder, og

det er derfor usikkerhet knyttet til denne verdien. Faktoren, kombinert med antall smolt og settefisk, brukes til å beregne mengden fiskeslam fra settefiskanlegg i 2018 og 2030.

Potensial til biogassproduksjon

Faktoren fra Nofima (2010) inneholder allerede en oppsamlingsfaktor ("solid removal efficiency") på 87,5 prosent, og alt av den brutto mengden produsert råstoff beskrevet ovenfor kunne derfor i teorien samles.

Det finnes per i dag få eksempler på biogassproduksjon fra fiskeslam i Norge. Smøla klekkeri og settefiskanlegg (Møre og Romsdal) har et pilotbiogassanlegg for produksjon av biogass fra fiskeslam (NIBIO, 2016a). Anlegget har produksjonskapasitet på 2,5 millioner settefisk per år. Goodtech (2016) har et konsept for lønnsom biogassproduksjon på anlegg med kapasitet på ca. 10 millioner settefisk per år. Data fra Fiskeridirektoratet (2019b) viser at ca. 53 prosent av settefiskanleggene i Norge har produksjon på over 2,5 millioner settefisk per år, noe som tilsvarer 88 prosent av mengden fiskeslam produsert i Norge. Settefiskanlegg trenger store mengde varme for oppvarming av vannet i systemet, og bruk av biogassen til varmeproduksjon kunne være en god løsning for disse anleggene. Den tekno-økonomiske faktoren for fiskeslam i analysen settes derfor til 88 prosent.

Usikkerheten knyttet til fremtidig utvikling i fiskeslam er betydelig, siden veksten i mengden fiskeslam vil avhenge av både veksten i antall settefisk og gjennomsnittsvekten av settefisk (f.eks. 150 g, 500 g eller 1,000 g). SINTEF (2018) tydeliggjør usikkerheten og vurderer hele ni kombinasjonsmuligheter for vekst i settefiskvolumer og gjennomsnittsvekt. Under disse scenariene for fiskeslamproduksjon er det variasjoner i størrelsesorden 15 000 TS (med en dobling av antall settefisk på 150 g) til 250 000 tonn TS (femdobling av settefisk på 1,000 g). Det teoretiske potensialet i 2030 beregnet i dette prosjektet (20 600 tonn TS) er i den lavere enden av skalaen estimert av SINTEF (dobling av dagens settefiskvolum på 150 g).

Energipotensial

Energipotensialet for biogass fra fiskeslam brukt i analysen er 4,46 MWh/tonn TS fiskeslam, og er basert på en sammenligning av syv ulike kilder om temaet, blant annet CERMAQ (2019), NIBIO (2018a), NIBIO (2016a) og SINTEF (2013). Faktoren representerer biogassutbyttet ved bruk av kun fiskeslam. Det er mulig å øke utbyttet ved å behandle slam sammen med andre råstoffer.

Oppsummering for fiskeslam

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 10 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for fiskeslam

Faktor	Verdi	Enhet
Aktivitetsdata	375 218	1000 stk smolt og settefisk
Basisår	2018	
Ekstrapoleringsfaktor 2030	5 %	CAGR (industrimål)
Aktivitetsdata 2030	673 838	1000 stk smolt og settefisk
Produksjonsfaktor	0,0000306	tonn TS slam / stk fisk @ 90g
Brutto mengde råstoff produsert	20 608	tonn TS slam
Tilgjengelighetsfaktor	100 %	

	Faktor	Verdi	Enhet
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	20 608	tonn TS slam
	Tekno-økonomisk faktor	88 %	
	Realistisk potensial 2030	18 148	tonn TS slam
	Biogass utbytte	4,46	MWh/tonn TS fiskeslam
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	92	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	81	GWh

Alternativ anvendelse for fiskeslam

Ifølge NIBIO (2016a) er gjenbruk av fiskeslammet som gjødsel i jordbruket håndteringsmetoden som er vanligst per i dag. Det forventes lite konkurranse mellom anvendelse av fiskeslam til gjødsel og anvendelse til biogass i fremtiden.

2.2.8 Avløpsslam

Avløpsslam er definert som «slam, filtermedium og lignende materialer fra rensing av sanitært og kommunalt avløpsvann, unntatt ristgods» (Miljødirektoratet, 2019a). Det er mer enn 2 800 renseanlegg i Norge som behandler slam ved en mekanisk, kjemisk, biologisk eller kjemisk-biologisk prosess. Disse fasilitetene varierer i størrelse, men en klar overvekt av disse er kommunale anlegg med en kapasitet på 50k PE - over 85 prosent av befolkningen er tilknyttet med denne typen fasiliteter (til tross for at andelen som er tilknyttet med slike anlegg varierer geografisk fra 69 til 96 prosent).[25,26]. Små avløpsanlegg/spredte avløp har typisk noe slamoppsamling (av typen septik/slamavskiller) som samles og behandles ved større renseanlegg.

Som man kan se fra figuren over, er det en stor andel renseanlegg I Norge som allerede behandler slam ved en anaerob utråtningsprosess (ved å produsere biogass). Gjennom utråtningsprosessen konverterer mikroorganismer en del av den organiske delen av avløpsslammet til gass. Denne prosessen stabiliserer slammet og reduserer tørrstoffinnholdet, hvilket har vist seg å være en kostnadseffektiv behandlingsmetode for avløpsslam (IEA Bioenergy, 2015). I tillegg skaper denne prosessen energi, som igjen kan gi energi til behandlingsprosessen. Mengden gass som produseres på disse anleggene, overgår imidlertid ofte disse anleggenes energibehov i dag. Hvis den produserte biogassen ikke oppgraderes til drivstoffkvalitet (med andre ord et metaninnhold på mellom 60 og 70 prosent), er det ofte ikke noe marked for å selge den, og resultatet blir at overskuddsgassen blir faklet. Andelen biogass som fakles på slambehandlingsanlegg var ca. 23 prosent av total biogassproduksjon på disse anleggene i 2018.[27]

Slammet fra avløpsrenseprosessen gjenbrukes i stor grad som gjødsel og jordforbedringsmiddel i jordbruket og på grøntarealer, etter å ha gjennomgått behandling og kvalitetskontroll i henhold til krav i gjødselvareforskriften (Norsk Vann, 2016).

[25] PE: Personekvivalent. 1 person = 1 pe = 60g BOF5/døgn = størst ukentlig belastning gjennom året (avlop.no)
[26] Basert på data fra SSB (2019e)
[27] Basert på Miljødirektoratets datainnsamling fra biogassanlegg

Aktivitetsdata

Grunnlaget for å beregne mengdene avløpsslam som potensielt kunne vært brukt til biogassproduksjon i 2030 er mengde kommunalt slam disponert i 2018 på kommunenivå. Dette representerer alt slammet som samles og som må behandles. Disse dataene er samlet av SSB (2019d) som en del av KOSTRA-rapportering.[28]

For å kunne ekstrapolere dagens nivåer til 2030, brukes SSBs befolkningsframskrivinger, «hovedalternativet» (SSBb, 2019). Det forutsettes at slamnivået per person holdes relativt stabilt.

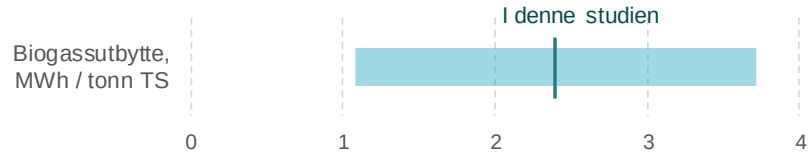
Brutto mengde produsert råstoff

Totale mengder slam tilgjengelig i 2030 beregnes ved å multiplisere mengde disponert slam og forventet befolkningsvekst.

Energipotensialet

Den organiske andelen i slammet, så vel som utråtningsforhold, vil i stor grad avgjøre biogassutbyttet i slammet. Primærslam vil typisk ha et høyt innhold av organisk stoff og vil være nedbrytbart. Mens sekundærslam, som kommer fra biologisk prosessering av avløpsvann, har en lavere nedbrytbar andel og lavere biogassutbytte. Generelt vil store avløpsvannfasiliteter operere med blandet avløpsslam, som inneholder både primær- og sekundærslam. Figuren under illustrerer spennet i biogassutbytte presentert i litteraturen (basert på en gjennomgang i IEA Bioenergy (2015) og den valgte verdien i denne analysen. Verdien baserer seg på gjennomsnittlige verdier for en andel av biogassprodusenter i Norge.

Figur 10 Usikkerhetsspenn assosiert med avløpsslammets kvalitet som biogass-råstoff



Realistisk potensial for biogassproduksjon

Slik som nevnt tidligere er størsteparten av befolkningen i Norge tilknyttet store slambehandlingsanlegg (> 50k PE) (85 prosent, SSB (2019e)). Disse anleggene har den nødvendige kapasiteten for å sikre stordriftsfordeler, så vel som en konstant tilførsel til råtnetanken. Det er derfor forutsatt at det primære realistiske potensialet vil komme fra disse anleggene (de som ikke allerede bruker anaerob utråtning til behandling av slam). Potensialet vil være begrenset av størrelsen på befolkningen som er tilknyttet slike anlegg (vi forutsetter at dagens andel på 85 prosent forblir den samme i 2030).

Ytterligere potensial ligger i økt anvendelse av allerede produsert biogass, som i dag fakles på grunn av et manglende marked. En forbedring i anvendelse kan vi få ved investering i infrastrukturen som kreves for å oppgradere produsert biogass til drivstoffkvalitet (hvilket inkluderer komprimering og/eller flytendegjøring). Den totale mengden biogass som fakles i dag ved slambehandlingsfasiliteter er en del av tilleggspotensialet i biogassproduksjon (det forutsettes at ca. 2 prosent av gassen vil forbli faklet som en del av den normale driftssituasjonen).[29]

[28] KOSTRA står for Kommune-Stat-Rapportering og gir styringsinformasjon om ressursinnsatsen, prioriteringer og måloppnåelse i kommuner, bydeler og fylkeskommuner (ssb.no)
[29] Basert på Miljødirektoratets data samlet inn fra biogassanlegg

Oppsummering for avløpsslam

Tabellen nedenfor oppsummerer de nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 11 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for avløpsslam

	Faktor	Verdi	Enhet
	Aktivitetsdata	122 574	tonn TS slam disponert
	Basisår	2018	
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	0,67%	Befolkningsvekst (CAGR)
	Aktivitetsdata 2030	133 426	tonn TS slam disponert
	Produksjonsfaktor	1	Data er allerede i tonn slam
	Brutto mengde råstoff produsert	133 426	tonn TS slam disponert
	Tilgjengelighetsfaktor	100%	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	133 426	tonn TS slam
Råstoff	**Tekno-økonomisk faktor**	Ikke estimert	Se metodebeskrivelse over
Råstoff	**Realistisk potensial 2030**	133 426	tonn TS slam
	Biogass utbytte	2,38	MWh/tonn TS slam
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	337 (266[30])	GWh
Biogass	**Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030**	72	GWh (+ ytterligere 82 GWh fra å oppgradere biogass som ellers fakles)

Alternativ anvendelse for avløpsslam

I motsetning til andre råstoff er avløpsslam en uunngåelig avfallsstrøm som er vanskelig å redusere og som krever behandling. Hovedformålet med behandlingen før endelig avhending er volumreduksjon og stabilisering av den organiske materien. Det er stort sett bred enighet om at avløpsslam er en verdifull kilde til energi og næringsstoffer. Det er to hovedretninger for avløpsslamhåndtering: (1) organisk resirkulering (bruk i jordbruk og kompostering), og (2) kilde til energi og næringsstoffer (forbrenning, gassproduksjon, pyrolyse, og som kilde til fosfor og nitrogen). Det finnes ulike måter å nyttiggjøre seg av avløpsslam, men anaerob utråtning og videre bruk av biorest i jordbruk er ansett som et foretrukket valg da dette gir både energi og næringsstoffer (Durdevic D., 2019).

[30] GWh biogass allerede produsert i 2018 (basert på selvrapportering av norske biogassanlegg til Miljødirekektoratet).

2.2.9 Matavfall fra husholdninger

Generelt om våtorganisk avfall

Våtorganisk avfall kan deles i to kategorier:

- Matsvinn: alle nyttbare deler av mat produsert for mennesker, men som enten kastes eller tas ut av matkjeden til andre formål enn menneskeføde, fra tidspunktet når dyr og planter er slaktet eller høstet (bransjeavtalen om matsvinn, Matvett 2019a).
- Matavfall: andre deler som ikke kan spises av mennesker.

Myndighetene og matindustrien inngikk en samarbeidsavtale om redusert matsvinn i juni 2017 (Matvett, 2017). Ifølge Matvett, er bransjeavtalen signert av fem departementer og tolv bransjeorganisasjoner. Målet er reduksjon av matsvinn med 50 prosent i 2030, i hele verdikjeden, målt i kg per person (Regjeringen, 2017). Utviklingen vil bli fulgt fra 2015, og to delmål om 15 prosent reduksjon innen 2020 og 30 prosent innen 2025 er definerte.

Avtalen innebærer også å legge til rette for – og bidra til – at forbrukerne kaster mindre mat (matavfall fra husholdninger, se seksjon 2.2.9). Matbransjen skal koordinere kartlegging og rapportering fra sine bedrifter, mens myndighetene skal sammenstille nasjonal statistikk. Det betyr at statistikkgrunnlaget for matavfall og matsvinn kommer til å forbedres i fremtiden.

Når biogasspotensialet fra matavfall beregnes, legges målet om 50 prosent reduksjon i matsvinn i 2030 til grunn. Det betyr at den nåvarende mengden matsvinn per person kuttes med 50 prosent i beregnigene. Dette gjelder ikke andre typer matavfall enn matsvinn (matavfall også inkluderer kilder til avfall som aldri var ment som menneskeføde).

Matavfall fra primærproduksjon av mat er inkludert i del 2.2.4 Grønnsaks- og fruktrester.

Denne avfallskategorien inkluderer avfall både fra kommuner hvor det utsorteres i dag, samt fra kommuner hvor matavfall ikke utsorteres, men kastes sammen med restavfallet. Metoden for å estimere biogasspotensial for matavfall vil være ulik for disse to avfallsstrømmene.

Matavfallet inneholder som regel en viss andel fremmedlegemer (feilsortert plastemballasje, glass- og metallemballasje), og husholdningsavfall krever derfor forbehandling før det kan benyttes til utråtning.

Aktivitetsdata

Vi har brukt mange informasjonskilder som brukes til å vurdere tilgjengeligheten til dette råstoffet i 2030 og dets potensiale for biogassproduksjon. Basis for estimeringen er befolkning i 2018 og forventet befolkningsvekst frem til 2030, ihht. «hovedalternativet» i SSBs befolkningsframskrivinger (SSBb, 2019).

Brutto mengde produsert råstoff

For å estimere total mengde matavfall fra husholdninger i 2030, har vi ganget forventet befolkningsstørrelse med forventet gjennomsnittlig mengde matavfall per person i 2030. Denne faktoren inkluderer matavfall fra to avfallsstrømmer – restavfall og utsortert matavfall (i områder uten matsortering vil det kun være restavfall mens i kommuner med sortering vil det være matavfall i både kildesortert våtorganisk avfall, så vel som i restavfall). Mengden matavfall (matsvinn og annet matavfall) i husholdningsavfall er basert på plukkanalyser fra 2016 presentert under (Avfall Norge, 2018).

Figur 11 Andel av matsvinn og annet matavfall i restavfall og kildesortert våtorganisk avfall

	Områder uten matsortering	Områder med matsortering
Matsvinn i restavfall →	24.0 %	18.3 %
Annet matavfall i restavfall →	18.4 %	9.4 %
Matsvinn i kildesortert våtorganisk →	-	37.5 %
Annet matavfall i kildesortert våtorganisk →	-	52.5 %

Et viktig utviklingstrekk som vi må hensynta når vi vurderer biogasspotensialet fra matavfall er forventet reduksjon i matsvinn frem mot 2030, som kan, i betydelig grad, begrense mengden fra dette råstoffet som er tilgjengelig for biogassproduksjon. Det ble 23. juni 2017 inngått en bransjeavtale mellom regjeringen og matbransjen med mål om å redusere mengden matsvinn i Norge fra 20 prosent innen 2020 til 50 prosent innen 2030 (Avfall Norge (2018). Derfor ekskluderer både teoretisk og realistisk potensial den den forventede reduksjonen i matsvinn frem mot 2030.

Gitt reduksjonsmålet for matsvinn, er de to separate produksjonsfaktorene forutsatt for 2030 som følger:

For kommuner som ikke kildesorterer våtorganisk avfall i dag er faktoren basert på målet om 50 prosent reduksjon i matsvinn og en gjennomsnittlig mengde av annet matavfall i restavfall (per i dag), se Figur 12.[31]

For kommuner som kildesorterer våtorganisk avfall i dag, vil produksjonsfaktoren være basert på reduksjonsmålet om 50 prosent reduksjon i matsvinn (i utsortert avfall og restavfall) og gjennomsnittlig mengde matavfall i utsortert avfall og restavfall (se

Figur 13).

Figur 12 Produksjonsfaktor for matavfall fra husholdninger i områder uten matsortering



Figur 13 Produksjonsfaktor for matavfall fra husholdninger i områder med matsortering



[31] Data fra dagens utsorteringgrad for hver kommune er hentet fra SSB (2019c). SSB, 2019c. Tabell 12313: Mengder husholdningsavfall, etter materiale og behandling (K) 2015 - 2018

Totale beregnede produksjonsfaktorer presenteres under:

Figur 14 Produksjonsfaktor for matavfall fra husholdninger inkludert reduksjonsmål for matsvinn

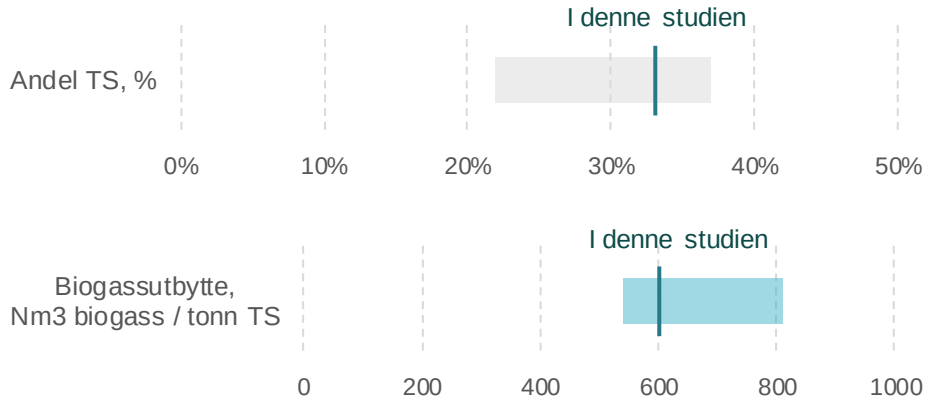
	Mål 2030 (kg / person)	
	Områder uten matsortering	**Områder med matsortering**
Matsvinn i restavfall →	22.7	11.4
Annet matavfall i restavfall →	33.9	13.6
Matsvinn i kildesortert våtorganisk →	-	8.0
Annet matavfall i kildesortert våtorganisk →	-	22.1
Totalt →	**56.6**	**55.1**

Mengder tilgjengelig matavfall fra husholdninger i 2030 presenteres i oppsummeringstabell Tabell 12 Merk at på grunn av reduksjonsmålene for matsvinn er mengden tilgjengelig matavfall er forventet å være 65 prosent av dagens nivå i 2030 til tross for befolkningsvekst.

Energipotensialet

Sammensetningen av matavfall fra husholdninger vil variere geografisk, og over tid. I tillegg vil utsorteringsgraden og sikterestinnhold variere. Dette vil i sin tur ha direkte betydning for tørrstoff-innhold (TS-innhold) og teoretisk biogasspotensial for dette råstoffet, hvilket reflekteres i litteraturen. Figur 15 illustrerer spennet av mulig TS og spennet for biogassutbytte i ulike studier (dette er basert på en gjennomgang av litteratur gjennomført av Østfoldforskning, 2016a). Verdier som velges for vårt studium er basert på BioValueChain-prosjektet (Østofoldforskning, 2016a).

Figur 15 Usikkerhetsspenn assosiert med matavfallets kvalitet som biogass-råstoff



Realistisk potensial for biogassproduksjon

De følgende komponentene av betydning for realistisk potensial for biogassproduksjon er vurdert:[32]

- Matavfall fra husholdninger som allerede utsorteres, og som allerede brukes i biogassproduksjon (utgjør ca. 50 prosent av det teoretiske potensialet i 2030)

[32] For dette råstoffet var det ikke mulig å beregne én enkelt tekno-økonomisk faktor for å vurdere andelen teoretisk potensial som kunne være realistisk for produksjon i 2030. Det har i stedet blitt utviklet flere sparate faktorer som til sammen tar oss fra teoretisk til realistisik potensial.

- Matavfall fra husholdninger som utsorteres i dag, men som anvendes på alternative måter, først og fremst kompostering (utgjør ca. 20 prosent av det teoretiske potensialet)
- Matavfall fra husholdninger som ikke utsorteres i dag, men som kan bli utsortert i fremtiden, gitt dagens sorteringseffektivitet (dette er det resterende av det teoretiske potensialet).
- Forbedring i sorteringsgrad i både områder med og uten sortering

Sammen utgjør de tre punktene over 100 prosent av det teoretiske potensialet, og altså kan alt matavfall fra husholdninger i 2030 brukes til biogassproduksjon.

Oppsummering for matavfall fra husholdninger

Tabellen nedenfor oppsummerer de nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 12 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for matavfall fra husholdninger

	Faktor	Verdi	Enhet
	Aktivitetsdata	5 295 619	Innbyggere
	Basisår	2018	
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	0,67%	Befolkningsvekst (CAGR)
	Aktivitetsdata 2030	5 735 439	
	Produksjonsfaktor	55,1 – 56,6	Kg matavfall/person
	Brutto mengde råstoff produsert	317 923	Tonn matavfall/våtorganisk avfall
	Tilgjengelighetsfaktor	100%	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	317 923	Tonn matavfall/våtorganisk avfall
	Tekno-økonomisk faktor	Ikke beregnet	Se metode over
	Realistisk potensial 2030	272 325	Tonn matavfall/våtorganisk avfall
	Biogass utbytte	1.24	MWh/tonn råvekt matavfall
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	395 (141)[33]	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	253	GWh

Alternativ anvendelse for matavfall fra husholdninger

Matavfall fra husholdninger samles og prosesseres på kommunenivå. Det er flere ulike måter å behandle avfallet på, herunder forbrenning og deponi (begge disse behandlingsmetodene er vanligere for områder hvor restavfall samles uten en sortering av matavfall i «grønne poser»). Det er imidlertid et større og større vekt på å behandlingsmetoder som handler om utnyttelse, snarere enn avhending. Anaerob utråtning og kompostering (for utsortert matavfall) er allerede utbredt i Norge.

[33] GWh biogass allerede produsert i 2018 (basert på SSB data).

2.2.10 Våtorganisk avfall matindustri

Matindustrien i Norge produserer en rekke produkter, blant annet kjøtt, bakevarer, meieri, ferdigmat, osv. Fiskeindustrien utgjør også en stor del av industrien og er inkludert i seksjon 2.2.6. Miljødirektoratet (2013) indikerer at alt avfall fra bryggerier allerede utnyttes som fôr. Bryggerier inkluderes derfor ikke i analysen for matindustri.

Aktivitetsdata

Det finnes ulike kilder for våtorganisk avfall i matindustrien:

- Østfoldsforskning (2016b) gir en oversikt over avfallet og anvendelser i 2015. Oversikten inkluderer både matsvinn og matavfall.
- Matvett (2018b) gir en mer detaljert oversikt over matsvinn i matindustrien i 2017.

Analysen kombinerer disse tre datakildene for å gi en mer komplett oversikt over potensialet innen matsvinn og matavfall i matindustrien i 2015 og 2017.

Data fra Matvett (2018b) viser at mengden matsvinn varierer gjennom årene, og har blitt redusert med 1,7 prosent CAGR i perioden 2010-2015. Målet om 50 prosent reduksjon i matsvinn innen 2030 tilsvarer en årlig reduksjon på 5 prosent CAGR, og den faktoren kombineres med befolkningsframskrivinger for å beregne mengde matsvinn i 2030. Målet om matsvinn gjelder ikke for matavfall, og utviklingen i mengde matavfall mot 2030 antas å følge befolkningsvekst.

Potensialet til biogassproduksjon

Matvett (2018b) viser at 25 prosent av matsvinn går til gjenbruk eller donasjon, og 75 prosent går til alternativ håndtering. Innen alternativ håndtering brukes 66 prosent som dyrefôr, 11 prosent til biogass, 8 prosent til kompostering og 15 prosent til forbrenning. Matvett gir ingen detaljer per sektor. Hvis alt som ikke går til gjenbruk, donasjon, eller dyrefôr går til biogass, er det teoretiske potensialet 26 prosent av brutto mengde matsvinn.

Østfoldsforskning (2016) viser at utnyttelsesgraden for ulike type matavfall i matindustri varierer mye. I meierisektoren brukes for eksempel nesten alt avfall til mat eller fôr. Dyrefôr utgjør også den største delen av utnyttelsen av avfall fra bakerier. Det teoretiske potensialet beregnes ved å kombinere matavfallet som biologisk behandles per i dag med potensialet som ikke utnyttes i data fra Østfoldsforskning. Dette representerer ca. 4 prosent av brutto mengde matavfall, med store variasjoner blant de ulike sektorene, som nevnt ovenfor.

Erfaring fra Sverige viser at med et økt fokus på biogassproduksjon, øker avfallsprodusentenes fokus på verdien i avfallet. Siden matindustrien allerede har verdikjeder og systemer på plass for samling og håndtering av matavfallet, er det sannsynlig at en stor del av det teoretiske potensialet for råstoff til biogass kan utnyttes i praksis. Siden alternative anvendelser er kompostering eller forbrenning, anses biogassproduksjon som et bedre alternativ fra et kostnadsperspektiv, og en tekno-økonomisk faktor på 80 prosent brukes i analysen.

Energipotensial

Energipotensialet for biogass fra matsvinn og avfall fra matindustrien beregnes basert på mengden av ulike type avfall og deres spesifikke faktorer for biogassutbytte. Fire ulike kilder til faktorer brukes i analysen: Linne (2008), Østfoldforskning (2008), SGC (2009) og ADEME (2013). Vektet gjennomsnittlig biogassutbytte fra disse kildene, vektet over mengden råstoff for hver avfallskategori, gir et utbytte på 1,38 MWh/tonn råvekt våtorganisk avfall.

Oppsummering for våtorganisk avfall fra matindustrien

Tabellen nedenfor oppsummerer de nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 13 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for våtorganisk avfall fra matindustrien

	Faktor	Verdi	Enhet
	Aktivitetsdata	1 158 293	tonn våtorganisk avfall
	Basisår	2015 og 2017	
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	0,2 %	CAGR kombinert befolkningsframskrivinger, historisk utvikling og mål matsvinn
	Aktivitetsdata 2030	1 205 717	tonn våtorganisk avfall
	Produksjonsfaktor	-	Data om avfall er tilgjengelig
	Brutto mengde råstoff produsert	1 264 617	tonn våtorganisk avfall
	Tilgjengelighetsfaktor	5 %	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	63 195	tonn våtorganisk avfall
	Tekno-økonomisk faktor	80 %	
	Realistisk potensial 2030	50 556	tonn våtorganisk avfall
	Biogass utbytte	1,38	MWh/tonn råvekt våtorganisk avfall
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	49 (21)[34]	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	18	GWh

Alternativ anvendelse for våtorganisk avfall fra matindustrien

Våtorganisk avfall fra matindustrien brukes per i dag til mat (via gjenbruk eller donasjon), som dyrefôr, til biogassproduksjon, til kompostering og til forbrenning. Mat og dyrefôr er de to anvendelsene som konkurrerer mest med biogass per i dag. Mengden råstoff brukt til disse to anvendelsene er ekskludert fra det teoretiske potensialet beregnet i analysen. For de teoretiske og realistiske potensialene beregnet ovenfor, forventes kompostering og forbrenning å være de eksisterende anvendelsene som konkurrerer mest med biogass. I tillegg kan biodrivstoffproduksjon bli en økende konkurrent til biogassproduksjon når råstoffene er tilpasset til dette, f.eks. noen deler av slakteriavfall.

2.2.11 Matavfall fra grossist og dagligvare

Våtorganisk avfall fra grossist og dagligvarehandel består hovedsakelig av produkter som går ut på dato eller blir ødelagt i transport eller lagring. De fleste kategorier som selges i dagligvarehandel er representert i avfallet, med noen mer enn andre (f.eks. mye brød).

[34] GWh biogass allerede produsert i 2018 (basert på selvrapportering av norske biogassanlegg til Miljødirekektoratet)

Det meste av våtorganisk avfall fra grossist og dagligvarehandel antas å være matsvinn, siden disse aktørene hovedsakelig håndterer mat til konsum.

Aktivitetsdata

Matvett (2018b) gir en mer detaljert oversikt over matsvinn fra grossist og dagligvarehandel i 2017. Dagligvarehandel representerer ca. 89 prosent av matsvinnet, og "bakervarer" og "fersk frukt og grønnsaker" er de to kategoriene med største mengde matsvinn.

Utviklingen i perioden 2015-2017 for avfall fra grossist viser en reduksjon på 0,9 prosent CAGR, mens utviklingen fra dagligvarehandel i perioden 2010-2017 er større, med en reduksjon på 3,7 prosent CAGR. Målet om 50 prosent reduksjon i matsvinn mot 2030 tilsvarer en årlig reduksjon på 5 prosent CAGR, og denne faktoren kombineres med befolkningsframskrivinger for å beregne mengde matsvinn i 2030.

Potensial til biogassproduksjon

Matvett (2018b) gir ikke oversikt over behandlingsmetoder for matsvinn fra grossist og dagligvarehandel. Østfoldforskning (2016b) viser at 56 prosent av matsvinnet fra dagligvarehandel allerede utnyttes til biologisk behandling, og at resten ikke utnyttes. Informasjon fra renovasjonsselskaper viser at innsamlet matsvinn ofte allerede brukes til biogassproduksjon (f.eks. Norsk Gjennvinning 2019, Ragn Sells 2019). Siden grossist og dagligvarehandel har etablert rutiner for å sortere ut og holde oversikt over mengde matavfall, antar analysen at det meste av den brutto mengden matsvinn i teorien kan samles og gjøres tilgjengelig til biogassproduksjon. I tillegg finnes det ingen data som tyder på at avfallet brukes til dyrefôr. Derfor brukes en tilgjengelighetsfaktor på 100 prosent for å beregne det teoretiske potensialet for biogassproduksjon.

Med økende biogassproduksjon og mer etablerte verdikjeder for råstoffene, kan andelen matsvinn til biologisk behandling i praksis økes fra 56 prosent per i dag, til en antatt andel på 80 prosent til biogass innen 2030. Dette forutsetter at det meste av matsvinnet utsorteres og at det finnes biogassproduksjonsanlegg i nærheten av de fleste dagligvarehandler.

Energipotensial

Energipotensialet for biogass fra matsvinn fra grossist og dagligvarehandel beregnes basert på mengden av ulike typer avfall og deres spesifikke faktorer for biogassutbytte. Tre ulike kilder til faktorer brukes i analysen: Linne (2008), SGC (2009) og ADEME (2013). Vektet gjennomsnittlig biogassutbytte er 0,87 MWh/tonn råvekt våtorganisk avfall.

Oppsummering for matsvinn fra grossist og dagligvarehandel

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 14 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for matsvinn fra grossist og dagligvarehandel

Faktor	Verdi	Enhet
Aktivitetsdata	57 355	tonn matsvinn
Basisår	2017	
Ekstrapoleringsfaktor 2030	-3,88%	CAGR kombinert befolkning og mål matsvinn
Aktivitetsdata 2030	34 308	tonn matsvinn
Produksjonsfaktor	-	data om avfall er tilgjengelig

	Faktor	Verdi	Enhet
	Brutto mengde råstoff produsert	34 308	tonn matsvinn
	Tilgjengelighetsfaktor	100 %	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	34 308	tonn matsvinn
	Tekno-økonomisk faktor	80 %	
	Realistisk potensial 2030	27 447	tonn matsvinn
	Biogass utbytte	0,87	MWh/tonn råvekt matsvinn
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	30	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	24	GWh

Alternativ anvendelse for matsvinn fra grossist og dagligvarehandel

Matsvinn fra grossist og dagligvarehandel er ofte emballert og blandet, noe som kan gjøre det krevende å bruke avfallet som dyrefôr. Kompostering eller forbrenning er derfor de to eneste identifiserte konkurrentene til biogassproduksjon for matsvinn fra grossist og dagligvarehandel.

2.2.12 Matavfall fra serveringsbransjen

Serveringsbransjen og andre tjenesteytende næringer inkluderer en rekke ulike typer virksomheter som tilbyr mat til kunder eller brukere. Ifølge SSB (2019j), inkluderer kategorien blant annet: overnattings- og serveringsvirksomheter, offentlig administrasjon og forsvar og trygdeordninger, helse- og sosialtjenester og undervisning.

Matavfallet fra disse næringene inneholder typisk både matsvinn og matavfall. Matvett indikerer at disse to kategoriene utgjør omtrent like store andeler av avfallet fra serveringsbransjen (pers. komm. med Eirik Vold, august 2019), selv om data er usikre.

Aktivitetsdata

Matvett (2018a) indikerer ca. 29 000 tonn matsvinn fra serveringsbransjen i 2018, og omtrent like mye matavfall (pers. komm. med Eirik Vold). Data fra SSB (2019) viser at det er ca. 56 200 tonn våtorganisk avfall fra andre tjenesteytende næringer, uten å skille mellom matsvinn og matavfall.

Målet om 50 prosent reduksjon i matsvinn innen 2030 tilsvarer en årlig reduksjon på 5 prosent CAGR. Denne faktoren kombineres med befolkningsframskrivinger for å beregne mengde matsvinn i 2030. Målet om matsvinn gjelder ikke for matavfall, og utviklingen i mengde matavfall mot 2030 antas å følge befolkningsvekst.

Potensial til biogassproduksjon

Analysen antar at 100 prosent av matavfallet i teorien kunne utsorteres. Denne faktoren brukes for å beregne det teoretiske potensialet.

Kategorien “serveringsbransjen og andre tjenesteytende næringer” består av mange ulike næringer og organisasjoner med varierende praksis og situasjoner. Østfoldforskning (2016b) nevner flere barrierer mot økt sortering av matavfall, blant annet lav kunnskap om nytten av gjenvinning, mangel på tilpasset

oppsamlingssystem i bedriften, mangel på tid og ressurser og mangel på insentiver til å sortere. Matvett og andre tilsvarende prosjekter kan hjelpe med å redusere barrierene mot utsortering av matavfall og redusering av matsvinn. Østfoldforskning (2016b) viser at 14 prosent av matavfallet fra serveringsbransjen og 28 prosent av det fra andre tjenesteytende næringer allerede utnyttes som biologisk behandling. På grunn av barrierene nevnt ovenfor brukes en faktor på 60 prosent for å beregne det tekno-økonomisk potensialet for biogass mot 2030.

Energipotensial

Energipotensialet beregnes basert på fire ulike kilder, med en gjennomsnittsverdi på 1,1 MWh/tonn råvekt matavfall. Kildene inkluderer Linne (2008), Østfoldforskning (2008), SGC (2009) og Norgesvel (2016).

Oppsummering for matavfall fra serveringsbransjen og andre tjenesteytende næringer

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 15 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for matavfall fra serveringsbransjen og andre tjenesteytende næringer

	Faktor	Verdi	Enhet
	Aktivitetsdata	114 184	Tonn våtorganisk avfall
	Basisår	2017 og 2018	
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	-1,65 %	CARG kombinert befolkningsframskrivinger og mål matsvinn
	Aktivitetsdata 2030	93 564	tonn våtorganisk avfall
	Produksjonsfaktor	-	data om avfall er tilgjengelig
	Brutto mengde råstoff produsert	93 564	tonn våtorganisk avfall
	Tilgjengelighetsfaktor	100 %	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	93 564	tonn våtorganisk avfall
	Tekno-økonomisk faktor	60 %	
	Realistisk potensial 2030	56 138	tonn våtorganisk avfall
	Biogass utbytte	1,09	MWh/tonn våtorganisk avfall
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	102	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	61	GWh

Alternativ anvendelse for matavfall fra serveringsbransjen og andre tjenesteytende næringer

Kompostering eller forbrenning er de to viktigste identifiserte konkurrenter til biogassproduksjon for matavfall fra serveringsbransjen og andre tjenesteytende næringer.

2.2.13 UCO (Used Cooking Oil / Brukt matolje)

Brukt frityrolje er en av de vanligste typene matolje som kan brukes til biogass eller biodrivstoffproduksjon. Det finnes andre type fett og oljer relevant for biogassproduksjon, for eksempel fett fra fettutskillere, men disse ikke er inkludert i analysen på grunn av mangel på godt datagrunnlag.

Det finnes lite informasjon om mengden brukt frityrolje produsert i Norge. Praksis for å håndtere frityrolje blant enkeltpersoner varierer, med noen som kaster det med vanlig avfall, og andre som leverer det til miljøstasjon. En del selskaper (f.eks. Ragn Sells, Stena Recycling, Retura) samler brukt frityrolje fra serveringssteder og videreselger det til biodiesel- eller biogassprodusenter.

Helsedirektoratet (2018) gir et estimat for mengde matolje brukt i Norge per innbygger. Det, kombinert med befolkningstall, kan brukes for å beregne mengde matolje brukt, og for å evaluere mengde matolje i avfallet. Tilnærmingen er indirekte og resultatene er derfor relativt usikre.

Aktivitetsdata

SSB (2019k) data om befolkning i Norge brukes som basis for beregningen. En faktor på befolkningsvekst på 0,67 prosent CAGR brukes for å ekstrapolere befolkningen i 2030.

Brutto mengde produsert råstoff

Helsedirektoratet (2018) har tre ulike kategorier for fettforbruk: smør, margarin og annet fett. Det meste av smør og margarin antas å bli spist, og annet fett anses som mest aktuelt for råstoff til biogassproduksjon. Annet fett inkluderer frityrolje og andre matoljer som for eksempel oliven- og rapsolje. Forbruket av disse oljene på engrosnivå i Norge er 4 kg per innbygger per år. Denne verdien er usikker, og har ikke blitt endret i statistikken siden år 2000.

Analysen antar at 50 prosent av annet fett ikke blir spist og blir avfall, dvs. 2 kg per innbygger per år. Antagelsen er usikker, og verdien er lavere enn Miljødirektoratets (2015) antar (5 liter brukt matolje og 5 liter animalsk fett per innbygger per år). Miljødirektoratet gir ingen kilde for verdiene, og faktoren basert på data fra Helsedirektoratet foretrekkes derfor.

Potensialet til biogassproduksjon

En tilgjengelighetsfaktor på 90 prosent brukes i analysen, for å ta hensyn til at en andel av den brukte matoljen ikke vil kunne samles inn i praksis, for eksempel hvis den er blandet med annet avfall.

Innsamling av brukt matolje vil i praksis være krevende, siden den produseres av mange ulike næringer og enkeltpersoner. En tekno-økonomisk faktor på 33 prosent brukes i analysen, for å reflektere dette.

Energipotensial

Et biogassutbytte på 6,7 MWh/tonn råvekt olje brukes i analysen, basert på gjennomsnittsverdien fra fire ulike kilder: Linne (2008), SGC (2009), ADEME (2013) og Norgesvel (2016).

Oppsummering for brukt matolje

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 16 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for brukt matolje

Faktor	Verdi	Enhet
Aktivitetsdata	5 295 619	innbygger
Basisår	2018	

	Faktor	Verdi	Enhet
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	0,67 %	befolkningsvekst (CAGR)
	Aktivitetsdata 2030	5 735 439	innbygger
	Produksjonsfaktor	2,00	kg brukt matolje per innbygger
	Brutto mengde råstoff produsert	11 471	tonn brukt matolje
	Tilgjengelighetsfaktor	90 %	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	10 324	tonn brukt matolje
	Tekno-økonomisk faktor	33 %	
	Realistisk potensial 2030	3 407	tonn brukt matolje
	Biogass utbytte	6,75	MWh/tonn råvekt olje
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	70	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	23	GWh

Alternativ anvendelse for brukt matolje

Produksjon av biodiesel eller HVO er den største identifiserte konkurrenten til biogassproduksjon. Frityrolje krever veldig lite prosessering for bruk som biodrivstoff, og er et populært biodrivstoff. I Norge var for eksempel brukt frityrolje den tredje største kilden for råstoff til biodrivstoff i 2018, ifølge data fra Miljødirektoratet (2019c).

2.2.14 Papir- og skogsproduktindustri

Prosessvannet fra papirmasse- og papirproduksjon krever rensing, noe som kan kombineres med biogassproduksjon for en bedre renseeffekt. Dette også er relevant for industrier som produserer avanserte skogbaserte produkter.

Aktivitetsdata

Det finnes ikke data av god kvalitet for mengde prosessvann eller slam fra renseanlegg i Papir- og skogsproduktindustri i Norge. Mengden produsert papir, papirmasse og avanserte produkter brukes derfor som basis for analysen, selv om tilnærmingen er usikker.

Data fra Miljødirektoratet (2019b) ble hentet på nettstedet Norskeutslipp.no for 11 anlegg med produksjon av papir, papirmasse og/eller avanserte produkter. Data for perioden 2009-2018 viser en produksjonsvekst på 2,1 prosent CAGR, og denne faktoren brukes for å ekstrapolere produksjonen mot 2030.

Potensialet til biogassproduksjon

En tilgjengelighetsfaktor på 100 prosent brukes i analysen, siden vannrensing kreves på alle produksjonsanleggene. Slam vil kunne derfor samles på alle anleggene for biogassproduksjon.

Papir- og skogsproduktindustri har typisk stort behov for energi, og bruk av prosessvann til biogassproduksjon kan representere en viktig energikilde. I Norge har flere anlegg allerede implementert biogassproduksjon, og det anses som et viktig tiltak både som energikilde og for vannrensing. En tekno-økonomisk faktor på 80 prosent brukes derfor i analysen.

Energipotensial

Siden ingen data om prosessvann eller slam er tilgjengelig, beregnes en faktor basert på eksisterende biogassanlegg i industri. Data for åtte ulike anlegg ble samlet inn, inkludert Borregaard, Norske Saugbrugs, Norske Skog Skogn, og andre anlegg i Europa. Faktoren beregnes som forholdet mellom mengde produsert biogass og produksjonstall fra anleggene, og er 33,3 kWh/tonn produksjon (papir, papirmasse og/eller avanserte produkter).

Der er store variasjoner i faktoren mellom ulike industrianlegg, og resultatet er derfor usikkert.

Oppsummering for papir- og skogsproduktindustri

Tabellen nedenfor oppsummerer nøkkeltallene for råstoffet.

Tabell 17 Oppsummering av forutsetninger brukt i analysen for papir- og skogsproduktindustri

	Faktor	Verdi	Enhet
	Aktivitetsdata	3 263 059	tonn produkt
	Basisår	2018	
	Ekstrapoleringsfaktor 2030	2,1 %	CAGR vekst i produksjon
	Aktivitetsdata 2030	4 207 942	tonn produkt
	Produksjonsfaktor	-	data om slam ikke tilgjengelig
	Brutto mengde råstoff produsert	-	data om slam ikke tilgjengelig
	Tilgjengelighetsfaktor	100 %	
Råstoff	**Teoretisk potensial 2030**	-	data om slam ikke tilgjengelig
	Tekno-økonomisk faktor	80 %	
	Realistisk potensial 2030	-	data om slam ikke tilgjengelig
	Biogass utbytte	33,3	kWh/tonn produksjon
Biogass	**Teoretisk biogasspotensial 2030**	140 (43)[35]	GWh
	Ytterlig realistisk biogasspotensial 2030	69	GWh

[35] GWh biogass allerede produsert i 2018 (basert på selvrapportering av norske biogassanlegg til Miljødirekektoratet (2018).

Alternativ anvendelse for prosessvann og slam fra papir- og skogsproduktindustri

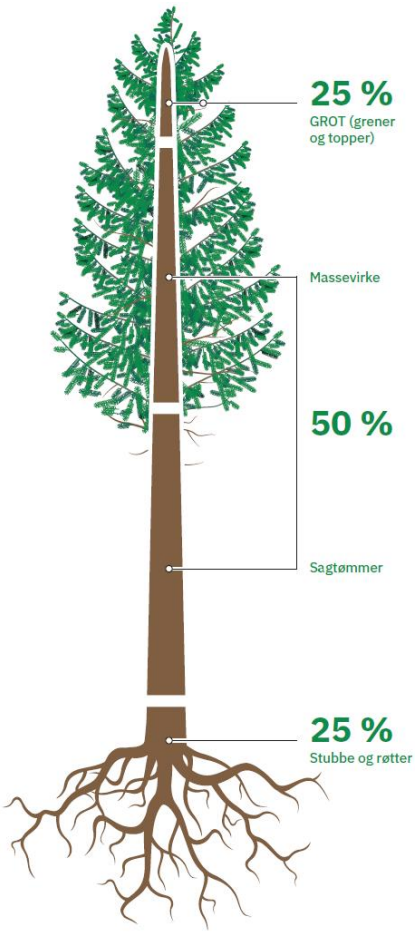
Det har ikke blitt identifisert konkurrenter til biogassproduksjon for papir- og skogsproduktindustri.

3.3.2 GROT og stubber og røtter

NVE (2014) identifiserer ressurspotensialet for en rekke typer biomasse i Norge, blant annet skogressurser. En av ressursene med størst energipotensial i studien er GROT (grener og topper), med, ifølge NVE, mellom 6,6 og 9,9 TWh potensial, avhengig av scenarioer for uttak av skog.

GROT utgjør omtrent 25 prosent av biomassen i et tre (Norges Skogeierforbund, 2018), og den biomassen blir ofte liggende igjen i skogen etter hogst i Norge. NVE (2014) nevner at bruken av GROT har vært økende, mens Norges Skogeierforbund (2018) indikerer at dette er en ressurs som ikke utnyttes i dag. Det er derfor usikkert i hvilken grad GROT brukes i Norge per i dag.

Anaerob utråtning er ikke velegnet for biogassproduksjon fra GROT, siden grener og topper har en cellestruktur som er vanskelig å bryte ned (Rambøll, 2016). Andre teknologier, som for eksempel pyrolyse eller gassifisering er mer egnet til prosessering av GROT. Gassifisering er en form for forbrenning under kontrollert tilførsel av oksygen og damp eller karbondioksid. Teknologien ble brukt på pilotanlegget GoBiGas (*Gothenburg Biomass Gasification Project*) i Gøteborg, som var det eneste anlegget med denne teknologien i Europa, før den ble stengt (ART Fuels, 2018).



Figur 16 Illustrasjon av biomasse i et tre (kilde: Norges Skogeierforbund, 2018)

Ifølge ART Fuels fikk GoBiGas en rekke tekniske utfordringer mellom oppstarten i 2013 og nedleggelsen i februar 2018, og leverte totalt 70 GWh syntetisk biometan. Nedleggelsen av anlegget skyldtes hovedsakelig dårlig økonomi på grunn av redusert energipris på markedet og konkurranse med subsidiert biometan importert fra Danmark. ART Fuels (2018) nevner andre prosjekter i Nord-Amerika, men fremtidig utvikling av teknologien i Europa er usikker.

Basert på målet for virkningsgrad av gasskonversjon i GoBiGas (65 prosent av energiinnholdet i biomassen til biometan) og potensialet for bioenergi evaluert av NVE (2014), vil 4,3 til 6,4 TWh biogass kunne produseres av GROT via gassifisering. Dette ikke er analysert mer i detalj, siden teknologien ikke er moden per i dag.

Alternative anvendelser for GROT inkluderer produksjon av flytende biodrivstoff (f.eks. etanol) og bruk som flis til biobrensel. I tillegg til GROT, utgjør stubber og røtter en betydelig andel av biomassen i et tre, med ca. 25 prosent (Norges Skogeierforbund, 2018). Disse blir værende i skogen etter hogst, og

vil være kostbare å utnytte. Disse delene av treet blir værende i skogen også på grunn av miljøhensyn, og blir til næring for planter og dyr.

2.3 Sammendrag av biogass- og biorest/biogjødselpotensial i 2030

2.3.1 Biogass

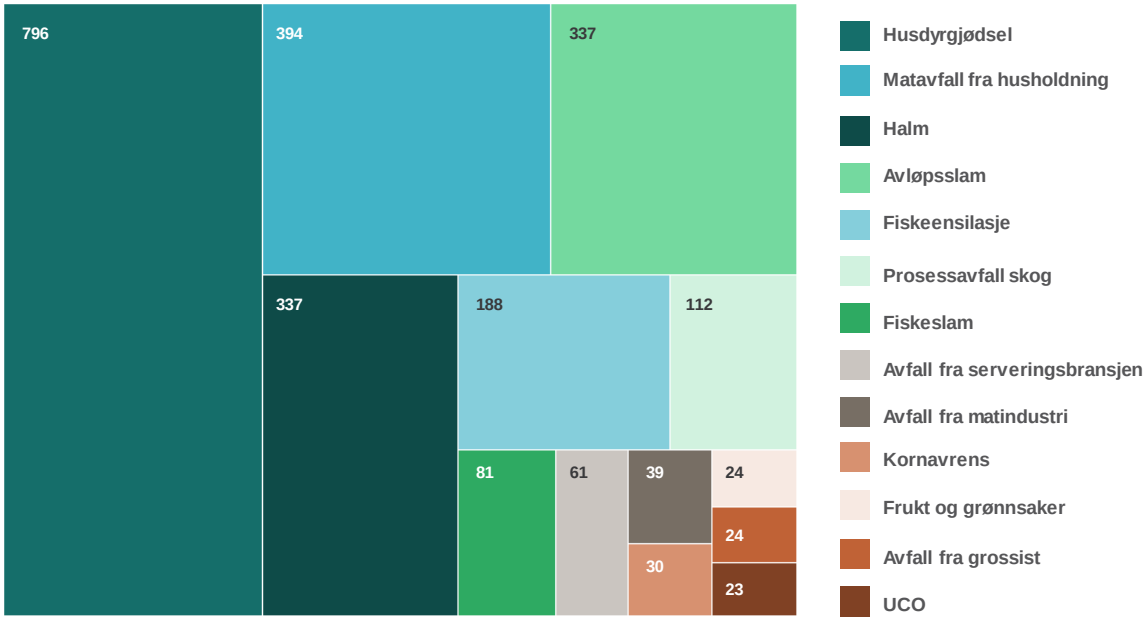
I 2018 ble mer enn 0.5 TWh produsert I Norge av knappe 40 biogassanlegg. Størsteparten av eksisterende biogassanlegg bruker avløpsslam som råstoff og oppgraderer ikke gassen til drivstoffkvalitet.[36] Det totale biogasspotensialet i 2030 er beregnet til ca. 2.5 TWh (se Figur 17), med det høyeste potensialet fra jordbrukssektoren (halm og husdyrgjødsel utgjør over 50 prosent av totalen). Merk at disse størrelsene presenterer det totale realistiske potensialet, hvilket også inkluderer dagens biogassproduksjon[37]. Våtorganisk avfall (hvilket inkluderer matavfall) er sektoren med det nest høyeste potensialet – nesten 0.5 TWh i 2030. Det bør bemerkes at potensialet for denne sektoren er begrenset av et ambisiøst bransjemål for reduksjon i matsvinn (se delkapittel 2.2.9 for mer informasjon om dette) og kan i realiteten bli betydelig høyere, hvis målet ikke nås. Fiskeindustrien representerer også et høyt potensial for biogassproduksjon mot 2030 – ca. 10 prosent av totalt potensial, eller 270 GWh. Biogassproduksjon fra fiskeslam som samles offshore (som for øyeblikket er under uttestesting) kan videre øke bransjens potensiale og bidra til renere hav i kystnære strøk.

For kostnadsberegningene har det vært nødvendig å gjøre forutsetninger knyttet til hva slags anleggstyper som er de mest aktuelle for å utløse biogasspotensialet. Som hovedregel har vi beregnet kostnader for biogassproduksjon ved sentraliserte anlegg, med unntak av prosessavfall skog og en andel av husdyrgjødsla som vi forutsetter vil behandles på gårdsanlegg. For biogassproduksjon fra sentraliserte anlegg har vi lagt til grunn at 80 % av biogassen oppgraderes til LBG og 20 % av biogassen oppgraderes til CBG. Med disse forutsetningene vil ca. 80 %, eller ca. 2 TWh, av biogasspotensialet være i form av oppgradert gass med drivstoffkvalitet og resten vil være i form av råbiogass.

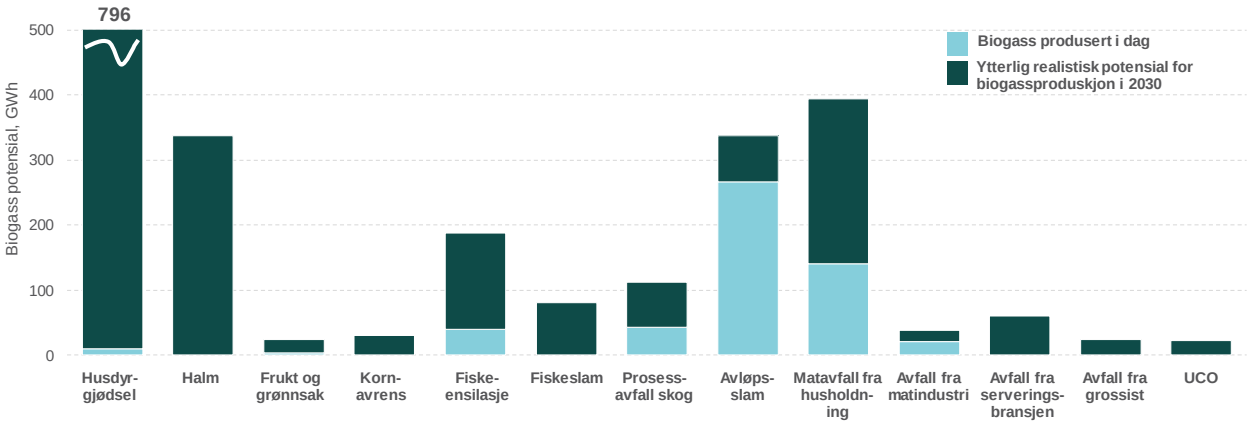
Det er viktig å bemerke at potensialberegningen er bruttoproduksjonen av biogass og vi trekker ikke fra energibehovet som kreves for å produsere denne gassen i potensialberegningen.

[36] Basert på selvrapportering av norske biogassanlegg til Miljødirekektoratet (2018).
[37] Ytterlig realistisk potensial er presentert og diskutert under

Figur 17 Totalt realistisk potensial for biogassproduksjon i 2030 (i GWh)



Figur 18 Ytterlig realistisk potensial for biogassproduksjon i 2030 (i GWh)

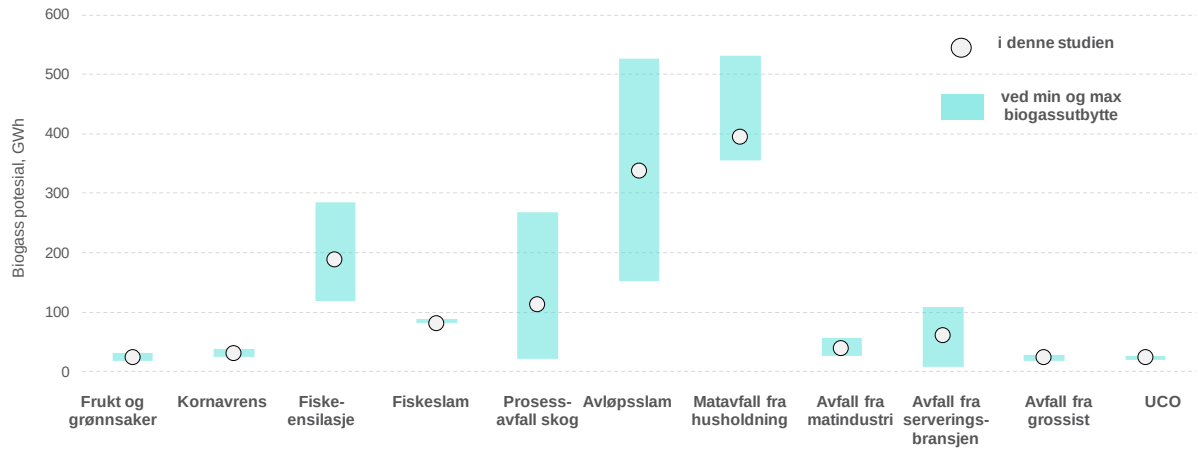


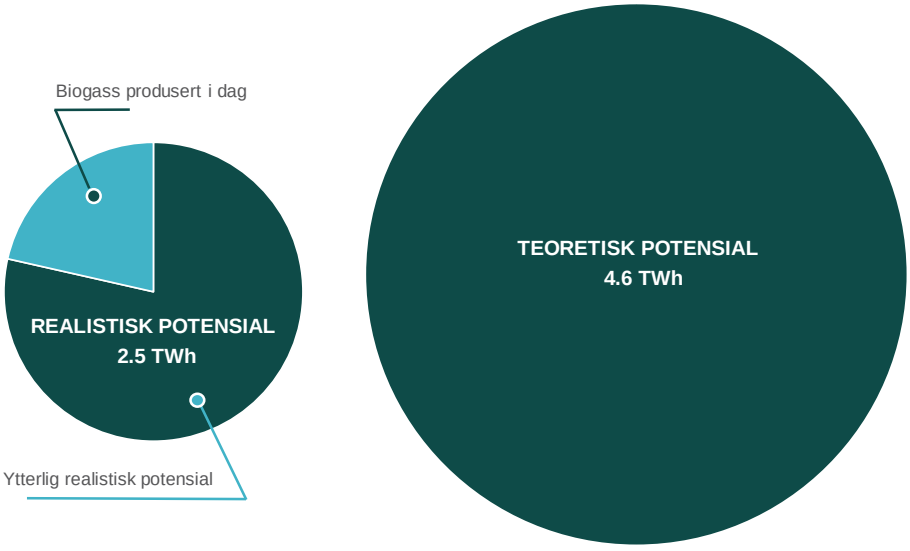
Figuren over reflekterer ytterlig potensial for biogassproduksjon i 2030, justert for mengden råstoff som allerede er brukt i dag til biogassproduksjon. En betydelig andel av avløpsslam, matavfall, prosessavfall fra skogindustri og fiskeensilasje er allerede brukt. Ytterlig potensial er imidlertid av en betydelig størrelsesorden.

Vi har brukt en stor mengde kilder til informasjon for å beregne biogasspotensialet, med ulike grader av usikkerhet. En nøkkelparameter som er avgjørende for resultatene presentert under er biogassutbytte-faktoren. Faktoren avhenger både av kvaliteter ved råstoffet og av forhold knyttet til utråtningen (type reaktor, utråtningstid, tilsetningsstoffer og andre råstoff).

Figur 19 viser følsomhetsanalyse av biogasspotensialet ved endringer i metanutbytte for ulike råstoff (husdyrgjødsel og halm er holdt utenfor på grunn av disse råstoffenes store potensial). Spennet som er presentert reflekterer maksimum og minimum av verdier for biogassutbytte-faktorer som er funnet i litteraturen eller for eksisterende anlegg.

Figur 19 Total realistisk biogasspotensial i 2030 og sensitivitet i biogassutbytte-faktor





Figur 20 Realistisk og teoretisk potensial

Det er stor usikkerhet knyttet til størrelsen på det realistiske potensialet. Generelt kan vi si at det er et noe konservativt estimat. Potensialet vil mest sannsynlig være å finne et sted mellom 2.5 og 4.6 TWh, altså et sted mellom den lille og den store «kaken» i diagrammet over. Hvor stort det realistiske potensialet faktisk er vil avhenge av forhold tidligere nevnt i rapporten: reguleringer og krav til håndtering av avfall, mengden avfall som produseres og hvordan ulike bransjer utvikler seg (særlig relevant for råstoffet fiskeslam).

2.3.2 Biorest

Biorestens kvalitet

Det er mye forskning som gir informasjon om næringsinnholdet i biorest produsert fra ulike råstoff. Vi har brukt resultater fra tilgjengelig forskning for å beregne næringsinnholdet i de forskjellige

bioresttypene, i tillegg til den totale mengden av næringsstoff beregnet for hver bioresttype i 2030. Som et minimum har vi estimert totalt plantetilgjengelig nitrogen (eller totalt ammoniumnitrogen) i bioresten, og i den grad det er mulig har vi beregnet den totale mengden fosfor og kalium (hvis det finnes tilgjengelig forskning som gir informasjon om dette).

I tillegg til næringsinnhold er konsentrasjon av eventuelle forurensende stoffer (f.eks. tungmetaller) i råstoffet som gir opphav til bioresten, relevant for biorestens mulige anvendelse som biogjødsel.

«Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav» regulerer bruk av gjødsel. De mest relevante begrensningene på bruk av biogjødsel i sammenheng med biogassproduksjon er de følgende punktene:[38]

- Innhold av tungmetaller: konsentrasjonen av kadmium, bly, kvikksølv, nikkel, sink, kobber og krom i mg/kg TS som avgjør kvalitetsklassene til de ulike gjødselvarene (i.e. kvalitetsklasser 0, I, II eller III)
- Organiske miljøgifter, plantevernmidler o.a.: ingen spesifikke grenseverdier på konsentrasjon, men den som «produserer eller omsetter produkter skal vise aktsomhet og treffe rimelige tiltak for å begrense og forebygge organiske stoffer i mengder som kan medføre skade på helse eller miljø ved bruk.»
- Hygienisering: Produktene skal ikke inneholde salmonellabakterier eller ineffektive parasittegg og innholdet av termotolerante koliforme bakterier (TKB) skal være mindre enn 2500 pr. gram tørrstoff (TS). Produkter omfattet av forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum anses å oppfylle denne bestemmelsen, med mindre produktene er blandet med råvarer som ikke er omfattet av animaliebiproduktforskriften.
- Stabilisering: Produkter må være stabilisert slik at de ikke forårsaker luktulemper eller andre miljøproblemer ved lagring og bruk.
- Spiredyktige frø: Produkter skal ikke inneholde spiredyktige frø av floghavre.
- Plast, glass o.a. fremmedlegemer: Totalinnholdet av plast, glass eller metallbiter med partikkelstørrelse større enn 4 mm skal ikke utgjøre mer enn 0,5 vektprosent av totalt tørrstoff.

Hva gjelder kvalitetsklasser og bruksområder, kan gjødselvarer som oppfyller kvalitetsklasse 0 brukes på alle typer områder uten restriksjoner, men tilført mengde må ikke overstige plantenes behov for næringsstoffer. Gjødselvarer som oppfyller kvalitetsklasser I eller II kan brukes på jordbruksarealer, i private hager og i parker, og det er noen begrensninger for mengdene som kan brukes per dekar i løpet av en tiårsperiode. Det er begrensninger på bruken på grøntarealer og lignende der det ikke skal dyrkes mat eller fôrvekster. Gjødselvarer som oppfyller kvalitetsklasser III kan ikke bukes på jordbruksarealer, i private hager og i parker, men kan brukes på grøntarealer og lignende der det ikke skal dyrkes mat eller fôrvekster (opp til visse kvanta) eller som toppdekke på avfallsfyllinger.[39]

Det er flere restriksjoner knyttet til gjødsel som har sitt opphav i avløpsslam.[40] Gjødsel fra avløpsslam kan ikke spres på areal der det skal dyrkes grønnsaker, poteter, bær eller frukt. Produkter med avløpsslam kan ikke spres i eng eller brukes i gartnerier. Det er også restriksjoner på bruk av avløpsslam i private hager og parker. Avløpsslam gjødsel kan få dispensasjon for å brukes etter godkjenning fra Mattilsynet. Avløpsslambasert gjødsel med slik godkjenning i klasse 0, I, II eller III skal aldri overstige 100 kg tørrstoff per dekar.

Restriksjonene gitt av forskrift om gjødselvarer som oppsummeres i de foregående avsnittene vil først og fremst påvirke biorest fra avløpsslam. Biorest fra andre råstoff (f.eks. husdyrgjødsel og matavfall) vil mest sannsynlig ikke inneholde betydelige mengder av forurensende stoffer (slik som tungmetaller,

[38] Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav, § 10.*Kvalitetskrav*
[39] Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav, § 27.*Kvalitetsklasser og bruksområder*
[40] Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav, § 25.*Spesielle krav til bruk av produkter med avløpsslam*

organiske miljøgifter eller plantevernmidler). Under visse forhold vil også biorest fra andre råstoff enn avløpsslam ha forhøyede konsentrasjoner av forurensende stoffer. Mange typer husdyrgjødsel har et innhold av tungmetaller (hovedsakelig kobber og sink) som i utgangspunktet gir kvalitetsklasse I eller II (NMBU, 2017). Svinegjødsel kan i enkelte tilfeller være i kvalitetsklasse III på grunn av sinkinnholdet.

Innhold av mikro- og nanoplast i avløpsslam og gjødsel er et tema som har fått mye oppmerksomhet den siste tiden.[41] Som et bidrag til denne debatten publiserte Norsk Vann en artikkel med påstanden «Norsk avløpsslam er trygt», og skrev at i 2009 utførte Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) utførte, på oppdrag for Mattilsynet, en vitenskapelig risikovurdering av avløpslam brukt som gjødsel.[42] VKM konkluderte med at bruk av avløpsslam slik det er regulert og praktisert i Norge, er trygt. Det bør imidlertid bemerkes at dette studiet er fra 2009, og at selv om «Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav» spesifiserer at «totalinnholdet av plast, glass eller metallbiter med partikkelstørrelse større enn 4 mm skal ikke utgjøre mer enn 0,5 vektprosent av totalt tørrstoff» er det ingen begrensninger på mikro- og nanoplast.

For å sitere den nevnte Norsk Vann-artikkelen: «Et gjenstående problem er likevel at det ikke finnes standardiserte metoder for prøvetaking, opparbeiding og bestemmelse av mikroplast. Det trengs også mer kunnskap om kilder, spredning og effekter av mikroplast i jord. Nanoplast er et område med svært få publiserte studier, og det er lite kunnskap om nanoplast knyttet til eventuelt opptak i planter» og at «Det er viktig å få frem mer kunnskap om mikro- og nanoplast, mulige skadevirkninger og aktuelle tiltak for å hindre potensielle skadevirkninger.»

Det kan konkluderes fra dette at vi med dagens kunnskap kan gå ut fra at bruk av avløpsslam slik det er regulert og praktisert i Norge er trygt, men at det er behov for mer kunnskap på dette området, og at potensialet for introduksjon av nye og mer restriktive reguleringer kan påvirke bruk av avløpsslam som gjødsel i fremtiden. Det er interessant å bemerke seg at nylig arbeid har indikert at AD er mer effektivt for å redusere mikroplast-partikler i behandlet avløpsslam enn andre utbredte behandlingsmetoder slik som termisk uttørking og stabilisering med kalk (Mahon, 2016). På tross av få prøver, konkluderer studiet med at det er et potensial for at ulike behandlingsmetoder av avløpsslam kan påvirke risikoen for at mikroplast spres på marken og dette kan ha betydning for lovgivning på feltet.

Det bør bemerkes at selv om søkelyset så langt har vært på mikroplast og nanoplast i gjødsel fra avløpsslam, så kan forurensende stoffer fra plast også finnes i andre råstoff, særlig i ulike typer matavfall (IVL, 2016 og Watteau, 2018).

Biorestens mengde

Tabell 18 presenterer en oversikt over fremskrivende realistiske mengder av biorest som er et resultat av behandling av hver av de viktigste råstoffene, samt total plantetilgjengelig nitrogen (totalt ammonium nitrogen) som inngår i bioresten som produseres. Tabell 19 viser den samme informasjonen, men kun for «ytterligere» mengde biorest produsert.

Tabell 18 Oppsummering av produksjon av biorest, plantetilgjengelig nitrogen i bioresten og CO_2 i 2030

	Råstoff	Biorest	Plante-tilgjengelig N	CO_2
		t/år (2030)	t/år (2030)	t/år (2030)
Husdyrgjødsel	Storfe	5 008 537	11 116	48 534

[41] https://www.nrk.no/innlandet/plasten-kan-komme-inn-i-maten-du-spiser-1.14171471
[42] https://norskvann.no/index.php/85-avlop/kunnskapsbase-slam/behandlingavslam/1872-norsk-avlopsslam-er-trygt

	Gris	2 127 691	3 415	11 859
	Fjørfe	228 129	368	17 440
	Annet	35 781	310	1 495
Rester / sidestrømmer	Halm	127 498	0	26 741
	Frukt og grønnsaker	29 476	88	1 929
	Kornavrens	6 018	0	2 405
Fiske	Fiskeensilasje	89 935	333	23 150
	Slam fra settefisk	117 977	125	9 982
Skog	Prosessavfall skog	NA	NA	13 852
Avløp	Avløpsslam	503 011	26	33 632
Matavfall	Fra husholdning	248 172	655	42 827
	Våtorganisk avfall matindustri	43 675	162	4 254
	Serveringsbransjen	45 360	120	6 664
	Grossist/dagligvarehandel	23 258	149	2 589
	UCO	NA	NA	2 837
Total		**8 634 518**	**883** **16 867**	**250 190**

Tabellen viser også en beregning av den totale mengden CO_2 per råstoff, som inngår i råbiogassen.

Der vi har funnet tilgjengelig informasjon, har vi brukt tall for konsentrasjoner i næringsstoffer for hvert råstoff. Der vi ikke har funnet informasjon, eller tallene var inkonsistente, ble tall på næringsstoffer i hvert råstoff brukt, da det er kjent fra litteraturen at anaerob utråtning ikke i betydelig grad påvirker næringsinnholdet.

Tabell 19: Ytterligere bioerest produsert

	Råstoff	**Biorest**	**Plante-tilgjengelig N**	**CO_2**
		t/år (2030)	**t/år (2030)**	**t/år (2030)**
Husdyrgjødsel	Storfe	4 958 452	11 005	48 049
	Gris	2 106 414	3 381	11 740
	Fjørfe	225 848	364	17 266
	Annet	35 403	307	1 480
Rester / sidestrømmer	Halm	127 498	0	26 741
	Frukt og grønnsaker	24 283	73	1 589
	Kornavrens	6 018	0	2 405
Fiske	Fiskeensilasje	71 087	263	18 298
	Slam fra settefisk	117 977	125	9 982
Skog	Prosessavfall skog	NA	NA	8 469

Avløp	Avløpsslam	172 655	9	2 909
Matavfall	Fra husholdning	159 359	421	27 501
	Våtorganisk avfall matindustri	20 424	76	1 989
	Serveringsbransjen	45 360	120	6 664
	Grossist/dagligvarehandel	23 258	149	2 589
	UCO	NA	NA	2 837
Total		**8 094 036**	**16 293**	**190 508**

Det bør bemerkes at i tilfellet halm indikerer dagens litteratur at kun moderate nivåer av plantetilgjengelig nitrogen er tilgjengelig i råstoffet. Det er på en form av organisk nitrogen og ammonium nitrogen. Av denne grunn må ytterligere nitrogen tilsettes bioresten fra halm når denne skal spres på jordet (Lantz m. fl., 2018).

3 Analyse av produksjonskostnader

3.1 Generelt om metode

3.1.1 Om kilder til produksjonskostnader

Det er ulik kvalitet og tilgjengelighet av nødvendig informasjon for å estimere produksjonskostnader ved biogass. For etablerte råstoff (husdyrgjødsel og våtorganisk avfall) finnes det en rekke rapporter basert på norske forhold: Mulighetsstudier for konkrete biogassanlegg som er på konseptutviklingsstadiet (Norconsult, 2019) og studier som analyserer flere biogassanlegg for å kunne si noe generelt om kostnader for ulike råstoff (MEPEX, 2018).

Av noen råstoff produseres lite eller ingen biogass i Norge og for disse råstoffene finnes det naturligvis lite data (f.eks. halm og kornavrens). For noen type råstoff eller teknologier er det kun et lite knippe produsenter, og det er derfor naturligvis en grad av hemmelighold knyttet til kostnadsdata der dette er tilfelle.

Vår tilnærming til å benytte kilder til kostnader kan presenteres som et grovt hierarki (som ikke er fulgt slavisk):

1. Studium på norske forhold som kan brukes som grunnlag for generalisering. Eksempler på slike studier inkluderer BioValueChain i Østfoldforskning (2016), Østfoldforskning (2019), MEPEX (2018), NIBIO (2018b) og NIBIO (2017). Andre eksempler er kostnadstall fra ENOVA og Innovasjon Norge
2. Studium ex-post eller ex-ante av spesifikke norske biogassanlegg eller råstoff, slik som forstudium av biogassanlegg i Alta, Norconsult (2019).
3. Utenlandske erfaringer med en generaliserbar verdi (som punkt 1). Et eksempel på dette er Yngvesson og Tamm (2017)
4. Studium ex-post eller ex-ante av spesifikke utenlandske biogassanlegg eller råstoff slik som studiet av potensialet for biogass og kostnader knyttet til dette for halm i Sverige av Lantz m.fl. (2018)

Vi har ikke gjort konseptutvikling for råstoffene som ikke har en etablert verdikjede for biogassproduksjon i Norge. Vi har basert oss på eksisterende verdikjeder for biogass (enten i Norge eller utlandet). Det kan altså være mer kostnadseffektive måter å utnytte biogassens potensial på enn det som er lagt til grunn i dette oppdraget. Det vil også muligens kunne oppstå mer kostnadseffektive løsninger dersom enkelte av barrierene avdekket i kapittel 5 adresseres.

Generelt har det vært etterstrebet å bruke så ny informasjon som mulig. Carbon Limits har tatt kontakt med fem norske biogassprodusenter for å få innspill og bidrag til kostnadsdata. Av dem var det ett selskap som bidro med kostnadsdata.

3.1.2 Om gatefee eller prisen på råstoffet

Med gatefee mener vi en inntekt for biogassprodusenten. Dette kan også refereres til som behandlingsgebyr. Det innebærer at noen som har avfall som et biprodukt av sin produksjon (f.eks. fiskeslam for de som har et settefiskanlegg) ønsker å betale noen for å behandle eller avhende dette avfallet. Pris på råstoffet er tvert imot når biogassprodusenten betaler for å få tilgang til råstoffet. Dette kan være aktuelt for energitette råstoff som gir et høyere gassutbytte enn andre råstoff. Et eksempel på et slikt råstoff er UCO (Used Cooking Oil). Se Tabell 24 for hvilke priser/gatefee som har vært brukt i analysen.

3.1.3 Allokering av kostnader til ulike typer råstoff

Det er produksjonskostnader som biogassprodusenter står overfor som er av interesse i denne analysen. Vi holder salg av produkter knyttet til biogassproduksjonen (salg av gass og biorest) utenfor. Derimot inngår gatefee, eller prisen på råstoffet, i analysen. Gatefee er inkludert for å reflektere de fulle (netto)kostnadene produsentene står overfor. Vi holder også miljøkostnader og virkninger for klima utenfor.

Vi baserer oss på en rekke kilder til kostnader for de ulike råstoffene som dekkes i denne rapporten. Mange av kildene som vi baserer oss på inneholder kostnader for anlegg som bruker to eller flere råstoff. I disse tilfellene vil vi allokere kostnader til hvert enkelt råstoff, enten fordelt på kWh som anlegget produserer eller allokert på antall tonn.

Et eksempel for å illustrere (eksempelet er fiktivt):

> *Et anlegg koster 1 mill. kr. og det behandler 1 000 tonn råstoff i året. Gassutbyttet er 2 GWh. Den delen av investeringskostnaden som knytter seg til behandling av råstoffet (utråtning, transport m.m.) vil vi fordele på de 1 000 tonnene anlegget behandler. Om dette anlegget behandler 100 tonn fiskeensilasje og 900 tonn husdyrgjødsel vil kostnadene knyttet til utråtning bli den samme per tonn for de to råstoffene. Kostnaden per tonn for transport av råstoffet vil imidlertid bli ulik, tatt i betraktning ulike transportkostnader for ulike råstoff.*
>
> *Den delen av investeringskostnadene som knytter seg til rensing og oppgradering av gassen vil vi fordeles på de 2 GWh anlegget produserer. Dersom fiskeensilasjen står for 1 av de 2 GWh vil halvparten av investeringskostnadene som knytter seg til rensing og oppgradering av gassen allokeres til fiskeensilasje. Vi fordeler altså noen kostnader på antall tonn råvekt råstoff som behandles og noen på energiutbyttet, og kan på dette viset bruke kostnader for anlegg som sambehandler ulike typer råstoff med ulikt energiinnhold som informasjonskilde til kostnader, til tross for at vi gjør råstoffspesifikke analyser.*

Merk at med denne metoden blir kostnader for særlig energitette råstoff ofte relativt lave (og tilsvarende høye for råstoff med lavt energiinnhold per tonn), dersom en sammenligner med analyser av sambehandling av to eller flere råstoff med forskjellig energitetthet. Det å vurdere kostnader ved ulike råstoff isolert kan være noe stilisert. Men vi gjør dette nettopp for å illustrere hvor stor del av produksjonskostnadene som kan tilegnes ulike råstoff. For råstoff som ikke egner seg for mono-utråtning (f.eks. fiskeensilasje) kan man tenke seg at kostnadene gjelder for råstoffet isolert, gitt at de sambehandles på en måte som er hensiktsmessig for dette råstoffet.

3.2 Kostnadselementer som inngår for de ulike råstoffene og konseptene

For de fleste råstoff er det forutsatt én forretningsmodell for hvert råstoff. Med forretningsmodell mener vi karakteristikker ved verdikjeden slik som transportavstand for råstoffet til biogassanlegget, størrelsen på gatefee, hvorvidt gassen oppgraderes til drivstoffkvalitet eller dekker interne behov. For husdyrgjødsel er det imidlertid estimert kostander for ulike forretningsmodeller. Behovet for å vurdere kostnader ved flere ulike forretningsmodeller for utnyttelse av husdyrgjødsel til biogassproduksjon kommer blant annet av råstoffets store potensial og potensielt høye klimanytte, samt relativt høye produksjonskostnader.

I tabellene under viser vi en oversikt over hvilke ksotnadskomponenter som inngår for de ulike råtsoffene og de forretningsmodellene som er forutsatt for disse råstoffene. Mange av disse kostnadselementene, med tilhørende kilder og verdier er allerede nevnt i forrige delkapittel. Her forsøker vi å gi et totalbilde av hvilke ledd i verdikjeden som inngår for ulike råstoff og ulike forretningsmodeller. Kostnadskomponentene i tabellen vil være kostnadskomponenter som kommer i

tillegg til en situasjon uten biogassproduksjon. Dette betyr at dersom en bonde allerede har et gjødsellager på gården, og trenger to gjødsellager dersom han skal begynne å levere gjødsel til biogassproduksjon vil ikke det første gjødsellageret inkluderes i kostnadsanalysen. I den første tabellen viser vi forretningsmodeller som er vurdert for husdyrgjødsel og i den neste for forretningsmodeller som er vurdert for øvrige råstoff.

Tabell 20 Kostnadselementer for ulike forretningsmodeller for behandling av husdyrgjødsel. Skravert i grønt betyr at kostnadselementet er inkludert

	Leveranse av husdyr-gjødsel til eksisterende sam-behandlings-anlegg uten avvanning	Leveranse av husdyr-gjødsel til eksisterende sam-behandlings-anlegg med avvanning	Leveranse av husdyrgjødsel til eksisterende slam-behandlings-anlegg	Husdyr-gjødsel til bygdeanlegg uten avvanning, i nær avstand	Avvannet husdyrgjødsel med lengre transport-distanser til bygdeanlegg	Gårdsanlegg
Transportkostnader av råstoff						
Transportkostnader biorest[43]						
Avvanningskostnader						
Forbehandling av råstoffet						
Mottak og utråtning (kapital)						
Merinvestering for mottak husdyrgjødsel[44]						
Mottak og utråtning (drift)						
Ekstra bioresttank på gård[45]						
Ekstra råstofftank på gård[46]						
Gatefee/behandlingsgebyr / råstoffpris						

[43] Kostnader fra borttransport av biorest er ikke inkludert for konsepter med avvanning, da vi forutsetter at den tørre bioresten blir et jordforbedringsprodukt. Nedstrømskostnader (og inntekter) er utenfor denne analysens grenser (som kun vurderer produksjonskostnader på oppstrømssiden).

[44] Kapitalkostnader til mottak og utråtning er lavere for konseptene som innebærer å levere til eksisterende anlegg. For disse konseptene er det kun merkostnadene av å ta i mot husdyrgjødsel gitt at det allerede er investert i et biogassanlegg som kan behandle matavfall. Det er forutsatt at det er kapasitet (avhengig av om det er avvannet eller ikke avvannet). Disse merkostnadene er fremkommet etter dialog med representanter for bransjen.

[45] Det antas at husdyrbønder allerede har en del av nødvendig lagerkapasitet dekket. Det antas derfor en lagerkostnad, men lavere for husdyrgjødsel enn for andre råstoff

[46] Dette er lagerkapasitet for den utvannede, flytende, fraksjonen av gjødsla

Kostnader til prosessvann						
Kapitalkostnader ved oppgradering av gassen til drivstoffkvalitet[47]						
Driftskostnader ved oppgradering av gassen til drivstoffkvalitet						
Salg og distribusjon av gassen						

Tabell 21 Kostnadselementer for ulike råstoff

	Halm	**Grønn-saker**	**Korn-avrens**	**Avløps-slam**[48]	**Fiske-ensilasje**	**Fiske-slam**	**Proses savfall skog**	**Mat-avfall fra hus-holdninger**	**Mat-avfall fra næring og serveri ng**	**Used Cookin g Oil (UCO)**
Transportkostnader av råstoff og biorest										
Forbehandling av råstoffet[49]										
Mottak og utråtning (kapital og drift)										
Ekstra bioresttank på gård										
Ekstra råstofftank på gård										
Råstofftank på anlegget										
Gatefee/behandlings gebyr/ råstoffpris[50]	÷				+	+		+	+	÷

[47] For konseptene eksisterende sambehandlingsanlegg finnes det allerede tilstrekkelig oppgraderingskapasitet til den delen av potensialet som tilegnes dette konseptet. Derfor er ikke kapitalkostnader til oppgradering inkludert for disse konseptene. For eksisterende slambehandlingsanlegg forutsettes det at tilstrekkelig oppgraderingskapasitet vil investeres i uavhengig av tilførsel av husdyrgjødsel, og er således en del av referansealterantivet til dette råstoffet. Kapitalkostnad til oppgradering er derimot relevant for avløpsslam og er derfor inkludert i kostnadsanalysen til dette råstoffet (se tabellen under).

[48] Grunnen til at avløpsslam ikke har en del av kostnadselementene som inngår for øvrige råstoff er at biogassproduksjon forutsettes først og fremst å være et behandlingsvalg av råstoffet. Derfor inngår f.eks. utråtningskostnader i referansealternativet.

[49] Med dette mener vi både forbehandling som kreves ihht. forskrift og lovverk (typisk hygenisering), og forbehandling som kreves av praktiske årsaker. Sistnevnte kan gjelde matavfall som er pakket inn i «grønne poser» eller fordi det øker gassutbyttet (f.eks. kornavrens)

[50] + betyr at råstoffet har en gatefee som er en inntekt for biogassprodusenten, ÷ betyr at råstoffet har en pris som er en kostnad for biogassprodusenten

Kostnader til prosessvann										
Oppgradering av gassen til drivstoffkvalitet										
Salg og distribusjon av gassen										

3.3 Forutsetninger for kostnader

Tabell 22 viser forutsetninger med kilder. Enkelte kostnader vil variere med hvilke trinn i produksjonsprosessen som kreves for de spesifikke råstoffene, (ett eksempel er forbehandling som kreves av noen råstoff, og ikke alle), og for kostnadskomponentene som vil variere fra råstofftype til råstofftype oppgis et spenn. Generelt kan det nevnes at det ikke er gjennomført en analyse av hvordan disse kostnadene vil endre seg over tid. Det er lagt til grunn at subsidier, gatefee og øvrige kostnadselementer vil holde seg på dagens nivå frem til 2030.

Tabell 22 Beskrivelse av felles forutsetninger for biogassanlegg (ikke gårdsanlegg). Driftskostnader er uttrykt som årlige kostnader. Kronebeløp i 2019-kr

Beskrivelse av forutsetning	Størrelse	Kilde/kommentar
Kalkulasjonsrente for neddiskontering og samfunnsøkonomisk avkastningskrav	4 %	Finansdepartementets rundskriv R-109/2014
Privatøkonomisk avkastningskrav (brukt til beregning av årlig annuitet av investeringskostnader)	8 %	Dette er i spennet som ENOVA (oppgir: 4-10 %)
Basisår	2019	
Investeringenes levetid[51]	25 år	NIBIO (2018b)
Analyseperiode	Frem til år 2030	
Karakteristikker og kostnader ved sambehandlingsanlegg som ligger til grunn for de fleste av råstoffene i analysen[52] Investeringskostnad (uten forbehandling) Investeringskostnad forbehandling Kapasitet (ant. tonn)	 117 mill. kr. 39 mill. kr. 50 000 t råstoff	MEPEX (2018)
Kostnad for slambehandlingsanlegg		Det er kun inkludert kostnader til oppgradering av gassen. Utråtningen m.m. forutsettes å være et kostnadseffektivt behandlingsvalg, og således en del av referansealternativet. Kostnader knyttet til oppgradering av gassen er basert på tall fra flere slambehandlingsanlegg.
Investeringskostnad for biogassanlegg prosessavfall skog	220 mill. kr.	ENOVAs nettsider[53]
Investeringskostnad oppgradering og komprimering eller flytendegjøring	20-50 mill. kr.	MEPEX (2018) og Svensson (2014)
Kostnad bioresttank på gård	30-55 kr/t	Østfoldforskning (2019)
Investeringsstøtte	24 %[54]	ENOVA, dialog med Trond Bratsberg
Driftskostnader ved biogassanlegget[55]	40-320 kr/t	Egen beregning basert på MEPEX (2018) og Yngvesson og Tamm (2017)
Ekstra driftskostnader for bønder som leverer husdyrgjødsel til sentraliserte anlegg	10 kr/t	Egen beregning basert på Østfoldforskning (2019) og Landbruksdirektoratet (2019b)

[51] Det beregnes ingen restverdi, men en årlig annuitet basert på det privatøkonomiske avkastningskravet, levetiden og diskonteringsrenten

[52] Denne kostnaden inkluderer biogassanlegget, med oppgradering av gass og produksjon av CNG. I MEPEX (2018) gir anlegget som er lagt til grunn et gassutbytte på 34 GWh.

[53] https://www.enova.no/bedrift/industri-og-anlegg/historier/satser-pa-energieffektivisering-for-a-oke-konkurransekraften/

[54] Støttebeløpet varierer, og dette er et gjennomsnitt siden 2009. Tallet gjelder for søknadstidspunkt, hvilket betyr at støtteandelen kan ha gått ned dersom investeringskostnadene skulle vise seg å bli høyere enn på søknadstidspunkt. Det er forutsatt at dette støttebeløpet videreføres i de bedriftsøkonomiske beregningene, men vi har ingen kunnskap om hvorvidt dette er tilfelle.

[55] Driftskostnadene varierer med hvilke trinn av produksjonsprosessen som er aktuelle for det enkelte råstoffet. Driftskostnadene som inngår i estimatet på 320 kr/t inkluderer driftskostnader til forbehandling, hygienisering, rejekthåndtering, utråtning og luktreduksjon

Kostnader ved transport av råstoff	1-2.5 kr/tonn-km	Råstoftspesifikt. Ulike kilder: Østfoldforskning (2019), NIBIO (2018b), CERMAQ (2013) og MEPEX (2018)
Avstand ved transport av råstoff	0-50 km[56]	Råstoffspesifikt og konseptspesifikt. Ulike kilder: Østfoldforskning (2019), NIBIO (2018b), og MEPEX (2018)
Driftskostnader ved oppgradering og produksjon av CBG eller LBG	0.08-0.20 kr/kWh	Egen beregning basert på MEPEX (2018), Yngvesson og Tamm (2017) Svensson (2014) og Vygon (2019)
Andel LBG og CBG	20 % til CBG 80 % til LBG	For alle råstoff unntatt prosessavfall skog og husdyrgjødsel som behandles på gårdsanlegg forutsettes det denne oppgraderingssplitten til hhv. LBG og CBG[57]
Gatefee/råstoffpris (se egen tabell). Positivt tall betyr gatefee (inntekt for biogassprodusenten) og negativt tall betyr pris (utgift for biogassprodusenten)	Fra -9 400 +1 100 kr/t[58]	Råstoffspesifikt (ulike kilder)
Subsidie for leveranse av husdyrgjødsel til biogassanlegg	70 kr/t	Beregning basert på «Forskrift om tilskudd for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg» og data på antall dyr og husdyrgjødsel fra Landbruksdirektoratet
Subsidie for bruk av husdyrgjødsel til biogassproduksjon på eget gårdsanlegg	70 kr/t	Beregning basert på «Forskrift om tilskudd for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg» og data på antall dyr og husdyrgjødsel fra Landbruksdirektoratet

Under vises en tabell med forutsetninger særskilt for gårdsanlegg

Tabell 23 Felles forutsetninger for mindre anlegg. Driftskostnader er uttrykt som årlige kostnader. Kronebeløp i 2019-kr

Beskrivelse av forutsetning	**Størrelse**	**Kilde**
Investeringenes levetid	25 år	NIBIO (2018b)
Analyseperiode	Frem til år 2030	
Karakteristikker ved mindre anlegg som er lagt til grunn for beregning av kostnader		
Investeringskostnad	7,2 mill.kr.	Innovasjon Norge, dialog med Olve Sæhlie.
Kapasitet (i antall tonn)	3 000	

[56] For husdyrgjødselkonseptene, se beskrivelse av ulike forretningsmodeller i kapittel 2.2.1 for bruk av husdyrgjødsel for beskrivelse av transportdistanser som er lagt til grunn for de ulike konseptene. Transportdistanser avhenger også av hvorvidt konseptene er med eller uten avvanning. Se kapittel 2.2.1 for beskrivelse også av dette.

[57] Prosessavfall skog er basert på anlegget til Norske skog Saugbrugs som bruker biogassen de produserer til å erstatte interne varmebehov

[58] Negativt fortegn innebærer en kostnad for biogassprodusenten (råstoffet har en pris) og positivt fortegn innebærer at biogassprodusenten får betalt for å ta i mot råstoffet

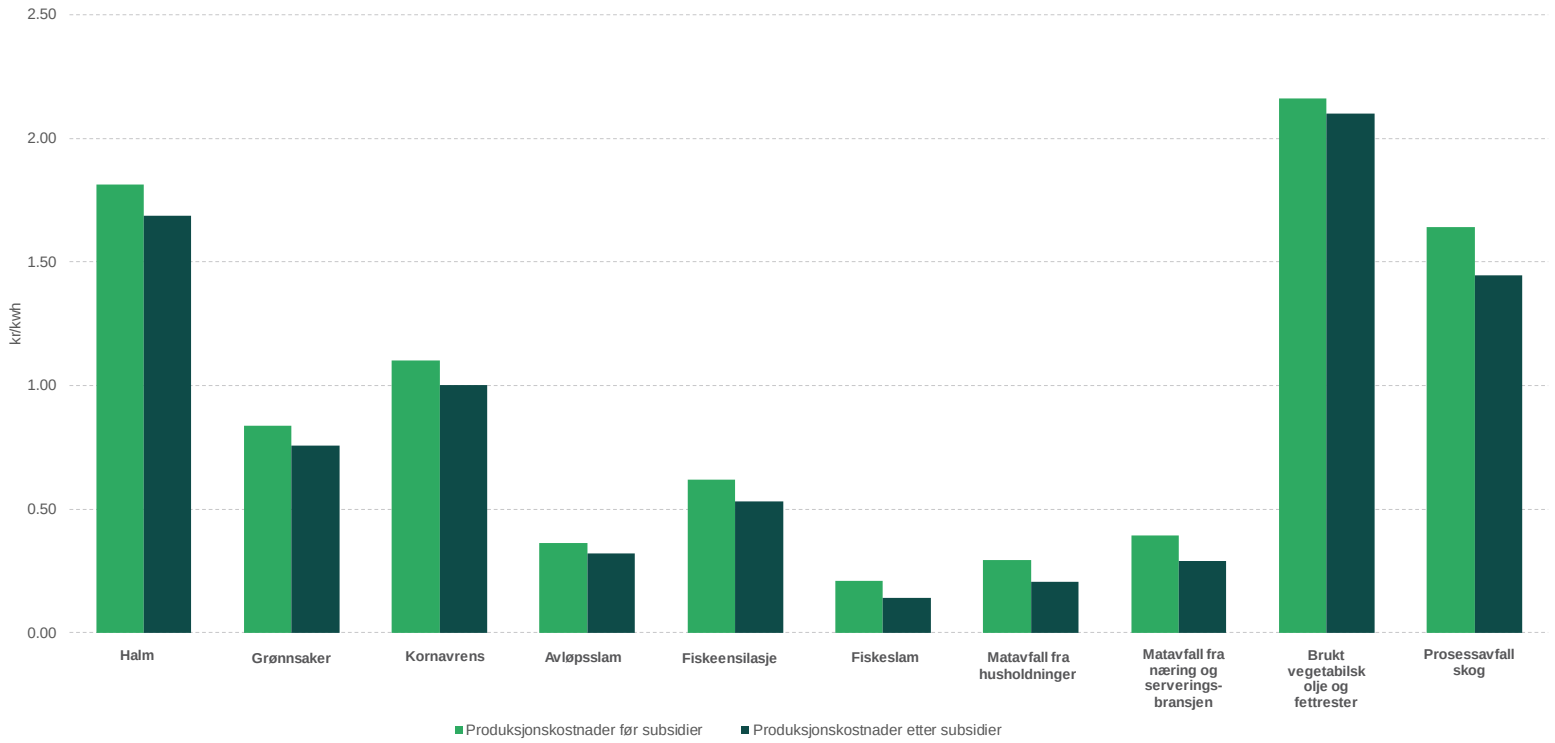
Gjennomsnittlig investeringsstøtte	40 %	Østfoldforskning (2019) og Innovasjon Norge, dialog med Olve Sæhlie

Under vises en tabell med gatefee eller priser for ulike råstoff.

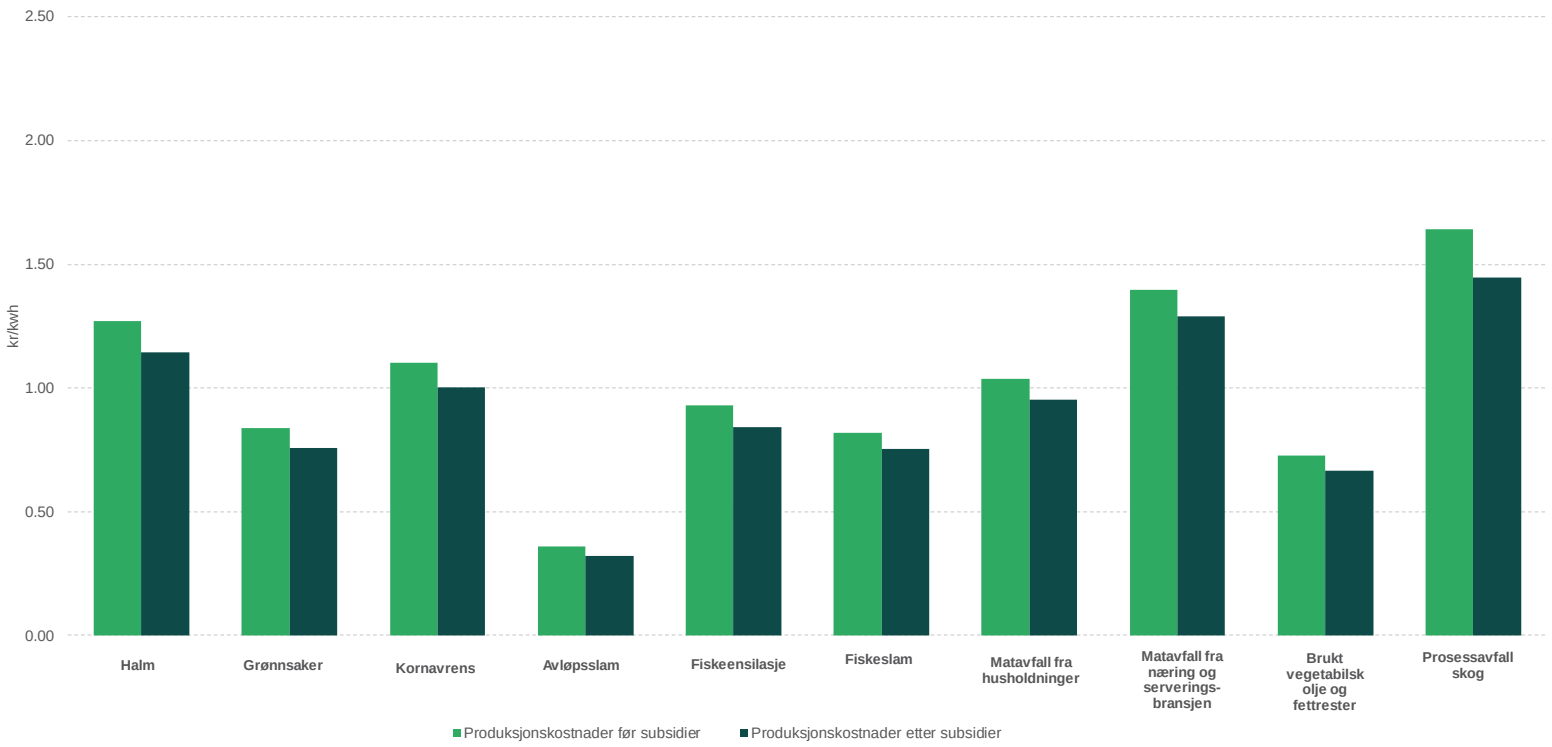
Tabell 24 Gatefee for ulike råstoff. Positivt fortegn representerer en inntekt for biogassprodusenten og omvendt er et negativt tall en pris biogassprodusenten må betale for råstoffet

Råstoff	Gatefee/pris (kr/t)	Kilde/kommentar
Husdyrgjødsel	NA	Se de relevante subsidiene i tabellen over
Halm	1000	Norsk Landbruksrådgivning. Det er informasjon om kilopriser for halm i halmballer som er brukt
Grønnsaker	Ukjent	Prisen på grønnsaker brukt i biogassproduksjon vil avhenge av de merkostnadene som er knyttet til å oppsamle og separere reststrømmer fra øvrige grønnsaker og sende dem til biogassproduksjon. Vi forutsetter at merkostnaden ved oppsamling av restgrønnsakene er marginal, mens utsorteringen vil ha en kostnad som ikke er inkludert i vårt kostnadsestimat. Av denne grunn er kostnader for dette råstoffet noe underestimert.
Kornavrens	Ukjent	Ikke funnet noen tilgjengelig kilde på dette
Fiskeensilasje	450	ENOVA, dialog med Trond Bratsberg. 0-900 kr/t ble oppgitt og det er middelverdien av dette er brukt
Fiskeslam	360	Norconsult (2019)
Avløpsslam	NA	Biogassprodusent er råstoffets forvalter
Matavfall fra husholdning	898	Gjennomsnitt av to verdier: MEPEX (2018) og Norconsult (2019)
Matavfall fra serveringsbransjen og næringsmiddelindustri	898	Gjennomsnitt av to verdier: MEPEX (2018) og Norconsult (2019)
Brukt vegetabilsk olje og fettrester (UCO)	-9 400	Basert på Greenea sin indeks for priser for UCO (Used Cooking Oil)
Papir- og skogsproduktindustri	NA	Biogassprodusent er råstoffets forvalter

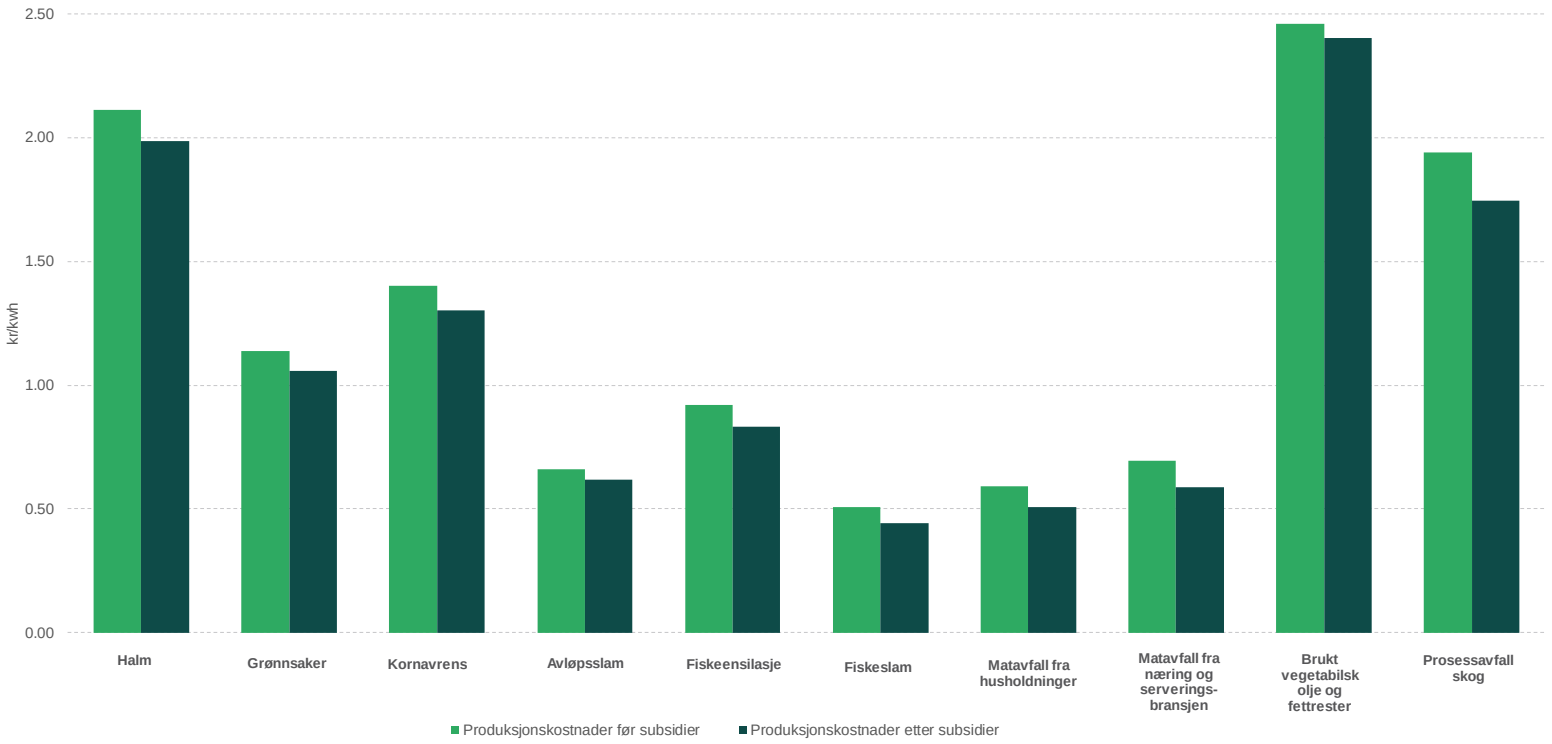
3.4 Resultater



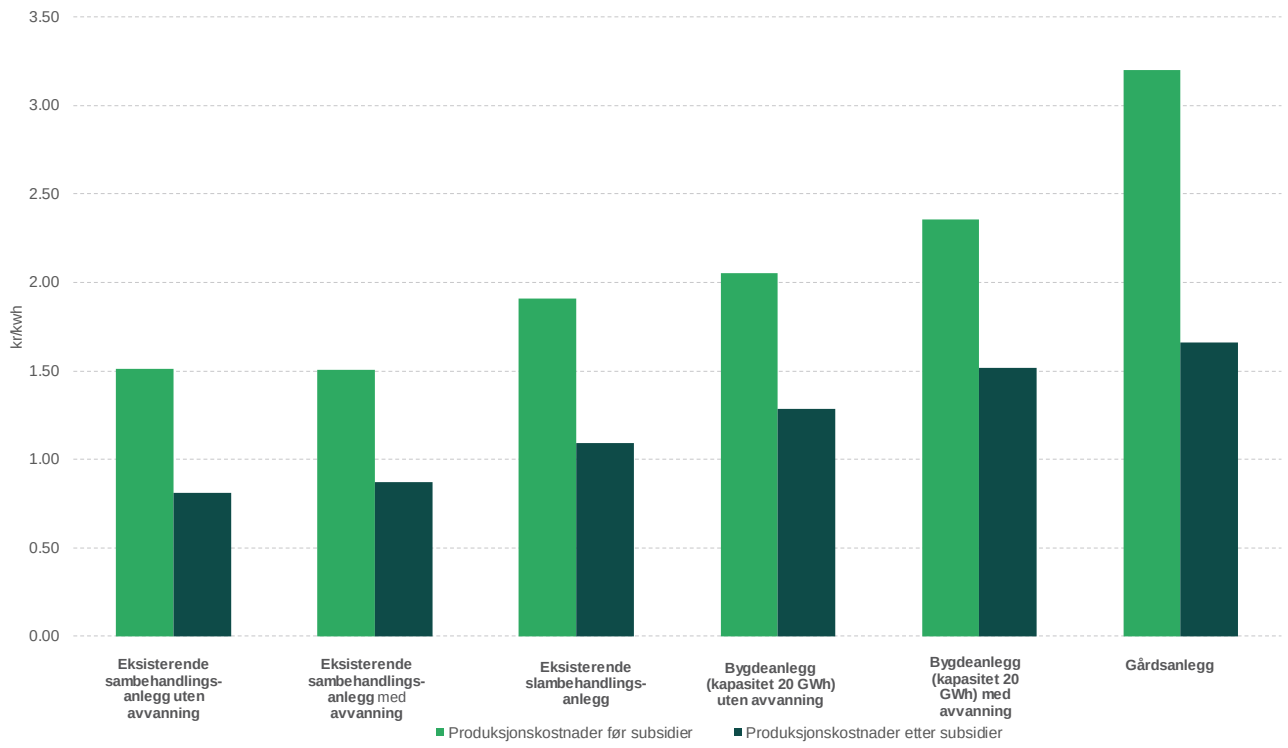
Figur 21 Bedriftsøkonomiske kostnader, fratrukket gatefee/råstoffets pris. Kostnadene inkluderer transport av råstoff og biorest, produksjon av biogass (kapital og drift), oppgradering til drivstoffkvalitet, men ikke kostnader av distribusjon og salg av gassen. Kostnader av oppgradering utgjør ca. 35 øre/kwh (med unntak av prosessavfall skog som det forutsettes at ikke brukes til produksjon av oppgradert gass). Inntekter er ikke trukket fra kostnader, med unntak av gatefee (behandlingsgebyret) for de ulike råvarene. Der råstoffet har en pris, slik som halm, er denne prisen inkludert i kostnadene.



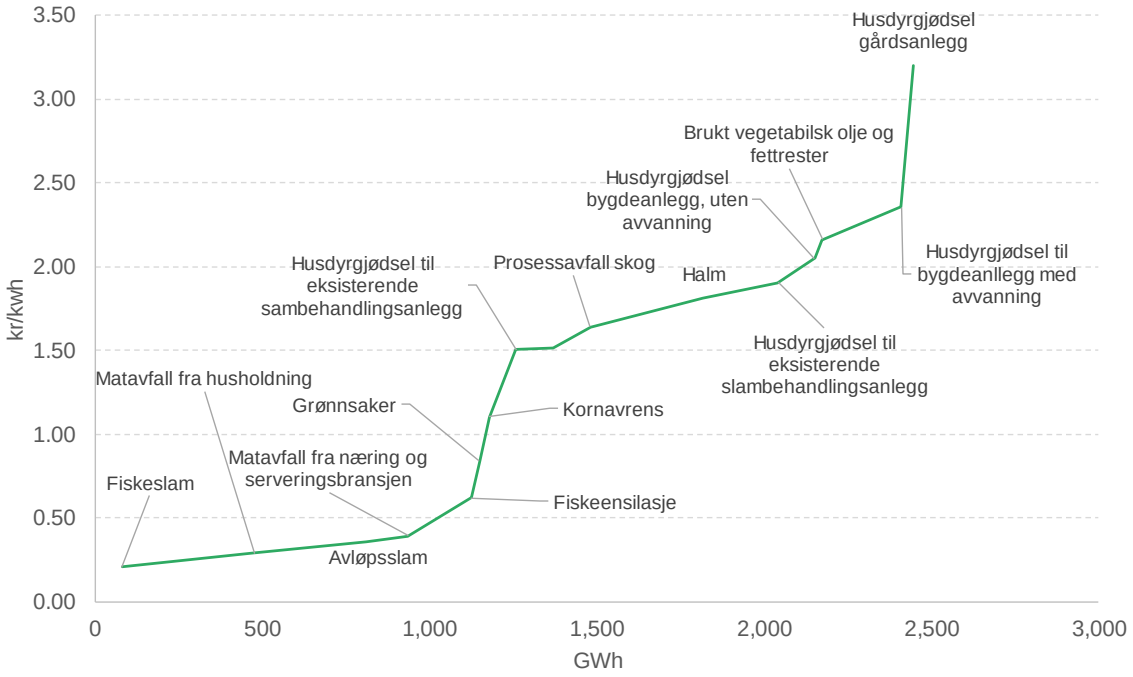
Figur 22 Bedriftsøkonomiske kostnader, uten at gatefee/råstoffets pris er trukket fra. Kostnadnene inkluderer transport av råstoff og biorest, produksjon av biogass (kapital og drift), oppgradering til drivstoffkvalitet, men ikke kostnader av distribusjon og salg av gassen. Kostnader av oppgradering utgjør ca. 35 øre/kwh (med unntak av prosessavfall skog som det forutsettes ikke brukes til produksjon av oppgradert gass). Inntekter er ikke trukket fra kostnader, dette gjelder også gatefee (behandlingsgebyret) for de ulike råvarene. Der råstoffet har en pris, slik som halm, er denne kostnaden ikke inkludert slik kostnadene fremstiilles i denne figuren.



Figur 23 Bedriftsøkonomiske kostnader, uten at gatefee/råstoffets pris er trukket fra, inkludert salgs- og distribusjonskostnader. Kostnadnene inkluderer transport av råstoff og biorest, produksjon av biogass (kapital og drift), oppgradering til drivstoffkvalitet, distribusjon og salg av gassen. Kostnader av oppgradering utgjør ca. 35 øre/kwh og kostnader til distribusjon og salg utgjør ca. 30 øre/kwh (med unntak av prosessavfall skog som det forutsettes ikke brukes til produksjon av oppgradert gass). Til sammenligning er prisen på LNG ca. 90 øre/kwh. Inntekter er ikke trukket fra kostnader, med unntak av gatefee (behandlingsgebyret) for de ulike råvarene. Der råstoffet har en pris, slik som halm, er denne prisen inkludert i kostnadene.



Figur 24 Bedriftsøkonomiske kostnader for husdyrgjødselkonseptene. Kostnadnene inkluderer transport av råstoff og biorest, produksjon av biogass (kapital og drift), oppgradering til drivstoffkvalitet (med unntak av for gårdsanlegg). Kostnadene inkluderer ikke kostnader til distribusjon og salg



Figur 25 Kostnader av å utnytte potensialet.

Figuren over viser kostnader ved utnyttelse av potensialet ved ulike utnyttelsesgrader. De lavesthengende fruktene antas å utnyttes først, og deretter utnyttes råstoff som er dyrere å utnytte i stigende rekkefølge. Den siste kwh i det realistiske potensialet ligger på 3,6 kr/kwh. Figuren viser kostnader for oppgradert gass for de råstoffene der vi forutsetter at det er oppgradering, som vil si alle råstoff med unntak av husdyrgjødsel gårdsanlegg og prosessavfall skog. Det er vist kostnader før subsidier, men med gatefee trukket fra, eller pris for råstoff inkludert. Kostnadene inkluderer ikke distribusjonskostnader og salg.

3.5 Usikkerhet

Kostnadene er svært sensitive for det valgte konseptet som er analysert. I hovedsak er det analysert én enkelt forretningsmodell for utnyttelse av hvert råstoff, og denne er i hovedsak at det bygges sambehandlingsanlegg som kan ta imot flere typer råstoff. Deretter har vi regnet ut kostnadene for hvert enkelt råstoff, og tar høyde for ulike karakteristikker ved de ulike råstoffene. Årsaken til at det er analysert flere konsepter for utnyttelse av husdyrgjødsel er nettopp for å gi et mer realistisk bilde av utnyttelse av husdyrgjødsel enn ved å legge en enkelt forretningsmodell til grunn når vi vet det er flere ulike forretningsmodeller som er aktuelle. Det finnes imidlertid flere mulige forretningsmodeller for utnyttelse av husdyrgjødsel og råstoff for øvrig enn det som analysert her. Det bør arbeides videre med utvikling av mulige forretningsmodeller for utnyttelse av avfallsstrømmer til biogassproduksjon enn det som er analysert her, både mer detaljert konseptutvikling for de forretningsmodellene som er

analysert i dette studiet og evt. nye. Et interessant spørsmål for videre arbeid er «hvordan kan eksisterende infrastruktur brukes optimalt til produksjon av biogass»? Et annet spørsmål som er interessant i denne sammenheng er hvordan myndigheter kan påvirke eierskapsstrukturer og økonomiske incentiver (subsidier og avgifter) til å oppnå denne optimale utnyttelsen.

Generelt har det vært vanskelig å bryte forbehandlingskostnader ned på de ulike delene av forbehandlingsprosessen. Det vil være forskjellige forbehandlingskostnader knyttet til ulike råstoff: åpning av «grønne poser», åpning av annen type emballasje for matavfall fra næring, og kostnader til forbehandling der kun hyginisering kreves vil ha forskjellige størrelsesordener. Det er i kostnadsanalysene antatt én felles kostnadskomponent (delt opp i investeringskostnader og driftskostnader) som gjelder alle råstoff hvor forbehandling er nødvendig, (med unntak av halm og kornavrens som har råstoff-spesifikke forbehandlingskostnader). Dette er en forenkling og kan føre til at kostnader er overvurdert eller undervurdert for råstoff som er tilegnet en forbehandlingskostand.

Kostnadene har varierende grad av usikkerhet. De råstoffene som er beheftet med størst grad av usikkerhet er: halm, kornavrens og frukt og grønnsaker. Dette er råstoff uten etablerte verdikjeder i Norge i dag.

For halm, har vi i stor grad brukt én kilde til kostnader: Lantz m.fl. (2018). Dette er en rapport som evaluerer potensialet og kostnader ved produksjon av biogass av halm og gress i en svensk kontekst. Den baserer seg på «high DM [dry matter] fermentation» og «organic acid» forbehandling. Det er usikkert om dette er teknologi som er tilgjengelig, gjennomførbar eller hensiktsmessig i det norske landbruket.

For grønnsaker er det ikke tatt stilling til ev. påløpte oppsamlingskostnader eller distribusjonskostnader utover transport av råstoffet fra gård til biogassanlegg. For å vurdere kostnadene som ikke er hensyntatt må man ta utgangspunkt i en verdikjede, og dette eksisterer ikke så vidt vi vet ikke i Norge i dag. Det kan imidlertid tenkes at oppsamlingskostnader ikke er vesentlige all den tid majoriteten av grønnsakene samles opp for andre formål enn for produksjon av biogass, og merkostnadene er knyttet til den andelen som ev. ligger igjen på bakken eller som i dag blir plukket opp, men så avhendet.

Kostnad for biogassproduksjon av kornavrens er beheftet med stor usikkerhet. Her er det ulike forbehandlingsmetoder som er mulige. I veileder for biogassanlegg (NMBU, 2017) står det under «Avfall fra planteproduksjon» at finkutting av halm kan være en mulig forbehandlingsmetode. Dette er imidlertid dyrt, ifølge kilden vi har brukt (Farm Based Economy Calculation Tool fra EUs «Intelligent Energy»). Det kan finnes rimeligere, tilgjengelig forbehandlingsteknologi som vi ikke har lyktes å avdekke.

4 Barrierer og muligheter til økt biogassproduksjon i Norge

4.1 Barrierer og drivere

Råstoff	Barrierer

Felles for flere råstoff	• Utfordrende å oppnå bedriftsøkonomisk lønnsomhet bl.a. fordi;
	  • Biogasspris i mange tilfeller lav i forhold til fossile energikilder og elektrisitet
	  • Svak infrastruktur for biogass leveranser (distribusjonsnettverk og/eller fyllestasjoner) (KLIF 2013)

	• Summen av kostnader og støtteordninger gjør diesel/HVO til et privatøkonomisk gunstigere alternativ enn biogass for tyngre kjøretøyer i følge Rambøll (2018) på vegne av Biogass Oslofjord. Det samme gjelder LNG for maritim sektor • Råstoff som egner seg til sambehandling er ofte ikke lokalisert i store konsentrasjoner i samme område. Eksempel: husdyrgjødsel befinner seg i spredt bebodde områder uten mye tilgjengelig matavfall • Sambehandlingsanlegg krever samarbeid mellom en rekke aktører (private og offentlige), samt kunnskap om biogassproduksjonsprosessen • Regelverk vanskeliggjør bruk av biorest som gjødsel for ulike råstoff
Husdyrgjødsel	• Husdyrgjødsel har lavt energiinnhold og høyt vanninnhold, hvilket innebærer mye transportarbeid per energienhet • Mange individuelle beslutningstakere (bønder) • Økonomiberegningene til Østfoldforskning (2019) viser at det er utfordrende å oppnå lønnsomhet for sentraliserte anlegg som ønsker å behandle husdyrgjødsel. Våre beregninger viser at også gårdsanlegg står overfor høye produksjonskostnader, selv tatt i betraktning subsidie-nivået. • Tilskudd til bruk av husdyrgjødsel forhandles årlig over jordbruksavtalen. Dette innebærer et uforutsigbart grunnlag for investeringsbeslutninger • Mangel på tilgjengelig kunnskap om hvilke gårder som vil ha de beste forutsetningene for å produsere biogass (antall dyr, type dyr, energibehov og eksisterende energibærer) (Østfoldforskning 2019) • Støtte til bruk av husdyrgjødsel fremforhandles over de årlige jordbruksavtalene. Det kan oppfattes som et for uforutsigbart grunnlag å fatte langsiktige investeringsbeslutninger på.
Halm	• Høye oppsamlings- og forbehandlingskostnader • Mulige utfordringer relatert til fuktighet • Ingen utviklet verdikjede for råstoffet • Konkurranse med forbrenning
Grønnsaker	• Ingen utviklet verdikjede for råstoffet • Alternativ bruk som dyrefôr
Kornavrens	• Ingen utviklet verdikjede for råstoffet • Alternativ bruk som dyrefôr på grunn av lav kostnad
Fiskeslam	• Mange spredte produksjonsanlegg med små volumer av avfall og energipotensiale • Fiskeslam har lavt energiinnhold og høyt vanninnhold, hvilket innebærer mye transportarbeid per energienhet
Fiskeensilasje	• Mange spredte produksjonsanlegg med små volumer av avfall og energipotensiale

	• Alternativ bruk av fiskeensilasje (f.eks. omega 3-produksjon, konkurranse med biogassproduksjon i Danmark)
Avløpsslam	• Småskala-produksjon øker produksjonskostnader og distribusjon (eller transport av slam) • Manglende incentiver til å optimere produksjon: biogassanleggene er ofte eid av kommuner, og ved suboptimale behandlingsmetoder, kan biogassprodusentene øke behandlingsgebyret. Det er innbyggerne i en kommune, og ikke renseanleggene selv, som bærer kostnader ved suboptimale behandlingsmetoder.
Matavfall fra husholdninger	• Begrensede spredningsområder for bioresten • Manglende tilrettelegging og insentiver for utsortering • Behov for å tilrettelegge for at matavfall kan sendes til gårdsanlegg for økt sambehandling
Matavfall fra serveringsbransjen og fra næringsmiddel-industrien	• Konkurrerende (og bærekraftige) bruksområder for organisk avfall (protein, dyrefôr) • Oppmerksomhet knyttet til å redusere matsvinn
Brukt vegetabilsk olje og fettrester (UCO)	• Små volumer og krevende innsamling • Alternativ bruk av råstoff (til HVO-produksjon)
Prosessavfall skog	• Lite utviklet verdikjede

4.2 Virkemiddelvurdering

Type virkemiddel	**Virkemiddel**
Lover, reguleringer, veiledere og forskrifter	Klare signaler om hvordan biogass skal vektlegges i offentlige anskaffelser. Omsettingskrav for biogass som en andel naturgass. Regelverk som påvirker hvor anvendbart biorest er som biogjødsel kan revideres til å bli mer tilpasset sirkulær økonomi: f.eks. kan krav til dyrefôr bidra til at husdyrgjødsel blir bedre egnet som biorest. Strengere juridiske krav til utsortering. Strengere krav til rensing av avløpsvann fra settefiskanlegg.

Markedsbaserte (økonomiske)	Gitt at et av hovedformålene med å stimulere til produksjon av biogass er å oppnå utslippsreduksjoner, er et nærliggende virkemiddel en høyere CO_2-avgift. Denne ville gjøre det mer attraktivt å velge biogass, og den ville stimulere til at biogassproduksjon i større grad blir bedriftsøkonomisk lønnsomt. Økonomiske insitamenter til kommuner som bidrar til større utsorteringsgrad. For å sikre mer forutsigbarhet i støtten til bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon kan finansieringsordningen (som i dag er årlig) revurderes til å ha et mer langsiktig format. Insitamentene for bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon kan utformes mer treffsikkert. Dagens støtteordning oppfordrer til mest mulig bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon. I stedet kunne støtten vært utformet til å oppnå størst mulig klimagevinst.
Dialog- og nettverksbaserte	Promotering av biogass hos forbrukere (f.eks. anleggsbransjen) En «avfalls- og mottaksbørs»: Tilrettelegging for koordinering mellom de som har avfall som kan være kilde til biogass og de som kan produsere biogass av avfallet. Dette kan ta form som en nettside eller app med en database med oppdatert informasjon om tilgjengelige avfallsmengder, mottakskapasitet, ev. avfallspriser eller behandlingspriser (dersom det ikke er sensitiv informasjon). Dette kan være aktuelt også for mindre anlegg, som f.eks. gårdsanlegg som behandler husdyrgjødsel, og kunne dratt nytte av å blande inn f.eks. matavfall for å få et høyere gassutbytte. Dette kan utformes sammen med f.eks. Felleskjøpet, etter modell (eller utvidelse av) «Felleskjøpets halmformidling».
Støtte av innovasjon og kunnskap	Forskning og utvikling av nye anvendelser for råbiogass og biorest (proteiner, kjemikaler). Kunnskap om optimal plassering av biogassanlegg i forhold til råstoffenes tilgjengelighet. Kunnskap om verdikjeder som ikke er utviklet i dag, og som staten ev. kan støtte oppunder, f.eks. desentraliserte avvanningsmuligheter.

5 Regulatoriske muligheter og barrierer

Regelverkene knyttet til miljøpåvirkning, ressursutnyttelse og matsikkerhet har stor betydning for den kommersielle verdien av potensielle biogassressurser og biogassrester. Det finnes en lang rekke bestemmelser som direkte eller indirekte regulerer håndteringen og behandlingen av de nevnte ressursene. De som vurderes som mest sentrale er:

Tabell 25 Oversikt over relevant regelverk

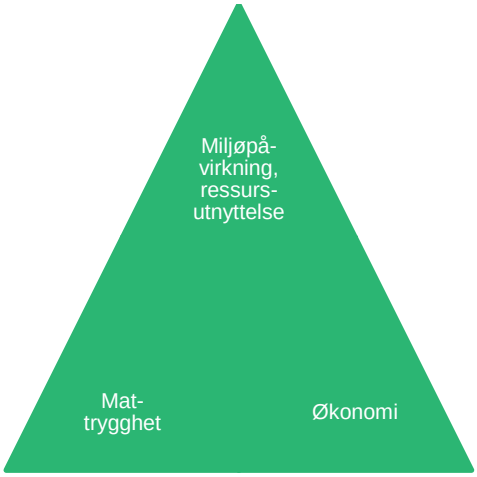
Regelverk	Betydning
Forurensningsloven	
§ 8. (begrensninger i plikten til å unngå forurensninger)	Tillater «vanlig» forurensning fra fiske, jordbruk og skogbruk
§ 30. Kommunal innsamling av husholdningsavfall m.v.	Gir kommunene innsamlingsplikt for husholdningsavfall. Miljødirektoratet har hjemmel for å pålegge ordninger for sortering av avfall, gitt visse vilkår.
§ 32. Håndtering av næringsavfall	Pålegger den som produserer næringsavfall å sørge for at dette blir brakt til avfallsanlegg eller gjennomgår gjenvinning. Unntak for fiske, jordbruk og skogbruk, såfremt forurensningen er «vanlig» etter § 8.
§ 33. (gjenvinning og annen behandling av avfall)	Gir hjemmel for Miljødirektoratet å pålegge at avfall skal gjenvinnes eller behandles på annen måte, gjennom forskrift eller vedtak.
Forurensningsforskriften	
§ 26-2. Virksomheter som må ha særskilt tillatelse etter forurensningsloven	Regulerer utslipp fra fiskeforedlingsvirksomheter. Virksomheter med stor produksjon må be Fylkesmannen om tillatelse for utslipp av prosessutslippsvann i sjø eller avløpsnett.
Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften)	
§ 9-4. Forbud mot deponering av visse avfallstyper	Forbyr deponering av biologisk nedbrytbart avfall. Det er bl.a. likevel tillatt å deponere avløpsslam som ikke tilfredsstiller kvalitetskravene for gjødselvarer.
Animaliebiproduktforskriften	Regulerer biprodukter, bl.a. husdyrgjødsel og fiskeensilasje
§ 7. Biogassproduksjon og kompostering – unntak fra krav om trykksterilisering og merking av materiale i kategori 2	Husdyrgjødsel kan komposteres eller omdannes til biogass uten forutgående trykksterilisering. Videre fritak for hygenisering dersom husdyrgjødsel kommer fra samme fylke som bioresten skal benyttes.
§ 12. Biprodukter som kan spres på jorder uten forutgående bearbeiding – materialer i kategori 2 og 3	Husdyrgjødsel kan spres på jorder uten forutgående bearbeiding forutsatt opprinnelse i samme fylke.
Forskrift om organisk gjødsel	Forskriften omfatter gjødselvarer av organisk opphav.
§ 10. Kvalitetskrav	For gjødselprodukter basert på aktuelle råstoff for biogassproduksjon, er det bl.a. føringer om maksimumsgrenser for tungmetaller, organiske miljøgifter, hygienisering og stabilisering. Hygieniseringskravene for husdyrgjødsel og fiskenæring faller under animaliebiproduktforskriften.
Forskrift om transport av akvakulturdyr	

§ 22. Sjøtransport og behandling av transportvann	Transportvann fra brønnbåter skal behandles før det slippes ut fra brønnbåten. Organisk slam som produseres ved behandlingen skal samles opp og behandles som animalsk biprodukt.
Forskrift om desinfeksjon av inntaksvann til og avløpsvann fra akvakulturrelatert virksomhet	
§ 5. Avløpsvann fra slakterier/tilvirkningsanlegg	Slakterier/tilvirkningsanlegg m.v. skal desinfisere alt avløpsvann slik at faren for smittespredning reduseres. Dette skal skje ved bruk av godkjent metode og utstyr og i samsvar med denne forskrift og anleggets driftsplan forøvrig. Organisk slam som produseres i forbindelse med behandling av avløpsvann fra slakting/tilvirkning, skal desinfiseres slik at faren for smittespredning reduseres.
§ 6. Avløpsvann fra landbaserte akvakulturanlegg	Mattilsynet kan bestemme at også andre landbaserte akvakulturanlegg enn de som driver med smitteforsøk skal desinfisere avløpsvannet slik at faren for smittespredning reduseres.

Forurensningslovens formål er blant annet å verne det ytre miljø mot forurensning, å redusere mengden av avfall og å fremme en bedre behandling av avfall. Når det gjelder hensynet til behandling av råvarestrømmer gjennom utnyttelse av biogass, er det flere hjemler i forurensningsloven som har betydning for ressurspotensialet. Forurensningslovens forskrifter hjemlet i denne, særlig forurensningsforskriften og avfallsforskriften, inkluderer bestemmelser om hvordan avfall i ulike segmenter kan disponeres.

Under lov om matproduksjon og mattrygghet mv. er det flere forskrifter som har betydning både for biogassressursers alternative anvendelser, samt for anvendelse av biorest som gjødselressurs. Formålet med loven er å sikre helsemessig trygge næringsmidler og fremme helse, kvalitet og forbrukerhensyn langs hele produksjonskjeden, samt ivareta miljøvennlig produksjon. Loven skal videre fremme god plante- og dyrehelse. Særlig relevante forskrifter er animaliebiproduktforskriften, forskrift om organisk gjødsel, forskrift om desinfeksjon av inntaksvann til og avløpsvann fra akvakulturrelatert virksomhet og forskrift om transport av akvakulturdyr.

I regelverksutformingen må det veies mellom hensynet til miljøpåvirkning og ressursutnyttelse av de ulike råstoffene, opp mot hensynet til mattrygghet og til økonomi. Tilsvarende må hensynet til mattrygghet veies opp mot hensynet til miljøpåvirkning og til økonomi. Strenge krav til ressursutnyttelse kan gå på bekostning av enten mattrygghet eller økonomi, innenfor en gitt teknologisk ramme, illustrert ved trekanten under. Vektleggingen av de ulike hensyn bestemmer plasseringen i figuren.



5.1 Innstramming av regelverk, betydning for biogasspotensial

Innenfor de regulatoriske rammene er det i praksis lønnsomheten til de konkrete alternativene som avgjør i hvilken grad potensialet realiseres. Ulike typer innstramminger i regelverket vil kunne ha betydning for hvor mye av det realistiske potensialet som kan utløses, ved at alternativer snevres inn. For eksempel ble det i 2009 med endringer i avfallsforskriften §9-4 forbudt å deponere biologisk nedbrytbart avfall. Denne innsnevringen har blitt trukket fram som viktig for alternativ anvendelse av avfallet som en ressurs, herunder også som biogass. For hvert råstoff under, har vi vurdert de mest relevante regelverkene for råstofftilgangen og for verdien av biorestene fra disse under et scenario med stram politikk for miljøpåvirkning og/eller ressursutnyttelse. Vi har deretter vurdert hvilke innstramminger i regelverkene som kunne være tenkelige med formål om økt utnyttelse til biogassproduksjonen. Det er deretter anslått hva det vil kunne ha å si for potensialet

Husdyrgjødsel

Det teoretiske potensialet (1 967 GWh i 2030) er beregnet ut ifra forventet gjødselproduksjon fra mengden husdyr i 2030. Det realistiske potensialet (796 GWh i 2030) tar utgangspunkt i gårdsstørrelse og transportavstander for å finne potensialet fordelt på fem ulike typer biogassanlegg.

Regulering

Husdyrgjødsel kan i dag spres på jorder uten forutgående bearbeiding, jf. animaliebiproduktforskriften, så lenge det skjer innenfor samme fylke. Det kan tenkes at det utformes nye reguleringer, som vil kunne ha betydning for utnyttelsen som biogassressurs. For eksempel vil reguleringer som setter begrensninger på anvendelse av ubehandlet husdyrgjødsel, enten av hensyn til mattrygghet *(krav om hygienisering),* hensynet til miljø *(begrensninger på utslipp av klimagasser eller forurensning)* eller til

ressursutnyttelse *(krav om energiutnyttelse*), kunne bidra til at levering av husdyrgjødsel til behandling i biogassanlegg blir mer aktuelt. I et scenario med stram politikk kunne det tenkes at det av hensyn til miljø- eller ressursutnyttelse ble fastsatt krav om at all husdyrgjødsel fra gårder over en viss størrelse, som ligger innenfor en viss radius av et biogassanlegg, ble behandlet i biogassanlegg.

Potensial

Vi forutsetter at det lønnsomme potensialet med dagens subsidieordninger tilsvarer i størrelse potensialet til de tre mest lønnsomme husdyrgjødselkonseptene. Disse forretningsmodellene innebærer leveranse til eksisterende biogassanlegg, og disse konseptene har produksjonskostnader på 80-106 øre/kwh etter subsidier (kostnader av distribusjon og salg av gass er ikke inkludert). Se kapittel 2 og 3 for nærmere beskrivelse av disse konseptene. Disse forretningsmodellene for utnyttelse av husdyrgjødsel kan utløse et potensial på ca. 400 GWh innen husdyrgjødsel innen 2030. Det bemerkes at selv om disse konseptene kan ha relativt lave kostnader (sammenlignet med andre forretningsmodeller) betyr det ikke at det ikke vil kreve noen grep fra myndighetenes side. Blant annet bør det tas rede på hvilke eierstrukturer/incentiver som vil utløse dette potensialet. Det tar vi ikke stilling til her.

Potensialet avhenger av hvor strengt et eventuelt krav blir. For eksempel vil innføring av et krav om at alle gårder som produserer over 168 tonn husdyrgjødsel i året (over ett lastebillass i uka) skal levere gjødsla til biogassproduksjon, kunne utløse anslagsvis 1 869 GWh av det teoretiske potensialet på 1967 GWh i 2030.

Kostnader og fordeling

Et slikt krav ville imidlertid ha betydelige økonomiske virkninger for de gårdene som ble pålagt nye kostnader knyttet til transport og behandling. Innføring av et generelt krav ville kreve investeringer i biogassanlegg tilpasset den pålagte mengden. Kostnadene til oppbygging av denne kapasiteten ville måttet dekkes av anleggenes inntekter, sannsynlig gjennom en høy gatefee. Samtidig ville statsstøtte ikke være lovlig dersom reguleringen i seg selv er utløsende for biogassanleggene. Samlet sett ville et slikt krav være egnet til å velte over kostnader for biogassbehandling til gårdene selv

Halm

Det teoretiske potensialet for halm som råstoff for biogassproduksjon (1 124 GWh i 2030) er beregnet med utgangspunkt i forventet utvikling i halmproduksjonen. Det realistiske potensialet (337 GWh i 2030) er beregnet ved å trekke fra de andelene med høy nytteverdi til andre formål (14 % til fôr og strø, 50 % tilbakeføres jorden for karboninnhold og struktur).

Regulering

Noe av halmen blir i dag imidlertid ansett å ha lite nytteverdi og blir forbrent på jordene. Forurensning fra halmbrenning faller under § 8 i forurensningsloven om «vanlig forurensning» fra landbruk og er tillatt på nasjonalt nivå. Enkelte kommuner har av ulike årsaker innført forbud mot halmbrenning i lokale forskrifter. I forbindelse med Norges utslippsrapportering av klimagasser for perioden 1990-2017 til FN (Miljødirektoratet, 2019) blir anslagsvis 4 % av norske landbruksrester forbrent på åker. Et nasjonalt forbud mot halmbrenning, ville medføre at disse måtte behandles på annet vis, enten ved nedpløying i jord, oppsamling og kompostering/omdanning til biogass. Andre fordeler ved et forbud mot forbrenning er reduserte utslipp av lokal forurensning, svart karbon samt av metan som følger av ufullstendig forbrenning på jordene.

Potensial

Med utgangspunkt i at det realistiske potensialet er begrenset av mengden halm som kan tas ut uten å gi tap av karbon eller andre bestanddeler. Innføring av et forbud mot halmbrenning vil kunne utløse en andel av det realistiske potensialet tilsvarende den delen som kan tas ut av kretsløpet tilsvarende den forbrente mengden, anslagsvis 45 GWh av potensialet (sett opp mot et realistisk potensial anslått til (340 GWh). Det vurderes likevel som at et forbud i seg selv ikke ville realisere biogasspotensialet, men at den økonomiske lønnsomheten som bestemmer i hvilken grad halmen pløyes tilbake i jorda eller transporteres til behandling i biogassanlegg.

Kostnader og fordeling

Vi vet lite om biogassproduksjon av halm. Produksjonskostnader (inkl. kostnaden for å kjøpe halm) er anslått til 170 øre/kwh etter subsidier (ikke inkludert kostnader til salg og distribusjon). Det er lite trolig at halm vil brukes til biogassproduksjon dersom dette kostnadsbildet stemmer, og reguleringer endrer ikke dette bildet. Andre forretningsmodeller for bruk av halm vil også kunne endre kostnaden ved halmproduksjon, for eksempel sambehandling med våte råstoff.

Grønnsaks- og fruktrester

Det teoretiske potensialet for biogassproduksjon basert på grønnsaks- og fruktrester (52 GWh i 2030) tar utgangspunkt i at 100 prosent av disse restene kunne samles til biogassproduksjon hvis tilstrekkelige insitamenter var på plass. Det realistiske potensialet er snevret inn til 46 prosent (20 MWh ut over dagens bruk) av det teoretiske potensialet basert på avfallshiearkiet, (jf. Figur 6 Prioritering for bruk av råstoff i analysen).

Regulering

Det er ikke identifisert et regelverk som regulerer grønnsaks- og fruktrester, annet enn § 8 i forurensningsloven om vanlig forurensning i landbruket og § 32 med unntaket for behandling av næringsavfall i landbruket. Dersom det ble innført et forbud mot at grønnsaks- og fruktrester ble liggende igjen på jordene, ville det øke mulighetene til å realisere det realistiske potensialet. Samtidig ville økonomiske og miljømessige forhold knyttet til ulike alternativer (for eksempel mellom dyrefôr, kompostering og biogassråstoff) spille en avgjørende rolle.

Potensial

Det vurderes at et forbud i seg selv ikke vil være avgjørende for å realisere det realistiske biogasspotensialet på 24 GWh i 2030, men at den økonomiske lønnsomheten som bestemmer i hvilken grad grønnsaks- og fruktrester går til dyrefôr, komposteres på gården eller transporteres til behandling i biogassanlegg.

Arbeidet med å samle sammen grønnsaks- og fruktrester er imidlertid en viktig del av kostnaden knyttet til råstoffet, og dersom dette først er gjort, er det sannsynlig at de delene som er uegnet som dyrefôr vil gå til biogassproduksjon.

Kostnader og fordeling

Innsamling av grønnsaks- og fruktrester, vil reprensentere en kostnad for gårdene, men disse kostnadene er ikke identifisert i dette studiet.

Fiskeslam

Det teoretiske potensialet for fiskeslam (92 GWh i 2030) er avledet fra forventet utvikling i produksjon av smolt og settefisk i anlegg på land[59]. Ifølge NIBIO (2016a) er gjenbruk av fiskeslammet som gjødsel i jordbruket håndteringsmetoden som er vanligst per i dag. Det realistiske biogasspotensialet er beregnet til 88 % av dette (81 GWh), hvor de minste settefiskanleggene er holdt utenfor på grunn av høy kost/nytte.

Regulering

I dag er det ikke krav om hygienisering av fiskeslam ved bruk som gjødsel i jordbruket, hverken i animaliebiproduktforskriften eller forskrift om organisk gjødsel. Innføring av krav om hygienisering vil medføre at det blir mer aktuelt å gjennomgå transport og behandling, og dette kan gjøres i forbindelse med biogassproduksjon. Et slikt krav er foreslått av Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet i forbindelse med revideringen av forskrift om organisk gjødsel.

Potensial

Det vurderes at et eventuelt krav om hygienisering i seg selv ikke ville realisere biogasspotensialet på 81 GWh i 2030. Det er den økonomiske lønnsomheten som bestemmer i hvilken grad fiskeslam blir utnyttet som biogass eller direkte som gjødsel i jordbruket. Kravet om hygienisering vil imidlertid kunne medføre at det er mer attraktivt å behandle det i sentraliserte anlegg, herunder også i biogassanlegg.

Kostnader og fordeling

For settefiskprodusentene vil et krav om hygienisering gi økte kostnader knyttet til å bli kvitt sitt slam. Basert på kostnader for hygienisering av matavfall (MEPEX 2018) er øvre grense for dette anslått til 280 kr per tonn råstoff.

Fiskeensilasje

Det teoretiske potensialet for biogassproduksjon basert på fiskeensilasje (188 MWh i 2030) er beregnet ut ifra forventet utvikling i tilgangen på fiskeensilasje i kategori 2, altså materiale fra fisk som i hovedsak er selvdød eller klinisk syk uten ytre tegn til sykdom. Kategori 2-fiskeavfall kan ikke brukes som fôr til matproduserende dyr. I tråd med animaliebiproduktforskriften kan disse benyttes til fôr til pelsdyrnæringen. Det realistiske potensialet for 2030 er det samme som det teoretiske, hvorav 148 MWh er økningen sammenlignet med i dag.

Regulering

Lov om forbud mot hold av pelsdyr innfører forbud fra 2025, og det antas således at fiskeavfall som fôr til pelsdyrnæringen vil trappes ned mot den datoen.

---

[59] Vurderingene er begrenset til smolt og settefiskproduksjon på land. Utslipp fra oppdrettsanlegg til havs samles ikke inn eller renses i dag. Det finnes tekniske konsepter for innsamling av utslippet fra oppdrettsanlegg til havs, men disse er ikke i bruk per i dag, og den fremtidige utviklingen er usikker.

Dersom det i fremtiden blir muligheter til innsamling av utslippet fra hele oppdrettsnæringen, vil det være betydelige mengder fiskeslam som må behandles, med tilhørende økning i potensialet for biogassproduksjon.

Potensial

Det anses som lite sannsynlig at anvendelse som gjødsel eller jordforbedringsmiddel skulle konkurrere med biogass, siden disse typisk har lavere verdi. Konkurransen mellom biogass, fôrproduksjon til pelsdyrnæringen og biofyringsolje er mer sannsynlig, og vil være avhengig av etterspørsel for hver av disse anvendelsene. Med forbudet mot pelsdyrhold som er vedtatt av Stortinget, vil alternative bruksmuligheter begrenses.

Kostnader og fordeling

Forbudet mot pelsdyrhold er vedtatt av årsaker som ikke har sammenheng med biogass, og kostnader/fordeling er ikke relevante for dette formålet.

Avløpsslam

Det teoretiske potensialet er beregnet ut fra befolkningsvekst og forventet mengde slam som blir tilgjengelig. Det realistiske potensialet er begrenset fra andelen av befolkningen som er tilknyttet store anlegg. Hoveddelen av det ytterligere potensialet (154 GWh i 2030) kommer fra biogass som produseres, men som blir faklet (82 GWh).

Regulering

I dag er det en betydelig andel biogass fra avløpsslam som blir faklet. I 2018 var det slambehandlingsanlegg var ca. 23 prosent av produksjonen. Et eventuelt krav om energiutnyttelse av biogass fra behandlingsanlegg, for eksempel gjennom §33 i forurensningsloven, ville kunne bidra til å utløse det realistiske potensialet.

Potensial

Det er i dag den økonomiske lønnsomheten som bestemmer i hvilken grad den produserte biogassen fra slambehandling blir utnyttet eller faklet. Avhengig av lønnsomheten, vil innføring av et forbud mot fakling av biogass fra slambehandlingsanlegg kunne bidra til opp mot nye 82 GWh i 2030.

Kostnader og fordeling

Det vil i hovedsak være økonomiske hensyn som gjør at produsert biogass blir faklet, knyttet til kostnader for oppgradering og videre distribusjon. Et krav om energiutnyttelse ville derfor ha økonomiske virkninger for anleggene som blir pålagt nye kostnader. Kostnadene til oppbygging av denne kapasiteten ville måttet dekkes inn og veltes over til innbyggerne og næringsliv gjennom vann- og avløpssgebyrer. Det er samtidig verdt å merke seg at statsstøtte til oppgraderings- og distribusjonsanlegg ikke ville være lovlig dersom det er krav om energiutnyttelse i regelverket.

Matavfall fra husholdninger

Det teoretiske potensialet er beregnet på grunnlag av forventet befolkning i 2030. samt forventet matavfall per innbygger. Det er i dette lagt til grunn en halvering av matsvinn sammenlignet med i dag. Det realistiske potensialet er lik det realistiske potensialet på 395 GWh i 2030, av dette er 141 GWh dagens produksjon.

Regulering

Avfallsinnsamling fra husholdningene er en kommunal oppgave, og det er opp til kommunene selv å bestemme hva som skal sorteres ut og på hvilken måte. Forurensningsmyndigheten har imidlertid

hjemmel i forurensningsloven for å kunne gjennom forskrift eller vedtak pålegge kommuner å innføre ordninger for sortering av avfall, basert på en vurdering av kost/nytte.

Potensial

Biogassproduksjon basert på matavfall er et segment som har relativt sett lave produksjonskostnader. Det kan imidlertid være ulike årsaker til at kommunal avfallsinnsamling ikke krever utsortering. Innføring av et nasjonalt krav om for innsamling og sortering av matavfall vil kunne bidra til å utløse mer av det realistiske potensialet. Det vurderes at dersom matavfallet først er innsamlet, vil det bli benyttet i produksjon av biogass, og er således utløsende for hele potensialet på ytterligere 254 GWh i 2030.

Kostnader og fordeling

Ved pålegg av innsamling og utsortering av matavfall vil det medføre kostnader for avfallstjenesten. Dette er en kostnad som veltes over til innbyggerne i den enkelte kommune.

Matavfall fra serveringsbransjen, grossist/dagligvare og fra næringsmiddel-industrien

Det realistiske potensialet på biogass fra matavfall fra næringsmiddelindustrien (49 GWh i 2030) grossist/dagligvare (30 GWh i 2030) og serveringsbransjen (102 GWh i 2030) tar utgangspunkt i beregnet mengde som ikke kan gå til mat (via gjenbruk eller donasjon) eller brukes til dyrefôr. Kompostering og forbrenning er alternative behandlingsmåter som kan konkurrere. Det realistiske potensialet er satt som følge av begrensninger i tekniske systemer andre barrierer knyttet til innsamling.

Regulering

Matavfall fra serveringsbransjen, grossist/dagligvare og fra næringsmiddelindustrien er å regne som næringsavfall som må etter forurensningsloven enten bli brakt til avfallsanlegg eller gjenvinnes. Etter § 33 i forurensningsloven har imidlertid forurensningsmyndigheten hjemmel til å fastsette forskrift om gjenvinning eller annen behandling, basert på et rimelig forhold mellom kost/nytte. Med utgangspunkt i dette kan det pålegges at matavfall samles inn, utsorteres og leveres til behandling som råstoff for biogassproduksjon.

Potensial

Innføring av et strammere regelverk for innsamling og sortering av matavfall vil kunne bidra til å utløse store deler av det realistiske potensialet. Med utgangspunkt i sorteringsgraden i husholdningsavfall fra områder med innsamling av matavfall, anslår vi at minst halvparten av dette avfallet kan utsorteres i 2030, med et potensial på 90 GWh i 2030

Kostnader og fordeling

Pålegg om innsamling av matavafall fra næringsaktørene over vil medføre kostnader i næringslivet knyttet til utsortering og kostnader knyttet til videre behandling som veltes over på næringslivet.

Kornavrens

For kornavrens har vi ikke identifisert regelverk som hindrer eller fremmer kornavrens som råstoff for biogass.

Brukt vegetabilsk olje og fettrester (UCO)

For UCO har vi ikke identifisert regelverk som hindrer eller fremmer UCO som råstoff for biogass.

Prosessavfall skog

For prosessavfall fra papir- og skogsproduktindustri har vi ikke identifisert regelverk som hindrer eller fremmer prosessavfallet som råstoff for biogass.

Oppsummering av mulige regelverksendringer med betydning for utnyttelse av potensialet

Råstoff	Regelverksendring	Kostnader og fordeling
Husdyrgjødsel	En en eventuell endring i regelverk med krav om levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg vil ha betydning, både for potensial, og for hvem som betaler.	Betydelig potensial men også betydelige kostnader avhengig av terskelverdier for kravet. Krav innbærer at kostnader for utbygging av biogassanlegg bæres av gårdene selv.
Halm	Halm tillates brent på jordene som «vanlig forurensning» etter § 8 i forurensningsloven. Et nasjonalt forbud mot halmbrenning ville kunne øke ressursutnyttelsen av halm, enten som karbonbinding i jord eller som energiutnyttelse.	Mindre kostnader, potensial er avhengig av markedsmessige forhold for om det er lønnsomt å levere halm til biogassanlegg.
Grønnsaker	Dersom det ble innført et forbud mot at grønnsaks- og fruktrester ble liggende igjen på jordene, ville det øke mulighetene til å realisere det realistiske potensialet.	Innsamling av grønnsaks- og fruktrester vil reprensentere en kostnad for gårdene.
Fiskeslam	Innføring av krav om hygienisering vil medføre at det blir mer aktuelt å gjennomgå transport og behandling, og dette kan gjøres i forbindelse med biogassproduksjon.	For settefiskprodusentene vil et krav om hygienisering gi økte kostnader knyttet til å bli kvitt sitt slam.
Fiskeensilasje	Lov om forbud mot hold av pelsdyr innfører forbud fra 2025, og det antas således at fiskeavfall som fôr til pelsdyrnæringen vil trappes ned mot den datoen.	Forbudet mot pelsdyrhold er vedtatt av årsaker som ikke har sammenheng med biogass, og kostnader/fordeling er ikke relevante for dette formålet.
Avløpsslam	Et eventuelt krav om energiutnyttelse av biogass fra behandlingsanlegg, ville kunne bidra til å utløse det realistiske potensialet.	Et krav ville ha økonomiske virkninger for anleggene som blir pålagt nye kostnader. Kostnadene ville måttet dekkes inn og veltes over til innbyggerne og næringsliv gjennom vann- og avløpssgebyrer. Statsstøtte til oppgraderings- og distribusjonsanlegg

		ville ikke være lovlig dersom det er krav om energiutnyttelse i regelverket.
Matavfall fra husholdninger	Forurensningsmyndigheten kan gjennom pålegge kommuner å innføre ordninger for sortering av avfall, basert på en vurdering av kost/nytte.	Ved pålegg av innsamling og utsortering av matavfall vil det medføre kostnader for avfallstjenesten. Dette er en kostnad som veltes over til innbyggerne i den enkelte kommune.
Matavfall fra serveringsbransjen og fra næringsmiddel-industrien	Forurensningsmyndigheten har hjemmel til å fastsette forskrift om gjenvinning eller annen behandling, basert på et rimelig forhold mellom kost/nytte. Med utgangspunkt i dette kan det pålegges at matavfall samles inn, utsorteres og leveres til behandling som råstoff for biogassproduksjon.	Pålegg om innsamling av matavafall fra næringsaktørene over vil medføre kostnader i næringslivet knyttet til utsortering og kostnader knyttet til videre behandling som veltes over på næringslivet.
Brukt vegetabilsk olje og fettrester (UCO)	Ingen identifisert.	-
Prosessavfall skog	Ingen identifisert.	-
Kornavrens	Ingen identifisert.	-

6 Kilder

1. ADEME, 2013. Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en methanisation. Tilgjengelig: https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/88252_gisements-substrats-methanisation.pdf
2. Aquateam COWI, 2019. Utnyttelse av avfall fra marin matproduksjon til regional fornybar energi
3. ART Fuels, 2018, Technology status and reliability of the value chains: 2018 Update. Tilgjengelig: https://platformduurzamebiobrandstoffen.nl/wp-content/uploads/2019/04/2018_ART-Fuels-Forum_SGAB-Technology-Status-and-reliability-of-value-chains_2018-update.pdf
4. Avfall Norge, 2018. Nasjonal beregning av mengde matsvinn på forbrukerleddet. Tilgjengelig: https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M1016/M1016.pdf
5. Avfall Norge, 2019. KLD varsler Handlingsplan på biogass. Tilgjengelig: https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/kld-varsler-handlingsplan-på-biogass
6. Bioforsk, 2012. Halm som biobrensel. Tilgjengelig: https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2451426/Bioforsk-Rapport-2012-07-67.pdf?sequence=2&isAllowed=y
7. Bioforsk, 2013. Mengde Utskilt husdyrgjødsel. Tilgjengelig: https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/klima-og-miljoprogrammet/prosjekter-2013/forurensning-til-jord-og-vann/_attachment/38881?_ts=146860f9290&download=true
8. Biogass Oslofjord, 2019. Smolt- og oppdrettsanlegg som klimatiltak
9. Biogass Østfold, 2013. Mulighetsanalyse for biogassutbygging i Indre Østfold, Rakkestad og Halden. Tilgjengelig: http://www.biogassostfold.org/wp-content/uploads/13.05.22.Rapp_Flp_ver6.pdf
10. BioGrace GHG calculation tool v4. Tilgjengelig: https://www.biograce.net/
11. Boesgaard K., 2017. Biogas i Scandinavia. Tilgjengelig: https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2017/11/nr-4-skandinaviens-biogaskonference-2017-7112017-mjompi.pdf
12. Brentrup F., 2016. Carbon footprint analysis of mineral fertilizer production in Europe and other world regions.
13. Brod E. et.al., 2017. Drying or anaerobic digestion of fish sludge: Nitrogen fertilisation effects and logistics, DOI: 10.1007/s13280-017-0927-5
14. Carbon Limits, 2017. Bærekraft og klimagassreduksjoner for norskprodusert biogass – kunnskapsgrunnlag og anbefalinger til innkjøpere. Tilgjengelig: https://www.avfallnorge.no/fagomraader-og-faggrupper/rapporter/bærekraft-og-klimagassreduksjoner-for-norskprodusert-biogass
15. Carbon Limits, 2018. Tilrettelegging for bruk av biogass i Rogaland. Tilgjengelig: https://www.miljokommune.no/Documents/Klima/Klimasats-eraringer%202017/2017%20Rogaland%20rapport.PDF
16. Cermaq, 2017. Konvertering av slam fra settefiskanlegg til biogass
17. CERMAQ, 2019. Teknisk sluttrapport for Konvertering av slam fra settefiskanlegg til biogass
18. DKNVS og NTVA, 2012. Verdiskaping basert på produktive hav i 2050. Tilgjengelig: https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf
19. DKNVS og NTVA, 2012. Verdiskaping basert på produktive hav i 2050. Tilgjengelig: https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf
20. Durdevic D, 2019. Energy Recovery from Sewage Sludge: The Case Study of Croatia. Tilgjengelig: https://www.mdpi.com/1996-1073/12/10/1927

21. Ecofys, 2013. Low ILUC potential of wastes and residues for biofuels. Tilgjengelig: http://www.mvak.eu/test5674213467/Ecofys_2013_low_ILUC.pdf
22. EU Intelligent Energy. Farm-based Economy Calculation Tool
23. Fiskeridirektoratet, 2019. Salg av smolt og settefisk for utsett i sjø. Antall i 1000 stk og verdi i 1000 kr. Tilgjengelig: https://www.fiskeridir.no/Tall-og-analyse/Statistikkbanken
24. Fiskeridirektoratet, 2019b. A.03.006 Akvakultur. Settefisk/Yngel. Antall tillatelser i drift, etter fylke, type og år. Tilgjengelig: https://www.fiskeridir.no/Tall-og-analyse/Statistikkbanken
25. FNR, 2019. Bioenergy in Germany: facts and figures 2019. Tilgjengelig: http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/broschuere_basisdaten_bioenergie_2018_engl_web_neu.pdf
26. Fuchs W. et.al, 2013. Assessment of the state-of-the-art technologies for the processing of digestate. Water Science & Technology
27. Geerolf L., 2018. The biogas sector development: Current and future trends in Western and Northern Europe. Tilgjengelig: https://pdfs.semanticscholar.org/df55/8be4f5e3702dce1bf4b1e6a54a15962c479a.pdf
28. Goodtech, 2016. Biogass for settefisk. Tilgjengelig: http://tekset.no/wp-content/uploads/2016/02/030216-Goodtech-TEKSET.pdf
29. Gitlesen, S. m.fl., 2019. Biogass/biorestproduksjon som bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren. Sluttrapport kvalifiseringsprosjekt – RFFVEST. NORCE og Østfoldforskning.
30. Haraldsen T. 2010. Anvendelser av biorest i Norge, Bioforsk Jord og miljø
31. Helsedirektoratet, 2018. Utviklingen i norsk kosthold 2018. Tilgjengelig: https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/utviklingen-i-norsk-kosthold/Utviklingen%20i%20norsk%20kosthold%202018%20%E2%80%93%20Fullversjon.pdf/_/attachment/inline/d8c8be07-70a5-4f53-9481-62eaae72fe45:77c2c8b3f704fdb389a2d5b2660419679446b19d/Utviklingen%20i%20norsk%20kosthold%202018%20%E2%80%93%20Fullversjon.pdf
32. Hordafor, 2017. Fagseminar om biologisk behandling, biogass og kompostering. Tilgjengelig: https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/avfall-norge-no/20170928_Siv_Ingerid_Ostervold_Hordafor.pdf
33. Hordafor, 2019. Produkter. Tilgjengelig: http://www.hordafor.dk/page/4663/Produkter
34. IEA Bioenergy, 2015. Sustainable biogas production in municipal wastewater treatment plant. Tilgjengelig: task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Wastewater_biogas_grey_web-1.pdf
35. IES, 2007. Cereals Straw Resources for bioenergy in the European Union. Tilgjengelig: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC35679/PUBSY%205679%20-%20EUR%2022626%20-%20docnum.pdf
36. IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Tilgjengelig: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html
37. IVL, 2016. Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment
38. KLIF, 2013. Underlagsmateriale til tverrsektoriell biogass-strategi
39. Landbruksdirektoratet, 2019a. Produksjons- og avløsertilskudd til jordbruksforetak – søknadsomgang 2019 del 1. Tilgjengelig: http://data.norge.no/data/landbruksdirektoratet/produksjons-og-avl%C3%B8sertilskudd-til-jordbruksforetak-%E2%80%93-s%C3%B8knadsomgang-2019
40. Landbruksdirektoratet, 2019b. Tilskudd for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg
41. Lantz et al., 2017. An economic comparison of dedicated crops vs agricultural residues as feedstock for biogas of vehicle fuel quality. DOI: 10.3934/energy.2017.5.838. Tilgjengelig: https://www.researchgate.net/publication/320082184_An_economic_comparison_of_dedicated_crops_vs_agricultural_residues_as_feedstock_for_biogas_of_vehicle_fuel_quality

42. Lantz et al., 2018. Biogas and Ethanol from Wheat Grain or Straw: Is There a Trade-Off between Climate Impact, Avoidance of iLUC and Production Cost? DOI: 10.3390/en11102633
43. Linne, 2008. Den Svenska Biogaspotentialen från inhemska restprodukter. Tilgjengelig: http://www.mynewsdesk.com/material/document/3349/download?resource_type=resource_document
44. Luostarinen et al., 2017. Finnish Normative Manure System. Tilgjengelig: https://jukuri.luke.fi/handle/10024/540238
45. Macias-Corral M. et al., 2017. Co-digestion of agricultural and municipal waste to produce energy and soil amendment.
46. Mahon A. et.al, 2016. Microplastics in Sewage Sludge: Effects of Treatment
47. Mattilsynet, 2012. Veileder til biproduktforordningen. Tilgjengelig: http://hrs.no/wp-content/uploads/2012/11/Veileder-Biproduktforordning-Mattilsynet.pdf
48. Mattilsynet, 2013. VKM har risikovurdert bearbeidingsmetode for kategori 2- og 3-materiale av fisk. Tilgjengelig: https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/animaliebiprodukter/vkm_har_risikovurdert_bearbeidingsmetode_for_kategori_2_og_3materiale_av_fisk.7417
49. Matvett, 2017. Bransjeavtale om matsvinn. Tilgjengelig: https://www.matvett.no/bransje/aktuelt/bransjeavtale-om-matsvinn
50. Matvett, 2018b. Matsvinn i Norge - Rapportering av nøkkeltall 2015-2017. Tilgjengelig: https://www.matvett.no/uploads/documents/Matsvinn-i-Norge-Rapportering-av-nokkeltall-2015-2017.pdf
51. Matvett, 2018a. Matsvinnet på vei ned i serveringsbransjen. Tilgjengelig: https://www.matvett.no/bransje/aktuelt/matsvinnet-pa-vei-ned-i-serveringsbransjen
52. Matvett, 2019a. Om matsvinn. Tilgjengelig: https://www.matvett.no/bransje/om-matsvinn
53. MEPEX, 2018. Utsortering og materialgjenvinning av biologisk avfall og plastavfall
54. Miljødirektoratet, 2013. Underlagsmateriale til tverrsektoriell biogass-strategi. Tilgjengelig: https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/publikasjoner-fra-klif/2013/april/underlagsmateriell-for-tverrsektoriell-biogass-strategi/
55. Miljødirektoratet, 2015. Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030. Tilgjengelig: http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M386/M386.pdf
56. Miljødirektoratet, 2019b. Norskeutslipp.no
57. Miljødirektoratet, 2019d. Utkast til veileder for utredning av klimatiltak som skal brukes inn i 2030-analyser
58. Miljødirektoratet, 2019a. Avfallstyper beskrivelse. Tilgjengelig: https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/verktoy/skjema/bioavfall-og-slam/avfallstyper-liste.pdf/download
59. Miljødirektoratet, 2019c. Salget av avansert biodrivstoff økte i fjor. https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2019/mai-2019/salget-av-avansert-biodrivstoff-okte-i-fjor/
60. NIBIO, 2016a. Biogassproduksjon fra settefiskslam i sentraliserte og desentraliserte biogassanlegg. Tilgjengelig: https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2423592
61. NIBIO, 2016b. Jordbrukets bidrag til bioøkonomien. Tilgjengelig: https://www.landbruksdirektoratet.no/en/campaign/_attachment/49177?_ts=1504cc0fec0&download=true
62. NIBIO, 2017. Klimatiltak i jordbruk og matsektoren – kostnadsanalsye av fire tiltak
63. NIBIO, 2018a. Biogass fra marint fiskeslam sambehandlet med husdyrgjødsel og myse. Tilgjengelig: https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2567506

64. NIBIO, 2018b. Mulighetsstudie biogassanlegg Helgeland. Tilgjengelig: https://www.regjeringen.no/contentassets/9be2c690345d481c9e31b17e8947ddaa/mulighetsstudie-biogassanlegg-helgeland.pdf
65. NMBU, 2015. Forsøk med proteinkonsentrat av ensilerte kategori 2 biprodukter fra oppdrettsfisk som fôr til blårev i vekstperioden. Tilgjengelig: https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901032/
66. NMBU, 2017. Veileder for biogassanlegg - mulighetsstudie, planlegging og drift. Tilgjengelig: https://www.innovasjonnorge.no/globalassets/finansieringstjenester/bioenergiprogrammet/praktisk-veileder-for-biogassanlegg.pdf
67. Nofima, 2010. Utilization of sludge from recirculation aquaculture systems. Tilgjengelig: https://www.nofima.no/filearchive/Rapport%2009-2010.pdf
68. Nofima, 2016. Etterbruk av rognkjeks - Fra lusespiser til middagsmat. Tilgjengelig: https://nofima.no/pub/1397108/
69. Nofima, 2018. Kostnadsdrivere i lakseoppdrett, 2018. https://nofimaas.sharepoint.com/sites/public/Cristin/Rapport%2037-2018.pdf?&originalPath=aHR0cHM6Ly9ub2ZpbWFhcy5zaGFyZXBvaW50LmNvbS86Yjovcy9wdWJsaWMvRWFkN0N2TlVDQVZFaHRxVWl1RjhtY2dCOUhqb0Z3RndCTU94RkNLdl8yS1JMQT9ydGltZT1aYUxpUzIxYzEwZw
70. Norconsult, 2019. Biogassanlegg i Alta – forprosjekt
71. Norden, 2016. Food losses and waste in primary production Tilgjengelig: http://www.cncda.gov.pt/images/DocumentosLegislacao/Nordicofoodlosses.pdf
72. Norges Skogeierforbund, 2018. Skog - En viktig del av klimaløsningen. Tilgjengelig: https://www.allskog.no/upload/2018/05/31/skog-en-viktig-del-av-klimalosningen.pdf
73. Norgesvel, 2016. Håndbok i etablering og drift av gårdsbaserte biogassanlegg. Tilgjengelig: https://norgesvel.no/getfile.php/131617-1501749295/NorgesVel/Bilder/Prosjekter/Fornybar%20energi%20og%20klima/Biogassh%C3%A5ndbok%252BEndelig%252Bversjon.pdf
74. Norsk Gjennvinning, 2016.Coop og Norsk Gjenvinning skal gjenvinne 12.000 tonn matavfall. Tilgjengelig: https://www.nggroup.no/presserom/coop-og-norsk-gjenvinning-skal-gjenvinne-12000-tonn-matavfall/
75. Norsk lastebileierforbund, 2016. https://lastebil.no/Aktuelt/Nyhetsarkiv/2016/Saa-mye-har-lastebilen-utviklet-seg-paa-20-aar
76. Norsk vann, 2016. Avløp. Tilgjengelig: https://www.norskvann.no/index.php/avlop/generelt
77. Norwegian Environment Agency, 2019. National inventory report 2019. Tilgjengelig: https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2019/april-2019/greenhouse-gas-emissions-1990-2017-national-inventory-report/
78. NVE, 2003. Bioenergiressurser i Norge. Tilgjengelig: http://publikasjoner.nve.no/oppdragsrapportA/2003/oppdragsrapportA2003_07.pdf
79. NVE, 2011. Bioenergi i Noreg. Tilgjengelig: http://publikasjoner.nve.no/rapport/2011/rapport2011_25.pdf
80. NVE, 2014. Bioenergi i Norge. Tilgjengelig: http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_41.pdf
81. NVE, 2017. Klimavirkninger av ikke-skogbasert bioenergi. Tilgjengelig: http://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_48.pdf
82. .
83. Ragn Sells, 2019. Emballert Matavfall. Tilgjengelig: https://www.ragnsells.no/kildesortering/vatorganisk-avfall/emballert-matavfall/
84. Rambøll, 2016. Markedsrapport - Biogass i Oslofjord-regionen. Tilgjengelig: https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2016/05/markedsrapport-biogass-oslofjordregionen-rambll-endelig-003.pdf

85. Rambøll, 2018. Økonomiske insentiver for bruk av biogass i transportsektoren og vurdering av innføring av reduserte bompengesatser for biogasskjøretøy
86. Regjeringen, 2014. Nasjonal tverrsektoriell biogasstrategi. Tilgjengelig: https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/Nasjonal-tverrsektoriell-biogasstrategi/id2005701/
87. Regjeringen, 2017. Bransjeavtale om reduksjon av matsvinn. Tilgjengelig: https://www.regjeringen.no/contentassets/1c911e254aa0470692bc311789a8f1cd/matsvinnavtale.pdf
88. Rosa do Nascimento, Marco Antônio m.fl., 2014. Micro Gas Turbine Engine: A Review. http://cdn.intechopen.com/pdfs/45114/InTech-Micro_gas_turbine_engine_a_review.pdf
89. Rubin, 1993. Håndbok i ensilering Tilgjengelig: http://www.rubin.no/Rapporter/410_19.PDF
90. Rubin, 2010. Bioenergi fra biprodukt av laks - Produksjon av biogass og olje av kategori 2 biprodukt fra lakseoppdrett. Forprosjekt. Tilgjengelig:
91. ScanBio, 2019. Henting av K2-ensikasje. Tilgjengelig: http://scanbio.com/nb/tjenester-til-oppdrettsnaeringen/tjenester/henting-av-k2-ensilasje/
92. SINTEF, 2013. Primærrensing og aktuelle løsninger for slambehandling i norske settefiskanlegg. Tilgjengelig: https://aquatechcluster.no/wp-content/uploads/2017/11/primaerrensing_slam.pdf
93. SINTEF, 2016. Analyse marint restråstoff. Tilgjengelig: https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2446152
94. SINTEF, 2018. Analyse av lukka oppdrett av laks – Landbasert og i sjø: produksjon, økonomi og risiko. Tilgjengelig:
95. Skog og Landskap, 2011. Halm som biobrensel.
96. Skog og Landskap, 2013. Developing straw supply chains in Norway: technologies and implementation
97. Smaalenenes Avis, 2018. Dette mølleproduktet har blitt helt umulig å få tak i. Tilgjengelig: https://www.smaalenene.no/vilt/landbruk/lokale-nyheter/dette-molleproduktet-har-blitt-helt-umulig-a-fa-tak-i/s/5-38-461770
98. SSB, 2017. Tabell 10513: Avfallsregnskap for Norge, etter behandlingsmåte og materialtype (1 000 tonn) 2012 – 2017
99. SSB, 2018a. Avfall brukt til biologisk behandling i 2017. Mest biologisk avfall blir til biogass. Tilgjengelig: https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/mest-biologisk-avfall-blir-til-biogass
100. SSB, 2019a. Tabell 07326: Akvakultur. Salg av slaktet matfisk, etter fiskeslag (F) 1976 – 2017
101. SSB, 2019b. Tabell 11668: Framskrevet folkemengde 1. januar, etter kjønn og alder, i 9 alternativer (K) (B) 2018 – 2040 (hovedalternativet (MMMM)
102. SSB, 2019d. Tabell 11788: Kommunalt avløpsslam, etter region, statistikkvariabel og år
103. SSB, 2019e. Tabell 05273: Innbyggere tilknyttet avløpsanlegg 50 pe eller mer, etter renseprinsipp (F) 2002 – 2017
104. SSB, 2019f. Tabell 04607 - Areal av korn- og oljevekster
105. SSB, 2019g. Tabell 04609 - Kornavling (1 000 tonn)
106. SSB, 2019h. Tabell 04609 - Kornavling (1 000 tonn)
107. SSB, 2019i. Tabell 10508 - Avling av frukt, hagebær og grønnsaker
108. SSB, 2019j. Tabell 07355 - Avfall fra tjenesteytende næringer
109. SSB, 2019k. Tabell 07459 – Befolkning
110. Steinhauser, 2010. Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction. Tilgjengelig: http://www.zorg-biogas.com/upload/book_biogas_plant.pdf
111. Svenskt Gastekniskt Center, 2009. Substrathandbok för biogasproduktion. Tilgjengelig: http://www.biogasjamtland.se/wp-content/uploads/2014/08/SGC-2009-Substrathandbok-f%C3%B6r-biogasproduktion.pdf

112. Svensson, 2014. Presentasjon på Swedish Gas Technology Centre 3rd Small Scale LNG Forum
113. Teknisk ukeblad, 2019. Halvparten av forventet lakseproduksjon på land er utsatt https://www.tu.no/artikler/halvparten-av-den-forventede-lakseproduksjonen-pa-land-er-utsatt/465149
114. UN FAO, 2018. Production and utilization of fish silage. Tilgjengelig (på engelsk): http://www.fao.org/3/i9606en/I9606EN.pdf
115. Vygon, 2019. Mitigation of Short Lived Climate Pollutants from APG Flaring
116. Watteau F. et.al., 2018. Microplastic Detection in Soil Amended with Municipal Solid Waste Composts as Revealed by Transmission Electronic Microscopy and Pyrolysis/GC/MS
117. Yara, 2017. Carbon footprint – fertilizer products. Tilgjengelig: https://www.yara.com/siteassets/sustainability/documents/yara-carbon-footprint-verification-statement.pdf/
118. Østfoldforskning, 2019. Evaluering av pilotordning for tilskudd til husdyrgjødsel til biogassproduksjon https://www.ostfoldforskning.no/media/2124/or-0419-evaluering-av-pilotordning-for-tilskudd-til-husdyrgjoedsel-til-biogassproduksjon-v2.pdf
119. Østfoldforskning, 2008. Potensialstudie for biogass i Norge. Tilgjengelig: https://www.enova.no/download/?objectPath=upload_images/6692FEC573B24097B14524380C49BF3C.pdf
120. Østfoldforskning, 2016b. Vurdering av virkemidler for økt utsortering av våtorganisk avfall og plastemballasje. Tilgjenglig: https://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M522/M522.pdf

Østofoldforskning, 2016a. Biogassproduksjon fra matavfall og gjødsel fra ku, gris og fjørfe. Status 2016 (fase IV) for miljønytte for den norske biogassmodellen BioValueChain

Vedlegg 1 Klima- og miljønytte etter metoden i EUs fornybardirektiv

Metode og forutsetninger for klimanytte

Bransjenorm for norsk biogass og EUs fornybardirektiv (RED II)

Carbon Limits har på oppdrag fra Avfall Norge utarbeidet en bransjenorm for biogass som skal danne grunnlag for årlige rapportering av klimagassreduksjoner fra norske biogassanlegg etter prinsipper og retningslinjer i EUs fornybardirektiv (RED II) og Produktforskriften.

Arbeidet med å utvikle bransjenormen ble igangsatt i oktober 2018 og det foreligger en første versjon av et metodisk opplegg for å beregne klimanytte, som fortløpende vil testes med data fra utvalgte biogassprodusenter. Bransjen er nå i ferd med å ta i bruk normen.

Bransjenormen er et Excel-basert verktøy og det er dette verktøyet vi bruker til å beregne klima- og miljønytte for produksjon og bruk av biogass fra ulike råstoff.

Som etablert i RED II dekker klimanyttebergningene følgende deler av verdikjeden (systemgrensen), og disse inkluderer:

- Utslipp fra avfallsgenerering og til og med forbrenning av biometan er som hovedprinsipp inkludert
- For husdyrgjødsel er det hensyntatt utslippsbesparelser av at gjødsla lagres i kortere tid ved produksjon av biogass enn i fravær av produksjon av biogass
- Utslipp grunnet transport av rejekt er hensyntatt
- Ved forbrenning av biometan er det kun utslipp av metan som er inkludert i utslippsregnskapet. CO2-utslipp er alltid null ved forbrenning av biomasse.
- Utslipp ved lagring av ubehandlet biorest er inkludert i beregningen, men alle andre utslipp knyttet til biorest/biogjødsel er ikke inkludert.

Det er klimaeffekter som kommer i tillegg til klimaeffektene som dekkes i metodikken i REDII, som det kan være naturlig å inkludere når man verdsetter klimanytte av biogass. Disse er det større usikkerhet knyttet til og de er ikke alltid enkle å kvantifisere. De er ikke inkludert i våre beregninger her. Disse effektene er knyttet til: Substitusjon av mineralgjødsel innenfor landbruket

- Redusert behov for uttak og bruk av torv i substituerte jordprodukter
- Akkumulert lagring av karbon i jord

Disse effektene kan beregnes i en tilleggsmodul i Bransjenorm-verktøyet.

Dette er en tilbudsside-analyse og det er kun tatt med virkninger (kostnader, klima- og miljøeffekter) opp til og med oppgradering av gassen. Med andre ord er virkninger (for klima, miljø og kostnader) av distribusjon og salg ikke inkludert i analysen.

Produksjonsspesifikke forutsetninger

Klimanytten som er beregnet er relativ til en energibærer. Dette er enten diesel eller elektrisitet, avhengig av type råstoff/anlegg. Se eget avsnitt om dette lenger ned. Denne beregningen er i tråd med EUs bærekraftskriterier.

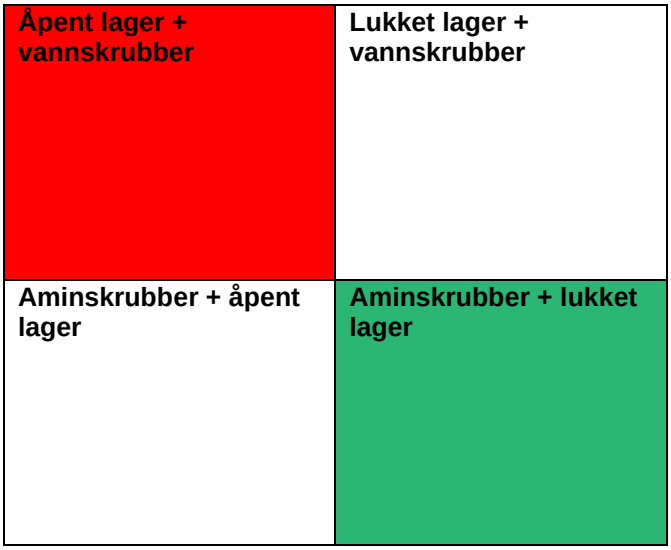
Klimanytten vil avhenge av en rekke produksjonsspesifikke forhold. Bransjenorm-verktøyet er laget med tanke på at biogassprodusenter skal beregne klimaeffekten av sine biogassforsyninger, ved å bruke forutsetninger spesifikt for sin produksjonskjede (transportdistanse av råstoff og biorest, energibehov i produksjonsprosessen m.m.). Når vi bruker dette verktøyet til å anslå klimanytte av ulike råstoff, gjør vi noen antagelser knyttet til representative verdier for hvert av disse råstoffene («hva er en typisk transportavstand for husdyrgjødsel?»). Noen ganger vil en forutsetning være brukt både for

beregning av produksjonskostnader og for beregning av klimanytte (f.eks. transportavstand for råstoffet), og der dette er tilfelle vil disse forutsetningene være de samme i kostnadsanalysen (se kapittel 4) og i klima-analysen. Under er en tabell som viser kilde til informasjon for forutsetningene brukt i beregning av klimanytten utover de standardforutsetningene som er dokumentert i Bransjenorm-verktøyet. Alle forutsetningene i tabellen under vil være råstoffspesifikke.

Tabell 26 Forutsetninger brukt i klimanytteberegningene

Beskrivelse av forutsetning	Kilde til informasjon
Transportavstand – transport av råstoff og biorest	Ulike kilder for ulike råstoff. Transportavstandene lagt til grunn i klimanytteberegningene er de samme som i de økonomiske beregningene. Kildene som er brukt er: Østfoldforskning (2019), NIBIO (2018b) og MEPEX (2018)
Reell lastekapasitet kjøretøy	Data fra norske biogassprodusenter samlet inn av Carbon Limits
Kjøretøytype ved transport av råstoff, biorest og rejekt	Data fra norske biogassprodusenter samlet inn av Carbon Limits
Transportavstand rejekt og mengde rejekt	Data fra norske biogassprodusenter samlet inn av Carbon Limits
Importert mengde elektrisitet	Data fra norske biogassprodusenter samlet inn av Carbon Limits
Forbruk av vann til produksjon	Data fra norske biogassprodusenter samlet inn av Carbon Limits
Forbruk av naturgass til produksjon	Data fra norske biogassprodusenter samlet inn av Carbon Limits
Mengde fakling	Det forutsettes 2 % fakling for alle typer råstoff. Dette er basert på Miljødirektoratets statistikk over norske biogassprodusenter og basert på større anlegg som oppgraderer og selger gassen
Type anleggsoppgradering	Se egen tabell for beskrivelse av forutsetning
Type lager (lukket eller åpent)	Se egen tabell for beskrivelse av forutsetning
Distribusjon og salg	NA (se avsnitt over)
Systemgrense	Det er kun inkludert energiforbruk opp til kompresjon. Det er altså forutsatt at all biogassen (i klimaanlysen) oppgraderes til CBG. Dette innebærer en inkonsistens mellom de økonomiske analysene og beregning av klimanytte.[60]

[60] Årsaken til at vi kun har inkludert energi opp til komprimering var at vi kun har data for produksjon av CBG i vår innsamling av energiforbruk fra norske biogassprodusenter



Figur 26 Ulike scenarier for klimaanalyse

I Figur 26 vises scenariene som klimaanalysen presenteres for. Åpent/lukket lager og type skrubber er karakteristikker ved produksjonen som er av stor betydning for klimaeffekten av biogassproduksjonen. I resultatene av klimaanalysen (Figur 27) viser vi verdier for de to fargelagte firkantene i figuren over, og rødt felt vil være maksimumsverdien, mens grønt felt vil være minimumsverdien. Med andre ord vises klimaanalysen som et spenn av g CO_2/MJ for hvert råstoff, og ikke som et punktestimat.

Om referanse-energibæreren

I likhet med for beregningen av produksjonskostnader, vil vi sammenligne resultater med et referansealternativ. Dette referansealternativet er en energibærer. Referanseenergibæreren er den energibæreren vi tenker oss ville være den energibæreren som biogassen ev. vil erstatte. Referanse-energibæreren avhenger blant annet av hvilken form biogassen tar – med andre ord, om den oppgraderes eller ei. Dette vil være mer anleggspesifikt enn råstoff-spesifikt. Men vi kan tenke oss at ulike råstoff behandles på ulike anlegg, og dermed kan ulike råstoff erstatte ulike energibærere.

For eksempel vil husdyrgjødsel både behandles på sentraliserte anlegg der gassen oppgraderes, samt på gårdsanlegg, der gassen ikke oppgraderes, men tjener interne energibehov. For den andelen av husdyrgjødsel-potensialet som vil behandles på større anlegg, er det forutsatt at dette oppgraderes til CBG eller LBG og erstatter diesel. For den andelen av husdyrgjødsel-potensialet som behandles på gårdsanlegg, vil biogassen ikke oppgraderes, men brukes internt og den forutsettes å erstatte behov for elektrisitet.

Referanse-energibæreren er relevant fordi den får stor betydning for klimaeffekten. Den fossile referanse er ifølge RED II diesel, med en utslippsfaktor på 94 g CO_2/MJ. Dersom biogassen som produseres fra et råstoff som behandles på et anlegg som oppgraderes til CBG eller LBG, har lavere utslipp enn 94 g CO_2/MJ i produksjon og bruk, vil råstoffet fra slike anlegg ha en positiv klimaeffekt. Dersom den har høyere, vil den ha en negativ klimaeffekt.

For et råstoff som behandles på et mindre anlegg og erstatter elektrisitet, må denne ha under 2.7 g CO_2/MJ, som er utslippsfaktoren for norsk elektrisitet (Biograce v.4d), for å komme ut med en positiv klimaeffekt. Se Tabell 27 for hvilke råstoff som har kun diesel som referanse, og hvilke råstoff som har både elektrisitet og diesel som referanse.

For større anlegg forutsettes det at biogassen som produseres oppgraderes til enten CBG eller LBG. Det forutsettes en splitt mellom disse to på hhv. 20 og 80 prosent. Dette er en skjønnsmessig antagelse, som er tatt simpelthen basert på at LBG gir større inntekter og at det derfor er større potensial for lønnsomhet i dette markedet enn i markedet for CBG. Dette er en forutsetning som kan diskuteres.

Ikke alle råstoff er aktuelle for behandling ved mindre anlegg. Under vises en tabell med hvilke referansealternativer (referanse-energibærere) som er beregnet for de ulike råstoffene i denne analysen. Merk at det at vi har beregnet resultater for disse konseptene/referansealternativene betyr ikke at dette er de eneste konseptene som er relevante for biogassproduksjon. Snarere er det de vi anser som de hyppigste på det nåværende tidspunkt.

Tabell 27 anleggstyper og referanse-energibærer analysert for ulike råstoff

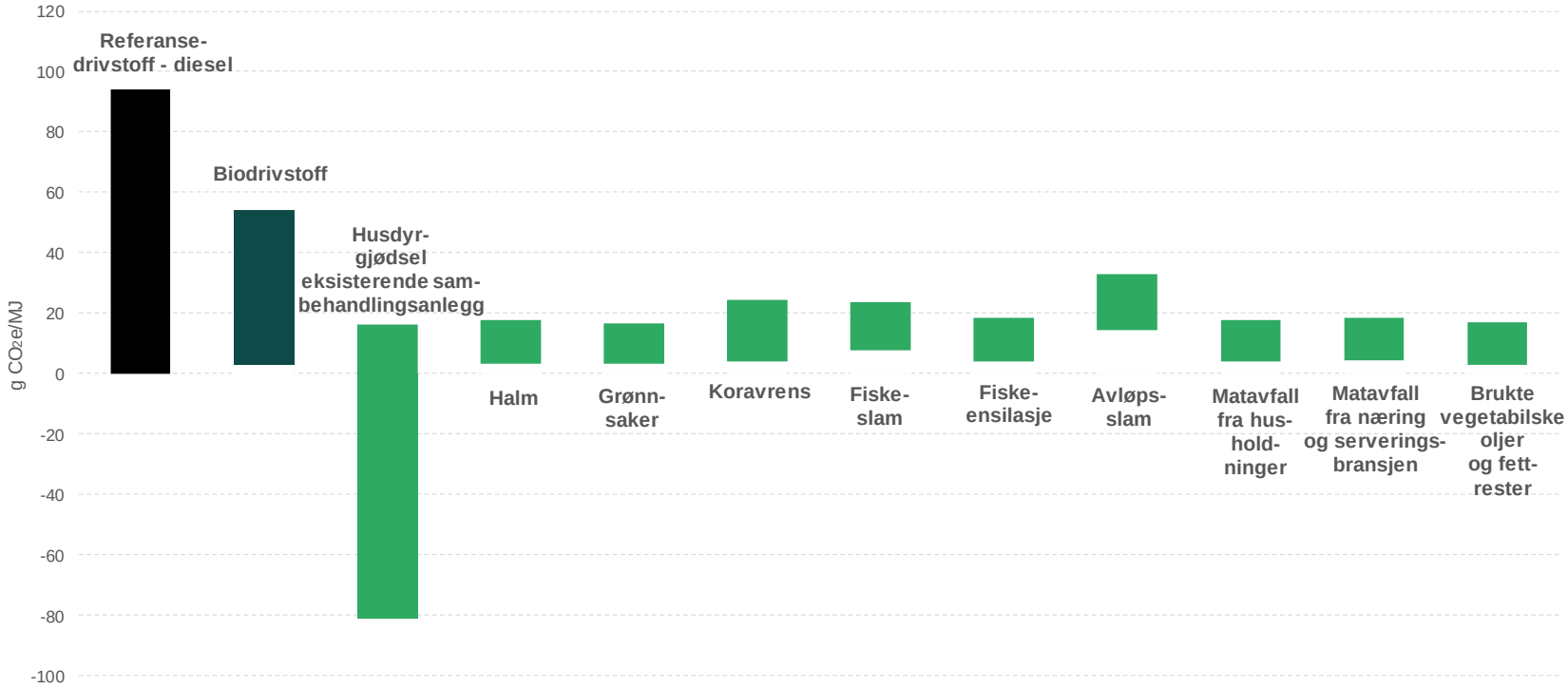
Råstoff	Anleggstype	Referansealternativ (hvilken energibærer erstatter biogassen?)
Husdyrgjødsel[61]	Sentralisert anlegg Gårdsanlegg	Diesel Elektrisitet
Halm	Sentralisert anlegg	Diesel
Grønnsaker	Sentralisert anlegg	Diesel
Kornavrens	Sentralisert anlegg	Diesel
Fiskeensilasje	Sentralisert anlegg	Diesel
Fiskeslam[62]	Sentralisert anlegg	Diesel
Avløpsslam[63]	Sentralisert anlegg	Diesel
Matavfall fra husholdning	Sentralisert anlegg	Diesel
Matavfall fra og serveringsbransjen og næringsmiddelindustri	Sentralisert anlegg	Diesel
Brukt vegetabilsk olje og fettrester (UCO)	Sentralisert anlegg	Diesel
Papir- og skogsproduktindustri	Mindre anlegg der biogass brukes til egne prosesser	Elektrisitet

[61] For husdyrgjødsel har vi inkludert klimanytte for forretningsmodellene «gårdsanlegg» og for «leveranse til eksisterende sambehandlingsanlegg». Vi har lite grunnlag for å regne spesifikt på klimanytten av de øvrige konseptene, men de vil trolig være i samme størrelsesorden som for eksisterende sambehandlingsanlegg.

[62] Det eksisterer et settefiskanlegg med biogassproduksjon lokalt (Smøla Klekkeri og Settefiskanlegg) som er kjent for prosjektteamet. Det er mulig å produsere biogass på settefiskanleggene blir en mer utbredt praksis frem mot 2030, men vi har ikke vurdert endringer i sammensetning av verdikjeder for biogassproduksjon. Vi har derfor kun ett referansealternativ for dette råstoffet, selv om også et der biogass erstatter elektrisitet kunne vært aktuelt.

[63] For avløpsslam er klimanytten beregnet til den delen av potensialet som innebærer å produsere ny biogass. Det vil være en annen klimanytte knyttet til å utnytte den biogassen som allerede produseres, men fakles. For denne andelen av potensialet har vi ikke beregnet klimanytte.

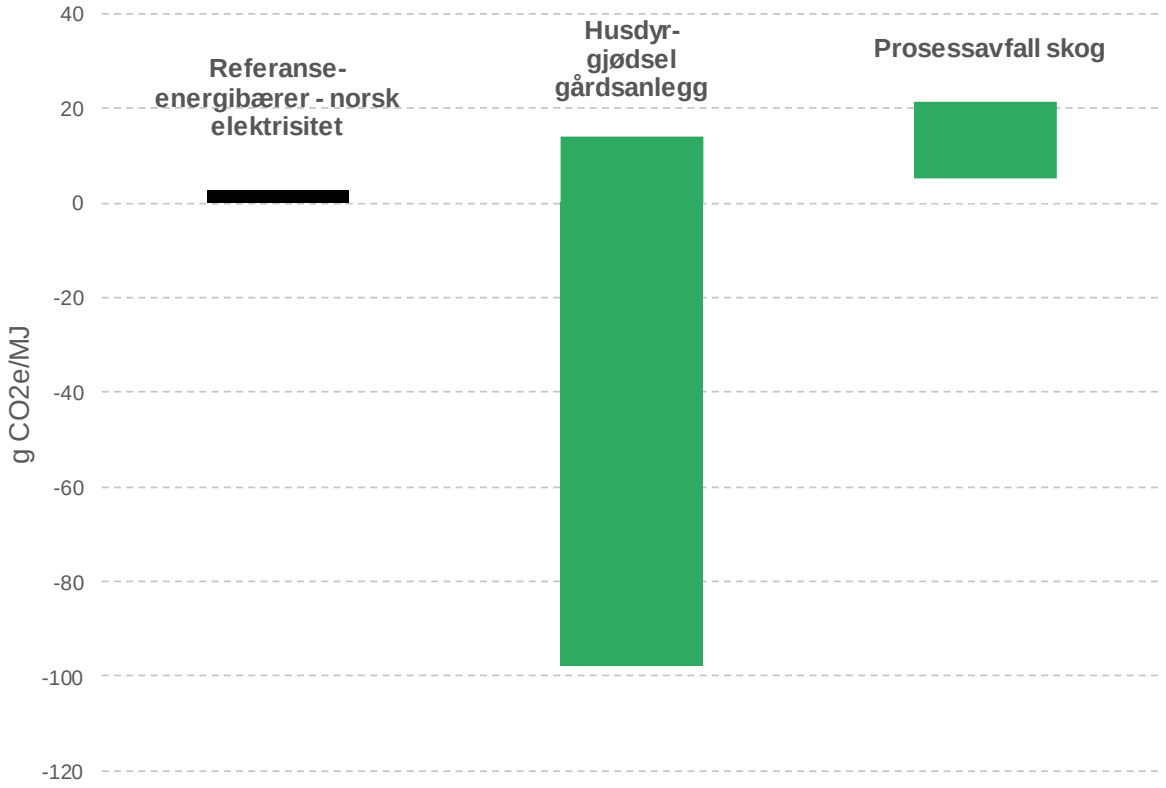
6.1 Klimanytte av biogass produsert av ulike råstoff



Figur 27 Klimaeffekt av råstoff behandlet på sentraliserte anlegg. Diesel er referanse-drivstoff[64]

[64] Kilde for utslippsfaktorer av referansedrivstoff og biodrivstoff: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN (EU RED II). For biodrivstoff er det minimums- og maksimumsverdiene fra «typical values» i tabell D i EUs RED II som er brukt.

Figur 28 Klimaeffekt av råstoff behandlet på mindre anlegg/gårdsanlegg. Elektrisitet er referanse-energibærer



6.2 Miljønytte av biogass produsert fra ulike råstoff

Miljøaspekter knyttet til biogassproduksjon vil variere fra råstoff til råstoff. Det er imidlertid flere effekter av å bruke avfallsstrømmer I biogassproduksjon som er relevante for alle råstoff:

- Når refereanse-energibæreren er diesel, vil det være et miljøaspekt av å erstatte diesel med biogass: det vil være reduserte PM-utslipp (particulate matter). PM er verdsatt til 3 000 kr/kg PM10 (Miljødirektoratet, 2015 og gjengitt i Miljødirektoratet, 2019d).
- Globalt forbruk av de viktigste gjødseltypene på verdensmarkedet, potassium, nitrogen og fosfat, har økt jevnt over de siste år. Som mange andre råmaterialer er naturressursene disse gjødselvarene krever ikke uendelige. Eksperter forutser et problemer med tilgangen i fremtiden, spesielt knyttet til fosforreservene. Produksjon av biogass (og derav også biorest) gir muligheter til å gjenvinne fosfor (og andre elementer) fra råstoffene.[65]

Det er ett råstoff som har en mye høyere miljønytte ved bruk i biogassproduksjon enn de andre. Bruk av husdyrgjødsel i biogassproduksjon gir betydelige reduksjoner i nitrogenutslipp (NH_3, NO_x and N_2O) i tillegg til metanutslippsreduksjoner fra husdyrrom og gjødsellager[66]. NIBIO (2017) anslår at utslippsreduksjoner av disse gassene kan være opptil 90 prosent ved bruk av husdyrgjødsel i

[65] Å erstatte mineralgjødsel med biorest vil også lede til reduksjon i klimagassutslipp fra produksjonen av mineralgjødsel – rundt 3-5 kg CO2e/kg N (Yara, 2017; Brentrup F., 2016). Siden biogjødsel også inneholder andre næringsstoffer, vil dets substitusjonseffekt være enda høyere (effekten er ikke kvantifisert).
[66] Miljødirektoratet (2015) Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030 (M-386 rapport)

biogassproduksjon. Dette skyldes redusert lagringstid for gjødsel (typisk vil det lagres (delvis) åpent i inntil åtte måneder før det blir brukt på jorda) og forbedrede lagringsmetoder: gjødsel brukt til biogass vil vanligvis bli lagret i lukkede lagringstank før utråtning, for å bevare så mye næringsstoffer som mulig. I tillegg vil det utråtningsprosessen være mer nitrogen som blir plantetilgjengelig. Dette gjør biogjødsel til et verdifullt produkt, og det reduserer utslipp av nitrogen ved anvendelse av biogjødsel på jorda (sammenlignet med husdyrgjødsel som brukes på jorda direkte).