



NIBIO

Til: Vireo/Trond Myklebust
Fra: NIBIO/Eva Brod og Roald Sørheim
Dato: 25.9.2023
Saksnr.: 23/01097

Forhåndsvurdering av biorest for bruk som gjødsel

Sammendrag

Det er gjennomført en forhåndsvurdering av om bioresten fra de planlagte biogassanleggene til Vireo er egnet for bruk som gjødsel. Det presiseres at vurderingen utelukkende er bygget på generell kunnskap og litteraturverdier om aktuelle substrater og biogassprosesser. Biorestene som forventes produsert i Hardanger og på Lista vil etter denne vurderingen oppfylle Gjødselvereforskriftens kvalitetsklasse I med hensyn til tungmetallinnhold. Begge biorestene forventes å oppnå mye høyere næringsinnhold enn sammenlignbare referanseprodukter som storfegjødsel og biorest fra matavfall.

Beskrivelse av oppdraget

Vireo AS planlegger etableringen av to biogassanlegg, ett i Hardanger og ett på Lista, for anaerob utråtning av forskjellige organiske substrater. Bioresten fra de planlagte anleggene er tiltenkt bruk som gjødsel. NIBIO har blitt bedt om å gjøre en teoretisk forhåndsvurdering av kvaliteten på utgående biorest relatert til bruk som gjødsel.

Forhåndsvurderingen er basert på opplysninger som NIBIO fikk tilsendt fra Vireo i en e-post datert 7.9.2023 og en e-post med oppdatert informasjon datert 21.9.2023. En oversikt over antatt substratmiks er gitt i Tabell 1 for anlegget planlagt i Hardanger og i Tabell 2 for anlegget planlagt på Lista.

Tabell 1. Antatt substratmiks i Hardanger basert på opplysninger fra Vireo

Substrat	Total mengde (i tørrstoff)	Andel av substratmiks (i tørrstoff)	Antatt tørrstoff- innhold	Total mengde (i våtmasse)
	Tonn	%	%	Tonn
Gylle, storfe	5250	26 %	7 %	75000
Fiskeslam	3600	18 %	30 %	12000
Slakteavfall, fisk	150	1 %	30 %	500
Fiskeensilasje	6250	31 %	25 %	25000
Frityrolje	1000	5 %	100 %	1000
Glykol	3750	19 %	60 %	6250
Sum	20000	100 %	-	119750

Tabell 2. Antatt substratmiks på Lista basert på opplysninger fra Vireo

Substrat	Total mengde (i tørrstoff)	Andel av substratmiks (i tørrstoff)	Antatt tørrstoff- innhold	Total mengde (i våtmasse)
	Tonn	%	%	Tonn
Gylle, storfe	5160	27 %	6 %	86000
Gylle, gris	245	1 %	7 %	3500
Fiskeslam	3250	17 %	13 %	25000
Slakteavfall, fisk	1800	9 %	30 %	6000
Fiskeensilasje	4200	22 %	30 %	14000
Frityrolje	950	5 %	95 %	1000
Glykol	3600	19 %	60 %	6000
Sum	19205	100 %	-	141500



NIBIO

Forventet kjemisk sammensetning i bioest fra biogassanleggene som Vireo planlegger i henholdsvis Hardanger og på Lista er basert på:

- Antatt substratmiks er estimert på opplysninger fra Vireo (Tabell 1 og Tabell 2)
- Forventet kjemisk sammensetning til de ulike substratene rapportert i litteraturen (Tabell 3 og Tabell 4)
- Antagelsen om at andel ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) av totalnitrogen øker med 10 til 33 % gjennom biogassprosessen (Möller & Müller 2012)
- Antatt forutsetning om intet svinn og at alle næringsstoffer i substratene er tilgjengelig i bioesten (gjødselen)
- Forventet tørrstoffreduksjon på 50 % gjennom biogassproduksjon. Dette er en generell antagelse uavhengig av substrat som vi ved de gitte substratene vurderer som gyldig.

Ytterligere kommentar om datatilgang og forutsetninger:

Med bakgrunn i tørrstoffinnholdet som Vireo oppga for substratet fiskeslam, valgte vi å basere beregningene på analysetall for mekanisk avvannete fiskeslam prøver uten påfølgende tørking. Tørket fiskeslam vil ha lavere konsentrasjon av alle næringsstoffer og tungmetaller vurdert her, sammenlignet med mekanisk avvannet fiskeslam uten påfølgende tørking.

Vi har ikke funnet pålitelige kilder for kjemisk sammensetning til slakteavfall fra fisk. Beregningene er derfor basert på antagelsen om at kjemisk sammensetning til slakteavfall er lik kjemisk sammensetning til beinrik fiskemel.

Beregningene er videre basert på antagelsen om at fiskeensilasje er produsert ved tilsetning av en syre som ikke er fosforholdig, f.eks. maursyre.

Andel ammonium av totalt nitrogen er ukjent både for slakteavfall fra fisk og for fiskeensilasje. Beregningene er derfor basert på antagelsen om at andelen ammonium av totalt nitrogen er ca. 50 % i begge substratene.

Glykol er en kjemisk forbindelse bygget med elementene karbon, oksygen og hydrogen som brukes f.eks. i kjølevæske for å senke frysepunktet. Forbindelsen er blandbar med vann og egnet som del av en substratblanding for biogassanlegg, men kan ikke benyttes som eneste substrat. For denne vurderingen er det ikke tilgjengelig analyser for glykol som skal leveres til biogassanleggene. Det antas derfor at glykolen ikke har nevneverdig innhold av næringsstoffer eller forurensinger som tungmetaller. Det påpekes imidlertid at glykol som brukes i avisingsvæsker kan inneholde f.eks. surfaktanter, korrosjonshemmere og andre ukjente stoffer som kan påvirke prosess eller sluttproduktet.

Frityrolje inneholder i all hovedsak fettsyrer som er bygget av de samme elementene som glykol (karbon, oksygen og hydrogen). Frityrolje er energirik og godt egnet som del av substratblanding,



men ikke som eneste substrat. Som for glykol er det ikke tilgjengelig analysedata for frityroljen som er planlagt levert til biogassanleggene. Vi har derfor lagt som premiss at frityroljen som leveres i det alt vesentlige ikke inneholder annet enn karbon, oksygen, og hydrogen. Mindre mengder nitrogen vil kunne forekomme, men det utgjør ingen nevneverdig mengde i forhold til annet nitrogen som vil inngå i substratblandingene. Ved oppvarming av frityroljer til over 180 grader dannes nedbrytningsprodukter som kan være skadelige for miljøet. Hvorvidt slike forbindelser kan utgjøre en utfordring for kvaliteten av biorest er ukjent for denne vurderingen.

Vi poengterer at notatet bare kan gi en teoretisk forhåndsvurdering av bioresten produsert på det planlagte biogassanleggene til Vireo for bruk som gjødsel. Ytterligere vurdering av gjødselverdien til bioresten vil bare kunne gis etter at det foreligger prøver av biorestene. Dersom en slik vurdering blir aktuell, vil den kunne baseres på kjemiske analyser og veksthusforsøk og/eller inkuberingsforsøk.

Tabell 3. Forventet næringsstoffinnhold (g/kg tørrstoff) i de ulike substratene som er planlagt mottatt inn i biogassanleggene til Vireo. N = nitrogen, NH₄-N = ammonium, P = fosfor, K = kalium, Ca = kalsium, Mg = magnesium, S = svovel, n.a. = ikke kjent

Substrat	N	NH ₄ -N	P	K	Ca	Mg	S	Referanse
Gylle, storfe	51,7	30,0	8,0	56,7	15,8	7,3	5,5	Daugstad m.fl. (2012)
Gylle, gris	63,5	46,2	17,1	36,5	24,8	7,9	7,1	
Fiskeslam	68,5	10,2	31,5	2,0	65,5	3,4	6,3	Brod og Øgaard, upublisert
Slakteavfall, fisk	49,2	n.a	85,2	0,0	142,0	2,3	n.a	Toppe et al. (2007)
Fiskeensilasje	198,1	n.a	28,5	24,6	27,1	3,7	15,2	Vivekanand et al., 2018
Frityrolje	0	0	0	0	0	0	0	Antatt fra kjemisk sammensetning
Glykol	0	0	0	0	0	0	0	



Tabell 4. Forventet tungmetallinnhold (mg/kg tørrstoff) i de ulike substratene som er planlagt mottatt inn i biogassanleggene. Cd = kadmium, Pb = bly, Hg = kvikksølv, Ni = nikkel, Zn = sink, Cu = kobber, Cr = krom. n.a. = ikke kjent

Substrat	Cd	Pb	Hg	Ni	Zn	Cu	Cr	Referanse
Gylle, storfe	0,1	1	n.a.	5	205	46	1	Daugstad m.fl. (2012)
Gylle, gris	0,3	1	0,0	5	840	148	3	
Fiskeslam	0,8	2	0,1	2	559	27	7	Brod og Øgaard, upublisert
Slakteavfall, fisk	0,0	0	0,0	0	245	1	6	Toppe et al. (2007)
Fiskeensilasje	0,1	1	0,1	2	0	34	18	Vivekanand et al., 2018
Frityrolje	0,0	0	0,0	0	0	0	0	Antatt fra kjemisk sammensetning
Glykol	0,0	0	0,0	0	0	0	0	

Oversikt over relevante regelverk og veiledere

Nedenfor er det listet regelverk og veiledere som vurderes som relevante for dette oppdraget:

Gjødselvereforskrift (Lovdata 2003)

Gjødselvereforskriften «(...) skal sikre at gjødselvarer av organisk opphav kan omsettes på en redelig måte og brukes samtidig som hensynet til miljø, folkehelse, dyrehelse og plantehelse ivaretas. Hjemmelsgrunnlaget for forskriften er forurensningsloven, kommunehelsetjenesteloven, jordloven og matloven. (...) Kommunen er ansvarlig for tilsyn med bruk og lagring, mens Mattilsynet (distriktskontorene) er tilsynsmyndighet for tilvirking og omsetning av produkter, samt forbrukerkontakt. I tillegg er Mattilsynet (Nasjonalt senter, Ås) ansvarlig for registrering av gjødselvarer for hele landet. For produkter som skal omsettes, er det krav til registrering, merking og varedeklarerer. For gjødselvarer produsert av avfall eller husdyrgjødsel er det i tillegg krav til hygienisk kvalitet og innhold av miljøgifter. Forskriften stiller krav til lagring og bruk av husdyrgjødsel, jordforbedringsmidler, organisk gjødsel og enkelte dyrkingsmedier» (Mattilsynet 2007). Gjødselvereforskriften er under revidering. Forslag til nytt gjødselregelverket ble lagt frem for Landbruks- og matdepartementet og Klima- og miljødepartementet i oktober 2018 men forslaget har ikke blitt lagt ut på høring enda.

Veileder: Gjødselvereforskrift (Mattilsynet 2007)

Mattilsynet har også utarbeidet en veileder for å gi en lett forståelig innføring i gjeldende gjødselvereforskrift (Mattilsynet 2007).



NIBIO

Forventet næringsstoffsammensetning i biorest

Tabell 5 viser beregnet næringsstoffsammensetning i utgående biorest fra Vireos planlagte biogassanlegg i Hardanger og på Lista. Til sammenligning viser vi gjennomsnittsverdier for næringsstoffinnhold i to referanseprøver, gylle av storfe og biorest der matavfall har inngått som hovedsubstrat.

Nitrogeninnhold i biorestene er estimert til å være 14,7 kg N/tonn våtvekt i Hardanger og 10,1 kg N/tonn våtvekt på Lista. Beregnet nitrogeninnhold i biorestene er dermed mye høyere enn nitrogeninnhold i gylle av storfe (Daugstad m.fl. 2012) og i biorest basert på matavfall (upubliserte data). Høyt nitrogeninnhold i biorest skyldes at substratblandingene har forholdsvis høyt innhold av nitrogen. Vi har ikke vurdert om nitrogeninnholdet vil påvirke selve biogassprosessen.

I biorest som ikke er etterbehandlet gjennom f.eks. mekanisk separering, vil nitrogen for det meste foreligge som ammonium. Ifølge Möller & Müller (2012) øker andelen ammonium av totalnitrogen i biogassanlegget sammenlignet med utgangssubstratet med mellom 10 og 33 %. Andel ammonium av totalnitrogen i substratmikser er antatt til å være 45 % i Hardanger og 49 % på Lista. I biorestene er andelen ammonium av totalnitrogen derfor beregnet til å være mellom 55 og 78 % av totalnitrogen i Hardanger og mellom 59 og 82 % av totalnitrogen på Lista. Ved mekanisk separering ville ammonium i stor grad følge den flytende fasen, mens den faste fasen ville hovedsakelig inneholde nitrogen i organisk form.

Fosforinnhold er også beregnet til å være mye høyere (2,9 og 3,0 kg P/tonn våtvekt) enn i gylle av storfe eller biorest basert på matavfall (0,4 kg P/tonn våtvekt). Forholdet mellom N/P i bioresten er beregnet til å være lavere i bioresten enn i gylle av storfe og biorest basert på matavfall, og lavere enn plantenes behov for næring (f.eks. gjødslingsnorm for bygg er $N/P = 6,3$, NIBIO 2023).

Kaliuminnholdet i biorest er beregnet til å være sammenlignbart med innholdet i gylle av storfe og høyere enn i biorest basert på matavfall. Kalsiuminnholdet i bioresten er beregnet til å være høyere enn i begge referansmaterialene. Innholdet av magnesium og svovel i bioresten kan ansees å være i samme størrelsesorden som i gylle av storfe og biorest basert på matavfall, usikkerheten til beregningen tatt i betraktning. Sulfatreduksjon og annen frigjøring av svovel under anaerob utråtning fører til svovelforbindelser i biogassen som må renses. Mengden svovel i biorest kan derfor være noe redusert.



Tabell 5. Forventet næringsstoffinnhold i utgående biorest fra anleggene planlagt i henholdsvis Hardanger og på Lista sammenlignet med gylle av storfe og biorest basert på matavfall. N = nitrogen, NH₄-N = ammonium, P = fosfor, K = kalium, Ca = kalsium, Mg = magnesium, S = svovel

Næringsstoff	Hardanger	Lista	Hardanger	Lista	Gylle, storfe (referanse) ¹	Biorest, matavfall (referanse) ²
	g/kg tørrstoff		kg/tonn			
N	176	148	14,7	10,1	3,2	4,1
NH ₄ -N	96 – 137	87 – 121	8,0 – 11,4	5,9 – 8,2	1,6	2,3
P	35	44	2,9	3,0	0,4	0,4
N/P	5,1	3,4	5,1	3,4	8,0	10,3
K	46	43	3,8	2,9	3,4	1,8
Ca	51	70	4,3	4,7	1,0	1,4
Mg	7,4	7,4	0,6	0,5	0,4	0,2
S	15	12	1,2	0,8	0,3	0,3

¹ Daugstad m.fl. (2012)

² foreløpig upubliserte data fra et pågående prosjekt finansiert av Landbruksdirektoratets KMP program, gjennomsnitt av n = 7-12 prøver

Oppsummert

Gitt alle forutsetningene som er lagt til grunn for beregningene, vil nitrogen- og fosforinnhold i utgående biorest fra Vireos planlagte biogassanlegg være høyere enn i gylle av storfe eller biorest basert på matavfall. Forholdet mellom nitrogen og fosfor (N/P forhold) vil være lavere enn i referansematerialene og lavere enn plantenes behov for næring. Andel ammonium av totalnitrogen vil øke gjennom biogassprosessen.

Forventet nivå på tungmetaller i biorest og kvalitetsklasse

Tabell 6 viser forventet tungmetallinnhold i utgående biorest fra Vireos planlagte biogassanlegg, samt kvalitetsklasse for de enkelte tungmetallene i henhold til gjeldende gjødselvereforskrift



(Lovdata 2003) for de anleggene. Til sammenligning viser vi gjennomsnittsverdier for tungmetallkonsentrasjoner i to referanseprøver, gylle av svin og biorest der matavfall har inngått som hovedsubstrat.

Tabell 6. Forventet tungmetallinnhold i utgående biorest samt forventet kvalitetsklasse i henhold til gjødselvereforskrift (Lovdata 2003), sammenlignet med gylle av svin og biorest basert på matavfall. Cd = kadmium, Pb = bly, Hg = kvikksølv, Ni = nikkel, Zn = sink, Cu = kobber, Cr = krom

Tungmetall	Hardanger		Lista		Gylle, svin (referanse) ¹	Biorest, matavfall (referanse) ²
	mg/kg tørrstoff	Kvalitetsklasse	mg/kg tørrstoff	Kvalitetsklasse	mg/kg tørrstoff	mg/kg tørrstoff
Cd	0,4	I	0,4	I	0,3	0,4
Pb	1	0	1	0	-	6
Hg	0,1	0	0,1	0	-	0,1
Ni	4	0	4	0	5	6
Zn	313	I	367	I	637	247
Cu	55	I	53	I	95	47
Cr	14	0	12	0	3	6

¹ Daugstad m.fl. (2012), gjennomsnitt av n = 14

² foreløpig upubliserte data fra et pågående prosjekt finansiert av Landbruksdirektoratets KMP program, gjennomsnitt av n = 8 eller 10

Gitt forutsetningene nevnt ovenfor, vil utgående biorest fra begge biogassanlegg kvalifisere for kvalitetsklasse I i henhold til gjeldende gjødselvereforskrift. Det er kadmium, sink og kobber som bestemmer hvilken kvalitetsklasse biorestene vil oppfylle.

Biorest i kvalitetsklasse I kan brukes som gjødsel på jordbruksareal med inntil fire tonn tørrstoff per dekar og 10 år, eller 400 kg tørrstoff/dekar og år (Lovdata 2003). Med beregningene for Tabell 5 lagt til grunn, tilsvarer de tillate gjødselmengdene 70,5 kg N og 13,8 kg P/dekar og år for anlegget i Hardanger og 59,4 kg N og 17,5 kg P/dekar og år for anlegget på Lista. Dette er meget høye mengder av både nitrogen og fosfor som langt overskrider alle landbruksveksters behov for næring. Til sammenligning er NIBIOs gjødslingsnorm til bygg 11,1 kg N og 1,8 kg P/dekar og år (NIBIO 2023).



NIBIO

Som nevnt er gjeldende gjødselverforskrift under revidering. I forslaget til revidert gjødselverforskrift ligger det også en begrensning på hvor mye fosfor som kan tilføres per dekar, i tillegg til begrensning på tungmetallkonsentrasjoner. Med innført fosforbegrensning i regelverket, vil mengden biorest som er tillat tilført jordbruksareal bli begrenset av fosforinnholdet og ikke tungmetallinnholdet.

Oppsummert

Gitt forutsetningene som er lagt til grunn for beregningene, vil biorest fra Vireos planlagte biogassanlegg oppnå kvalitetsklasse I i henhold til gjeldende gjødselverforskrift. Kvalitetsklassen til bioresten vil bli bestemt av kadmium-, sink- og kobberinnholdet i substratene. Mengden biorest brukt som gjødsel vil likevel bli begrenset av innholdet av næringsstoffer og ikke av tungmetaller.

Mekanisk separering

De to anleggene vil benytte skrueseperator for uttak av fiberfraksjonen i bioresten. Dette forventes å frembringe en fast fase med ca. 20-30% tørrstoff. Mange faktorer vil påvirke tørrstoffinnholdet, men for de aktuelle biogassanleggene antas at forhøyet saltinnhold å kunne føre til lavere tørrstoffinnhold i fiberfraksjonen. Et beregningsverktøy for estimering av forholdet mellom tørrstoff og fosfor ved separering til varierende tørrstoffinnhold har vi ikke tilgjengelig.

Når biorest separeres i en fast og en flytende fraksjon, vil mange av de mest plantetilgjengelige næringsstoffene hovedsakelig finnes i den flytende fasen. Dette gjelder spesielt for nitrogen og kalium.

Sæbø og medarbeidere (2016) viste i en innledende studie at ved separering av kugjødsel i fast og flytende fase at 41 % av fosforet i den opprinnelige gjødselen ble gjenfunnet i den tørre fraksjonen. På denne bakgrunnen kan det løst anslås at bortimot halvparten av fosfor i biorest vil gjenfinnes i den tørre fraksjonen.

Referanser

- Brod E, Øgaard AF (upublisert) Innhold av næringsstoffer og tungmetaller i tørket fiskeslam. Vurdering av analyser (2010 – 2023) i et gjødselperspektiv. Utkast til NIBIO rapport
- Daugstad K, Kristoffersen AØ, Nesheim L (2012) Næringsinnhold i husdyrgjødsel. Analyser av husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe 2006-2011. Bioforsk Rapport 7 (24), 29 s.
- Lovdata (2003) Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (gjødselvereforskrift)
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>
- Mattilsynet (2007) Veiledning til forskrift 4. juli 2003 nr 951 om gjødselvarer mv. av organisk opphav
https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_til_forskrift_om_gjodselvarer_mv_av_organisk_opphav.5967/binary/Veileder%20til%20forskrift%20om%20gj%C3%B8dselvarer%20mv%20av%20organisk%20opphav
- Möller K, Müller T (2012) Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. Eng. Life Sci. 12, 242-257
- NIBIO (2023) Gjødslingshåndbok. <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok?locationfilter=true>
- Sæbø A, van Leeuwen G, Briseid T, Nesheim L (2016) Produkter av husdyrgjødsel. NIBIO rapport vol 2, nr 161
- Toppe J, Albrektsen S, Hope B, Aksnes A (2007) Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B 146, 395-401
- Vivekanand V, Mulat DG, Eijsink VGH, Horn SJ (2018) Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. Bioresource Technology 249, 35-41