

Fagrappport for prosjektet «*Biorest frå råstoff av husdyrgjødsel og slam frå landbasert oppdrett som gjødsel på eng; -i forhold til gjødseleffekt og i forhold til aktuelt regelverk*»



Frå forsøksfelt i Hustadvika

Foto Nina Ugelvik

Jon G. Lied

Norsk landbruksrådgiving Nordvest

Samandrag

I perioden 2020 – 2023 gjennomførte NLR Nordvest i samarbeid med NLR Nord-Norge gjødslingsforsøk i eng der biogjødsel (det utrotta substratet frå biogassreaktoren) produsert på ei substratblanding av storfejødsel og oppdrettslam (ei blanding av fôrrestar og feces) frå smoltproduksjon, vart samanlikna med husdyrgjødsel og mineralgjødsel.

Det vart gjennomført eit treårig gjødslingsforsøk i eng der målsettinga var å samanlikne gjødslingseffekten av husdyrgjødsel og biogjødsel. Det vart registrert avling og kjemisk innhald i avlinga.

- Det vart ikkje registrert statistiske avlingskilnader mellom ledda med husdyrgjødsel og biogjødsel. Men biogjødsel inneheldt høgare innhald av plantetilgjengeleg nitrogen, slik at mengda tilført mineralgjødsel vart lågare i leddet med biogjødsel. Ein anna observasjon var at delen plantetilgjengeleg nitrogen i forhold til totalnitrogen var høgare i biogjødsla.

Det vart og teke ut prøvar av substrat og biogjødsel for å kartlegge m.a. innhald av nitrogen og nærings salt, tungmetall og aktuelle patogenar.

- Innhaldet av totalnitrogen var lågare i biogjødsla enn i substratet. Innhaldet av $\text{NH}_4\text{-N}$ var høgare i biogjødsla enn i substratet. Innhaldet av nærings salt var jamt over høgare i biogjødsel enn i substratet. Det vart ikkje registrert målbare nivå av aktuelle patogenar verken i substrat eller biogjødsel.

Det vart teke ut leddvise jordprøvar ved avslutning av gjødslingsforsøka for å sjå om der kunne observerast endringar i tungmetallet sink i jorda i ledd gjødsla med biogjødsel kontra ledd gjødsla med husdyrgjødsel.

- Det var høgare innhald av tungmetall i jorda i ledda gjødsla med husdyrgjødsel enn i ledda gjødsla med biogjødsel.

Det vart teke ut grasprøvar for analyse av tungmetall i første og siste forsøksår, for å registrere om der kunne observerast endringar i tungmetallinnhaldet i avlinga i ledd gjødsla med biogjødsel kontra ledd gjødsla med husdyrgjødsel.

- Det vart ikkje registrert skilnader i innhald av tungmetall i grasprøvane mellom ledd gjødsla med husdyrgjødsel eller biogjødsel ved avslutning av prosjektperioden.

Det vart gjennomført avvatningsforsøk med biogjødsla, med sikte på å registrere korleis nitrogen, nærings salt og tungmetall fordelte seg i tørr og våt fraksjon. To merker av skrupresser vart nytta.

- Dei to separatorane gav noko ulik avvatningsgrad, om lag 3% ts i våtfraksjonen i den eine (separator A) og om lag 4% ts i den andre (separator B). Forholdet mellom våtfraksjon og tørrfraksjon vart derfor ulik, med 73,5 / 26,5 i separator A og 85 / 15 i separator B. Fordelinga av nitrogen, nærings salt og tungmetall mellom våt og tørrfraksjonane vart likevel ganske lik mellom dei to separatorane. Utslaga var i stor grad som forventa. $\text{NH}_4\text{-N}$ følgjer våtfraksjonen. Makrominerala unnateke kalium følgjer i stor grad tørrfraksjonen. Kalium fordelte seg ganske likt mellom tørr og våtfraksjon. For makrominerala var verdiane analysert som kg pr tonn. Mikrominerala kopar, mangan og sink følgde i stor grad våtfraksjonen. Her var måleeininga mg pr kg Ts.

Innhold

Samandrag.....	2
Innleiing.....	4
Resultatmål.....	6
Resultat.....	8
Produksjon av biogjødsel/analysar av substrat og biogjødsel.....	8
Gjødslingsforsøk	11
Avvatningsforsøk	19
Jordprøvar ved avslutning gjødslingsforsøka.....	21
Referanser	23

Innleiing

Overgang frå lineær til sirkulær ressurs- og økonomitenking er i godt gjenge i norsk samfunnsdebatt så vel som i både samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk planlegging. Dette gjeld også i landbruks- og havbruksnæringa.

- I norsk landbrukspolitik er det ei målsetting å utnytte ein stor del av energipotensialet i husdyrgjødsel- som biogass.

- I havbruksnæringa opplever ein stadig aukande fokus på oppsamling av fôrspel og feces, for gjenbruk m.a. i biogassproduksjon, og som gjødsel til planteproduksjon.

Rundt om i landet, og då særleg langs kysten, har det dei siste åra blitt bygd fleire biogassanlegg. Størstedelen av desse anlegga ser for seg å nytte både husdyrgjødsel og oppdrettsslam som substrat i biogassprosessen. I tillegg til biogassproduksjon er også utnytting av bioresten som gjødsel - biogjødsel- ein viktig del av forretningsideen til mange/dei fleste av biogassprosjekta.

Frå offentlege myndigheiter, og biogassnæringa er det dei siste åra sett inn mykje ressursar på temaet, men då primært knytt til biogassproduksjon og vidare utnytting av biogassen. I mindre grad har fokus vore sett på biogjødsel og utnytting av denne. Dette er ei stor utfordring i den vidare utviklinga av biogassproduksjonen i Norge, i alle fall der ein ser for seg å kunne nytte biogjødsel til gjødsling på eng. Det er stort behov for meir kunnskap om handtering og bruk av biogjødsel, då særskilt tenkt som gjødsel i engdyrkinga

Oppdrettsslam er rekna som svært interessant råstoff i biogassproduksjon, sidan det inneheldt relativt mykje næring for metangassproduserande mikroorganismar. Utfordringa er å halde gjæringsprosessen i gang, m.a. grunna produksjon av giftige nitrogensambindingar, og at råstoffet er for potent.

Husdyrgjødsel er rekna som eit råstoff med lågt biogasspotensiale, men m.a. på grunn av stort tilgjengeleg volum, er det eit politisk ønske om å nytte husdyrgjødsel til biogassproduksjon.

Kvar for seg har desse råstoffa utfordringar. Men så viser det seg i forsøk at når ein blandar dei saman, oppnår ein store synergieffektar. Husdyrgjødsel verkar buffrande/stabiliserande i prosessen, og samla metangassproduksjon aukar [1].

Langs heile Norskekysten frå Rogaland til Finnmark er der god tilgang på begge råstoffa (oppdrettsslam og husdyrgjødsel) samt store engareal som kan vere aktuell for spreing av biogjødsel.

Hittil har det i liten grad vore etablert kommersiell biogassproduksjon basert på desse råstoffa. No, i desember 2023 er det nokre få gardbiogassanlegg på Nordvestlandet som har kome i gang med slik produksjon. Desse anlegga har starta opp parallelt med at forskning og rådgiving produserer ny kunnskap, både om biogassproduksjonen basert på dei aktuelle substrata, og effekten av biogjødsel som gjødsel til eng.

Kunnskapsbasen er altså relativt ung, og desse nye anlegga har vore viktige bidragsytarar til kunnskapsproduksjonen.

- Til no ligg har det knapt vore gjennomført gjødslingsforsøk i eng med slik biogjødsel under norske forhold, verken karforsøk eller feltforsøk. Dette har medført at eventuelle brukarar av slik biogjødsel ikkje har hatt tilgang på kunnskap om kva gjødsleffekt (og ev andre effektar), biogjødsel basert på substrat av husdyrgjødsel og oppdrettsslam har på grasproduksjonen.

Det ligg føre forsøksresultat (karforsøk) med biogjødsel av husdyrgjødsel og oppdrettsslam i korn [2]. I desse forsøka fann ein nesten ingen gjødseleffekt av biogjødsel basert på 20/80 forhold mellom oppdrettsslam og husdyrgjødsel i biogassreaktoren. Det har derfor vore viktig å skaffe fram kunnskap om slik biogjødsel sin gjødseleffekt i engdyrkinga.

Analysar av oppdrettsslam viser høge verdiar av nokre tungmetall, då særskilt sink. Dagens gjødselvareforskrift (desember 2023) sine grenser for innhald av tungmetallet sink i gjødselvarer spreidd på eng, kan medføre at sinkinnhaldet i biogjødsel produsert på husdyrgjødsel og oppdrettsslam føre til avgrensingar i bruken av biogjødsel (mengde pr daa) på eng.

I verste fall kan ikkje slik biogjødsel nyttast til gjødsling på eng.

Oppdrettsslam har også høgt innhald av fosfor, eit nærings salt med avgrensa ressursar på jorda. I norsk landbruker det ei målsetting å unngå overforbruk av fosfor i gjødslinga.

Det er av interesse å undersøke om ein med enkle metodar kan justere innhaldet av fosfor og sink i biogjødsel. I dette prosjektet prøvde vi ut korleis separering av biogjødsel, ved hjelp av skrupresse, påverka innhaldet av fosfor og sink i våt- og tørrfraksjon.

I det store biletet har produksjon av biogass og biogjødsel basert på ei substratblanding av husdyrgjødsel og oppdrettsslam fleire interessante tankerekker.

For storsamfunnet vil det vere av stor interesse, om ein:

1. Kan utnytte energiressursane i dei store mengdene oppdrettsslam som blir samla opp i dagens produksjon, og som i framtida kjem til å auke monaleg (auka oppsamling + auka produksjon).
2. Kan få nytta dei store mengdene nærings salt, m.a. fosfor og nitrogen, i oppdrettsslammet, som gjødsel til produksjon av fôr og mat.

For oppdrettsnæringa er det truleg av stor interesse, om ein:

1. Kan gjere næringa meir berekraftig, ved å bidra til resirkulasjon av nærings salt, og produksjon av fornybar energi.
2. Kan oppnå reduserte kostnader til handtering av slammet, som næringa i dag må betale ein relativt høg "gate fee" for.

For landbruket er det truleg av stor interesse, om ein:

1. Kan bidra til produksjon av fornybar energi.
2. Kan bidra til reduserte klimagassutslepp.
3. Kan få tilgang på rimeleg, letthandterbar, og tilnærma ugrasfri organisk gjødsel.

I dette prosjektet er spørsmåla knytt til i kva grad slik biogjødsel er egna som gjødsel til eng.

Prosjektet er finansiert av Landbruksdirektoratet sitt Klima og Miljøprogram, Møre og Romsdal fylke og Nordland fylke, samt feltvertane Martin Toreli og Leif Kåre Halvorsen.

Resultatmål

Hovudmål:

Forprosjektet skal avklare, i forhold til regelverk og agronomi, om biorest basert på oppdrettsslam og husdyrgjødsel, kan nyttast som gjødsel på eng.

Delmål:

1. Produsere biogjødsel basert på husdyrgjødsel og oppdrettsslam, til bruk i gjødsling av forsøksfelt.

- Produksjonen skal skje ved NORSØK sitt biogassanlegg på Tingvoll(husdyrgjødsel) og Cermaq sitt anlegg i Steigen (oppdrettsslam). Biorestane skal så blandast saman i aktuelle blandingsforhold

Gjennomføring:

Det oppstod praktiske problem med den opprinnelege planen. Biogassanlegget til NORSØK måtte byggast om, og var derfor ute av drift. Vi gjorde derfor ein avtale med firmaet Biogass Møre om å få nytte ein testreaktor dei disponerte (tilhøyrande LINDUM) til å produsere aktuell biogjødsel. Biogjødsel vart til sesongane 2021 og 2022 då produsert i denne testreaktoren Oppdrettsslam vart henta frå Lumarine Tjeldbergodden AS, husdyrgjødsel vart henta frå eit mjølkeproduksjonsbruk i Stranda. Slam og gjødsel vart blanda i forholdet 20/80 på volumbasis. I 2023 vart husdyrgjødsel og biogjødsel henta frå Svanem biogass. Husdyrgjødsel og biogjødsel vart tappa same dag. Det vil seie at husdyrgjødsel nytta i biogassreaktoren truleg hadde noko anna samansetnad (omlag 12 dagar skilnad mellom tappingane).

2. Legge ut forsøksfelt. Undersøke kva gjødslingseffekt biorest med oppdrettsslam og husdyrgjødsel som råstoff, har ved gjødsling av eng.

- I feltforsøk skal undersøkast gjødsleffekt av ulike mengder tilført biogjødsel samanlikna med husdyrgjødsel målt som avling i kg ts. pr. daa.
- Gjødsleffekt skal samanliknast med liknande mengder (N, P og K) i konvensjonell gjødsling ved bruk av Fullgjødsel.
- Det skal takast ut kjemisk analyse av avlinga frå ulike forsøksledd for samanlikning av næringsinnhald og mineralinnhald inkl. tungmetall.

Gjennomføring:

Etter plan. Det vart lagt ut forsøksfelt i Vestvågøy og i Hustadvika. Forsøksarbeidet vart utført etter plan. I 2021 var der stor gjenvekst etter 2. slått på feltet i Hustadvika. Det vart beslutta å også ta tredje slått på feltet.

3. Undersøke i kva grad (i forhold til forslag om ny gjødselverforskrift) slik biogjødsel kan nyttast til gjødsling på eng.

- Det skal takast ut prøvar av biogjødsel for kjemisk analyse. Analyseresultat skal drøftast opp mot aktuelt regelverk. Drøftingane skal og vurdere effekt av innhald i ulike råstoff
- Det skal takast ut prøver for hygienisk analyse. Analyseresultat skal drøftast opp mot aktuelt regelverk

Gjennomføring:

Etter plan. Det er teke ut prøvar av substrat/biogjødsel som vart analysert for kjemisk innhald inkl tungmetall, og hygienisk kvalitet.

Resultata har blitt drøfta opp mot aktuelt regelverk.

4. Undersøke om det er mogeleg å tilpasse innhaldet av fosfor og sink i biogjødsla gjennom ulik avvatningsgrad av denne. Dette i forhold til foreslegne maksimalgrenser for tilførsel av fosfor pr. daa i forslaget til ny gjødselvereforskrift.

- Det skal gjennomførast mekanisk avvatning av biogjødsel, med fleire ulike avvatningsgrader.
- Det skal takast ut prøver av våtdel og tørrdel etter avvatninga for analyse av nitrogen, nærings salt og aktuelle tungmetall
- Effekt av avvatning skal drøftast opp mot aktuelt regelverk

Gjennomføring:

Etter plan. Biogjødsel vart separert med to fabrikat av separatorar, med to avvatningsgrader.

Tørrfraksjon og våtfraksjon vart analysert og samanlikna med biogjødsla.

5. Publisering

- Resultat frå prosjektet skal publiserast i aktuelle landbruksfaglege tidsskrift, i NORSØK sine formidlingskanalar, samt Norsk Landbruksrådgiving sine formidlingskanalar. Prosjektet og prosjektresultat skal og presenterast på aktuelle fagmøte for landbruksnæringa.

Gjennomføring

Etter plan. Det er publisert delrapportar etter kvar vekstsesong i forsøksmeldinga til NLR Nordvest. Førebelse resultat er presentert på ulike fagmøte, m.a. Klimafagdag NLR Nordvest 2021. Fagmøte Arktisk Landbruk 2022 Ringleiarsamlinga NLR 2023.

Ferdig fagrapport vil bli presentert i Nasjonale fagtidsskrift vinteren 2024

Resultat

Produksjon av biogjødsel/analyser av substrat og biogjødsel

I første og andre forsøksår vart husdyrgjødsel (storfe) tappa frå gjødselkjellar frå båsfjøs med open skantil på seinhausten. Gjødsla vart blanda med oppdrettsslam frå Lumarine Tjeldbergodden (postsmolt med sjøvatt i kara) i forhold 80/20 på volumbasis.

Det vart sendt inn prøvar av substrata, substratblandinga og biogjødsel til analyse hos Eurofins, presentert i tabell 1.

Tabell 1. Resultat frå analyser av substrat, substratblanding og biogjødsel første og andre forsøksår.

Kjemisk innhald substrat og biogjødsel. Første forsøksår. Nokre verdiar						
Analyse		Husdyrgjødsel	Oppdrettsslam	Substrat 80/20	Biogjødsel	
Tørrstoff	%	7,5	21,6	9	6,2	
pH		7,3	5,8	6,8	7,9	
tot-N	kg/tonn	4,3	14	5,2	4	
NH4-N	kg/tonn	3	2,7	3	3,4	
Fosfor	kg/tonn	0,6	6,9	1,18	0,9	
Kalium	kg/tonn	4,3	1,3	3,9	3,4	
Svovel	kg/tonn	0,4	1,6	0,6	0,4	
Natrium	mg/kg Ts	12100	38900	32000	30700	
Kopar	mg/kg Ts	41,9	26,4	36,9	41,5	
Sink	Mg/kg Ts	225	489	272	299	
E.Coli	cfu/g	<10	<10	<10	<10	
TKB	cfu/g	<100	<100	<100	<100	
Salmonella		ikkje påvist i 50 g	ikkje påvist i 50 g	ikkje påvist i 50 g	ikkje påvist i 50 g	
Kjemisk innhald substrat og biogjødsel. Andre forsøksår. Nokre verdiar						
Analyse		Husdyrgjødsel	Oppdrettsslam	Substrat 80/20	Biogjødsel	
Tørrstoff	%	6,8	10,2	9,6	4,7	
pH		7,5	6,1	7,5	8,1	
tot-N	kg/tonn	5,1	9	6,4	5,2	
NH4-N	kg/tonn	1,93	4,4	2,75	2,84	
Fosfor	kg/tonn	0,69	0,71	1,1	0,44	
Kalium	kg/tonn	2,8	0,83	3,7	3,2	
Svovel	kg/tonn	0,32	1	0,43	0,27	
Natrium	kg/tonn	1,6	11	1,9	1,7	
Kopar	mg/kg Ts	34	12	35	50	
Sink	Mg/kg Ts	220	190	240	280	

I tredje forsøksår vart husdyrgjødsel frå fleire storfefjøsar i Heim kommune blanda saman før denne vart blanda med oppdrettsslam frå fleire smoltanlegg i området Trondheimsfjorden. Denne blandinga fekk så tilført substrat frå biogassreaktoren. Blandingsforholdet var om lag 80% husdyrgjødsel, 10% oppdrettsslam og 10% reaktorsubstrat.

Analyse av husdyrgjødsel, substratblanding og biogjødsel for tredje forsøksår er presentert i tabell 2.

Tabell 2. Resultat frå analysar av substrat, substratblanding og biogjødsel tredje forsøksår.

Kjemisk innhald substrat og biogjødsel. Tredje forsøksår. Nokre verdiar						
Analyse		Husdyrgjødsel	Oppdrettsslam	Substrat 80/10/10	Biogjødsel	
Tørrstoff	%	5,4		5,6	2,1	
pH		7,9		7,8	8,5	
tot-N	kg/tonn	3,4		4,2	2,8	
NH4-N	kg/tonn	1,38		1,38	1,66	
Fosfor	kg/tonn	0,44		0,6	0,12	
Kalium	kg/tonn	3,3		3,3	2,7	
Svovel	kg/tonn	0,3		0,34	0,16	
Natrium	kg/tonn	0,51		0,88	0,66	
Kopar	mg/kg Ts	26		27	45	
Sink	Mg/kg Ts	150		190	290	

Analysane både for substrata, substratblandingane og biogjødsla varierte, naturleg nok. Det er også få analysar. Ein skal derfor vere varsam med å vurdere tala.

Ein ser at innhaldet av NH4-N målt som kg/tonn aukar gjennom reaktorprosessen (frå substratmikstil biogjødsel). Det same gjer sinkinnhaldet og koparinnhaldet, målt som mg/kg Ts. Også pH aukar.

Innhaldet av sink i biogjødsla var alle tre sesongane innafor kvalitetsklasse 1. Den forholdsvis store delen storfejødsel (om lag 80% på volumbasis) i substratmiksen tynna ut sinkkonsentrasjonen. Det må og seiast at sinkinnhaldet i det nytta oppdrettsslammet var moderat.

Tabell 3 Maksimumsgrenser for tillate innhald av tungmetall i dei enkelte kvalitetsklassene angitt som mg/kg Ts [3]

Kvalitetsklasser:	0	I	II	III
	mg/kg tørrstoff			
Kadmium (Cd)	0,4	0,8	2	5
Bly (Pb)	40	60	80	200
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,6	3	5
Nikkel (Ni)	20	30	50	80
Sink (Zn)	150	400	800	1500
Kobber (Cu)	50	150	650	1000
Krom (Cr)	50	60	100	150

Koparinnhaldet var lågt. Innhaldet i biogjødsla dei tre sesongane låg i grenseområdet mellom kvalitetsklasse 0 og 1 for kopar.

Tørrstoff (%), totalnitrogen, fosfor, kalium svovel og natrium, målt som kg pr tonn går ned.

I gjødslingsforsøka vart det gjødsla med like mengder husdyrgjødsel, ledd B og D, og biogjødsel, ledd C og E (5 tonn pr vekstsesong). Her var mengda total N, og kalium (kg/tonn) lågare i biogjødsla enn i husdyrgjødsla alle åra, medan NH₄-N (kg/tonn) og sink(mg/kg) var høgast i biogjødsla.

Oppdrettsslam har generelt lågare innhald av kalium enn husdyrgjødsel. På jord med stort behov for kalium vil innblanding av oppdrettsslam i reaktorsubstratet kunne føre til behov for tilleggsgjødsling med kalium som mineralgjødsel.

Vanlegvis finn ein høge verdiar for fosfor i oppdrettsslam (som i analysetala for oppdrettsslammet i 2021). Substratmiksen alle åra har høgare innhald enn husdyrgjødsla. Det er derfor overraskande at ein finn så låge tal i biogjødsla. Kva som er årsaka til dette er vanskeleg å forklare. Det er forventta at næringsalta sin del av volumet skal auke gjennom reaktorprosessen, sidan tørrstoff reduksjonen (% ts) i hovudsak skuldast omdanning av karbon sambindingar i substrata over til metan.

NH₄-N innhaldet aukar i reaktorprosessen alle tre åra, og innhaldet i biogjødsla er høgare enn i substratet husdyrgjødsla alle åra. Dette har gjeve ein høgare del plantetilgjengeleg nitrogen i biogjødsel enn i husdyrgjødsel, noko som har redusert mengda nitrogen tilført som handelsgjødsel i leddet med biogjødsel i forhold til husdyrgjødsel.

I tabell 4 er sett opp skilnaden i kg plantetilgjengeleg N pr tonn gjødsel for dei tre forsøkssesongane. Skilnaden varierer frå 0,3 kg N pr tonn i 2021 t til 0,6 kg N pr tonn i 2022 og 2023. I gjennomsnitt for dei tre sesongane vart det 0,48 kg N pr tonn gjødsel. Ved dagens pris på Opti NS (desember 2023) [4] vil det utgjere ein verdiskilnad pr tonn gjødsel på omlag 8,5 kr pr tonn i favør biogjødsla, så sant ein klarer å utnytte det høgare innhaldet av plantetilgjengeleg nitrogen i biogjødsla.

Tabell 4. Innhald av kg nitrogen, NH₄-N og berekna plantetilgjengeleg nitrogen i Skifteplan pr tonn gjødsel [4].

Analyse	2021		2022		2023	
	Husdyrgjødsel	Biogjødsel	Husdyrgjødsel	Biogjødsel	Husdyrgjødsel	Biogjødsel
Ts %	7,46	6,22	6,8	4,7	5,4	2,1
Total N kg pr tonn	4,27	4,01	5,1	5,2	3,4	2,8
NH ₄ -N kg pr tonn	3,03	3,36	1,93	2,84	1,38	1,66
plantetilgjengeleg N	1,6	1,9	1,8	2,4	1,1	1,7
pH	7,25	7,95	7,5	8,1	7,9	8,5

Ein annan observasjon er at delen NH₄-N av total-N er høgare i biogjødsla enn i husdyrgjødsla (og substratmiksen). I dei deler av landet der det er avgrensingar på tilførsel av maksimum 17 kg total-N pr dekar frå organiske gjødselslag, vil ein ved bruk av biogjødsel kunne tilføre mykje meir plantetilgjengeleg gjødsel pr dekar enn ved bruk av husdyrgjødsel [3]. Eksempelvis ville ein i 2021 kunne tilført 3,95 tonn husdyrgjødsel, med totalt knapt 11,86 kg NH₄-N pr daa, medan ein kunne tilført 4,25 tonn biogjødsel pr daa med totalt 14,45 kg NH₄-N pr daa. I 2023 ville tala vere 5 tonn husdyrgjødsel med 6,9 kg NH₄-N pr daa, mot 6 tonn biogjødsel med 10,1 kg NH₄-N pr daa.

Gjødslingsforsøk

Det vart gjennomført gjødslingsforsøk der ein samanlikna husdyrgjødsel med biogjødsel etter slik plan

Ledd A:	0-ledd, utan gjødsling
Ledd B:	3 + 2 tonn husdyrgjødsel pr daa
Ledd C:	3 + 2 tonn biogjødsel pr daa
Ledd D:	3 + 2 tonn husdyrgjødsel pr daa + handelsgjødsel opp til normgjødsling av N for eng
Ledd E:	3 + 2 tonn biogjødsel pr daa + handelsgjødsling opp til normgjødsling av N for eng
Ledd F:	Handelsgjødsel berekna normgjødsling for eng

Forsøksfelta var lagt opp med tre gjentak.

Husdyrgjødsla i ledd B og D var i første og andre forsøksår teke ut av gjødsellageret samstundes med husdyrgjødsla som vart nytta i substratmiksen i biogassanlegget. I siste forsøksår vart husdyrgjødsla i desse ledda henta ut 12 dagar seinare enn den som vart nytta i substratmiksen.

Det vart lagt ut to forsøksfelt på godt oppgjødsla andre års eng, på Vestvågøy og i Hustadvika. Med utgangspunkt i jordprøvar og årlege gjødselprøvar vart det for ledda D, E og F sett opp gjødslingsplan i gjødslingsprogrammet Skifteplan. Det vart nytta handelsgjødselslag som sikra at det skulle vere rikeleg dekning med fosfor og kalium i gjødslinga. Dette for å sikre at ev avlingskilnader i ledda D, E og F kunne tilskrivast utnytting av nitrogenet i gjødselmiksen. Det var planlagt å tilføre lik mengde plantetilgjengeleg nitrogen i ledda D, E og F. Av ulike årsaker lukkast vi ikkje heilt med det.

Det vart teke ut jordprøvar på felta ved oppstart og avslutning av felta. Det vart registrert avling på felta (tre gjentak på kvart ledd). Det vart sendt inn samleprøvar av avlinga frå kvart ledd til analyse.



Bilete 1: Frå gjødslinga av forsøksfeltet i Hustadvika.

Foto: Nina Ugelvik



Bilete 2: Forsøksfeltet på Vestvågøy klar til 2. hausting.

Foto: Gustav Karlsen

Tørrstoffavling og proteinavling.

I tabell fem, seks og sju er sett opp avlinga i dei tre feltsesongane. I feltsesongen 2021 vart det teke kjemisk analyse berre av første slått, slik at der ikkje føreligg tal for proteinavling og avlingseffekt av tilført nitrogen.

Tabell 5. Tørrstoffavling i første feltsesong

Ledd	2021 Hustadvika	Avling kg Ts/daa				Gjødsling kg plantetilgjengelig N pr daa
		1. slått	2. slått	3. slått	sum	
A	0 ledd	290	99	55	444	0
B	3 + 2 t husdyrgjødsel	345	216	66	627	9
C	3 + 2 t biogjødsel	377	307	55	739	12
D	3 + 2 t husdyrgjødsel + handelsgj	397	504	135	1036	20,7
E	3 + 2 t biogjødsel + handelsgj	460	484	130	1074	20,7
F	handelsgj	315	509	162	986	20,7

Ledd	2021 Vestvågøy	Avling kg Ts/daa			sum	Gjødsling kg plantetilgjengelig N pr daa
		1. slått	2. slått			
A	0 ledd	505	188		693	0
B	3 + 2 t husdyrgjødsel	655	312		967	9
C	3 + 2 t biogjødsel	748	364		1112	12
D	3 + 2 t husdyrgjødsel + handelsgj	643	361		1004	20,7
E	3 + 2 t biogjødsel + handelsgj	795	417		1212	20,7
F	handelsgj	626	416		1042	20,7

Tabell 6. Tørrstoffavling og proteinavling i andre feltsesong

Ledd	2022	Hustadvika	Avling kg Ts/daa			Gjødsling kg plantetilgjenge lig N pr daa	Proteininnhald gram pr kg TS i grasprøve	Avling kg protein pr daa			Avlingseffekt kg Ts pr daa pr tilført kg N/daa	
			1. slått	2. slått	sum			totalt	1.sl	2.sl		totalt
A	0 ledd		358	174	532	0	74	112	26,5	19,5	46,0	
B	3 + 2 t husdyrgjødsel		608	510	1118	9	118	113	71,7	57,6	129,4	65
C	3 + 2 t biogjødsel		582	464	1046	12	94	112	54,7	52,0	106,7	57
D	3 + 2 t husdyrgjødsel + handelsgj		563	519	1082	20,7	136	105	76,6	54,5	131,1	26
E	3 + 2 t biogjødsel + handelsgj		579	524	1103	20,7	124	119	71,8	62,4	134,2	25
F	handelsgj		534	520	1054	20,7	148	109	79,0	56,7	135,7	25

Ledd	2022	Vestvågøy	Avling kg Ts/daa			Gjødsling kg plantetilgjenge lig N pr daa	Proteininnhald gram pr kg TS i grasprøve	Avling kg protein pr daa			Avlingseffekt kg Ts pr daa pr tilført kg N/daa	
			1. slått	2. slått	sum			totalt	1.sl	2.sl		totalt
A	0 ledd		615	162	777	0	97	147	59,7	23,8	83,5	
B	3 + 2 t husdyrgjødsel		787	323	1110	9	152	173	119,6	55,9	175,5	37
C	3 + 2 t biogjødsel		929	329	1258	12	189	147	175,6	48,4	223,9	40
D	3 + 2 t husdyrgjødsel + handelsgj		724	316	1040	23	204	150	147,7	47,4	195,1	11
E	3 + 2 t biogjødsel + handelsgj		795	356	1151	25	138	151	109,7	53,8	163,5	15
F	handelsgj		913	349	1262	22,5	168	159	153,4	55,5	208,9	22

Tabell 7. Tørrstoffavling og proteinavling i tredje feltsesong

Ledd	2023	Hustadvika	Avling kg Ts/daa			Gjødsling kg plantetilgjenge lig N pr daa	Proteininnhald gram pr kg TS i grasprøve	Avling kg protein pr daa			Avlingseffekt kg Ts pr daa pr tilført kg N/daa	
			1. slått	2. slått	sum			totalt	1.sl	2.sl		totalt
0 ledd			196	174	370		98	112	19,2	19,5	38,7	
3 + 2 t husdyrgjødsel			400	513	913	5,5	121	84	48,4	43,1	91,5	99
3 + 2 t biogjødsel			446	474	920	8,5	112	79	50,0	37,4	87,4	65
3 + 2 t husdyrgjødsel + handelsgj			382	676	1058	23,5	176	106	67,2	71,7	138,9	29
3 + 2 t biogjødsel + handelsgj			489	641	1130	24,7	180	117	88,0	75,0	163,0	31
handelsgj			395	722	1117	24,7	182	123	71,9	88,8	160,7	30

Ledd	2023	Vestvågøy	Avling kg Ts/daa			Gjødsling kg plantetilgjenge lig N pr daa	Proteininnhald gram pr kg TS i grasprøve	Avling kg protein pr daa			Avlingseffekt kg Ts pr daa pr tilført kg N/daa	
			1. slått	2. slått	sum			totalt	1.sl	2.sl		totalt
0 ledd			406	71	477		112	109	45,5	7,7	53,2	
3 + 2 t husdyrgjødsel			593	259	852	5,5	137	135	81,2	35,0	116,2	68
3 + 2 t biogjødsel			670	345	1015	8,5	111	148	74,4	51,1	125,4	63
3 + 2 t husdyrgjødsel + handelsgj			626	292	918	25,3	132	177	82,6	51,7	134,3	17
3 + 2 t biogjødsel + handelsgj			632	362	994	26,5	149	158	94,2	57,2	151,4	20
handelsgj			627	363	990	26,5	163	185	102,2	67,2	169,4	19

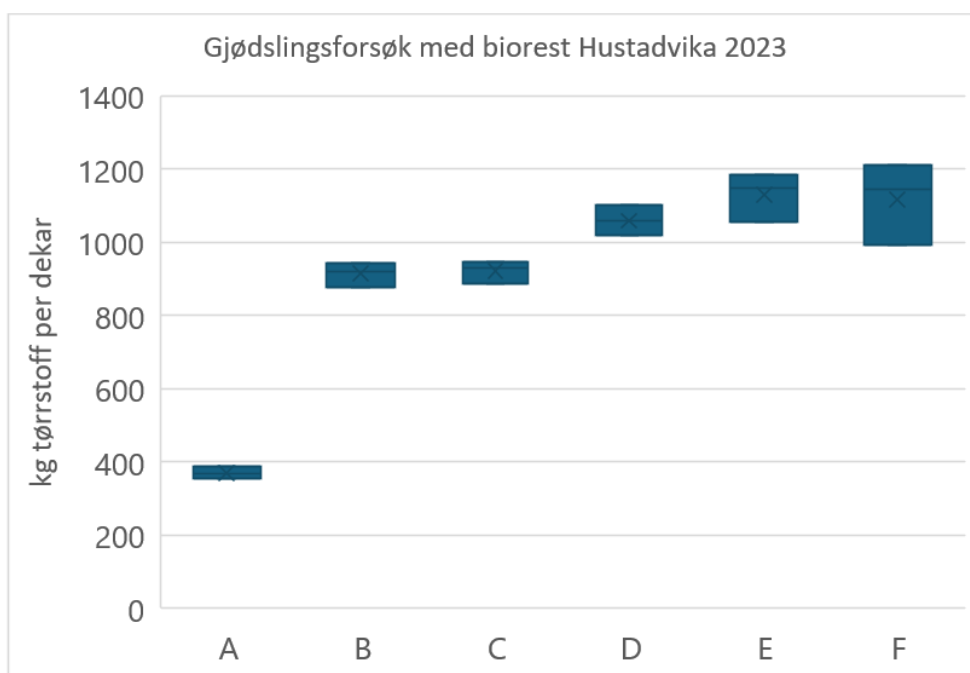
Sjølv om dei summerte gjennomsnittsavlingane tenderer til noko høgare avling for ledda med biogjødsel i forhold til husdyrgjødsel, er der er ingen statistisk sikker skilnad i avling mellom gjødsling med husdyrgjødsel eller biogjødsel totalt for felta.

Dette gjeld både for ledda med berre organisk gjødsel og ledda med ekstra tilført handelsgjødsel, som jamnar ut skilnaden mellom husdyrgjødsel og biogjødsel med omsyn til plantetilgjengeleg nitrogen.

Som ein kuriositet kan ein nemne at der er heller ingen statistisk sikker skilnad i avling mellom ledda som fekk tilført berre organisk gjødsel, og ledda som også fekk tilført handelsgjødsel, sjølv om ledda som fekk tilført handelsgjødsel i tillegg, hadde om lag 10 kg N pr dekar sterkare gjødsling. Det kan tyde på at der er store nitrogenreservar i jorda der forsøksfeltet er lagt ut.

Avlingsresultata frå Vestvågøy

- Det er ikkje skilnad mellom dei gjødsle ledda.
- Det er signifikant skilnad (0,1%) mellom år. Skuldast mindre avling første året og klimaskilnader mellom åra?
- Det er ikkje signifikant samspel mellom gjødsel og år.



Boxplot som viser avlingsnivå og variasjon i gjødslingsforsøk i eng i Hustadvika 2023.

Avlingsresultata frå Hustadvika

- Det er ikkje skilnad mellom dei gjødsle ledda.
- Det er signifikant skilnad (0,1%) mellom år. Skuldast lita avling første året og klimaskilnader mellom åra.
- Det er signifikant samspel mellom gjødsel og år. Åra 2021 og 2023 ga ledd D, E og F større tørrstoffavling enn ledd B og C. I 2022 var det ingen skilnad på dei gjødsle ledda B-F. I to av tre år har D, E og F gitt større tørrstoffavling enn B og C.

Analysane av proteininnhald i avlinga viser tendensar til høgare proteinavling pr kg Ts (protein%) i ledda med tilleggsgjødsling med nitrogen. Det kan og sjå ut til at ledda med biogjødsel har høgare proteininnhald i avlinga enn ledda med husdyrgjødsel. Det må her understrekast at talgrunnlaget er lite. Dette gjer vurderingane usikre.

Nokre kommentarar vedr. gjødslingsforsøk med organiske gjødselslag:

-Gjødslingsforsøk med organiske gjødselslag er utfordrande , sidan mineralisering av nitrogen og nærings salt blir påverka av mange forhold, m.a. temperatur og fuktforholda i jorda gjennom vekstsesongen.

-Tilgangen for plantene av næringsreservar frå jorda blir også påverka av klimaet.

-Konklusjonane vi kan trekke frå desse gjødslingsforsøka er at biogjødsel basert på husdyrgjødsel og oppdrettsslam gjev minst like god avling som husdyrgjødsel.

Mineralinnhald og innhald av tungmetall

Det vart teke ut mineralanalysar inkl. sink av avlinga på første slått i første og siste engår. Dette for å observere om der var endringar i mineralinnhald i ledda med husdyrgjødsel kontra biogjødsel, sidan biogjødsel var basert på innblanding av fiskeslam. Fiskeslam er rekna å ha høgt innhald av fosfor og sink i forhold til husdyrgjødsel. Dessutan lavt innhald av kalium [5] . Først og fremst var det interessant å sjå om der var skilnad i innhaldet av fosfor, sink og kalium i grasprøvene. Størst interesse var det å sjå på om slikt kunne observerast i ledda B og C, som berre hadde fått tilført husdyrgjødsel eller biogjødsel.

Oppdrettsslammet som vart nytta som substrat i miksen til biogassreaktorane i dette prosjektet varierte med omsyn til innhald av fosfor, sink og kalium mellom år, og i forhold til gjennomsnittstala funne i rapporten «Fiskeslam frå smolt og postsmoltproduksjon som gjødsel» [5]. Resultata av analysane som er referert i den rapporten viser stort spenn til dømes er variasjonen for total fosfor mellom 6,9 og 45,8 gram pr kg Ts. I dette prosjektet var variasjonen for fosfor i oppdrettsslammet mellom 7 og 31,9 gram pr kg Ts. I gjødslingsforsøka i dette prosjektet vart det nytta biogjødsel basert på substratblanding av storfegjødsel og oppdrettsslam. Under er sett opp tabell med innhaldet av fosfor, kalium og sink rekna ut pr kg Ts samanlikna med nytta husdyrgjødsel for dei tre forsøksåra. Lengst til høgre i tabellen er sett opp analysetal for biogjødsel frå Svanem Biogass teke ut i oktober 2023, samt gjennomsnittsverdiane frå analysane i rapporten til Brod og Øgaard [5].

Tabell 8. Innhald av nokre mineral i substrat og gjødsel i prosjektet, samt samanlikningstal

Analyse	2021			2022			2023			Svanem	Brod gjsn
	Husdyr gjødsel	Oppdretts slam	Bio-gjødsel	Husdyr gjødsel	Oppdretts slam	Bio-gjødsel	Husdyr gjødsel		Bio-gjødsel	biogjødsel haust 23	Oppdretts -slam
Ts %	7,5	21,6	6,2	6,8	10,2	4,7	5,4		2,1	4,8	
Fosfor g pr kg Ts	8	31,9	14,5	10,1	7	9,4	8,1		5,7	16,5	24,9
Kalium g pr kg Ts	57	6	54	41,2	8,1	68,00	61		128,6	61,9	1,2
Sink mg pr kg Ts	225	489	299	220	190	280	150		290	350	373

I tabell 10 er sett opp verdiane av mineralanalysane i graset som vart tekne ut.

Der er ingen signal om at biogjødsel som vart nytta i feltforsøka i dette prosjektet gav endringar i innhaldet av fosfor eller sink i graset i forhold til husdyrgjødsel som vart nytta.

Det må understreka at skilnadene i innhald av fosfor, kalium og sink i husdyrgjødsel og biogjødsel var moderate. Tabell 9 viser tilført mengde berekna med tilført 5 tonn pr daa for dei to organiske gjødselslaga. Det må nemnast at analysane av biogjødsel både i 2022 og 2023 kan sjå ut til å ha fleire ulogiske verdiar (i forhold til analysane av substratmiksen inn i biogassreaktorane).

Tabell 9. Tilført mengde fosfor, kalium og sink pr dekar i dei tre feltsesongane med husdyrgjødsel eller biogjødsel (gjødsla med 5 tonn pr daa)

Analyse	2021		2022		2023	
	Husdyrgjødsel	Biogjødsel	Husdyrgjødsel	Biogjødsel	Husdyrgjødsel	Biogjødsel
Ts %	7,46	6,22	6,8	4,7	5,4	2,1
Fosfor kg pr daa	3	4,5	3,45	2,2	2,2	0,6
Kalium kg pr daa	21,5	17	14	16,00	16,5	13,5
Sink gram pr daa	84,5	92,5	75	65	40,5	30,5

Høgast verdiar for innhald av fosfor, kalium og sink fekk vi på dei ledda som også var gjødsla med handelsgjødsla.

Tabell 10. Mineralinnhald i grasprøvar frå første slått, første og siste engår

Samanstilling av resultat for mineralinnhald i grasprøvene		2021						2023					
Felt	Hustadvika	storfe + oppdrettsslam						storfe + oppdrettsslam					
prøveår		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
analyse	eining	grovfor optimalområde											
Ca	g/kg Ts	2,4	2,2	2,7	3,9	3,2	2,2	3,5	2,3	2,1	3	2,7	2,7
P	g/kg Ts	2,4	2,6	2,6	3,6	3	3	2,9	2,9	2,6	2,8	2,9	2,9
Na	g/kg Ts	1	1,3	4,6	1	3,3	1,8	4,8	1,1	2,1	0,3	0,6	0,6
Mg	g/kg Ts	0,9	1,2	1,4	1,8	1,5	1,3	2,3	1,6	1,6	2	1,8	1,8
K	g/kg Ts	15,3	20,4	17,8	28,1	28,1	25,7	8,6	23,3	22	32,9	33,7	33,7
Cl	g/kg Ts	4,2	7	12,1	12,1	16,5	8,2	6,8	9,4	10,4	13,5	11,2	11,2
S	g/kg Ts	1,2	1,3	1,3	2,9	2,1	2,4	1,4	1,6	1,4	2,3	2,4	2,4
Mn	mg/kg Ts	27	40	43	46	41	50	29	22	30	47	46	46
Zn	mg/kg Ts	18	20	21	28	24	26	18	19	20	27	27	27
Cu	mg/kg Ts	1,9	2,6	2,6	4,8	2,4	3	3,9	2,8	3	2,3	2,2	2,2
Fe	mg/kg Ts	70	86	68	76	84	58	44	50	52	61	56	56
B	mg/kg Ts	3,8	3,6	2,9	5,1	3,4	4,7	2,6	3,1	2,8	5,6	5	5
Felt	VESTVÅGØY	storfe + oppdrettsslam											
prøveår		2021											
Ledd		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
analyse	eining	grovfor optimalverdiar											
Ca	g/kg Ts	1,9	2,3	2,3	3,1	2,7	2,4	3,7	2,8	2,3	2,1	2,5	2,6
P	g/kg Ts	2,6	2,6	3	3,1	3,3	3,4	2,5	2,8	2,7	2,7	2,9	3,1
Na	g/kg Ts	0,1	0,2	0,4	0,2	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Mg	g/kg Ts	1,5	1,5	1,6	2,3	2,1	1,7	2,4	2,1	1,7	1,6	1,9	2
K	g/kg Ts	20,5	24,6	24	30,6	29,7	24,8	19,3	27,5	24,2	27	28,3	30,6
Cl	g/kg Ts	4,1	9,7	11,3	13,2	16	5,9	7,3	5,9	5,5	5	6,6	4,6
S	g/kg Ts	1,4	1,5	1,6	2,5	2,4	2,4	1,4	2,1	1,4	1,5	2,2	2,4
Mn	mg/kg Ts	19	21	30	31	40	38	30	30	20	21	34	40
Zn	mg/kg Ts	25	22	28	29	32	30	25	27	22	26	33	28
Cu	mg/kg Ts	3,1	2,2	3,6	2,9	4,4	3,7	3,2	2,9	2,6	2,4	3,3	2,8
Fe	mg/kg Ts	56	55	61	68	94	68	103	187	88	77	69	96
B	mg/kg Ts	4,2	4,3	5,3	5,1	5,6	6,8	6,8	4,3	4,8	4,8	5,7	5,7

Avvatningsforsøk

Det vart gjennomført separeringsforsøk av biogjødsel frå Svanem Biogass. Det vart nytta to typar separatorar, begge med skrupresse



Bilete 3. Separator A av merket SepCom

Foto: Jon G. Lied



Bilete 4. Separator B av merket Cri-Man

Foto: Jon G. Lied

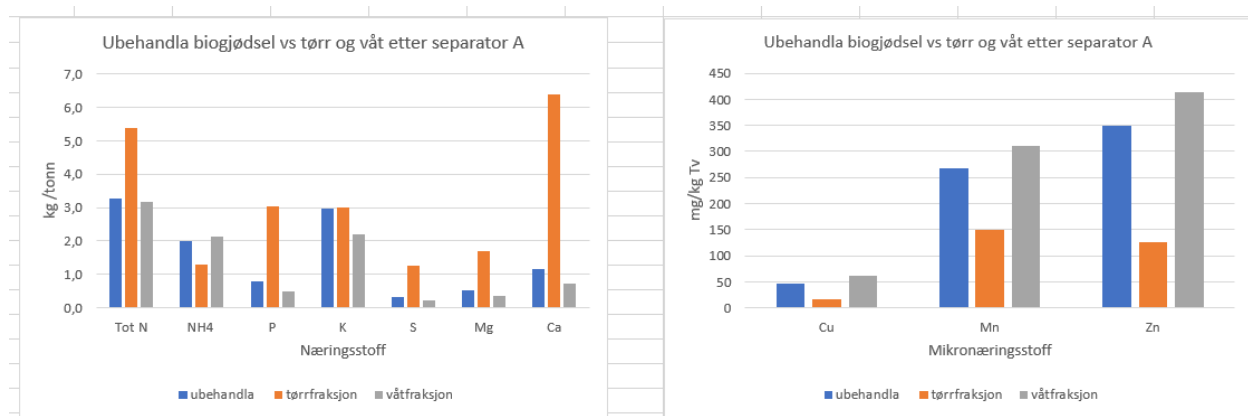
Det vart teke ut prøver av biogjødsel samt av tørrfraksjon og våtfraksjon frå dei to separatorane.

Tabell 11. Analyseresultat av ubehandla biogjødsel, tørr- og våtfraksjon etter separering med to separatorar.

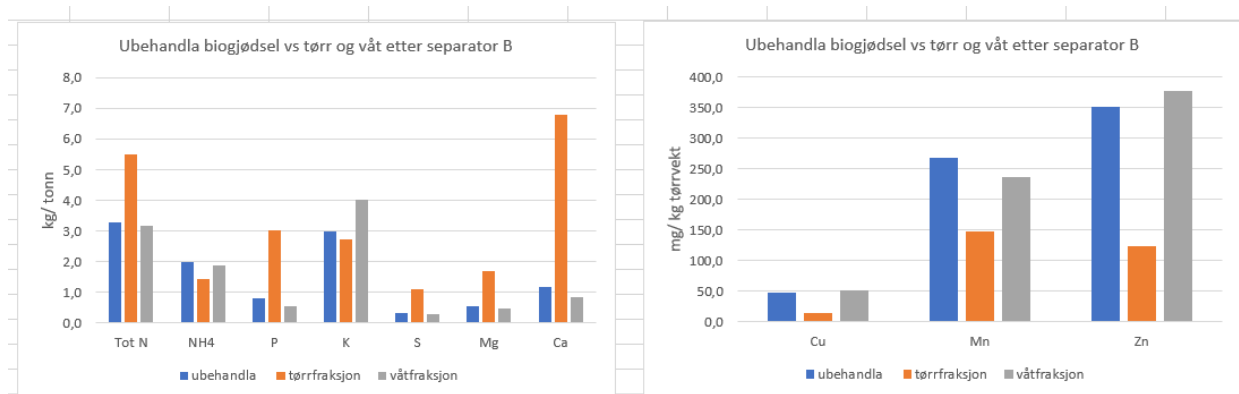
	Ubehandla biogjødsel	Separator A tørrfraksjon	våtfraksjon	Separator B tørrfraksjon	våtfraksjon
TS%	4,8	30,1	2,8	29,2	4,2
Tot N kg/tonn	3,3	5,4	3,2	5,5	3,2
NH4 kg/tonn	2,0	1,3	2,1	1,4	1,9
P kg/tonn	0,8	3,0	0,5	3,0	0,6
K kg/tonn	3,0	3,0	2,2	2,7	4,0
S kg/tonn	0,3	1,3	0,2	1,1	0,3
Mg kg/tonn	0,5	1,7	0,4	1,7	0,5
Ca kg/tonn	1,2	6,4	0,7	6,8	0,8
Na kg/tonn	0,9	0,9	0,6	0,8	1,0
Cu mg/kg tv	47,0	16,0	60,7	14,3	52,0
Mn mg/kg tv	266,7	150,0	310,0	146,7	236,7
Zn mg/kg tv	350,0	126,7	413,3	123,3	376,7
B mg/kg tv	36,7	23,0	44,3	30,3	64,3
Fe mg/kg tv	3566,7	1466,7	3966,7	1400,0	3233,3
pH	8,5	9,0	8,5	9,2	8,6
Volumvekt kg/m3	1000,0	346,7	1000,0	276,7	1000,0

I 2022 gjennomførte NLR Rogaland ei kartlegging av separert husdyrgjødsel. I forhold til dei analysetala som kom fram i den undersøkinga ser det ut til at i vårt forsøk med separasjon av biogjødsel har ein større del av fosfor og svovel hamna i tørrfraksjonen enn ved registreringane i Rogaland. I registreringane i Rogaland var det og noko lågare avvatningsgrad. Det må undersøkast nærare om separering av biogjødsel gjev anna fordeling av næringsalta m.v. enn avvatning av husdyrgjødsel [6].

Basert på analysetala har vi sett opp fordelinga mellom dei ulike analyserte fraksjonane i stolpediagram, eit for makronæringsstoffa, og eitt for mikrominerala/tungmetalla for dei to separatorane.



Figur 3 Fordeling av nitrogen og nokre næringsalt/tungmetall ved separering. Separator A



Figur 4. Fordeling av nitrogen og nokre nærings salt/tungmetall ved separering. Separator B

Dei brukte separatorane gav ulik avvatningsgrad jmf. ts% i våtfraksjon i tabell 11. Likevel har separatorane eit ganske samanfallande bilete vedr. fordelinga av nitrogen og nærings salt/tungmetall etter separering. I forhold til ubehandla biogjødsel ser vi slike utslag:

Nitrogen og makromineral (måleining kg/tonn)

- Totalnitrogen har størst andel i tørrfraksjonen
- NH4-N finn vi mest igjen av i våtfraksjonen
- Fosfor fylgjer tørrfraksjonen
- Kalium finn vi mest igjen av i våtfraksjonen
- Svovel fylgjer tørrfraksjonen
- Magnesium fylgjer tørrfraksjonen
- Kalsium fylgjer tørrfraksjonen

Mikromineral/tungmetall (måleining mg /kg tørrvekt)

- Kopar finn vi mest igjen av i våtfraksjonen
- Mangan finn vi mest igjen av i våtfraksjonen
- Sink finn vi mest igjen av i våtfraksjonen

I dette forsøket ser vi at separering av biogjødsel er ein enkel og effektiv måte å redusere fosforandelen i den våte fraksjonen av gjødsla. Men det same gjeld også for svovel, magnesium og kalsium. Sjølv om ein kanskje ynskjer å redusere mengda av fosfor i gjødsla, kan ein kanskje ha behov for å behalde svovel, magnesium og kalsium?

Separeringa auka konsentrasjonen av sink i våtfraksjonen. Med separator A vart sinkinnhaldet i våtfraksjonen så høgt at det kom i ei høgare klasse for tungmetall enn biogjødsla, noko som ville medført at det etter dagens regelverk ville verte sterkare begrensingar for kor ein kunne spreie pr daa.

Jordprøvar ved avslutning gjødslingsforsøka

Ved avslutning av prosjektet vart det teke ut leddvise jordprøvar, for å sjå om der var skilnad mellom ledda gjødsla med husdyrgjødsel (ledd B og D), og ledda gjødsla med biogjødsel (ledd C og E). Analyseresultata av jordprøvane er vist i tabell 12. Noko overraskande var det høgast verdiar av sink i ledda gjødsla med husdyrgjødsel. I grasprøvane var der ingen skilnader i sinkinnhald mellom ledda gjødsla med husdyrgjødsel eller biogjødsel. Men der var tendensar til høgare innhald av Sink i dei ledda som hadde fått mineralgjødsel, åleine eller i lag med organisk gjødsel.

Tabell 12. Nokre analyseverdier av jordprøver frå dei ulike ledda i gjødslingsforsøket

Parameter		Jordprøve ved avslutning, leddvis					
		A	B	C	D	E	F
Mold%		14,2	14,7	14,8	14,9	17,1	14,5
pH		5,5	5,7	5,7	5,7	5,8	5,5
P-AL	mg/100g lufttørka	18	16	18	17	25	23
K-AL	mg/100g lufttørka	3	4	4	7	10	8
Mg-AL	mg/100g lufttørka	20	26	27	26	27	22
Ca-AL	mg/100g lufttørka	130	100	110	140	230	170
Na-AL	mg/100g lufttørka	3	3	3	2	3	<2
Sink	mg/100g lufttørka	20	27	19	48	19	13

Referanser

- [1] R. Gebauer, C. J.F og O. Ween, «Biogassproduksjon fra settefiskslam i sentraliserteog desentraliserte biogassanlegg,» Nibio, 2016.
- [2] E. Brod, T. Haraldsen og T. Krogstad, «Fiskeslam som nitrogengjødsel,» NIBIO, 2016.
- [3] Gjødselvereforskrifta, «Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav,» i *FOR-2003-07-04-951*, Lovdata, 2003.
- [4] Agromatic AS, «Skifteplan,» Agromatic AS, 2023.
- [5] E. Brod og A. F. Øgaard, «Fiskeslam fra smolt- og postsmoltproduksjon som gjødsel,» NIBIO, 2023.
- [6] O. A. R. Fitjar og J. K. Henriksen, «NLR,» 04. mars 2023. [Internett]. Available: <https://agder.nlr.no/fagartikler/grovfor/agder/skal-du-separere-husdyrgjodsla>.