

Fakultet for anvendt økologi, landbruksfag og bioteknologi

Olav Havn

Bacheloroppgave

Næringsinnhold i husdyrgjødsel ved gjødselseparering

Nutrient content in livestock manure by manure separation

Bachelor i Landbruksteknikk

2021

Forord

Arbeidet med denne oppgaven har vært en lærerik, spennende og interessant prosess. Jeg vil benytte anledningen til å takke hovedveileder Dag Jørgensen for god veiledning og gode innspill undervegs i prosessen. Jeg vil også takke Svein Øivind Solberg for hjelp og rettleiding i forbindelse med statistikk.

En stor takk rettes også til Sven Sola, Nils Georg Raddum, Olav Røysland og Simen Rogne for deres bidrag i form av gjødselprøver.

Signatur:

Olav Havn

Blæstad, 31.Mai 2021

Innhold

Innholdsfortegnelse

NORSK SAMMENDRAG	6
ENGELSK SAMMENDRAG (ABSTRACT)	7
1. INNLEDNING	8
2. BAKGRUNN	9
2.1 NÆRINGSSTOFFER	9
2.2 FOSFORPROBLEMATIKKEN.....	11
2.3 SEPARATORTYPER	12
2.3.1 Karaffelsentrifuge (Decanter centrifuge):	12
2.3.2 Rullepresse (Roller press):	13
2.3.3 Skjermseparator (Brushed screen sparator).....	13
2.3.4 Skruepresse-separator (Screw press separator):.....	13
2.4 GJØDSELSEPARATORENS BRUKSOMRÅDER	14
2.4.1 Green Bedding - strø	14
2.4.2 Fosfor-utskillelse	14
2.4.3 Fordeling av næringsstoffer	15
2.4.4 Klimagassutslipp og miljø	16
2.4.5 Biogass	16
2.4.6 Lagerkapasitet	17
2.4.7 Gjødseleprodukter	17
2.5 SEPARATORENS EFFEKTIVITET	17
2.5.1 Fjerningseffektivitet (R).....	17
2.5.2 Separasjonsindeks E_t	18
3. MATERIAL OG METODE	19
4. RESULTATER	21
4.1 ENDRING AV NÆRINGSINNHold VED SEPARERING	21
4.1.1 Gjennomsnittlig næringsinnhold - Storfe	21
4.1.2 Nitrogen	22
.....	22
4.1.3 Ammonium – N	23
4.1.4 Fosfor	24

4.1.5	Kalium.....	25
4.2	FJERNINGSEFFEKTIVITETEN $R(x)$:.....	26
4.3	SEPARASJONSINDEKS E_T	27
4.4	MASSEFORDDELING AV SEPARERTE FRAKSJONER	28
5.	DISKUSJON	29
6.	KONKLUSJON	33
7.	LITTERATURLISTE	34

Norsk sammendrag

Gjødselseparatorer separerer husdyrgjødsel til en fast- og en væskefraksjon som gir husdyrgjødsel nye muligheter og fordeler. I denne oppgava er det undersøkt hvordan næringsinnholdet endrer seg ved separering, fjerningseffektiviteten, separasjonsindeksen og massefordelingen av fraksjonene.

Totalt 19 gjødselprøver fra 5 forskjellige opphav er analysert i Excel ved hjelp av formler for effektivitet, fordeling og parvis t-test.

Gjennomsnittlig tørrstoffprosent ble funnet til å være 7,9 i useparert husdyrgjødsel, 4,9 i væskefraksjonen og 26,9 i fast fraksjon. Nitrogeninnholdet hadde en signifikant økning i fast fraksjon, og ingen signifikant forskjell i væskefraksjonen. Ammonium-N hadde en signifikant reduksjon i fast fraksjon og ingen signifikant forskjell i væske-fraksjon. Fosforinnholdet hadde en signifikant økning i fast-fraksjon og en signifikant reduksjon i væske-fraksjonen. For kaliuminnholdet ble det funnet en signifikant reduksjon i væskefraksjonen, men ingen signifikant forskjell i fast fraksjon.

Fjerningseffektiviteten ble regnet ut til 0,39 for tørrstoff, 0,29 for fosfor, 0,11 for nitrogen, 0,09 for kalium og 0,02 for ammonium-N.

Separasjonsindeksen ble regnet ut til 0,49 for tørrstoff, 0,30 for fosfor 0,20 for nitrogen, 0,13 for kalium og 0,12 for ammonium-N.

Fast fraksjon utgjorde i gjennomsnitt 0,16 av utskilt masse, mens væskefraksjonen utgjorde 0,84.

Det trengs mer forskning for å bekrefte resultatene på grunn av lite tallmateriale. Resultatene gir likevel en god pekepinn og er særlig interessante med tanke på fosfor.

Engelsk sammendrag (abstract)

Manure separators separate livestock manure into a solid and a liquid fraction that gives livestock manure new opportunities and benefits. In this thesis I have examined how the nutrient content change by separation, the removal efficiency, the separation index and the mass distribution of the fractions.

A total of 19 samples of livestock manure from 5 different origins were analyzed in Excel using formulas for efficiency, distribution and pairwise t-test.

The average dry matter percentage was found to be 7.9 in unseparated livestock manure, 4.9 in the liquid fraction and 26.9 in the solid fraction. The nitrogen content had a significant increase in solid fraction, and no significant difference in the liquid fraction. Ammonium-N had a significant decrease in solid fraction and no significant difference in liquid fraction. The phosphorus content had a significant increase in solid fraction and a significant decrease in liquid fraction. For the potassium content, a significant reduction in the liquid fraction was found, but no significant difference in solid fraction.

The removal efficiency was calculated to be 0.39 for dry matter, 0.29 for phosphorus, 0.11 for nitrogen, 0.09 for potassium and 0.02 for ammonium N.

The separation index was calculated to be 0.49 for dry matter, 0.30 for phosphorus 0.20 for nitrogen, 0.13 for potassium and 0.12 for ammonium N.

The solid fraction had a mass distribution of 0.16, while the liquid fraction was calculated to 0.84.

More research is needed to confirm the results, due to a small number of samples. However, the results give a good indication and are particularly interesting when it comes to phosphorus.

1. Innledning

Å separere gjødsel er ikke nytt, men som et resultat av en teknologisk utvikling på området har gjødselseparatorer blitt mer anvendelige for bønder i senere tid, også i Norge (Mælumsæter, 2016). Idag tilbys gjødselseparatorer fra en rekke forhandlere av utstyr til gjødselhåndtering.

Ved å separere husdyrgjødsel er hensikten å skille den faste fiberrike fraksjonen fra væskefraksjonen. Dette skal i teorien gi husdyrgjødsel nye muligheter og flere fordeler. Den faste fraksjonen blir brukt som strø i liggebåser og binger, som jordforbedringsmiddel og inneholder mye fosfor. Væskefraksjonen inneholder mye nitrogen og kalium og vil egne seg godt til gjødsling av eng på grunn av lavt tørrstoffinnhold. Gjødselseparatorer kan dessuten brukes i forbindelse med produksjon av biogass og kan redusere gjødsellagerbehovet. (Rasmus, 2016)

Med nye forslag til forskrifter om spredeareal fra Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet vil Rogaland og andre husdyrtette regioner få større mengder gjødseloverskudd (Hjelt, et al., 2021). I den forbindelse kan gjødselseparatorer være en del av løsningen på disse framtidige utfordringene.

Det er derimot ikke gjort mye forskning på gjødselseparatorer i Norge. I denne oppgava skal jeg derfor undersøke følgende problemstillinger:

- Hvordan endres næringsinnholdet i husdyrgjødsel ved separering?
- Hva er fjerningseffektiviteten for komponentene tørrstoff, nitrogen, ammonium-N, fosfor og kalium i husdyrgjødsel?
- Hva er separasjonsindeksen for komponentene tørrstoff, nitrogen, ammonium-N, fosfor og kalium i husdyrgjødsel?
- Hvordan er massefordelingen mellom fast- og væskefraksjon ved separering?

2. Bakgrunn

«Husdyrgjødsel er den viktigste organiske gjødselressursen vi har i Norge», i følge NIBIO (NIBIO, 2017). Derfor er det viktig at gjødsla utnyttes best mulig. Det er lover og regler knyttet til lagring og bruk av husdyrgjødsel. Disse finner vi i Forskrift om husdyrgjødsel. Formålet med forskriften er å unngå forurensing og sikre at husdyrgjødsla blir utnyttet på best mulig måte i planteproduksjon (Lovdata, 2002).

En sentral del i regelverket er at bønder plikter å ha minimum 4 dekar godkjent spredeareal per GDE (gjødseldyrenhet). Én GDE er beregnet på grunnlag av antallet dyr innenfor en dyregruppe som produserer mengden gjødsel tilsvarende 14 kg fosfor (Lovdata, 2002). Til sammenligning tilsvarer ei melkeku én GDE, mens for slaktegris trengs det 18 individer per gjødseldyrenhet.

2.1 Næringsstoffer

Husdyrgjødsel er en viktig kilde til plantenæringsstoffer i norsk landbruk. Næringsstoffene deles gjerne inn i to grupper; makro- og mikronæringsstoffer. I førstnevnte gruppe krever planta en større mengde av stoffene (mer enn ca 1 gram per kg tørrstoff). Næringsstoffene som inngår her er nitrogen, fosfor, kalium, svovel, kalsium og magnesium (Nylehn, 2021). Mikronæringsstoffene trenger plantene kun noen milligram av per kg tørrstoff, men samtidig er de essensielle for plantenes livsfunksjoner. I denne kategorien har vi jern, bor, mangan, sink, kobber, molybden, klor og nikkel (Aarnes, 2017).

Alle næringsstoffene planta trenger for å vokse finner man i større eller mindre mengder i husdyrgjødsel (Sæbø, Briseid, Leeuwen, & Nesheim, 2016). Intensiv husdyrproduksjon kan derimot føre til et overskudd av enkelte næringsstoffer og negative miljøeffekter (Hjorth M. , Christensen, Christensen, & Sommer, 2009). Mengdene av næringsstoffene er derimot ikke gunstig sammensatt.

Bløt husdyrgjødsel kan transporteres ut på jorden ved hjelp av tankvogn eller slanger (Morken, Endrerud, & Bøe, 2003, s. 127). Fra tankvogna eller slangesprederen er det flere spredemetoder som kan nyttes: fanespreder/breispreder, stripespreder, nedfeller (grunn/djup), DGI (Direct Ground Injection) og kanon (Hansen, Morken, Nesheim , Koesling, & Fystro, 2009). De ulike spredemetodene har ulike egenskaper når det kommer til arbeidsbredde, tildekking av plantemateriale og eksponering for luft. Generelt sett er metoder for nedfelling

å foretrekke i forhold til overflatespredning når det kommer til tap av ammoniakk ved lufteksponering (Morken, Endrerud, & Bøe, 2003, s. 133). I en undersøkelse tilbake til år 2000 kom det fram at på 93% av arealet brukt til eng og beite ble det brukt fanespreder eller kanon. Til sammenligning ble bare ca 15% spredt med fanespreder i Danmark på samme tid. (Hansen, Morken, Nesheim, Koesling, & Fystro, 2009) Bladspreder/fanespreder er enkle og har lav vekt i forhold til nedfellingsutstyr og stripespreder, men har også en del ulemper. Spredet bildet, både bredde og jevnhet, påvirkes av gjødsles egenskaper (Morken, Endrerud, & Bøe, 2003, s. 134). Denne metoden gir derfor en upresis spredning av husdyrgjødsel. Fast husdyrgjødsel spres i de fleste tilfeller ut med tørrgjødselevogner.

En av de mange utfordringene knyttet til husdyrgjødsel er et varierende innhold av næringsstoffer. Ikke bare varierer næringsinnholdet mye mellom dyreslag, men det er også store forskjeller mellom besetninger innen samme dyregruppe. Dette kan forklares av faktorer som fôring, strøinnblanding, vanntilsetning og lagring (Daugstad, Kristoffersen, & Nesheim, 2012).

I perioden 2006 til 2011 har det blitt samlet inn analyser av husdyrgjødsel for beregning av gjennomsnittstall. Disse verdiene finner vi på NIBIO sine sider og blir i mange tilfeller brukt som veiledende til gjødselplanlegging (Daugstad, Kristoffersen, & Nesheim, 2012).

*Tabell 1: Gjennomsnittlig næringsinnhold i husdyrgjødsel fra storfe.
Hentet fra: (NIBIO, u.d.)*

	N	Tørrstoff %	Total N (kg/tonn)		Amm.-N (kg/tonn)		Fosfor (kg/tonn)		Kalium (kg/tonn)		Kalsium (kg/tonn)		Magnesium (kg/tonn)		Svovel (kg/tonn)		pH	
			Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon
Mjølkk	122	6,0	3,1	(2,3-4,0)	1,8	(1,0-2,5)	0,48	(0,4-0,6)	3,4	(2,0-4,8)	0,95	(0,4-1,5)	0,44	(0,3-0,6)	0,33	(0,3-0,4)	7,61	(7,0-8,2)
Ungdyr	4	6,0	3,4	(2,3-4,4)	2,3	(1,4-3,1)	0,51	(0,4-0,6)	4,1	(1,8-6,4)	0,91	(0,8-1,0)	0,50	(0,4-0,6)	-	-	7,19	(6,8-7,6)
Ammeku, blaut	14	6,0	2,6	(2,0-3,3)	1,6	(0,9-2,2)	0,45	(0,3-0,6)	3,3	(2,2-4,5)	0,76	(0,5-1,0)	0,35	(0,2-0,5)	0,24	(0,2-0,3)	7,38	(7,0-7,8)

*Tabell 2: Gjennomsnittlig næringsinnhold i husdyrgjødsel fra gris.
Hentet fra: (NIBIO, u.d.)*

Gruppe	N	Målt Tørrstoff %	Total N (kg/tonn)		Amm.-N (kg/tonn)		Fosfor (kg/tonn)		Kalium (kg/tonn)		Kalsium (kg/tonn)		Magnesium (kg/tonn)		Svovel (kg/tonn)		pH	
			Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon	Mid-del	Varia-sjon
1	15	0-2	2,6	(1,8-3,4)	2,2	(1,5-2,9)	0,48	(0,2-0,7)	1,6	(1,0-2,1)	0,59	(0,3-0,9)	0,21	(0,1-0,3)	0,21	(0,1-0,3)	7,56	(7,4-7,7)
2	14	3-5	3,4	(2,6-4,2)	2,6	(2,0-3,2)	0,66	(0,4-0,9)	1,9	(1,1-2,7)	0,86	(0,5-1,2)	0,32	(0,2-0,4)	0,28	(0,1-0,4)	7,63	(7,3-7,9)
3	5	6-9	4,1	(2,3-5,9)	2,9	(1,6-4,1)	1,46	(0,8-2,1)	1,8	(1,1-2,4)	2,25	(1,5-3,0)	0,70	(0,4-1,0)	0,54	(0,3-0,8)	7,35	(7,2-7,5)
4	6	10 -->	4,4	(3,0-5,8)	2,2	(1,0-3,4)	2,30	(0,8-3,8)	2,4	(1,4-3,5)	3,24	(1,0-5,5)	0,85	(0,3-1,4)	0,67	(0,4-0,9)	7,14	(6,6-7,7)
Middel	40	5,2	3,3	(2,1-4,5)	2,4	(1,6-3,2)	0,89	(0,1-1,8)	1,9	(1,1-2,7)	1,29	(0,1-2,6)	0,41	(0,1-0,7)	0,37	(0,1-0,6)	7,50	(7,2-7,8)

Gjennomsnittsverdiene blir oppgitt med tilhørende tørrstoffprosent. Årsaken til dette er en varierende korrelasjon mellom tørrstoff i gjødsla og næringsinnholdet (Daugstad, Kristoffersen, & Nesheim, 2012). Likevel kommer det tydelig fram i tabellene at det er en stor

variasjon i husdyrgjødsels næringsinnhold. Det er derfor god grunn til å stille spørsmål rundt hva husdyrgjødsel på den enkelte gård egentlig inneholder av næringsstoffer.

2.2 Fosforproblematikken

Over mange år har tilførselen av næringsstoffet fosfor vært større enn det som tas bort med avlingen og innholdet av lett-tilgjengelig fosfor i jorda har økt, spesielt i husdyrtette områder (Øgaard, Kristoffersen, & Bechmann, 2016). Det meste av fosforet er sterkt bundet i jorda. Selv om bare 0,1 % av fosforet i jorda er løst i jordvæska er erosjon og fosforavrenning et stort problem og påvirker vassdrag negativt (Øgaard A. F., 2020). Fosfor brukt i kunstgjødsel blir hentet opp fra fosfatgruver. Problemet er at dette er en ressurs som i framtiden vil ta slutt (Hanserud, 2014). Det er derfor svært viktig at disse livsviktige mineralene forvaltes riktig.

Det har lenge vært snakk om å endre regelverket i forhold til spredeareal og fosfortilførsel. I 2018 kom landbruksdirektoratet og miljødirektoratet med nye forslag til endringer i gjødselverifiseringsforskriften. Endringene baserte seg blant annet på en maksgrense på henholdsvis 2,5 kg og 2,1 kg fosfor per daa på sikt, mot dagens grense på 3,5 kg (Hjelt, et al., 2021). Bakgrunnen for ønsket om denne innstrammingen er med hensyn til miljø, bærekraft, plante-, dyre-, og folkehelse.

Rogaland har med sine 0,13-0,17 GDE/daa i snitt, landets høyeste dyretetthet. På samme måte ligger jordas fosforinnhold i øvre sjiktet med et snitt på 17-18 mg P-AL/100g (Øgaard, Kristoffersen, & Bechmann, 2016). Til sammenligning skal man ha 100% fosforreduksjon i gjødselplanlegginga til eng når jordas fosforinnhold er over 14 mg P-AL/100g jord (Daugstad & Lunnan, 2016). Strengere krav til spredeareal og fosforgrenser vil derfor by på utfordringer i norsk landbruk, og kanskje aller mest i Rogaland. Det vil medføre et underskudd på spredeareal for mange og økt mengde overskuddsgjødsel (Hjelt, et al., 2021).

Allerede ved en innstramming til 3 kg fosfor per daa (5 daa/GDE) vil 891 foretak i Rogaland ha for lite spredeareal. Strammer man helt ned til miljødirektoratets forslag på 2,1 kg fosfor per daa (7,1 daa/GDE) vil hele 1382 foretak ha for lite spredeareal eller overskuddsgjødsel om man vil. På landsbasis vil 4932 foretak mangle spredeareal ved strengeste forslag og fosfor-overskuddet er beregnet til 2 011 181 kg. (Hjelt, et al., 2021) En side av saken er overskuddsgjødsel på foretaksnivå. Når man derimot ser på situasjonen på kommune-nivå og fylkes-nivå blir saken litt annen. De fleste kommunene i sør-Rogaland vil ha et stort underskudd på spredeareal ved innstramminger. Selv på fylkes-nivå vil Rogaland ha et

betydelig gjødseloverskudd. (Hjelt, et al., 2021)

I slike tilfeller er det lett å se på husdyrgjødsel mer som et problem man må kvitte seg med enn en ressurs. Selv om husdyrgjødsel har sine utfordringer, har det stor nytteverdi.

For å overholde et potensielt strengere gjødselregelverk må det tas i bruk nye metoder for å nytte overskuddsgjødsel. I tilfeller hvor det er ledig spredeareal i nærheten av foretaket kan problemet løses ved transport. På kommune- og fylkes-nivå trengs det andre løsninger. I NIBIO sin rapport «*Supplerende utredning til revisjon av gjødselregelverket*» blir det sett nærmere på fem løsninger for å håndtere gjødseloverskuddet.

1. Redusere dyretallet og dermed gjødselmengden
2. Nydyrking – som gir mer spredeareal
3. Transport ut av området – Enten som våt gjødsel eller tørr gjødsel skilt ut gjennom en separator
4. Biogassproduksjon – biorest-produktet oppgraderes som gjødselvare
5. Produksjon av handelsgjødsel / fosforgjødsel til eksport

(Hjelt, et al., 2021)

Flere av løsningene baserer seg blant annet på bruk av en gjødselseparator til å skille ut den tørre fraksjonen fra den våte fraksjonen i gjødsel. I transport og produksjon av handelsgjødsel er det aktuelt med tanke på å fjerne vannmengden i forbindelse med transport. Innen biogassproduksjon beskrives det at bioresten separeres i en fast fosforrik del og en våt nitrogenholdig del, hvor den våte delen transporteres tilbake til foretaket som har levert husdyrgjødsel, mens den tørre delen transporteres bort. (Hjelt, et al., 2021)

Gjødselseparatorer kommer i flere varianter og baserer seg på ulik virkemåte for å komme fram til samme mål; å skille ut faste stoff fra væske. I tilfellet for husdyrgjødsel er målet å skille ut tørrstoff og fiber fra bløtgjødsel.

2.3 Separatortyper

2.3.1 Karaffelsentrifuge (Decanter centrifuge):

Denne separatortypen baserer seg på sentrifugalkraften. En trommel roterer i høy hastighet slik at den faste fiberrike delen slynges utover i trommelen, til utløpsområdet og en skrue,

mens den flytende delen blir separert fra. En elektrisk motor sørger for riktig rotasjonshastighet for trommelen og skruen. Karaffelsentrifuger kan fås i både vertikale og horisontale varianter (Hjorth M. , Christensen, Christensen, & Sommer, 2009). Denne typen separatorer har som oftest høyere pris og benytter mer avansert teknologi, men til gjengjeld er de generelt mer effektive til å separere ut næringsstoffene (Gilkinson & Frost, 2007). (Fournel, et al., 2018)

2.3.2 Rullepresse (Roller press):

I en rullepresse presses gjødsel sammen mellom to par ruller. Hvert par ruller har en bunn-rulle og en øvre gummibelagt rulle. Bunn-rullen har kalibrerte åpninger slik at væska i husdyrgjødsla kan dreneres ut, mens den faste fraksjonen klemmes sammen mellom rullene. Den øvre rullen er med på å skape fiberkompresjon. Det primære rulleparet arbeider ved et lavt trykk (maks 40 psi), mens det sekundære rulleparet arbeider ved et høyere trykk for å ekstrahere ut mest mulig væske (maks 70 psi). (Fournel, et al., 2018)

2.3.3 Skjermseparator (Brushed screen sparator)

Gjødsla transporteres inn i separatoren og pumpes over en konkav halvsirkulær skjerm. Skjermen består av en sil med åpninger ca 1-2 mm store. Dette kan velges. En roterende børste vil transportere den fiberrike fraksjonen som ikke går gjennom skjermen over til en ny konkav halvsirkulær skjerm. Her vil ei rulle klemme ut siste del av væska. Den gjenværende faste fraksjonen børstes av og over til en oppsamlingsbeholder. (Gilkinson & Frost, 2007)

2.3.4 Skruerpresse-separator (Screw press separator):

En elektrisk motor driver en kraftig skrue, normalt i rustfritt stål. Skruens rotasjonsretning er mot urviseren. Husdyrgjødsla transporteres ved hjelp av skruen innover mot skrutrykkdelen. Her sitter det en stasjonær sylindrisk stålskjerm/sil med åpninger rundt om 1 mm store. Når husdyrgjødsla presses inn her vil trykk og tyngdekraften gjøre at fri væske filtreres ut gjennom stålskjermens åpninger og ledes ut gjennom et avløp. Videre presses væska som er bundet til tørrstoffet ut i løpet av de to siste svingene på skruen. For at det skal oppstå høyt nok trykk til å skille fraksjonene må det helt i enden av skruen dannes en propp av tørrstoff slik at det oppstår motstand. Etter at den våte delen er presset ut fører skruen tørrstoffet ut via en sylinder i munnstykket. Her sitter det også en mekanisme med klaffer som styrer trykket i separatoren. (Hjorth M. , Christensen, Christensen, & Sommer, 2009) (Fournel, et al., 2018)

Skruepress-separatorene er mest vanlig på det norske markedet til å separere husdyrgjødsel, basert på produktutvalget til forhandlerne. Kapasitet og egenskaper varierer noe mellom merker og modeller, men de arbeider ved samme prinsipp. Til sammenligning kan man få mindre gårdsseparatorer med en kapasitet på 2-4 m³ per time, til større anlegg med kapasitet på over 20 m³ per time. Noe som også vil variere mellom separatorene, innstillinger og type husdyrgjødsel er tørrstoff-prosenten på den tørre fraksjonen som skilles ut. Dette vil ha betydning for videre bruksområder og egenskaper. Normal tørrstoff-prosent på den tørre fiberrike fraksjonen vil ligge i området 25-40 % TS. I denne oppgaven fokuseres det videre på skrueress-separatorene.

2.4 Gjødelseseparatorens bruksområder

2.4.1 Green Bedding - strø

Det har blitt vanlig flere steder å bruke gjødsel-fiber, den tørre fraksjonen, som strø/liggeunderlag i liggebåsene til storfe (også kalt «*Green bedding*» og resirkulert fast gjødsel). I Canada er interessen økende delvis på grunn av manglende tilgang på vanlige strømaterialer. Dessuten gir gjødsel-fiber god komfort for kua og man kan bruke gårdens lokale ressurser. Likevel har det gjennom flere studier kommet frem at gjødsel-fiber har en økt evne til å fremme vekst av bakterier og patogener enn andre strømaterialer (Fournel, et al., 2018). I studien fra Canada ble de ulike separator-typenes evne til å produsere gjødsel-fiber undersøkt. Separator-type sammenlignet med kjemisk og bakteriologisk innhold hadde derimot ikke signifikante forskjeller. Karaffelsentrifugen hadde best evne til å skille ut gjødsel-fiber (TS), N og P, men høyt energiforbruk, lav kapasitet og dyr i innkjøp gjorde den mindre aktuell. Skrueressen brukt i denne studien hadde for lav tørrstoff-utskillelse til å egne seg til strø (25% TS). Rullepressen gav noe høyere tørrstoff-prosent men skilte ut mer fiber i væske-fraksjonen. De to sistnevnte hadde god kapasitet med lave kostnader. I Midtvesten i USA, Storbritannia, Nederland og Ontario, Canada blir likevel skrueressen mest brukt. For at gjødsel-fiber skal egne seg til strø anbefales det at tørrstoff-innholdet er 34% eller mer. (Fournel, et al., 2018)

2.4.2 Fosfor-utskillelse

En annen grunn til at en gjødelseseparator er aktuell i forbindelse med overskuddsgjødsel og spredeareal er at en stor andel av fosforet skilles ut sammen med den faste delen av

husdyrgjødsla. Den andelen fosfor som ikke tas opp i tarmen hos kyr skilles ut i avføring og kun en liten del i urin. Hos gris er opptaket av fosfor mindre effektivt enn hos kyr og hele 50-60% av fosforet skilles ut med gjødsla. Et overskuddsinntak skilles derimot ut i urinen. (Hjorth M. , Christensen, Christensen, & Sommer, 2011) Fosforet er som kjent bakgrunnen for mye av gjødselregelverket rundt gjødseldyrenheter og spredeareal. Dette danner derfor grunnlaget for at separator er en mulig løsning på problemer knyttet til fosfor.

2.4.3 Fordeling av næringsstoffer

Når husdyrgjødsla separeres i en fast og en flytende del vil det prosentvise næringsinnholdet i de to fraksjonene forandre seg. De agronomiske egenskapene til gjødsla vil da endres. I den Canadiske studien ble de fysiske egenskapene til gjødsla også analysert. Forsøket ble gjennomført over to uker.

*Tabell 1: Næringsinnhold i ulike fraksjoner av separert husdyrgjødsel ved bruk av skruepresse-separator i et forsøk fra Canada.
Data hentet fra: (Fournel, et al., 2018)*

Uke nr	Fraksjon	Tørrstoff %	Totalt Kjeldahl Nitrogen kg/tonn	Fosfor kg/tonn	Kalium kg/tonn
1	Useparert	6,2	3,62	0,63	2,33
1	Væske	5,0	3,53	0,58	2,31
1	Fast	26,2	4,81	1,36	2,06
2	Useparert	7,8	4,00	0,71	2,56
2	Væske	5,2	3,83	0,61	2,60
2	Fast	24,3	4,85	1,27	2,33

Resultatene fra den Canadiske studien viser at innholdet av TKN er høyt i den faste fraksjonen, men samtidig bevarer en betydelig del i væske-fraksjonen. Et høyt innhold av nitrogen i kombinasjon med lavt TS-innhold er gunstig for virkningen av nitrogen, ettersom raskere filtrering ned i jorda gir mindre ammoniakkslipp (Rivedal, Prestvik, Aune, Hansen, & Morken, 2019). Innholdet av fosfor øker kraftig i den faste fraksjonen, mens det reduseres i væske-fraksjonen. For Kalium er innholdet lavere i den faste fraksjonen i motsetning til væske-fraksjonen som har like høyt innhold eller høyere enn utgangspunktet før separering. Samtidig skal det nevnes at studien påpeker at skruepressen brukt i forsøket kunne klart å skille ut en høyere TS-prosent med en nyere versjon med større motor (Fournel, et al., 2018).

En oppkonsentrering av fosfor i den faste fraksjonen samtidig som nitrogen og kalium er i stor grad bevart i væskefraksjonen kan være med på å gi bedre utnyttelse av næringsstoffene. Dette kan videre bidra til å redusere klimagassutslipp fra jordbruket. Samtidig kan man stille

spørsmål rundt mindre luktproblematikk, mindre tilgrising av planter på grunn av lavere tørrstoffinnhold og dermed mindre sporeproblematikk ved spredning på eng.

2.4.4 Klimagassutslipp og miljø

Jordbruket stod i 2016 for 8,4% av Norges totale klimagassutslipp og er den største kilden til metan og lystgassutslipp (Orlund, et al., 2018). Sammenlignet med CO₂ har disse gassene har en GWP (global warming potensial) på henholdsvis 21 og 310 ganger sterkere (Toldnæs, 2019).

Metanutslippene kommer i størst grad fra drøvtyggenes fordøyelse, men det kommer også en betydelig del fra husdyrgjødsel. Lystgassutslippene kommer i hovedsak fra spredning av husdyrgjødsel og mineralgjødsel (Orlund, et al., 2018). Klimagassutslippene må reduseres framover for å begrense global oppvarming.

Nibio har lagt fram en rapport om tiltak for å redusere klimagassutslipp i jordbrukssektoren. Ett av tiltakene som er blitt beskrevet her er bedre arealmessig utnyttelse av husdyrgjødsel (Bardalen, et al., 2018). Potensialet er ikke beregnet, da dette er vanskelig. Tanken er at fordelingen av husdyrgjødsel skjer på en slik måte at man unngår overgjødsling.

En riktig og balansert gjødsling er en viktig faktor for å ta ut potensialet i plantekulturen. Riktig bruk av husdyrgjødsel kan derfor også bidra til å spare mineralgjødsel. En besparelse i mineralgjødsel tilsvarende 1 kg nitrogen gir i snitt en direkte reduksjon på 10 kg CO₂, hvorav 5 kg i form av lystgass og ca 5 kg knyttet til produksjonen av nitrogengjødsel (Klimasmart landbruk, 2017). Da er det heller ikke tatt med eventuelle fordeler knyttet til fosfor og kalium.

2.4.5 Biogass

Et annet klimatiltak som blir sett på som viktig i fremtiden er biogass. Biogass produseres ved en forråtnelsesprosess av organisk materiale uten tilgang på luft. Ved hjelp av bakteriekultur, trykk og temperatur dannes i hovedsak metan og CO₂. Husdyrgjødsel egner seg godt som råstoff i denne prosessen og bidrar til utvikling mot en sirkulær økonomi. I prosessen bevares næringsstoffene (nitrogen, fosfor og kalium) i restproduktet, bioresten. (Miljødirektoratet, 2020) I anledning å transportere overskuddsgjødsel til biogassanlegg i husdyrtette områder er det uenigheter i om husdyrgjødsel bør separeres på gården for å redusere transport av vann. Motargumentet baserer seg på at det er enkelt å ta ut fiberdelen, men tørrstoffet krever mer avansert teknologi for å hente ut. Biogassanlegget vil da ha mer kontroll på næringsstoffene

og bioresten som sendes i retur kan i større grad tilpasses bøndenes gjødselplan (Håland, 2021).

2.4.6 Lagerkapasitet

Også i forbindelse med lagerkapasitet er en gjødselseparator aktuell. Gjødselvarer av organisk opphav med et tørrstoff-innhold over 25% kan lagres rett på bakken skjermet mot overflatevann (Lovdata, 2003). En gjødselseparator vil derfor kunne redusere gjødsellagerbehovet. Hvor mye lageret kan reduseres med vil være avhengig av faktorer som gjødsels tørrstoffinnhold og separatorens egenskaper og kapasitet.

2.4.7 Gjødselprodukter

På Foss gård i Skien har forskerbonden Knut Vasdal utviklet en metode for å lage gjødselprodukter av husdyrgjødsel. CowPowerTM som metoden kalles baserer seg på sentrifugering, biogassproduksjon av anaerob nedbrytning, nitrifisering for å stabilisere nitrogenforbindelsene, gravitasjonsfiltrering, granulering og tørking. Som et resultat av dette produseres en kompostert fiber fraksjon, en flytende gjødsel og et granulert gjødselprodukt. Hele hensikten med dette er spesielt rettet mot bedre fordeling og utnyttelse av fosfor-ressurser fra husdyrgjødsel for å redusere import. Tanken er at det granulerte gjødselproduktet som har et høyt innhold av fosfor skal kunne transporteres til mindre husdyrtette områder.

(Spruit, 2019)

2.5 Separatorens effektivitet

For å kunne vurdere, sammenligne og måle separatorens effektivitet til å fordele næringsstoffene kan det brukes ulike likninger. (Hjorth M. , Christensen, Christensen, & Sommer, 2009) (Gilkinson & Frost, 2007)

2.5.1 Fjerningseffektivitet (R)

Likningen for fjerningseffektiviteten uttrykker hvor effektivt en komponent (N, P, K, TS) fjernes fra useparert gjødsel til den faste fraksjonen (Hjorth M. , Christensen, Christensen, & Sommer, 2009). Samtidig forteller den noe om reduksjonen i konsentrasjonen av komponenten i væskefraksjonen sammenlignet med useparert gjødsel (Gilkinson & Frost, 2007). Fjerningseffektiviteten er gitt ved:

$$R(x) = 1 - \frac{c(x)liquid}{c(x)slurry}$$

Der $c(x)liquid$ er konsentrasjonen av komponenten i væskefraksjonen, mens $c(x)slurry$ er konsentrasjonen av komponenten i useparert gjødsel. Når konsentrasjonen i væskefraksjonen er liten sammenlignet med konsentrasjonen i useparert gjødsel blir fjerningseffektiviteten stor på grunn av at mesteparten av komponenten fordeles i den faste fraksjonen. Denne utregningen sier derimot ingenting om massene i den faste fraksjonen som produseres.

2.5.2 Separasjonsindeks E_t

Separasjonsindeksen uttrykker fordelingen av komponenten mellom fast fraksjon og useparert gjødsel (Hjorth M. , Christensen, Christensen, & Sommer, 2009) (Gilkinson & Frost, 2007). Separasjonsindeksen er gitt ved:

$$E_t(x) = \frac{c(x)solid * m_{solid}}{c(x)slurry * m_{slurry}} = \frac{m_{x,solid}}{m_{x,slurry}}$$

Der $c(x)solid$ er konsentrasjonen av komponenten i fast fraksjon, m_{solid} er massen av fast fraksjon, $c(x)slurry$ er konsentrasjonen av komponenten i useparert gjødsel og m_{slurry} er massen til useparert gjødsel. Forenklet blir dette massen av komponenten i fast fraksjon ($m_{x,solid}$) delt på massen av komponenten i useparert gjødsel ($m_{x,slurry}$).

Dess større separasjonsindeks dess større er massen av komponenten fordelt i den faste fraksjonen sammenlignet med useparert gjødsel.

3. Material og Metode

Totalt 19 gjødselprøver av separert og useparert husdyrgjødsel er samlet inn fra 5 forskjellige opphav i Norge. Prøvene er fordelt slik: 5 useparert, 7 separert-væske og 7 separert fast. Alle prøvene utenom én fra hver kategori er storfegjødsel. Disse tre andre er i tillegg til storfe også iblandet en viss mengde gjødsel fra svin. Det er gitt tillatelse til å benytte gjødselprøvene i oppgaven. Gjødselprøvene er tatt i tidsrommet 2015-2021 og alle er analysert av Eurofins (Moss, <https://www.eurofins.no/>). Tre av gjødselprøvene er hentet fra Jennie Marieke Spruits masteroppgave (2019).

Det er benyttet Excel til å gjøre utregninger og statistikk.

T-Test: gjennomsnitt for to parvise utvalg ble brukt på bakgrunn av at dataene forekommer parvis fra samme gjødselprøve.

Resultatene for fjerningseffektivitet, separasjonsindeks og massefordeling er presentert i boksdiagram på grunn av at dette fremhever gjennomsnittet samtidig som variasjonen vises tydelig (Microsoft, u.d.).

Følgende formler er benyttet:

Fjerningseffektivitet:

$$R(x) = 1 - \frac{c(x)_{liquid}}{c(x)_{slurry}}$$

Separasjonsindeks:

$$E_t(x) = \frac{c(x)_{solid} * m_{solid}}{c(x)_{slurry} * m_{slurry}} = \frac{m_{x,solid}}{m_{x,slurry}}$$

Massefordeling mellom fraksjoner:

$$y = \frac{TS\%_{slurry} - TS\%_{liquid}}{TS\%_{solid} - TS\%_{liquid}}$$

$$x = 1 - y$$

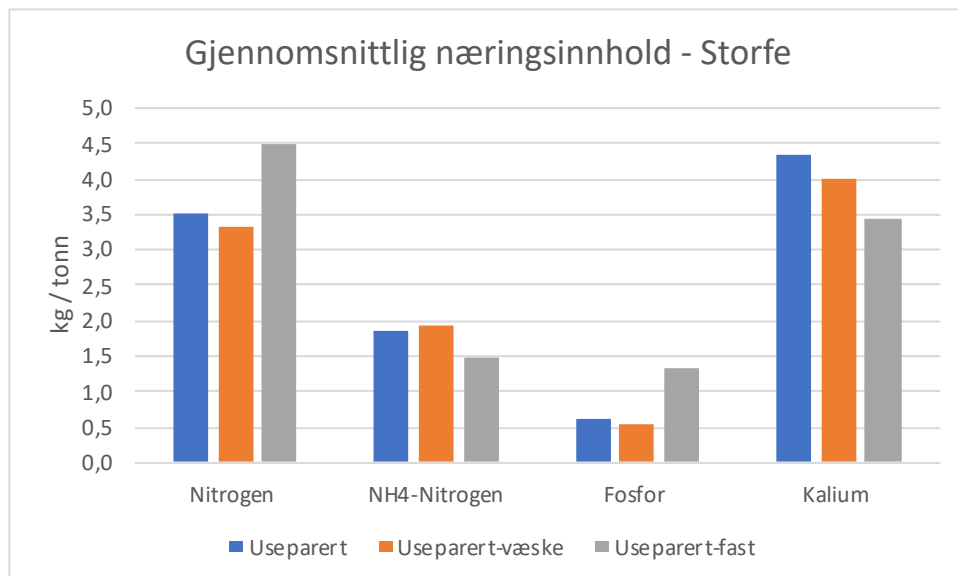
Der y forteller hvor stor del av massen som fordeles i fast fraksjon, x forteller hvor stor del av massen som fordeles i flytende fraksjon og TS er tørrstoff.

4. Resultater

4.1 Endring av næringsinnhold ved separering

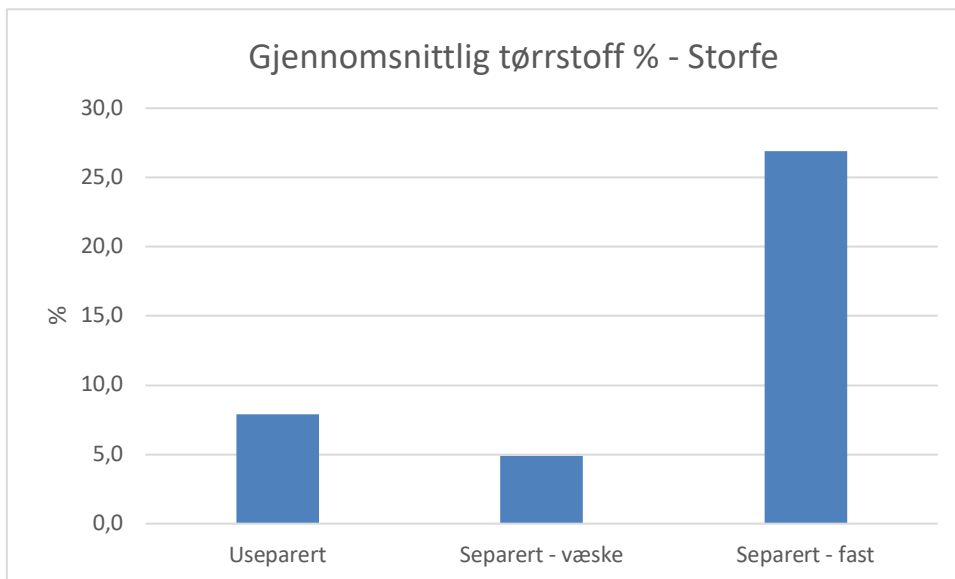
4.1.1 Gjennomsnittlig næringsinnhold - Storfe

Jeg fant at nitrogeninnholdet endret seg fra 3,5 kg/tonn i useparert husdyrgjødsel til 3,3 kg/tonn i separert-væske, og 4,5 kg/tonn i separert-fast. Innholdet av ammonium-N endret seg fra 1,9 kg/tonn i useparert til 1,9 kg/tonn i separert-væske og 1,5 kg/tonn i separert-fast. Videre endret fosforinnholdet seg fra 0,6 kg/tonn i useparert til 0,5 kg/tonn i separert-væske og 1,3 kg/tonn i separert-fast. Kaliuminnholdet endret seg fra 4,3 kg/tonn i useparert til 4,0 kg/tonn i separert-væske og 3,4 kg/tonn i separert-fast.



Figur 1: Gjennomsnittlig næringsinnhold ved useparert, separert-væske og separert-fast husdyrgjødsel av storfe.

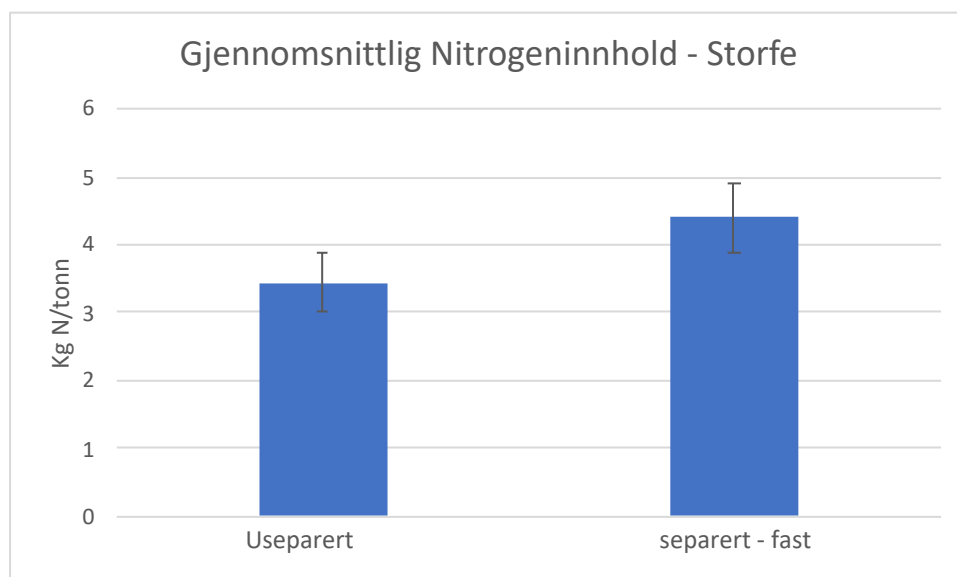
Jeg fant at tørrstoffprosenten i gjennomsnitt endret seg fra 7,9% i useparert til 4,9% i separert-væske og 26,9% i separert-fast.



Figur 2: Gjennomsnittlig innhold av tørrstoff (%) i useparert, separert-væske og separert-fast husdyrgjødsel av storfe.

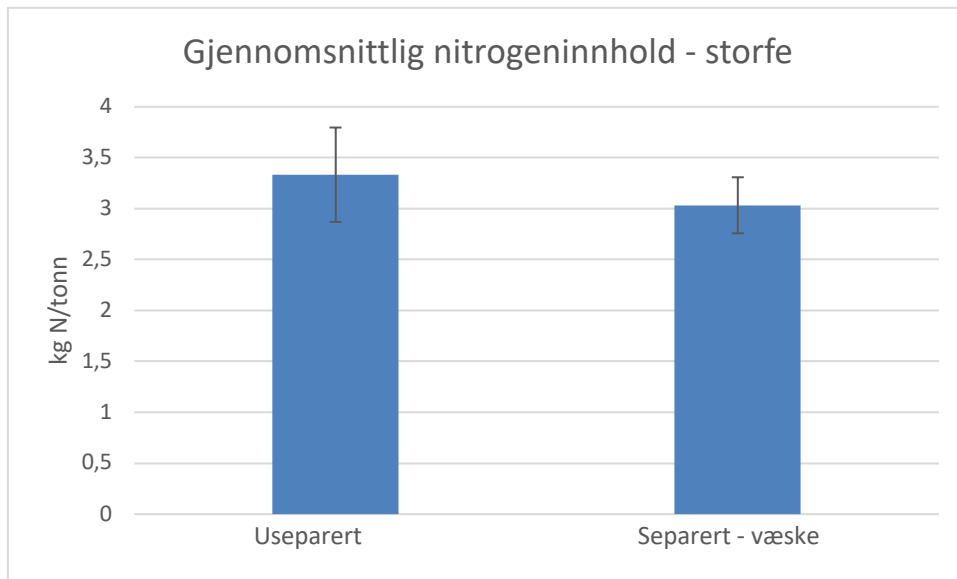
4.1.2 Nitrogen

Jeg fant en signifikant økning i nitrogeninnholdet fra useparert til separert-fast fraksjon i husdyrgjødsel av storfe ($t_4 = 2,78$, $p = 0,03$).



Figur 3: Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) nitrogeninnhold ved useparert og separert-fast fraksjon i husdyrgjødsel av storfe.

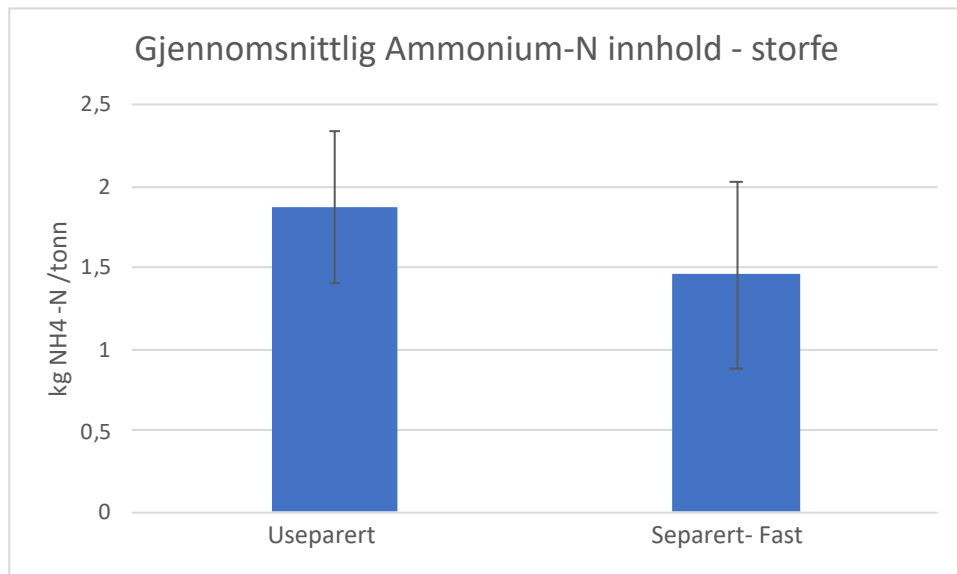
Jeg fant ikke en signifikant nedgang i nitrogeninnhold fra useparert husdyrgjødsel til separert-væske fraksjonen, men en tydelig trend ($t_3 = 3,18$, $p = 0,09$).



Figur 4: Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) innhold av nitrogen i useparert og separert-væske fraksjon i husdyrgjødsel av storfe.

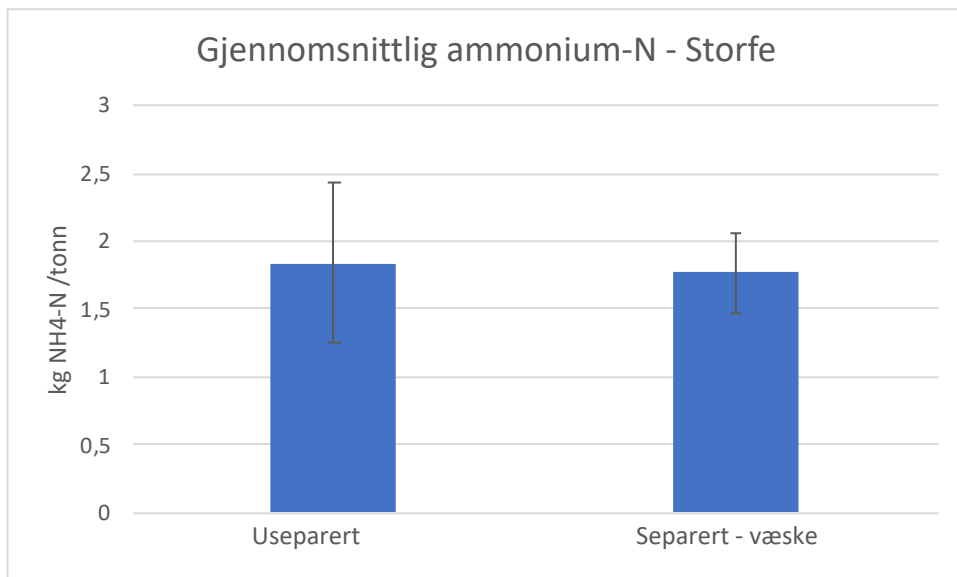
4.1.3 Ammonium – N

Jeg fant en signifikant nedgang i innhold av ammonium-N fra useparert til separert-fast husdyrgjødsel av storfe ($t_4 = 2,78$, $p = 0,02$).



Figur 5: Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) innhold av ammonium-N i useparert og separert-fast husdyrgjødsel av storfe.

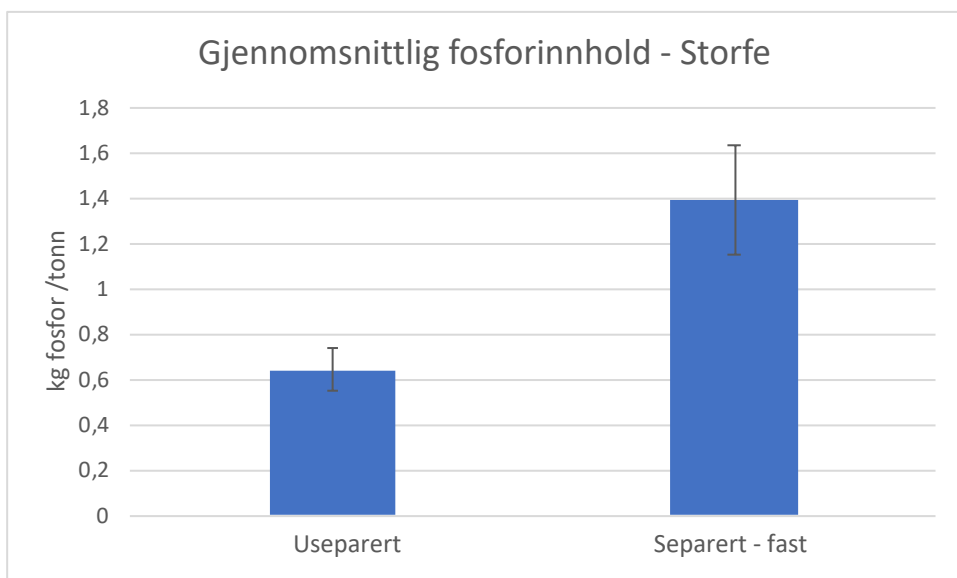
Jeg fant ingen signifikant forskjell i innholdet av ammonium-N i useparert og separert-væske fra husdyrgjødsel av storfe ($t_3 = 3,18$, $p = 0,67$).



Figur 6: Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) innhold av ammonium-N i useparert og separert-væske fra husdyrgjødsel av storfe.

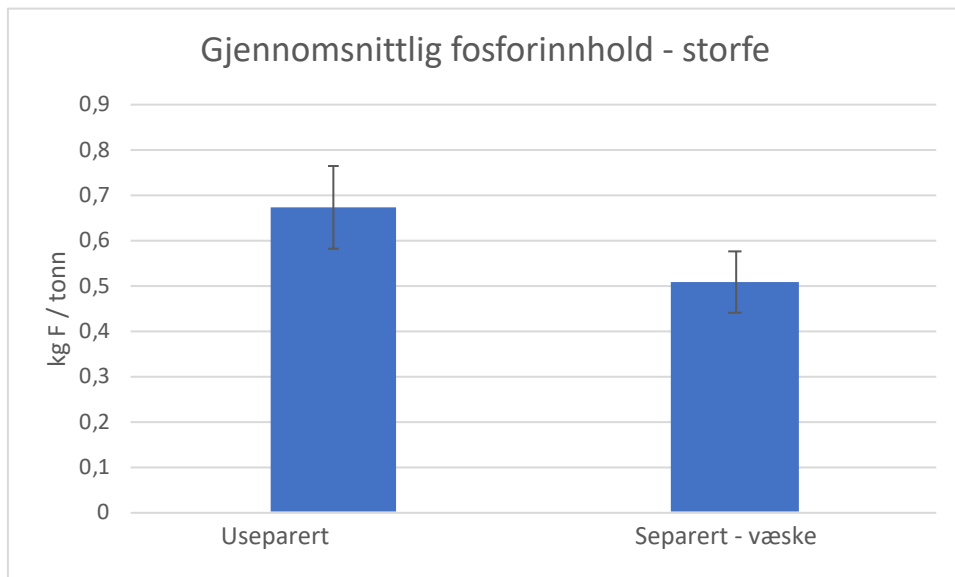
4.1.4 Fosfor

Jeg fant en signifikant økning i innholdet av fosfor i separert-fast fraksjonen sammenlignet med useparert husdyrgjødsel av storfe ($t_4 = 2,78$, $p = 0,005$).



Figur 7: Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) innhold av fosfor i useparert husdyrgjødsel og separert-fast fraksjon av storfe.

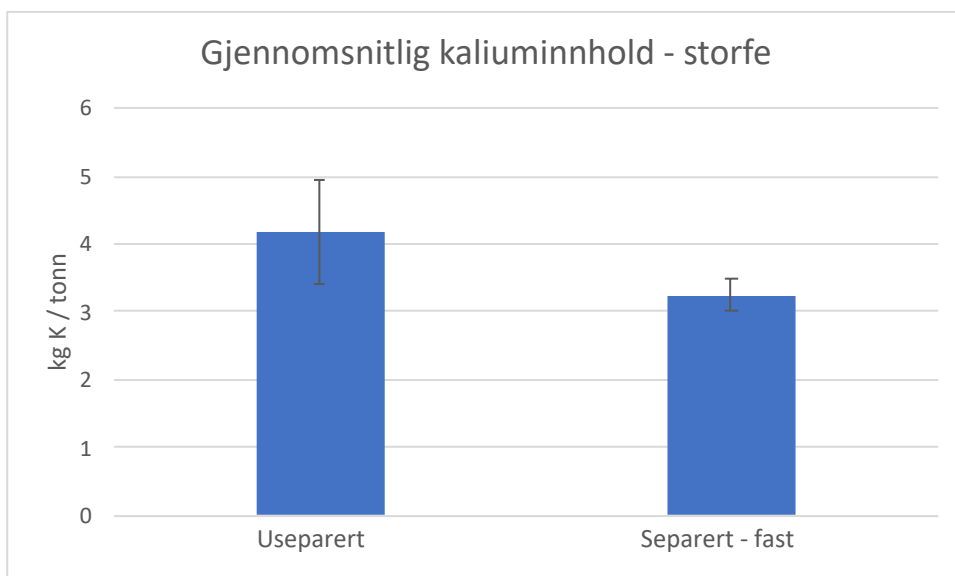
Jeg fant en signifikant reduksjon i innholdet av fosfor i separert-væske fraksjonen sammenlignet med useparert husdyrgjødsel av storfe ($t_3 = 3,18$, $p = 0,005$).



Figur 8: Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) innhold av fosfor i useparert og separert-væske av husdyrgjødsel av storfe.

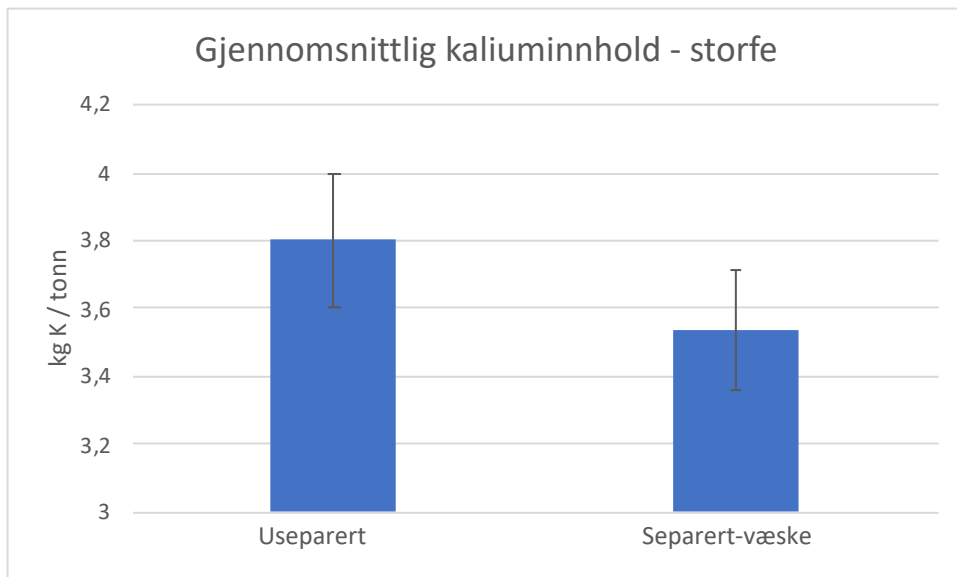
4.1.5 Kalium

Jeg fant ingen signifikante forskjeller i kaliuminnhold mellom separert-fast og useparert husdyrgjødsel av storfe ($t_3 = 3,18$, $p = 0,12$).



Figur 9: Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) innhold av kalium i useparert og separert-fast husdyrgjødsel av storfe.

Jeg fant en signifikant reduksjon i innhold av kalium i separert-væske fraksjonen sammenlignet med useparert husdyrgjødsel fra storfe ($t_2 = 4,3$, $p = 0,015$).

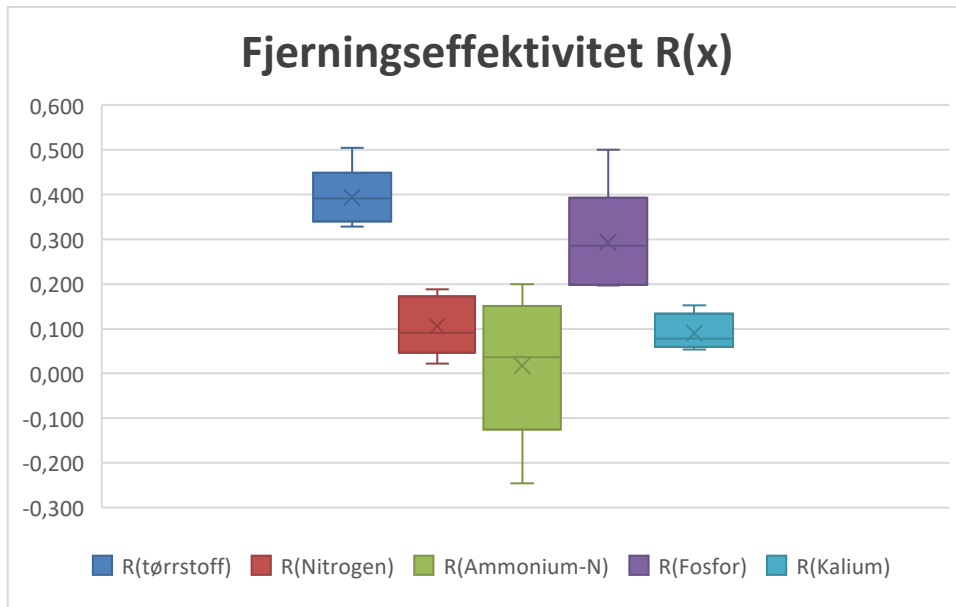


Figur 10: Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) innhold av kalium i useparert og separert-væske fraksjon av husdyrgjødsel fra storfe.

4.2 Fjerningseffektiviteten R(x):

Jeg fant gjennomsnittlig fjerningseffektivitet for tørrstoff, nitrogen, ammonium-N, fosfor og kalium i husdyrgjødsel av storfe til å være:

Tørrstoff:	0,39
Fosfor:	0,29
Nitrogen:	0,11
Kalium:	0,09
Ammonium-N:	0,02

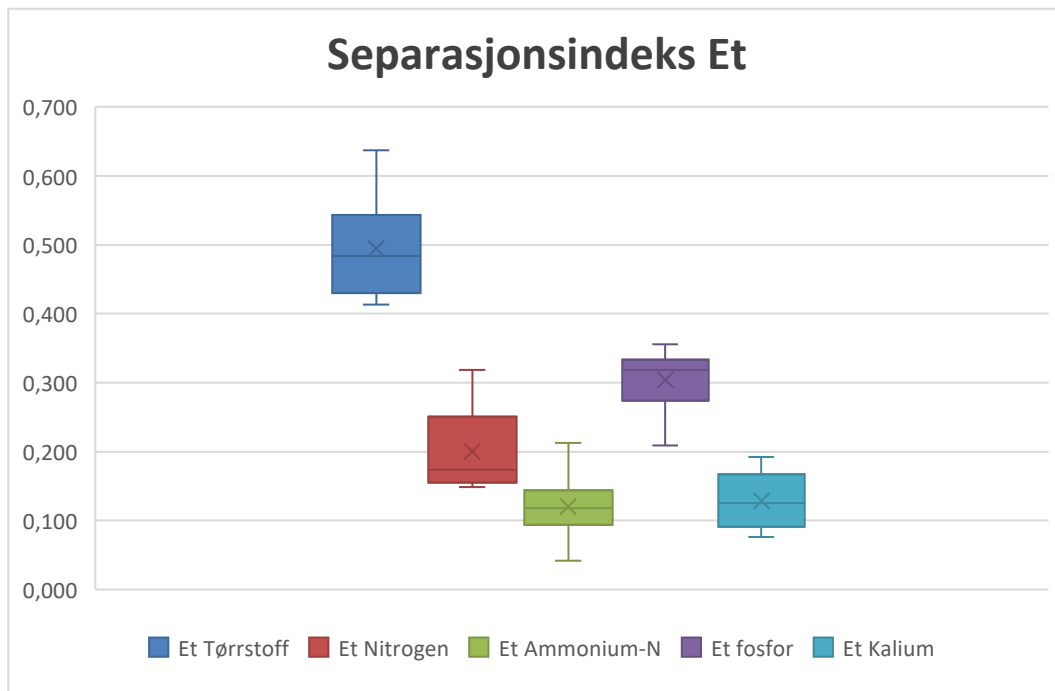


Figur 11: Fjerningseffektiviteten $R(x)$ (reduksjon i konsentrasjon av x i væske-fraksjonen) for tørrstoff, nitrogen, ammonium-N, fosfor og kalium.

4.3 Separasjonsindeks Et

Jeg fant gjennomsnittlig separasjonsindeks for tørrstoff, nitrogen, ammonium-N, fosfor og kalium i husdyrgjødsel fra storfe til å være:

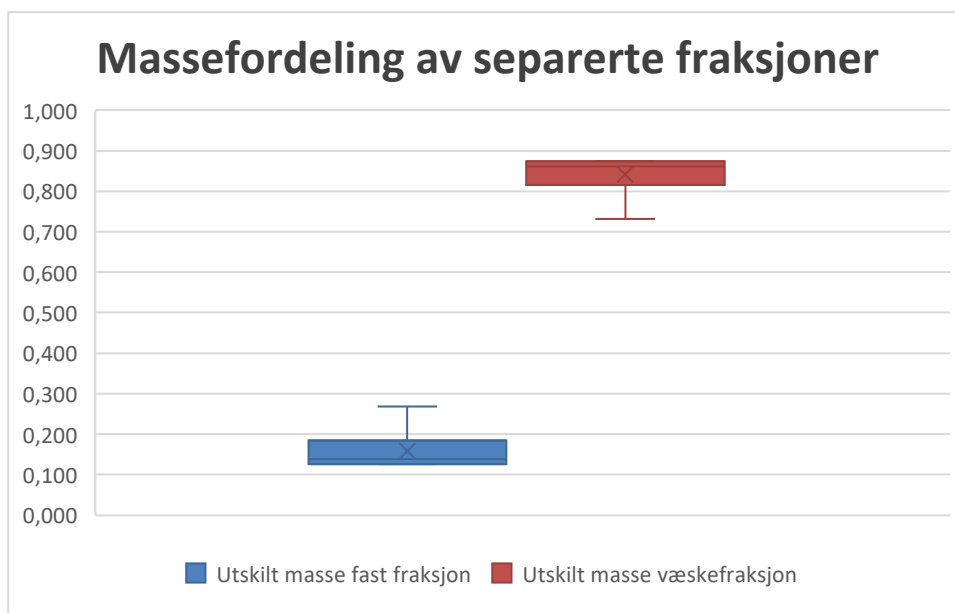
Tørrstoff:	0,49
Fosfor:	0,30
Nitrogen:	0,20
Kalium:	0,13
Ammonium-N:	0,12



Figur 12: Separasjonsindeks (Et) (Andelen x fordelt på den faste fraksjonen i forhold til useparert) for tørrstoff, nitrogen, ammonium-N, fosfor og kalium.

4.4 Massefordeling av separerte fraksjoner

Ved separering fant jeg teoretisk gjennomsnittlig fordeling mellom fast fraksjon og væskefraksjon til å være 0,16 og 0,84.



Figur 13: Massefordeling mellom væske- og fast-fraksjon ved separering.

5. Diskusjon

Gjennomsnittlig tørrstoff-prosent (*Figur 2*) i useparert husdyrgjødsel fra storfe var 7,9 (n = 4). Etter separering hadde væske-fraksjonen en gjennomsnittlig tørrstoff-prosent på 4,9 (n = 6), mens den faste fraksjonen hadde en gjennomsnittlig tørrstoff-prosent på 26,9 (n = 6). Det skal likevel nevnes at tørrstoff-prosenten, spesielt i den faste fraksjonen varierte litt. To av prøvene var fra samme separator hvor det var testet ut separatoren uten vekter i enden av skruen og med vekter. I første tilfellet, ved lav belastning, var tørrstoff-prosenten 24,6. I det andre tilfellet, med full belastning, var tørrstoff-prosenten 34,8. Dette tyder på at innstillinger har innvirkning på tørrstoff-prosenten i fast fraksjon. Det kan også stilles spørsmål rundt om merke/modell har innvirkning og om den useparerte gjødsla som separeres hadde likt utgangspunkt. Selv om det kun er prøver fra storfe i denne beregningen er det naturlig å tro at det kan være noen forskjeller. Det er for eksempel ikke undersøkt om prøvene var fra ammeku, ungdyr, melkeku eller en kombinasjon. I væske-fraksjonen derimot, var det mindre variasjoner (6,1% - 4,5%). Generelt ser det ut til at gjennomsnittlig næringsinnhold stemmer rimelig bra sammenlignet med resultatene fra Fournel et al. (2019) sine undersøkelser av skruepresses-separatorer (*Tabell 3*). Den gjennomsnittlige tørrstoffprosenten (26,9%) i denne undersøkelsen er derimot ikke høy nok for å være godt egnet som strømateriale i liggebåser.

Nitrogeninnholdet i husdyrgjødsel av storfe hadde en signifikant økning i fast fraksjon (*Figur 3*), mens det ikke ble funnet noen signifikante forskjeller mellom useparert og væske-fraksjonen (*Figur 4*). I sistnevnte var det derimot en trend for en reduksjon i væske-fraksjonen. Dette tyder på at det skilles ut en god del nitrogen med den faste fraksjonen, men samtidig er en betydelig igjen i væske-fraksjonen. Sistnevnte har ofte sitt bruksområdet som gjødsel på eng. Da er det gunstig at en betydelig mengde nitrogen er igjen. For ammonium-N ble det funnet en signifikant nedgang i den faste fraksjonen sammenlignet med useparert (*Figur 5*). Tilsvarende for væske-fraksjonen var det ingen signifikante forskjeller i ammonium-N innholdet (*Figur 6*). Dermed kan det tyde på at det er en overvekt av organisk nitrogen som separeres ut med den faste fraksjonen. Ammoniakkutslipp er en uheldig konsekvens ved spredning av husdyrgjødsel. Å tilføre vann kan imidlertid redusere disse utslippene betydelig (Rivedal, Prestvik, Aune, Hansen, & Morken, 2019). Bakgrunnen for dette er at lavere tørrstoffprosent gjør at gjødsla trenger raskere ned i bakken som igjen gir mindre kontakt med luft. Da kan det diskuteres om den samme effekten oppnås ved bruk av væske-fraksjonen. Om nitrogenvirkningen av væske-fraksjonen sammenlignet med tilhørende useparert

husdyrgjødsel er bedre hadde i så tilfelle vært interessant å undersøke. Det hadde også vært interessant og sammenlignet væske-fraksjonen med husdyrgjødsel utblandet med vann. En side av saken er tørrstoff-prosenten, men i væske-fraksjonen er jo mesteparten av fiberdelen separert ut. Ved å innblande vann i gjødsla får man dessuten enda større mengder å spre ut. Man må ikke glemme at det er en kostnad knyttet til dette også. Spredning med slange krever dessuten en lavere tørrstoff-prosent (Rivedal, Prestvik, Aune, Hansen, & Morken, 2019). Kan det være en løsning å separere istedenfor å tilsette vann? Egenskaper for strømning blir sett på som ikke-newtonsk ved tørrstoff-prosent over 5, og newtonsk ved tørrstoff-prosent lavere enn dette (Hjorth M. , Christensen, Christensen, & Sommer, 2009). Dette har betydning for viskositeten.

Fosforinnholdet hadde en signifikant økning i fast fraksjon (*Figur 7*) og en signifikant reduksjon i væske-fraksjonen (*Figur 8*). Dette kan gi muligheter for å løse problemer i forhold til spredeareal. Som kjent er det ikke lov til å gjødsla med mer enn 3,5 kg fosfor per dekar per dags dato. Med et lavere fosforinnhold i væske-fraksjonen vil jo dette tilsvare en høyere mengde husdyrgjødsel lovlig spredd på egen gård. I neste omgang kan man da undersøke om dette kan gi besparelser i bruk av kunstgjødsel. Hva med økologisk drift? Det er likevel viktig å understreke at fosforet ikke blir borte, men at det oppkonsentreres i den faste fraksjon. Overskuddsmengden av fosfor må da på et annet vis forvaltes på en riktig måte.

Innholdet av kalium hadde ingen signifikant forskjell i den faste fraksjonen (*Figur 9*), men det ble funnet en signifikant reduksjon i kaliuminnholdet i væske-fraksjonen (*Figur 10*). Eng som gir store grasavlinger vil føre bort mye kalium. Samtidig kan for store mengder kalium føre til et luksusopptak som i neste steg går ut over opptaket av mineralene magnesium, kalsium og natrium (Nibio, u.d.). Om en nedgang i kalium-innholdet i væske-fraksjonen er positivt eller negativt vil derfor avhenge av gjødslingsbehov og mengde påført.

Fjerningseffektiviteten, som uttrykker hvor effektivt en komponent er fjernet fra væske-fraksjonen, er høyest for tørrstoff (0,39), etterfulgt av fosfor (0,29) (*Figur 11*). Dette betyr at effektiviteten til å fjerne henholdsvis tørrstoff og fosfor fra useparert husdyrgjødsel til den faste fraksjonen er på 39% og 29% i gjennomsnitt. Sagt med andre ord synker konsentrasjonen i væske-fraksjonen sammenlignet med useparert husdyrgjødsel 39% for tørrstoff og 29% for fosfor. For nitrogen synker konsentrasjonen 11%, ammonium-N synker med 2% og kalium synker med 9% i gjennomsnitt. Spesielt ammonium-N har en stor variasjon med både økning

og reduksjon i konsentrasjonen. Å redusere konsentrasjonen av fosfor er for mange helt essensielt når det kommer til dette med spredeareal og fosforproblematikk.

Separasjonsindeksen (*Figur 12*) derimot, forteller at 49% av massen av tørrstoffet blir skilt ut i den faste fraksjonen. For fosfor blir 30% av massen fordelt i den faste fraksjonen. 20% av nitrogenets masse, hvorav 12% ammonium-N blir også skilt ut. For kalium skiller 13% av massen ut. Dette er gjennomsnittstall vel å merke. Sammenlignet med tall fra Hjort et al. (2009) befinner separasjonsindeksene i denne undersøkelsen seg inniblant deres verdier, men det skal nevnes at det er veldig stor variasjon. Nettopp det faktum at husdyrgjødsel har stor variasjon i næringsinnhold gjør det vanskelig å sammenligne. I en teoretisk situasjon hvor all husdyrgjødsel av storfe går gjennom separatoren skal man ifølge disse resultatene skille ut 30% av fosforet i den faste massen. Dette forutsetter derimot at væske-fraksjonen ikke sendes tilbake til den useparerte fraksjonen. Da vil man nemlig få en gradvis uttynning og dette vil kunne påvirke separatorens effektivitet.

For bønder som har separator og for lite spredeareal kan man diskutere om det burde finnes en ordning for at separator kan redusere spredearealbehovet. Dette vil i så fall kreve god dokumentasjon av næringsinnhold og masser, og forutsetter at man får brukt den faste fraksjonen på en forsvarlig måte. Hva med å levere dette til hagesentre?

Når det gjelder massefordelingen mellom fraksjonene er teoretisk gjennomsnittlig fordeling regnet ut til å være 16% i fast fraksjon og 84% i væske-fraksjonen (*Figur 13*). Også her er det verdt å nevne at det forekommer variasjoner på grunn av faktorer som separatorstype, innstillinger og tørrstoffprosent m.fl. I denne sammenheng er det viktig å være klar over at det er massefordeling og ikke volumfordeling. I Spruits masteroppgave (2019) hadde den separerte faste fraksjonen en tetthet på 490 kg/m^3 . Dette er noe man også bør være klar over i forbindelse med transport og eventuell lagringsplass.

Bakgrunnen for å investere i gjødselseparator kan ha mange drivkrefter. På Foss gård inngår separatoren som et ledd i produksjonen av gjødselprodukter (Spruit, 2019). Er dette noe som kan satses på i framtida? Har vi potensiale til å resirkulere eget fosfor og på den måten redusere import? Det vil trolig dreie seg om pris i denne diskusjonen. Hva skjer når nye gjødselsforskrifter trer i kraft?

Biogass er et annet felt det satses en del på om dagen. I den anledning ville det vært naturlig å tenke at en gjødselseparator på gårdsnivå kunne forenklet transporten. Dette er det imidlertid delte meninger om. Ivar Kopperud Sørby fra Greve Biogass i Vestfold mener anlegget har

bedre kontroll på næringsstoffer når de mottar gjødsla ubehandlet (Håland, 2021). Da kan det stilles spørsmål til lang transportavstand. Hva som skjer med bioresten er også et spørsmål her. Fosforet forsvinner jo ikke under produksjon av biogass.

Det er totalt analysert 19 gjødselprøver, ulikt fordelt mellom useparert, separert-fast og separert-væske, fra fem forskjellige opphav. Derfor er det en del feilkilder til stede her. Det kan stilles spørsmål til hvordan prøvene er tatt, hvor representative de var og hvor homogene var massene for eksempel. Alle separatorene var også av forskjellige merker. Alle utenom én var imidlertid, til min kjennskap, skruepresseseparatorer. Den siste ble opplyst til å separere basert på sentrifugering (Spruit, 2019). Gjødselprøvene benyttet til kapittel 4.1 er kun basert på husdyrgjødsel av storfe. Kapittel 4.2-4.4 har i tillegg til gjødselprøvene fra storfe, med totalt 3 prøver bestående i hovedsak av gjødsel fra storfe, men det er iblandet en uviss mengde gjødsel fra svin. Disse prøvene hadde et høyere innhold av tørrstoff i den useparerte fraksjonen. Om dette skyltes gjødsel fra svin er vanskelig å si. Alle gjødselprøver er analysert av Eurofins, men er fra ulike årstall. Dette bør likevel ikke ha noe og si.

Et oppmerksomt øye vil også legge merke til at det er en liten forskjell mellom useparert kolonnene innen samme næringsstoff (4.1.2-4.1.5). Dette skyldes et ujevnt antall gjødselprøver av separert-væske og separert-fast. Prøvene er analysert parvis og derfor gir det et ulikt grunnlag for gjennomsnittet. I tilfeller hvor en opphavskilde hadde flere prøver av de separerte fraksjonene, men bare én av useparert gjødsel, er den samme prøven av useparert benyttet i parvis analyse.

Resultatene i denne undersøkelsen er basert på et lite tallmateriale. Mer tallmateriale og en mer representativ gjennomførelse av prøvetaking vil være interessant for å bekrefte resultatene funnet i oppgava. Det ville også vært interessant å undersøke forskjeller mellom ulike separatorer. I oppgava er det heller ikke undersøkt hvordan innholdet av andre næringsstoffer endre seg, som for eksempel svovel, kalsium og magnesium osv. Basert på denne oppgaven tyder mye på at det er et potensiale for bedre utnyttelse av husdyrgjødsel og andre fordeler. Metoden er interessant og egner seg godt til utskillelse av fosfor.

6. Konklusjon

I denne oppgaven har næringsinnholdet i husdyrgjødsel ved gjødselseparering blitt undersøkt. For fosfor var det en signifikant økning i innholdet i den faste fraksjonen. I gjennomsnitt økte innholdet fra 0,64 kg/tonn i useparert til 1,40 kg/tonn i den faste fraksjonen. Det var også en signifikant reduksjon i innholdet i væskefraksjonen. Innholdet gikk i snitt ned fra 0,67 kg/tonn til 0,51 kg/tonn.

Med utgangspunkt i useparert husdyrgjødsel hadde nitrogeninnholdet i den faste fraksjonen en signifikant økning. Økningen var i gjennomsnitt på 3,4-4,4 kg N/tonn. Tilsvarende for væskefraksjonen var det en minskning, men ingen signifikant forskjell. Ammonium-N hadde en signifikant nedgang i fast fraksjon, fra 1,9 kg/tonn til 1,5 kg/tonn. Også her var det ingen signifikant forskjell i væskefraksjonen sammenlignet med useparert.

Kaliuminnholdet hadde ingen signifikant forskjell fra useparert til fast fraksjon, men det ble funnet en signifikant reduksjon i væskefraksjonen. I gjennomsnitt ble innholdet redusert fra 3,8 kg/tonn til 3,5 kg/tonn.

Gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i husdyrgjødsel av storfe i useparert, separert-væske og separert-fast fraksjon er funnet til å være 7,9%, 4,9% og 26,9%.

Fjerningseffektiviteten ble regnet ut til å være i gjennomsnitt 0,39 for tørrstoff, 0,29 for fosfor 0,11 for nitrogen, 0,09 for kalium og 0,02 for ammonium-N.

Separasjonsindeksen ble regnet ut til å være i gjennomsnitt 0,49 for tørrstoff, 0,30 for fosfor, 0,20 for nitrogen, 0,13 for kalium og 0,12 for ammonium-N.

Den gjennomsnittlige massefordelingen av fast fraksjon og væskefraksjonen ble regnet ut til å være 0,16 og 0,84.

Kunnskap om næringsinnholdet i husdyrgjødsel ved separering er viktig med tanke på den framtidige nytten og funksjonen gjødselseparatorer i Norge kan ha. Det trengs mer forskning for å bekrefte resultatene på grunn av lite tallmateriale. Likevel er resultatene i samsvar med teori rundt teknologien.

7. Litteraturliste

- Aarnes, H. (2017, oktober 11). *snl.no*. Hentet fra mineralnæring: <https://snl.no/mineraln%C3%A6ring>
- Gilkinson, S., & Frost, P. (2007). *Evaluation of mechanical separation of pig and cattle slurries by a decanting centrifuge and a brushed screen separator*. Hillsborough, Northern Ireland: Agri-Food and Biosciences Institute.
- Bardalen, A., Rivedal, S., Aune, A., O'Toole, A., Walland, F., Silvennoinen, H., . . . Øygarden, L. (2018). *Utslippsreduksjoner i norsk jordbruk. Kunnskapsstatus og tiltaksmuligheter*. . Ås: NIBIO.
- Daugstad, K., & Lunnan, T. (2016). *Redusert fosforgjødsling til eng – effekt på avling og fosforstatus i jord*. Løken: NIBIO.
- Daugstad, K., Kristoffersen, A., & Nesheim, L. (2012). *Næringsinnhold i husdyrgjødsel – Analyser av husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe 2006-2011*. Stjørdal: Bioforsk.
- Fournel, S., Godbout, S., Ruel, P., Fortin, A., Généreux, M., Côté, C., . . . Pellerin, D. (2018, April 23). Production of recycled manure solids for bedding in Canadian dairy farms: I. Solid–liquid separation. *Journal of Dairy Science Volume 102, Issue 2*, ss. 1832-1846.
- Hansen, S., Morken, J., Nesheim, J., Koesling, M., & Fystro, G. (2009). *Reduserte nitrogenutslipp gjennom bedre spredningsrutiner for husdyrgjødsel*. Ås: Bioforsk.
- Hanserud, O. (2014). *Fosforvarselet - De skumle utsiktene for global matsikkerhet*. Norsk Bonde og småbrukarlag og støttekomiteen for Vest-Sahara.
- Håland, S. (2021, Mai 3). *For dyrt med biogass?* Hentet fra Bondevennen.no: <https://www.bondevennen.no/aktuelt/for-dyrt-med-biogass/>
- Hjelt, A. L., Dombu, S. V., Pettersen, I., Bjugan, M., Øgaard, A. F., Bechmann, M., & Bonesmo, H. (2021). *Supplerende utredning til revisjon av gjødselregelverket*. . Ås: NIBIO.

-
- Hjorth, M., Christensen, K., Christensen, M., & Sommer, S. (2009). Solid–liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agronomy for sustainable development* - DOI: 10.1051/agro/2009010, ss. 153-180.
- Hjorth, M., Christensen, K., Christensen, M., & Sommer, S. (2011). *Solid–Liquid Separation of Animal Slurry in Theory and Practice*. Tjele, Denmark: Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University.
- Klimasmart landbruk. (2017, Oktober 4). *Kan kløver ha klimanytte?* Hentet fra Klimasmart landbruk: <https://www.klimasmartlandbruk.no/klimalosninger-planter-og-jord/kan-kløver-ha-klimanytte-article248-872.html>
- Lovdata. (2002, Februar 1). *Forskrift om husdyrgjødsel*. Hentet fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2002-02-11-337>
- Lovdata. (2003, Juli 18). *Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav*. Hentet fra Lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951?q=lagring%20av%20husdyrgj%C3%B8dsel>
- Mælumsæter, T. (2016). – *Interessant og spennende*. Hentet fra <http://cir-tech.dk>: http://cir-tech.dk/wp-content/uploads/2020/12/ACFrOgA2zN4e1DnCT1V3tpv1xEKJZUpXXcEjzmJuqbemQhRvIBUVU6GAfPhSpzig8sV9pT4i8PaUuuGLbVhTGNW_mNeSe_T_jO6lltVnq61KjgKtRUwwgsS6nsMfTM.pdf
- Microsoft. (u.d.). *Opprette et boksdiagram*. Hentet fra support.microsoft.com: <https://support.microsoft.com/nb-no/office/opprete-et-boksdiagram-62f4219f-db4b-4754-aca8-4743f6190f0d>
- Miljødirektoratet. (2020). *Virkemidler for økt bruk og produksjon av biogass*. Miljødirektoratet.
- Morken, J., Endrerud, H., & Bøe, J. (2003). *Landbruksmaskinar*. Oslo: GAN Forlag AS.
- NIBIO. (u.d.). *1. Næringsinnhold i husdyrgjødsel - tabeller*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/husdyrgjodsel/1.næringsinnhold-i-husdyrgjodsel-tabeller>

-
- NIBIO. (2017, oktober 23). *Husdyrgjødsel*. Hentet fra nibio.no:
<https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/husdyrgjodsel#>
- Nibio. (u.d.). *Kaliumkorreksjon til eng*. Hentet fra nibio.no:
<https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/korreksjonstabeller/kaliumkorreksjon-til-eng>
- Nylehn, J. (2021, januar 20). *snl.no*. Hentet fra makronæringsstoffer:
<https://snl.no/makron%C3%A6ringsstoffer>
- Orlund, K., Rød, L., Edholm, N., Lindegaard, A., Skjeflo, P., Hoff, I., . . . Storbråten, B. (2018). *RAPPORT FRA TEKNISK ARBEIDSGRUPPE – JORDBRUK OG KLIMA*.
- Rasmus, L.-R. (2016). *Muligheter med gjødselseparering*. Hentet fra buskap.no:
https://www.buskap.no/journal/2016/2/m-533/Muligheter_med_gj%C3%B8dselseparering
- Rivedal, S., Prestvik, A., Aune, A., Hansen, S., & Morken, J. (2019). *Tiltak for å redusere ammoniakkutslepp fra jordbruket*. Fureneset: NIBIO.
- Sæbø, A., Briseid, T., Leeuwen, G., & Nesheim, L. (2016). *Produkter av husdyrgjødsel - nye foredlingsmetoder og produkter fra separert og biogassbehandlet husdyrgjødsel*. Særheim: NIBIO.
- Spruit, J. M. (2019). *Potential of livestock manure processing to close the phosphorus loop in Norway*. NTNU Norwegian University of Science and Technology.
- Toldnæs, J. (2019, Juli 17). *globale oppvarmingspotensialer*. Hentet fra Store norske leksikon:
https://snl.no/globale_oppvarmingspotensialer
- Øgaard, A. F. (2020). *Fosforgjødsling og vannkvalitet*. NIBIO.
- Øgaard, A., Kristoffersen, A. Ø., & Bechmann, M. (2016). *Utredning av forslag til forskriftskrav om tillatt spredemengde av fosfor i jordbruket*. Ås: NIBIO.