

Fast separert storfe gjødsel: Egnethet som kompostmateriale og dyrkingsmedium

NORSØK RAPPORT | VOL. 10 | NR. 2 | 2025



Sara Hansdotter, Kirsty McKinnon, Reidun Pommeresche og Tatiana Rittl. NORSØK

TITTEL

Fast separert storfegjødsel: Egnethet som kompostmateriale og dyrkingsmedium

FORFATTERE(E)

Sara Hansdotter, Kirsty McKinnon, Reidun Pommeresche og Tatiana Rittl

DATO: 20.03.2025	RAPPORT NR. Nr. 2/2025 VOL 10	Åpen	PROSJEKT NR.: 3271
ISBN: 978-82-8202-219-4	ISSN:	ANTALL SIDER: 41	ANTALL VEDLEGG:

OPPDRAGSGIVER:

Regionalt forskningsfond Møre og Romsdal

KONTAKTPERSON:

Sara Hansdotter

STIKKORD:

Gjødselseparator, Separert gjødsel, Erstatning for torv, Vekstmedium, Hagebruk

FAGOMRÅDE:

Landbruk, Hagebruk, Miljø

SAMMENDRAG:

Det er et akutt behov for alternativer til torvbaserte produkter, blant annet som vekstmedium i hagebruk. Bruken av gjødselseparator på husdyrgårder har økt, og denne skiller ut en fast fiberfraksjon med egenskaper som ligner på torv.

Derfor var målet med prosjektet var å undersøke og vurdere om den faste fraksjonen av separert storfegjødsel egner seg som komposteringsmateriale, samt å prøve ut om dette materialet etter kompostering kan brukes som så- og plantejord som erstatning for torvbaserte vekstmedium. Videre var det et mål å drøfte påvirkningen på økologisk og sosial bærekraft, siden det å lage et salgsprodukt ville innebære fjerning av næringsstoffer og organisk materiale fra gården, og mer arbeid for gardbrukeren.

To gårder med gjødselseparator på Nordmøre ble brukt som case-studier. Den faste gjødselraksjonen fra begge gården i prosjektet ble vurdert som godt egnet for kompostering. Massene var homogene, hadde gunstig C/N-forhold og var passelig fuktige (basert på analyser utført på en av gårdene før prosjektstart). Kompostrankene ble håndtert på to ulike måter, den ene ble vendt og luftet med kompostvender, den andre med pallegaffel. Begge kompostene oppnådde raskt temperaturer på rundt 70 °C. Massene minket mye i volum (ca. 80 %) under komposteringen. Videre hadde de lav egenvekt og stor evne til å holde på vann, egenskaper som, likt med torv, er verdifulle for produkter beregnet som så- og plantejord. I tillegg til kompostering i felt, ble det

utført et lab-forsøk med kompostering i termoflasker. Det ble utført ulike modenhetstester på kompostene der det ikke alltid var samsvar mellom testene. Solvita modenhetstest for kompost og spiretest med karse indikerte «modne» komposter, mens vekstforsøk med brokkoli indikerte at kvaliteten på en av kompostene ikke var tilfredsstillende for oppal av småplanter. Næringsstoff- og tungmetallanalysen for denne komposten viste høyt natrium- og kloridinnhold, noe som kan føre til ubalansert næringsopptak. For å oppnå en mer omfattende vurdering av kompostkvalitet og egnethet som så- og plantejord, er det nødvendig å bruke flere supplerende tester.

Knyttet til økologisk bærekraft inneholder denne rapporten en drøfting av noen relevante indikatorer: bortføring av næringsstoffer i forhold til næringsbalanser på gårdsnivå, bortføring av organisk materiale fra gården, samt mulige uønskede stoffer som pesticidrester og tungmetaller. Våre funn indikerer at selv ved salg av en betydelig mengde separert storfegjødsel, vil husdyrgårder som kjøper inn kraftfor og/eller gjødsel fortsatt ha en positiv næringsbalanse. Beregninger av mengden organisk materiale som ville fjernes fra gården, viser at en slik praksis på lang sikt kan redusere jordas innhold av organisk materiale. Dette er særlig viktig å ta hensyn til for sandjord, som har begrenset evne til å opprettholde næringsstoffer og jordstruktur. Det ble ikke påvist noen rester av pyralider (herbicid) i den separerte fastgjødsele. Innholdet av tungmetaller var innenfor grenseverdiene for klasse 0 i gjødselverforskriften, med unntak av sinkinnholdet på én av gårdene, som så vidt overskred grenseverdien.

I forhold til sosial bærekraft så ble dette drøftet utefra økt arbeidsbelastning til følge av arbeid med gjødselseparasjon og kompostering, opplevd økt arbeidsmengde og gårdbrukernes motivasjon knyttet til denne praksisen. Erfaringene fra de to gårdene viste at bruk av separator og kompostering kan medføre ekstra arbeidsbelastning, men også gi motivasjon. Det var mest utfordringer med gjødselseparator og kompostering vinterstid.

Oppsummert har prosjektet bekreftet at kompostert, separert fastgjødsel kan ha potensial til å redusere bruken av torvbaserte produkter i hagebruk. Det er imidlertid fortsatt behov for videre utprøvinger knyttet til produktutvikling. Når det er blitt bedre kjent hva som kreves for å lage tilstrekkelig gode vekstmedier av dette materialet, anbefaler vi at fremtidig arbeid også inkluderer analyser av økonomiske og energimessige aspekter.

SUMMARY:

There is an urgent need for alternatives to peat-based products, particularly growing media in horticulture. The use of manure separators on livestock farms has increased, producing a solid fiber fraction with properties similar to peat. Therefore, the aim of this project was to investigate and assess whether the solid fraction of separated cattle manure is suitable as a composting material and to test whether this material, after composting, can be used as a seed and potting soil substitute for peat-based growing media. Furthermore, the project aimed to discuss the impact on ecological and social sustainability, as developing a commercial product would involve the removal of nutrients and organic material from farms and increased labor for farmers.

Two farms with manure separators in Nordmøre were used as case studies. The solid manure fraction from both farms was considered well-suited for composting. The material was homogeneous, had a favorable C/N ratio, and was appropriately moist. The compost piles were managed in two different ways. One was turned and aerated using a compost turner, while the other was handled with a pallet fork. Both composts quickly reached temperatures of around 70°C. The volume of the material decreased significantly (approximately 80%) during composting. Additionally, the compost had a low bulk density and high water retention capacity - valuable properties similar to peat for products intended as sowing and potting soil.

In addition to field composting, a laboratory experiment was conducted using thermos flasks for composting. Various maturity tests were performed on the composts, but results were not always consistent. The Solvita compost maturity test and a cress germination test indicated "mature" composts, while a growth trial with broccoli suggested that one of the composts was not suitable for raising seedlings. Nutrient and heavy metal analysis of this compost revealed high sodium and chloride levels, which could lead to unbalanced nutrient uptake. To achieve a more comprehensive assessment of compost quality and suitability as seed and potting soil, additional supplementary tests are necessary.

Regarding ecological sustainability, this report discusses several relevant indicators: the removal of nutrients in relation to farm nutrient balances, the removal of organic material from the farm, and the presence of potentially undesirable substances such as pesticide residues and heavy metals. Our findings suggest that even with the sale of a significant amount of separated cattle manure, livestock farms purchasing concentrated feed and/or fertilizers would still maintain a positive nutrient balance. Calculations of the amount of organic material removed from the farm indicate that such a practice could, in the long term, reduce soil organic matter content. This is particularly important for sandy soils, which have limited ability to retain nutrients and maintain soil structure. No pesticide residues were detected in the separated solid manure. The heavy metal content was within the limits for Norwegian regulations.

In terms of social sustainability, the report discusses increased labor demands associated with manure separation and composting, perceived workload, and farmers' motivation related to this practice. Experiences from the two farms showed that using a separator and composting can add extra labor but also provide motivation. The greatest challenges with manure separation and composting occurred during winter.

In summary, the project confirmed that composted, separated solid manure has the potential to reduce the use of peat-based products in horticulture. However, further testing related to product development is still needed. Once a better understanding is established regarding the requirements for producing sufficiently high-quality growing media from this material, we recommend that future work also includes analyses of economic and energy-related aspects.

LAND:	Norge
FYLKE:	Møre og Romsdal

KOMMUNE:

Tingvoll

GODKJENT

Cecilie Løkken

NAVN

PROSEKTLERER

Sara Hansdotter

NAVN

Forord

Dette prosjektet ble mulig å gjennomføre takket være to gårdbrukere på Nordmøre som allerede hadde tatt i bruk gjødselseparator. NORSØK er takknemlig for denne muligheten. Prosjektet ble også muliggjort gjennom kvalifiseringsmidler fra Regionalt forskningsfond Møre og Romsdal samt midler fra Landbruks- og matdepartementet.

Tingvoll, 20.03.25

Sara Hansdotter

Innhold

1. Innledning og bakgrunn	8
1.1 Behov for å erstatte torv i hagebruksproduksjon	8
1.2 Separering av storfegjødsel	8
1.3 Bærekraft på gårdsnivå	9
1.4 Formål med prosjektet	10
2. Metoder	11
2.1 Beskrivelse av casestudie-gårdene	11
2.2 Rankekompostering av separert storfegjødsel, fast fraksjon	11
2.2.2 Kompostering på gård 1	12
2.2.3 Kompostering på gård 2	12
2.3 Kompostering i termoflasker (labforsøk)	13
2.4 Prøvetaking, analyser og tester	13
2.4.2 Uttak av gjødselprøver til analyser	13
2.4.3 Analyser av næringsstoff-, tungmetall- og pyralider	14
2.4.4 Evnen til å holde på vann	14
2.4.5 Mikrobiometertest (MBT)	15
2.4.6 Aktivt karbon (POX-C)	16
2.4.7 Solvita modenhetstest for kompost (KMI)	16
2.4.8 Sensorisk vurdering	17
2.4.9 Spiretest med karse	17
2.4.10 Spiretest ugrasfrø	18
2.4.11 Vekstforsøk, oppal av brokkoliplanter	18
2.5 Datagrunnlag til bærekraftsdiskusjon	18
3. Resultat og Diskusjon	20
3.1 Analyser av gjødselfraksjoner før og etter separering	20
3.2 Rankekompostering av fast separert gjødsel	21
3.2.2 Temperatur- og CO ₂ -utvikling i rankekompostene	22
3.2.3 Endringer i egenskaper til kompostene	23
3.2.4 Solvita modenhetstest (KMI)	25
3.2.5 Sensorisk vurdering av kompostene ved avslutning	26
3.3 Kompostering i termoflasker på lab	26
3.4 Materialets egnethet som så og plantejord	28
3.4.2 Spiretest med karse	28
3.4.3 Spiretest ugrasfrø	31
3.4.4 Vekstforsøk, oppal av brokkoliplanter	31
3.5 Potensiell påvirkning av salgsproduktet på gårdens bærekraft	32
3.5.2 Sosial bærekraft	33
3.5.3 Økologisk bærekraft	34
3 Oppsummering og forslag til videre arbeid	40

1. Innledning og bakgrunn

1.1 Behov for å erstatte torv i hagebruksproduksjon

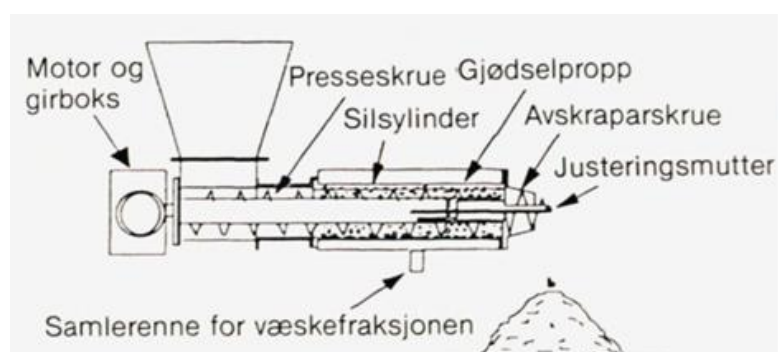
Torv har i mange tiår vært enerådende som vekstmedium i hagebruksproduksjon både for kommersielle og private aktører på grunn av torvens særegne kvaliteter. Uttak og bruk av torv har imidlertid alvorlige konsekvenser for natur og miljø. Inngrep i myrer leder til store utslipp av klimagasser samt tap av biologisk mangfold og økosystemtjenester. Torv betraktes som en ekstremt langsom fornybar ressurs og torvmyrer er sårbare økosystem. Følgelig utarbeides det nå både nasjonale og internasjonale strategier for utfasing av bruk og uttak av torv (McKinnon, 2017, Miljødirektoratet, 2020). Import av torvbaserte produkter må begrenses og tilgang på erstatningsprodukter med tilstrekkelig kvalitet må oppnås (Miljødirektoratet, 2022).

Til tross for miljøutfordringer med uttak og bruk av torv, er torvjord fortsatt det mest brukte dyrkingsmediet blant privatpersoner og hagebedrifter. Det er derfor et stort behov for å utvikle nye produkter som kan erstatte torv som vekstmedium. Per nå finnes det et utvalg av torvfrie produkter på markedet, men ikke i tilstrekkelige mengder til å dekke behovet (McKinnon og Båtnes, 2022). Eksempel på et produkt som har fått en viss utbredelse, er kokosfiber. Men dette produktet må transporteres fra Asia. Det medfører en usikkerhet i forhold til bærekraftsmål knyttet både til klima, økologisk og sosial bærekraft.

En økende andel torvfrie produkter kommer nå fra avfalls- og biogassbransjen her i landet og det foregår FoU-arbeid knyttet til utvikling av produkter som kan erstatte torv som vekstmedium og som jordforbedrer. Kompost fra avfallsselskap og den faste fraksjonen etter biogassproduksjon regnes som egnet til formålet (Haanes, 2023, Avfall Norge, Kompostportalen, 2023). Derimot er det en utfordring at produkter fra storskala håndteringsanlegg (bl.a. mat- og grøntavfall fra samfunnet) kan inneholde uønskete stoffer f.eks. mikro-/nanoplast og ikke nedbrytbare forurensinger (Feng et al, 2023). Forekomsten av mikro- og nanoplast er problematisk siden disse usynlige fraksjonene er av større betydning for negativ påvirkning på miljøet (Gomes et al, 2019). Det finnes begrenset kunnskap om hvilken risiko i forhold til helse og økonomi slike partikler kan medføre jord, planter, dyr og mennesker. Det er viktig å utvikle produkter som kan erstatte veksttorv og som samtidig er fri for uønskete stoffer.

1.2 Separering av storfegjødsel

Separering av gjødsel fra storfe og gris er ikke en ny teknologi, men har i det siste fått en viss utbredelse i Norge, og interessen for å ta i bruk denne metoden er økende (Fitjar & Hetland, 2022). Metoden innebærer mekanisk utskilling av fast materiale fra flytende med gjødselseparator.



Figur 1 Prinsippskisse av en skrupresseseparator (Tveitnes 1993)

Det finnes forskjellige typer av gjødselseparatorer, med litt forskjellig konstruksjon og funksjon. Figur 1 viser prinsippet for oppbyggelsen av en «skruepresserseparator» (Tveitnes, 1993).

Motivasjonen for separering av gjødsel kan være å oppnå et gjødselprodukt som er bedre egnet for gjødsling av eng. Den flytende fraksjonen har vist seg ha gode spredeegenskaper som er gunstig ved gjødsling av eng og grønnfor. Fitjar og Hetland (2023) har undersøkt forskjeller mellom vanlig bløtgjødsel og separert bløtgjødsel. De registrerte mindre tendens til danning av skorpe eller gjødselstriper etter spredning av separert bløtgjødsel enn useparert gjødsel. Den separerte bløtgjødsel består av mindre fiberfraksjoner og er mer lettflytende. De beskriver også at separering av husdyrgjødsel kan være hensiktsmessig dersom motivasjonen er å redusere viskositeten til gjødslet uten innblanding av vann, og likevel ta være på næringsstoffene.

Noen vurderer å bruke gjødselseparator for å håndtere lagringsutfordringer. I et forsøk på Tingvoll Gard, der gjødselseparator ble brukt på biorest og ubehandlet storfe gjødsel fra økologiske melkekyr, ble det registrert at 20 % av volumet ble separert ut til den faste fraksjonen (Eggen m.fl., 2024). Reduksjonen i volumet av bløtgjødsel ved bruk av separator vil sannsynligvis påvirkes av tørrstoffinnholdet i den opprinnelige gjødsel. Før man vurderer gjødselseparator som et tiltak for å løse lagringsutfordringer, er det imidlertid viktig å hente inn flere data fra prosjekter der volumreduksjonen ved separering er blitt målt. Det er også viktig å merke seg at innføringen av separator medfører behov for ny lagringsplass for den faste fraksjonen.

Fitjar og Hetland (2023) utførte en studie i Rogaland med 16 gårder med ulikt separeringsutstyr. Tørrstoffprosenten i den faste fraksjonen fra storfe gjødsel var i gjennomsnittet 28 % (maks 39,3%, min 20,6%), totalt nitrogen om lag 6 kg/tonn og fosfor 1,7 kg/tonn (ferskvekt) (Fitjar & Hetland, 2023). Det finnes forskningsresultater fra andre land som beskriver den faste fraksjonens egenskaper (fysisk og kjemisk) og materialets egnethet som liggematerial i fjøs. En studie fra Danmark (Holm og Pedersen, 2015) konkluderte med at materialet på mange måter egnet seg som strømateriel til kyr, men at det medførte noen utfordringer med jurhelse (klebsiella og økt celletal). I 2024 ble det utført et forsøk med å bruke den tørre fraksjonen som strø til høner på Tingvoll Gard. Det viste seg at materialet som hadde en TS på 30 % ikke egnet seg som strø til fjørfe, men når materialet ble tørket til 90-95 % TS, fungerte det godt som strøbad og miljøberikelse for hønene. Dette kan dessverre bli energikrevende (Johanssen, rapport under utarbeidelse).

1.3 Bærekraft på gårdsnivå

"Bærekraft" er et begrep som stammer fra "bærekraftig utvikling". Bærekraftig utvikling er definert som "en utvikling som tilfredsstiller dagens behov uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstille sine behov" (Brundtlandkommisjonen, 1987). En handling, beslutning eller annen faktor som anses å bidra positivt til en bærekraftig utvikling, omtales ofte som bærekraftig (Tjernshaugen, 2023). Bærekraftsbegrepet omfatter tre dimensjoner: økologisk (miljømessig) bærekraft, sosial bærekraft og økonomisk bærekraft. For landbruket, både som næring og på den enkelte gård, må disse tre dimensjonene ses i sammenheng og balanseres mot hverandre.

En vurdering av bærekraft på gårdsnivå begynner ofte med å kartlegge relevante faktorer som kan fungere som indikatorer på bærekraftig drift. Eksempler på slike indikatorer kan være jordhelse, biologisk mangfold og utslipp til vann og luft (økologisk/miljømessig bærekraft), bondens helse, sikkerhet og nettverk med andre bønder (sosial bærekraft), samt sikre kontrakter, likviditet og

økonomisk sårbarhet (økonomisk bærekraft). Ved separering av gjødsel og bortføring av den faste fraksjonen for produksjon av et salgsprodukt, kan noen relevante indikatorer for bærekraft inkludere gårdens næringsbalanse, innholdet av organisk materiale i jorda og risikoen for spredning av uønskede stoffer (økologisk bærekraft). Andre indikatorer kan være økt arbeidsmengde for bonden og bondens motivasjon (sosial bærekraft), samt lønnsomhet og markedskanaler (økonomisk bærekraft).

1.4 Formål med prosjektet

Egenskapene til den separerte faste fraksjonen og behovet for å erstatte torv i hagebruksproduksjon satte oss på ideen og førte oss til formålet med dette prosjektet: å undersøke materialets egnethet både for kompostering og som vekstmedium. En eventuell ny praksis på gårdsnivå, der det produseres et salgsprodukt som medfører fjerning av næringsstoffer og organisk materiale fra gården, reiser viktige spørsmål om økologisk bærekraft. En slik praksis vil også medføre nye arbeidsoppgaver, noe som kan påvirke den sosiale bærekraften for bonden gjennom økt tidspress og stress. Derfor var det også et mål å drøfte hvilke konsekvenser en slik praksis kan ha for både økologisk og sosial bærekraft på gårdsnivå, ved å vurdere noen relevante indikatorer (forklart i 2.5). Vurdering av økonomisk bærekraft har vi ikke undersøkt i dette prosjekt.

2. Metoder

2.1 Beskrivelse av casestudie-gårdene

Vi har benyttet to ulike gårder som casestudier for disse utprøvingene. Gårdene representerer forskjellige produksjonstyper (melkekyr og ammekyr). Komposteringen ble gjort med forskjellige forutsetninger på de to gårdene.

Gård 1 er en melkegård i Tingvoll med 1 000 daa fulldyrka jord, 55-60 melkekyr og oppforing av ungdyr til slakt. De har en melkekvote på 500 000 liter. Det er konvensjonell drift og bruk av både husdyrgjødsel og mineralgjødsel.

Motivasjonen for gårdbrukerne på denne gården for å ta i bruk gjødselseparatoren var hovedsakelig å få mer tyntflytende gjødsel med mindre risiko for fibrer som fester seg på graset og redusert risiko for sporer i melken.

Gård 2 driver ammekuproduksjon i Surnadal med 45 årskyr som kalver årlig, og det kjøpes også inn noen dyr hvert år. I tillegg til ammeku har gården både sau- og svinekjøttproduksjon og en nylig oppstartet melkeproduksjon. Driftsgrunnlaget omfatter 730 dekar fulldyrket jord, og i tillegg kjøpes noe grovfôr inn. Driften er konvensjonell.

Motivasjonen for gårdbrukeren på denne gården til å ta i bruk separator, var også å redusere tørrstoffprosenten på det flytende gjødselen, og redusere behovet for vann-innblanding. I tillegg var hensikten å ta i bruk tørrfraksjonen til strø i liggebåsene, fordi sagflis er dyrt og vanskelig å få tak i. Dette har fungert godt på denne gården.

2.2 Rankekompostering av separert storfegjødsel, fast fraksjon

En kritisk faktor for god kompostering er forholdet mellom karbon og nitrogen. Et C/N-forhold på 25-30/1 anses som ideelt (Amlinger m.fl., 2009), og det er også viktig at fuktigheten ligger mellom 60-70 %. I en analyse av den faste fraksjonen av separert storfegjødsel fra Gård 1 som gårdbrukerne fikk utført før prosjektstart, var analyseverdiene for C/N-forholdet 28,4 og for fuktighet 69,6 %. Disse verdiene ble brukt veiledende ved vurdering av materialene før opplegging av kompostene og ble vurdert som egnet for kompostering uten tilsetning av annet organisk materiale eller vann.

Opprinnelig plan i prosjektet var å legge opp komposter av separert møkk til samme tid på de to gårdene og sammenligne komposteringsprosessen underveis og likeså utføre sammenlignende vekstforsøk. På grunn av kaldt vær i høsten 2023 og bekymring for at gjødselseparatoren på gård 1 kunne skades av kulden, ble det bestemt å utsette separering og opplegging av kompostranke fra denne gården til våren 2024.

Kompostrankene ble lagt opp og stelt av de respektive gårdbrukerne. De loggførte temperaturer manuelt med Sandberger termometer som er beregnet for målinger i kompost (Bilde 1) etter et gitt skjema (midt i 20 cm fra bunn, midt i 20 cm fra toppen og to ulike plasser 15 cm inn fra siden). Vendefrekvens ble notert. I tillegg ble det på gård 2 målt CO₂ med en CO₂-måler fra UR Landmanagement (2025) (Bilde 1).

Kompostrankene ble dekket med TopTex komposteringsduk (TenCate, 2025).



Bilde 1. CO₂- og temperaturmålinger i kompostranken. Foto: J.-H. Moen

2.2.2 Kompostering på gård 1

Om lag 30 m³ separert storfe gjødsel ble kjørt til Tingvoll Gard og lagt opp i en kompostranke 8. mai 2024. Til vending av kompostranken ble det brukt en Best Kompostvender (Bergrønningen, 2025) (Bilde 2).



Bilde 2. Vending av kompostranken med separert gjødsel 25. juni med Best Kompostvender. Foto: K. McKinnon

Komposten ble vendt og temperaturer loggført hver dag i uke 1 og annenhver dag i uke 2 etter opplegging.

2.2.3 Kompostering på gård 2

Storfe gjødsel ble separert 27. oktober 2023 og fast fraksjon ble lagt i kompostranke 27. og 28. oktober.

Kompostranken ble vendt med pallegaffel 30. oktober og 5 ganger i november. Det ble gjort temperaturmålinger 29. og 30. oktober og 2., 8. og 14. november. Utetemperaturer ble målt 30. oktober, 2. og 8. november. Snøfall, kulde og at kompostduken frøs fast i bakken gjorde at temperatur- og CO₂-målinger ble avsluttet 15. november.

2.3 Kompostering i termoflasker (labforsøk)

For å teste separert husdyrgjødsel fra storfe gjennom en kontrollert komposteringsprosess, ble det gjennomført et flaskeforsøk på lab ved NORSØK høsten 2023. Etter stor interesse fra en av bøndene for biokull og kompostering, tok vi med et ledd der vi tilsatte biokull. I

flaskeforsøket ble 2-liters termoflasker (Dewar-flasker) (Bilde 3), fylt med nylig separert møkk fra gård 2. Flasker ble fylt med enten 2 liter separert møkk fast del eller med 1,9 liter separert fast møkk tilsatt 0,1 l biokull (norsk biokull av furu), ca. 5 % av volumvekt. Materialene ble blandet godt før de ble fylt i flaskene og en sensor ble plassert i midten av hver flaske og i massene. Det var tre gjentak med separert møkk og tre gjentak med separert møkk blandet med biokull. Det ble gjort ulike

målinger før og etter, samt noen underveis. Underveis ble det logget temperatur i flaskene og det ble målt respirasjon (CO₂-produksjon) ca. annen hver dag (for mer om metode se Rittl m. fl. 2023). Hele forsøket varte i 85 dager og ble gjennomført fra november 2023. I massene før og etter kompostering ble det målt mikrobielt karbon (MBT), respirasjon med to metoder (PASCO og Solvita) og innholdet av NH₃ og CO₂ (Solvita). For mer om disse metodene i Kap. 3.4. og for respirasjon, se Pommeresche og Rittl (2024). Det ble også målt hvor mye vann materialet kunne holde på ved maks fuktighet (%/TS), en egenskap som har betydning i jord og til planteproduksjon, metoden er beskrevet i 3.4.3.



Bilde 3. Kontrollert kompostering i Dewar-flasker.

2.4 Prøvetaking, analyser og tester

Ulike gjødselfraksjoner ble tatt ut og analysert ved start (dag 0). Fast fraksjon ble brukt i kompostrankene og prøver fra rankene ble tatt ut en gang ved start (dag 0) og to ganger til i løpet av komposteringsperioden. Gård 1; dag 0, dag 71 og dag 122 etter opplegging av ranken og Gård 2; dag 0, dag 112 og dag 309. Ikke alle analyser og målinger ble gjort på alle prøvene.

Ulike tester knyttet til mikrobiologi, kjemi og jordkarbon ble gjennomført av råstoff (separert storfejødsel) og komposter (kompostert separert storfejødsel).

En av disse testene analyserte andel aktivt karbon (Pox-C) i det organiske materialet, for å vurdere mengde lettomsattelig (mikrobielt) organisk materiale i komposten ved start og slutt, (se 2.8.6). Mengde mikrobielt karbon og andel sopp og bakterier (MBT) ble brukt som indikator på biologi (se 2.8.5.). For å vurdere modenheten til kompostene ble det utført en modenhetstest for kompost utviklet av Solvita for kompost (se 2.8.7), en sensorisk vurdering (se 2.8.8) og spiretester (se 2.8.9).

For å vurdere kompostenes egnethet som så- og plantejord ble det gjort måling av kompostenes evne til å holde på vann (se 2.8.4), utført en spiretest av ugrasfrø (se 2.8.10) og et vekstforsøk med oppal av småplanter (se 2.8.11). Kompostene ble også analysert for næringsstoffer, tungmetaller og pyralider (se 2.8.3)

2.4.2 Uttak av gjødselprøver til analyser

Det ble tatt gjødselprøver fra kum på hver gård der ubehandla gjødsel (bløtgjødsel) ble lagret. Det ble ikke rørt om i forkant av prøvetaking i kummene, men tatt ut gjødselprøver lengst bort fra

uttaket/innløp til separeringsutstyret, fra 3 ulike dyp i hver kum. Materialet ble blandet i en bøtte og en samleprøve på ca. 1 liter ble tatt ut. Denne gjødsla var da delvis blandet med en del av den fraseparerte flytende delen, som ble sendt tilbake i kummen etter separering. Det ble i tillegg tatt ut ca. 10 never med nylig separert møkk ulike steder i haugen under separeringskruen. Dette ble blandet godt i en bøtte og ca. 1 liter masse ble tatt ut til analyse. Ved å holde en bøtte en kort stund et par ganger foran slangeutløpet som førte den flytende delen av gjødsla ut i kummen, fikk vi en prøve av flytende del av separert gjødsla.

Underveis og ved avslutning av komposteringsforsøket, ble det tatt ut ca. 10 never kompost fra ulike steder i kompostrankene, (ca 30 cm inn i ranken). Materialene ble blandet til en samleprøver. Alle gjødsel- og kompostprøvene ble frosset etter uttak og sendt til analyser hos Eurofins på samme tidspunkt i september 2024. De testene som vi utførte ved NORSØK, ble gjort på ferske prøver innen en uke etter uttak.

2.4.3 Analyser av næringsstoff-, tungmetall- og pyralider

Næringsstoff- og tungmetallanalyser

Gjødselprøver fra Gård 1 og Gård 2, (ubehandlet, separert fast og bløt) ble analysert ved Eurofins, med analysepakke Proff (Eurofins, 2025 a).

Prøver fra kompostrankene ved to tidspunkter i komposteringsperiodene ble analysert ved Eurofins med analysepakke Landbrukskompost (Eurofins, 2025 b). Prøver av Kompost 1 (prøvetaking 10. juli 2024) og Kompost 2 (prøvetaking 19. februar 2024) ble analysert med analysepakke *Næringsinnhold*. Prøver av Kompost 1 og Kompost 2 (prøvetaking 30. august 2024), ble analysert med analysepakkene *Næringsinnhold*, *Mikronæringsstoffer og Tungmetaller*.

Pyralidanalyser

Reststoffer fra kjemiske plantevernmidler kan, selv i svært lave konsentrasjoner, føre til vekstforstyrrelser og/eller plantedød (McKinnon, 2021). Et par av stoffene i fokus er klopyralid og aminopyralid. Disse stoffene kan forekomme i husdyrgjødsel. Derfor ble analyser av disse stoffer utført på prøver (uttak 30. august 2024) fra Kompost 1 og Kompost 2 ved NIBIO (Divisjon for bioteknologi og plantehelse) med analysemetode M125 (NIBIO, 2025).

2.4.4 Evnen til å holde på vann

En viktig egenskap til jord og vekstmedium er deres evne til å holde på vann. Et estimat for dette får vi ved å teste vannmetningsevne (VM % av TS). Ved å vannmette jord eller kompostmateriale og måle hvor mye vann som fordampes når massene tørkes i etterkant, får vi et estimat på hvor mye vann massene maks kan holde på. Tallet er mengden vann som fordampes fra massen ved tørking ved 105°C til stabil tørrvekt (TS). Fordamper det 90 g vann fra en masse som har tørrvekt på 10 gram, vil massens evne til å holde på vann være 900 % (90 g vann/10 g tørr kompost) *100)), eller 9 ganger sin egen tørrvekt.

Til testen brukte vi trakter (10 cm i øvre diameter og ca 1 cm i trakttuten). En bomullsdott ble plassert nederst i tuten slik at vann kunne renne gjennom uten at kompost rant bort (Bilde 4). Vi hadde 4 ss kompost i trakten og tilførte 50 ml vann. Lot massen stå til det ikke lenger dryppet vann.

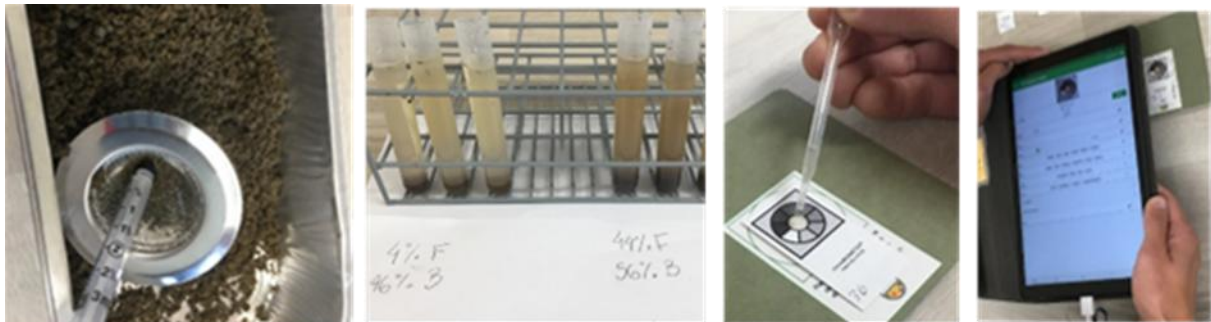
Tilførte 50 ml vann på nytt. Påfølgende dag ble 50 ml tilført i traktene der kompostprøvene virket tørre. Så dryppet prøvene fra seg i 1-2 døgn før de ble veid før og etter tørking ved 105°C i to døgn.



Bilde 1. Test av kompostenes evne til å holde på vann. En bomullsdott ble plassert i tuten som filter. Foto: K. McKinnon

2.4.5 Mikrobiometertest (MBT)

Mikrobiometertest ble brukt for å si noe om mikrobiell aktivitet og andel sopp/bakterier i fast fraksjon av separert møkk ved start og mot slutten av forsøket. Et estimat av mengde karbon som stammer fra mikroorganismer i kompostmaterialene, og andelen av dette som er fra sopp og fra bakterier er gjort ved å bruke testpakken microBIOMETER® (<https://microbiometer.com/>) (Bilde 5). I prosjektet ble separert storfe gjødsel før, under og etter kompostering analysert med denne testen og kalt mikrobiometertest (MBT) videre i rapporten.



Bilde 2. En liten mengde (0,5 ml) godt siktet og blandet jord brukes i MBT (t.v.). Etter miksing og venting synker jordpartikler til bunns i reagensrørene og bakterier og sopp «flyter» i væskefasen (m.t.v.). Tre dråper væske dryppes i midten av små testkort (m.t.h). Mengden og typen jordliv leses så av via en app på nettbrettet (t.h.). Foto R. Pommeresche

Ved hjelp av en sprøyte uten spiss ble det tatt en jordprøve på 0,5 ml, fra godt blandet og siktet materialprøve fra felt. Et ekstraksjonspulver (NaCl og CaCl₂) ble blandet med 9,5 ml vann i et prøverør. Prøven ble så overført til prøverøret med vann og kjemikalier og mikset med en elektrisk liten visp i 30 sek. Etter 20 minutter ble de tyngre materialene fra kompostprøven samlet i bunn og mikrobielt materiale skal være løst i væskefasen. Innen 2 minutter etter å ha overført 3 dråper av væskefasen fra prøverøret til et «testkort», ble det ved hjelp av en medfølgende app, foretatt analyse av prøvedråpene basert på bilder som appen tok.

Resultatene gis som mengden karbon ($\mu\text{g C}$) fra mikrobiell biomasse i prøven per gram prøvekompost (ikke tørket). Prosentvis andel mikrobielt karbon knyttet til sopp (Fungi) (MBT_F%) og

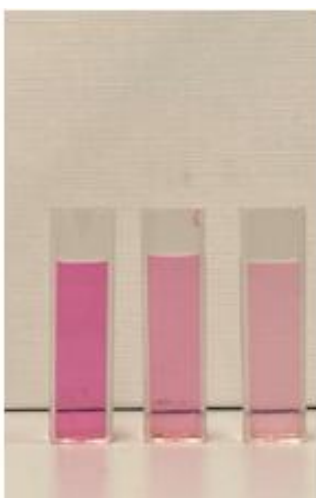
prosentvis andel mikrobielt karbon knyttet til bakterier (MBT_B%) og det relative forholdet mellom mikrobielt karbon (biomasse) som stammer fra sopp og bakterier (MBT_F/B) oppgis også som resultater. Retningslinjene for tolking av resultatene (Tabell 1) har store intervaller og økende mengde totalt mikrobielt karbon følges av en økende andel sopp i prøvene.

Tabell 1. Microbiometertest (MBT) sine retningslinjer for tolking av funnverdier oversatt til norsk. Finner man under 500 mikrogram mikrobielt karbon i jordprøver i kompost er det lite og over 1700 angis som veldig bra. (<https://microbiometer.com/wp-content/uploads/2021/12/interpreting-results-final-9-20.pdf>).

	Lav (MBT $\mu\text{g C/g}$)	Utmerket (MBT $\mu\text{g C/g}$)
Kompost	500	1700
Jordbruksjord	200	800

2.4.6 Aktivt karbon (POX-C)

Permanganat oksiderbart karbon (POX-C), kalt aktivt karbon, indikerer andel av de organiske karbonforbindelsene som brytes lett ned og dermed kan øke biologisk aktivitet i jord og kompost. Materialene ble hentet inn og lagret og lufttørket før analysering. 0,5 g lufttørket siktet materiale (2 mm sikt) ble tilsatt 20 ml 0.015 Mol KMnO_4 og 0.1 M CaCl_2 i et plastrør (50 ml) og ristet (Bilde 6). Ekstraktet ble så analysert ved 550 nm bølgelengde i et Genesys 50 UV-Vis Spektrofotometer. POX-C (mg C / kg lufttørket kompost) = POX-C oksidert karbon i kompostprøven (mg)/tørt materiale (kg).

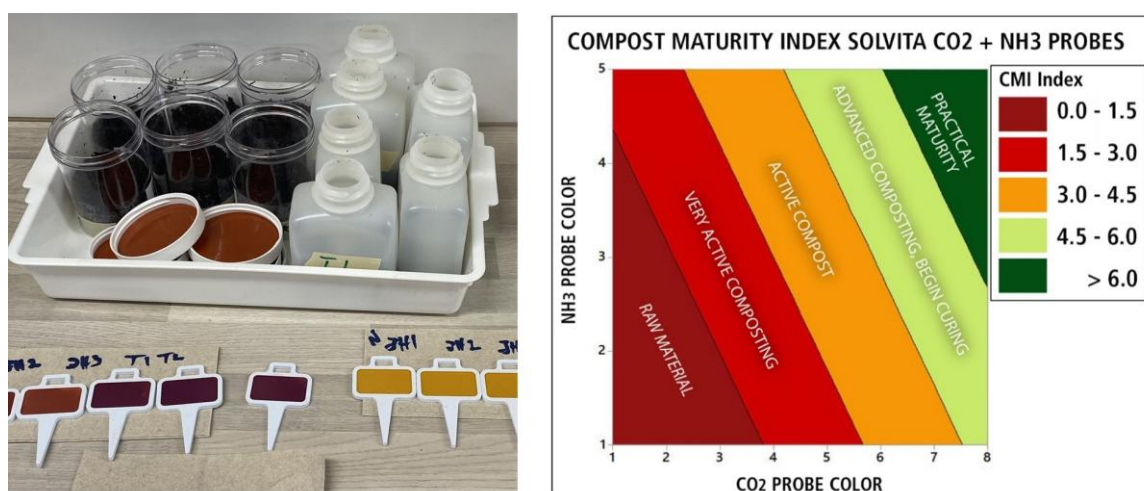


Bilde 3. Kompost blandes med en kjent konsentrasjon av permanganatløsning, ristes kraftig på en maskin og væske fra dette tynnes ut og has i små gjennomsiktige rør (t.v.). Jo mer farge som er igjen, desto mindre aktivt karbon er det i prøven (m). Prøvene leses av i en maskin (t.h.), for så å omregnes til mengde aktivt karbon pr gram tørt kompost. Foto R. Pommersche.

2.4.7 Solvita modenhetstest for kompost (KMI)

Testen bruker produksjon av CO_2 og NH_3 sammen i en indeks for å vurdere hvor i prosessen en kompost er på en skala fra 0 (svært umoden) -7 (moden), der moden indikerer at massen er «ferdig kompostert» og klar til annen bruk. Testsettet inneholder både et geleskilt som «måler» CO_2 og et som «måler» ammoniakk (NH_3) i lufta over et gitt volum med kompost i en lukket beholder. Resultatene av disse to gassene, utskilt naturlig fra kompost ved 20-25°C over 4 timer, settes sammen i en kompost modenhetsindeks (KMI). Mindre gassproduksjon indikerer mer modent materiale (Solvita Compost Maturity (test <https://solvita.com/compost/>)). Denne testen brukte vi på

kompostprøver ved start (dag 0) og ved avslutning av kompostforsøket. 30-50 g (volum basert opp til en linje) kompost ble fylt i hvert sitt prøveglass på 265 ml (Bilde 7). I hvert glass ble så en gelemåleplante for karbondioksid (CO₂) og en for ammoniakk (NH₃) satt inn. Det ble satt tette lokk på glassene med kompost og analyseskilt, og etter 4 timer ble geleplatenes farge avlest. Ved hjelp av et spektrofotometer, kalt digital color reader (DCR), ble fargene i de reaktive feltene på skiltene bestemt. Spektrofotometeret gav en digital verdi (med benevnelse SCO₂_Dcol) for fargen. Alle disse resultatene kan også avleses manuelt etter en fargeskala som følger utstyret. Resultatene for CO₂ og NH₃ settes så sammen i et fargeskjema som gir en modenhetsindeks basert på tallene (<https://solvita.com/cmi-calculator/>). Vi har med både resultater for fargene fra hver av gassene og indeksen for modenhet (0-6), der verdier over 4,5 indikerer at komposten begynner å bli mindre aktiv og mer moden og klar til videre bruk.



Bilde 4. I Solvita modenhetstesten settes to geleskilt i et glass med jord som så får tett lokk på. Geleen på platene skifter til ulike farger som gjengir mengde produsert CO₂ og NH₃. Fargen kan leses av via et fargekart eller ved å sette skiltet i et måleapparat og et tall 0-6 for modenhet kan beregnes. Skjema modenhet fra <https://solvita.com>.

2.4.8 Sensorisk vurdering

En sensorisk vurdering av kompost kan gjøres ved å se, kjenne og lukte på kompostene som et supplement til andre tester for å bedømme kvalitet eller modenhet. Fargen på en kompost forandrer seg gjennom prosessen, gjerne ved at den blir mer homogen og etter hvert mørk brun som resultat av omdanning til humus. Grå felt kan tyde på at komposten har vært for tørr, grønn/grønnbrune at det har vært anaerobt. En moden kompost kjennes grynete, smuldreaktig ut og opprinnelig materiale, for eksempel halm, er ikke lenger gjenkjennelig. En moden kompost lukter som skogsjord mens en ung kompost med mye nitrogenrikt materiale vil lukte ammoniakk. Vond lukt, lik råtne egg, er tegn på dårlig håndtert kompost og anaerobe forhold.

2.4.9 Spiretest med karse

Spiretest med karse (karsetest) ble brukt for å vurdere kompostenes modenhet og som et grunnlag for å vurdere egnethet som så- og plantejord.

Testene ble utført i et oppsalsrom med romtemperatur 18-20 °C. En kommersiell, torvredusert så- og plantejord (Proline) ble brukt som referansejord. 0,3 g karsefrø ble sådd jevnt oppå kompostene/så- og plantejord i grønne jordbærkurver.

Det ble utført 2 karsetester i prosjektperioden:

1) Den første testen ble utført i perioden 21. februar - 5. mars 2024 med kompostene fra termoflaskeforsøket på lab (labtesten) med kompost fra gård 2, med eller uten biokull og fra rankekompost fra gård 2 (Bilde 8).

Prøver fra kompostranken ble tatt ut 19. februar (dag 116 etter opplegging av komposten) og lå ett døgn i romtemperatur før testing. Kompostene fra labtesten ble tatt ut dag 85, ved avslutning av labtesten. Disse prøvene var noe tørre og fikk tilført 50 g vann i hver kurv. 200 g kompost/så- og plantejord ble hatt i hver av 3 jordbærkurver og satt i romtemperatur før såing og oppstart av testen 21. februar. Spiring og planteutvikling ble registrert med foto 23. og 26. februar, 1. og 5. mars.

2) Den andre testen ble utført i perioden fra 30. august til 16. september med rankekompostene fra gård 1 og 2. Komposten fra gård 1 ble blandet i en samleprøve og testen utført med tre gjentak. På gård 2 ble det tatt ut tre prøver langs ranken. Hver av disse prøvene ble testet separat fordi de virket uensartet. Kurvene ble plassert randomisert på et plantebrett. Planteutvikling ble registrert med foto 16. september, 17 dager etter oppstart av testen.

2.4.10 Spiretest ugrasfrø

For å undersøke eventuelle spiredyktige ugrasfrø i kompostene, ble jord fra hver av kompostrankene 1 og 2 hatt i jordbærkurver og dekket med plast. Testen ble utført samtidig som vekstforsøket i (se 3.6.10).

2.4.11 Vekstforsøk, oppal av brokkoliplanter

Forsøket ble utført i perioden 3. oktober - 4. november 2024.

Den 2. oktober ble hver av kompostene fra gård 1 og 2 i tillegg til referansejorden (Proline) blandet godt i hver sin dunk og vannet til «passelig fuktig» ved å utføre knytteneveprøve (presse en neve med kompost hardt for å undersøke om det pipler frem litt vann). Den 3. oktober startet testen opp i temperatur- og lysregulert vekstområde. Det var 19-20 °C i rommet og lys var tent 18 t/døgn.

Det ble beregnet egenvekt av kompostene med følgende fremgangsmåte: fylte litermål med kompost til litermålstreken, dunket tre ganger hardt på benken, fylte opp til streken, dunket 3 ganger og fylte opp på nytt. Egenvekten i gjennomsnitt av tre prøver for Kompost 1 var 665 g, for Kompost 2, 624 g og for Proline 554 g.

Det ble sådd brokkoli av sorten 'Calinero' i 3 x 8 plugg (54 Vefi Plugg) for begge kompostene, 2 frø i hver plugg. Fylte 460 g kompost per pluggbrett.

Vekten av kompostene i 8 plugg var 435 g og for Proline 410 g.

Den 18. oktober ble antall spirer registrert. Planteutvikling ble registrert med foto ved avslutning av testen 4. november.

2.5 Datagrunnlag til bærekraftsdiskusjon

For å legge til rette for en faglig drøfting av mulige bærekraftskonsekvenser ved bortføring av separert fastgjødsel fra gården, ble følgende indikatorer valgt ut for å vurdere økologisk bærekraft:

- Næringstoffbalanse på gårdsnivå

- Bortføring av organisk materiale, sett i sammenheng med gårdenes jordtekstur
- Uønskete stoffer i sluttproduktet (tungmetaller og pyralider (pesticidrester), se 2.4.2)

Følgende indikatorer ble valgt ut for å vurdere sosial bærekraft:

- Bondens økte arbeidsmengde (timer)
- Bondens opplevde økte arbeidsbelastning
- Bondens motivasjon til den nye praksisen

Næringsbalanser gir en oversikt over næringsstoffer som tilføres og fjernes fra et gårdssystem, og kan avdekke eventuelle underskudd eller overskudd. Et enkelt næringsstoffregnskap, basert på metoden brukt for Tingvoll Gård (Båtnes, Ebbesvik & Rittl, 2023), ble benyttet. Næringsbalansen ble beregnet som differansen mellom tilførte næringsstoffer via innsatsmidler som kunstgjødsel, kraftfôr og strø, og næringsstoffer fjernet gjennom salg av produkter, hovedsakelig kjøtt. Beregningene omfatter nitrogen (N), fosfor (P) og kalium (K), men tar ikke hensyn til biologiske og kjemiske prosesser som nitrogenfiksering, nedbryting av organisk materiale eller utvasking. For å finne næringsbalansen per dekar, ble differansen mellom innkjøpte og solgte næringsstoffer dividert på antall dekar dyrket mark som gården disponerer. Data til beregningen ble hentet fra en av gårdene, basert på innkjøp og salg i løpet av ett år (2024). Innholdet av N, P og K i produktene er hentet fra Løes m.fl. (1996), supplert med informasjon fra produktbladene til de kunstgjødselprodukter som har vært brukt. Resultatene danner grunnlag for å diskutere konsekvensene av næringsstofftap ved bortføring av separert gjødsel fra gårdens næringsstoffkretsloop. I tillegg ble det utført en tilsvarende beregning for et økologisk referansebruk, for å vurdere mulige konsekvenser for en økologisk gård. Data for å gjøre dette var tilgjengelig ved NORSØK for Tingvoll gård.

For å legge til rette for en drøfting av **bortføring av organisk materiale** i sammenheng med gårdenes jordtekstur, ble jordprøvedata som bøndene hadde fra tidligere brukt. Basert på analyseprøver fra Eurofins, hvor innholdet av organisk materiale, målt med glødetap (OM % av TS) og tørrstoffprosenten i separert møkk fra Gård 1, ble mengden organisk materiale i 40 tonn separert møkk beregnet ved å multiplisere totalvekten med tørrstoffprosenten og deretter med andelen organisk materiale.

For å vurdere bøndenes **økte arbeidsmengde**, ble antall timer brukt på komposteringsarbeid registrert i etterkant av prosjektet, og det ble gjennomført intervjuer om bøndenes opplevde **arbeidsbelastning og motivasjon** til å gjennomføre den nye praksisen, underveis og etter avsluttet kompostering.

3. Resultat og Diskusjon

3.1 Analyser av gjødselfraksjoner før og etter separering

Tabell 2 viser tørrstoffprosent og næringsinnhold (N, P og K) i gjødselprøver tatt fra kum/kjeller (useparert), flytende gjødselprøver rett fra separatoren og gjødselprøver fra den faste fraksjonen etter separering, på de to gårdene. Næringsstoffinnhold er oppgitt i kg/tonn. Ved tolking av tallene bør det tas i betraktning at volumvekta er svært forskjellig mellom flytende (både før og etter separering) og fast gjødsel etter separering.

Tabell 2. Tabellen viser tørrstoffinnhold (%), næringsstoffinnhold av nitrogen, fosfor og kalium (kg/tonn) samt volumvekt for ulike fraksjoner av husdyrgjødsel. Prøvene er tatt fra useparert gjødsel (fra gjødselkum/kjeller), flytende fraksjon etter separering (foran slangeutløpet) og fast fraksjon etter separering (fra utseparert tørrfraksjon). Dataene presenteres for Gård 1 og Gård 2.

	Gård 1			Gård 2		
	Useparert	Flytende etter separering	Fast etter separering	Useparert	Flytende etter separering	Fast etter separering
Tørrstoff (%)	3.2	3.6	23.3	6.8	6.2	28.6
Total N, Kjeldahl (kg/tonn)	2.6	3.1	4.9	3.4	3.6	4.7
Ammonium-N (kg/tonn)	1.51	1.57	2.01	1.30	1.38	0.653
Fosfor (kg/tonn)	0.24	0.38	0.82	0.42	0.54	1.2
Kalium (kg/tonn)	1.8	2.9	3.1	10	6.9	4.8
Volumvekt (kg/m ³)	1000	1000	250	1100	1000	220
pH	7.9	8.1	8.9	7.8	7.9	8.8

På Gård 2 ble tørrstoffprosenten redusert fra 6,8 til 6,2, mens på Gård 1 økte tørrstoffinnholdet fra 3,2 til 3,6 % TS. En nedgang var forventet på begge gårdene fra useparert bløtgjødsel sammenliknet med separert flytende del. Men det at separert flytende del ble ført tilbake i samme kum som utgangsmaterialet på begge gårdene, gjør at tallene for utgangsmaterialene ikke er helt representative. I tillegg er det en feilkilde at massene ikke ble omrørt før prøveuttak av utgangsgjødsel, bare tatt lengst bort fra separator og på ulike dyp.

Et høyere tørrstoffinnhold i bløtgjødsel på Gård 2 enn Gård 1 kan skyldes større innblanding av vann på Gård 1 med melkeproduksjon enn Gård 2 med ammeku. Gård 2 hadde også en høy kaliumverdi, noe som kan skyldes at dyrene fôres med potet. Det kan imidlertid også være andre faktorer som

spiller inn, men disse har vi ikke undersøkt. Fitjar og Hetland (2023) fant at tørrstoffprosenten (% TS) i den flytende separerte delen ble redusert med mellom 0,5 og 7 prosentenheter, sammenlignet med opprinnelsesmaterialet bløtgjødsel. Reduksjonen vil også avhenge av sammensetningen av opprinnelsesmaterialet samt innstillingene på separatoren.

Endringene i næringsstoffinnhold mellom useparert og separert flytende gjødsel fulgte i stor grad samme mønster som observert i studien til Fitjar og Hetland (2023). Ammonium-N økte noe på begge gårdene, mens kaliuminnholdet (K) økte på Gård 1, men sank på Gård 2, som i utgangspunktet hadde en svært høy K-verdi. En forskjell var imidlertid at i vår studie var det noe høyere fosforinnhold i separert flytende gjødsel sammenlignet med useparert, mens Fitjar og Hetland (2023) rapporterte det motsatte.

Imidlertid har vi bare et begrenset antall prøver, og det er derfor ikke mulig å utelukke at denne forskjellen skyldes tilfeldigheter. Vi kan dermed ikke konkludere med at dette er en gjennomgående trend.

3.2 Rankekompostering av fast separert gjødsel



Figur 2. Kompostering av fast fraksjon av separert storfe gjødsel på Gård 1 (melkeproduksjon) og Gård 2 (ammekuproduksjon). Litt hvordan det ble gjort, i tillegg til informasjon om massene ved ulike tidspunkter (dag x) fra opplegging av massene i kompostrankene på dag 0 (dag 0).

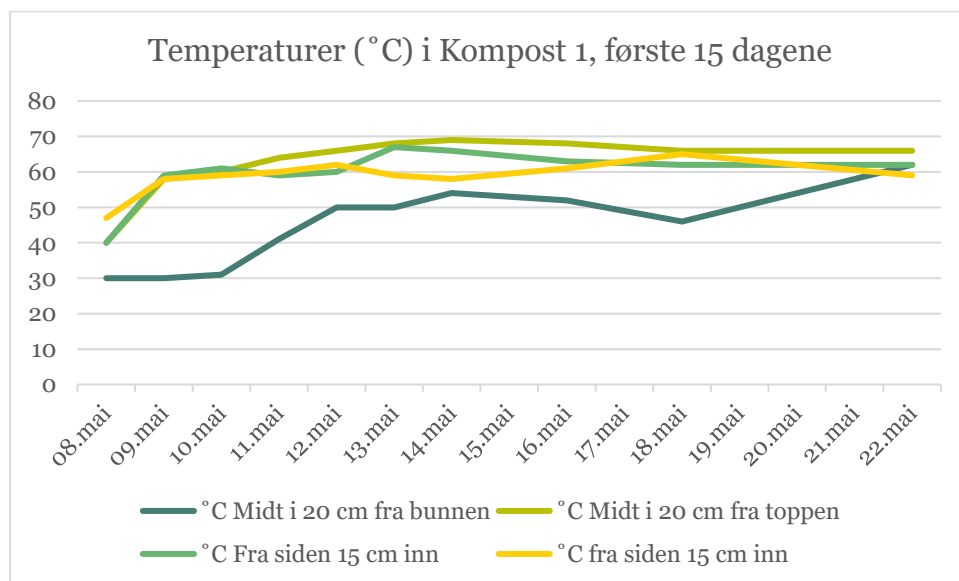
Begge kompostene minket betraktelig i volum den tiden de ble kompostert (Figur 2). Grove estimater er at massene minket nær 80-90 % i volum i løpet av 122 dager sommerkompostering på Gård 1. Massene ble også mindre på Gård 2, men ingen estimater av volum ble gjort.

3.2.2 Temperatur- og CO₂-utvikling i rankekompostene

Temperaturutvikling ble registrert i kompostrankene fra Gård 1 (Figur 3) og Gård 2 (Figur 4) de første 15 dagene. I tillegg ble CO₂-utvikling registrert i kompostranken til Gård 2 (Figur 4). I begge kompostrankene steg temperaturen raskt til omtrent 70 °C de første dagene etter opplegging og holdt seg over 50 °C i de fleste målepunktene de neste 8-10 dagene. I begge kompostene ble det målt de laveste temperaturene i punktet *Midt i, 20 cm fra bunnen*. Men ettersom rankende blir vendt, har dette mindre å si for en eventuell godkjenning dersom vendemetode sikrer at hele massen oppnår en temperatur på 70 °C i 60 minutter (eller andre metoder etter søknad til Mattilsynet), (Mattilsynet, 2024). Det ble oppnådd høyere temperatur i kompostrankene enn i termoflaskene (labtesten) de første dagene.

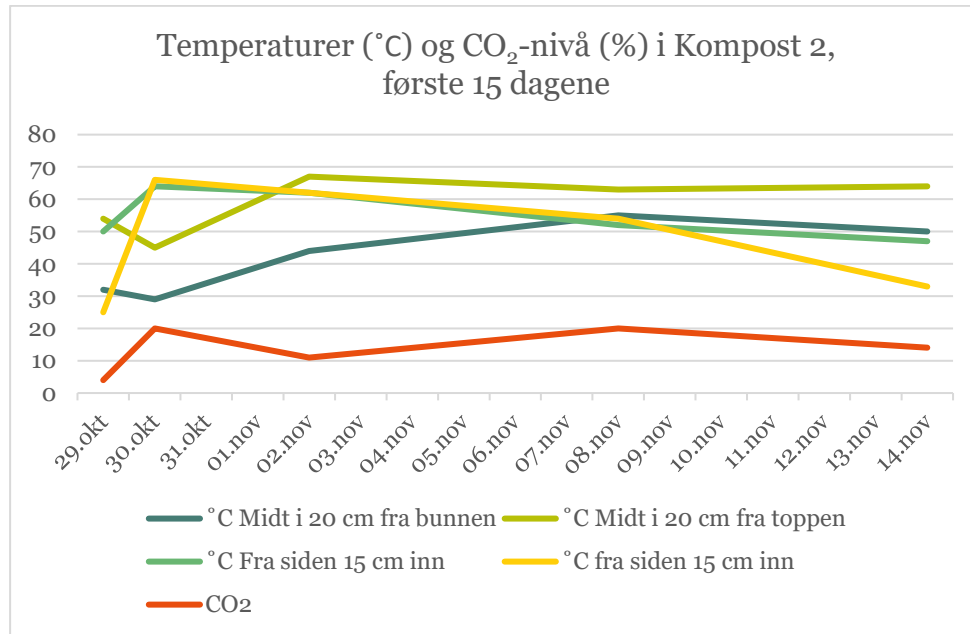
Temperaturutviklingen i kompostrankene

Kompostranke Gård 1



Figur 3. Temperaturutvikling i kompostranken på Gård 1 (Kompost1) fra opplegging 8. mai - 22. mai 2023.

Kompostranke Gård 2



Figur 4. Temperatur- og CO₂-utvikling i kompostranken på Gård 2 (Kompost 2) fra 29. oktober til 14. november 2023

CO₂-nivåene som ble målt i kompostranken på gård 2 (Figur4) korresponderer med nivåer som forventes i tidlig komposteringsfase med høye temperaturer og stor mikrobiell aktivitet.

3.2.3 Endringer i egenskaper til kompostene

Fysiske egenskaper

Den faste delen av separert husdyrgjødsel inneholdt fra 23-29 % tørrstoff i starten ved opplegging i rankene (Tabell 3) og massene kunne komposteres uten ekstra tilsetninger av vann eller tørt materiale. Det var lite forskjell i fuktigheten i kompostene før og etter kompostering (Tabell 3). Massene har stor evne til å holde på /absorbere væske. Fast fraksjon på begge gårdene kunne holde på rundt 90 ganger sin egen tørrvekt med vann ved start og etter 122 dager på Gård 1 og 309 dager på Gård 2 kunne kompostene holde på 63 og 67 ganger sin egen tørrvekt med vann. Denne store evnen til å ta til seg vann og holde på mye vann er en viktig, positiv bruksegenskap også til torv i plateproduksjons-sammenheng. Begge kompostmassene kom også raskt opp i temperatur (3.2.1). Begge typer separert fast fraksjon av storfe gjødsel ble vurdert som godt egnet til kompostering. Vi fant at den faste fraksjonen har et stort volum, lav volumvekt og en høy evne til å holde på vann i starten, og at alle disse forholdene endrer seg under komposteringen. Da reduseres totalvekten, egenvekten øker og evnen til å holde på vann reduseres noe.

Tabell 3. Resultater knyttet til fysiske, kjemiske og biologiske egenskaper til massene. Resultater av målinger og tester gjort på kompostmassene fra ulike dager etter opplegging (dag 0). Enheten «ferskt» materiale er kompost fra ranken (våttvekt) og enheten tørrstoff (TS) er per tørrvekt. Resultatene er snitt av 1-3 prøver for hver måling.

		Kompost fra Gård 1			Kompost fra Gård 2		
		dag 0	dag 71	dag 122	dag 0	dag 112	dag 309
Fysisk egenskap	Test/analyse/enhet						
Innhold av tørrstoff (TS)	Tørrstoff (TS) %	23,3	27,8	33,5	28,6	30,6	28,7
Volumtæthet målt på lab.	kg/l	0,25	0,39	0,42	0,22	0,48	0,59
Vanninnhold i massene	Fuktighet (% av våtv.)	73,3	*	74,0	71,0	73,5	74,9
Vanninnhold i massene	Fuktighet (% av TS)	338	*	280	245	277	299
Evnetil å holde på vann	Vannmetning (% av TS)	950	*	633	905	*	665
Biologi							
Biologisk aktivitet	ppmCO ₂ /sek. og gram kompost (Pasco)	0,224	*	0,004	0,175	*	0,026
Mengde mikrobielt karbon	µg mikr.-C/g kompost (MBT)	1925	*	1414	1781	1741	889
Estimat andel sopp	Sopp (%) av mikr.-C	81	*	75	79	80	63
Estimat andel bakterier	Bakt. (%) av mikr.-C	19	*	25	21	20	37
Karbon							
Estimert innhold av organisk materiale (OM)	Glødetap i % av TS	*	84,5	68,4	*	55,7	49,5
Estimat på hvor stabilt/ nedbryt-bart OM er	C/Nforhold	*	12	11	*	21	15
Lettilgjengelig OM/mat til jordlivet	mg act-C/kg kompost (POX-C)	2912	*	2071	3752	2956	1389
Kjemi							
Totalt nitrogen (N) i "ferskt" materiale	Tot-N kg/tonn kompost	4,9	8,9	10,7	4,7	5,2	5,7
Total nitrogen pr tørrstoff mengde (TS)	Tot-N g/kg tørrstoff (TS)	21	32	32	16,4	17	20
Lettilgjengelig N i "ferskt" materiale	NH ₄ -N kg/tonn kompost	2,01	0,14	0,12	0,653	0,13	0,09
Lettilgjengelig N pr TS	NH ₄ -N g/kg TS	468,3	0,49	0,35	186,8	0,42	0,31
Totalt fosfor i "ferskt" materiale	Tot-P kg/tonn kompost	0,82	2,39	2,78	1,2	1,29	1,23
Totalt fosfor pr TS	Tot-P g/kg TS	3,5	8,6	8,3	4,2	4,2	4,3
Surhetsgrad	pH	8,6	8,3	7,8	8,8	8,3	8
		* ikke målt					

Biologi

Den biologiske aktiviteten, målt som produksjon av CO₂ fra massene (respirasjon) var høyere (0,175-0,224 ppm CO₂/sek og gram kompost) ved start enn ved slutt (0,004-0,026) på begge gårdene (Tabell 3). Det var også høyere innhold av mikroorganismer (mikrobielt karbon) i massene ved start enn slutt, spesielt i gård 2. Andelen sopp estimert i mikrobiometertesten var også noe høyere ved start (79% og 81%) enn ved slutt (63% og 75%) for begge kompostene. Det var generelt høyere andel sopp enn bakterier i massen, både før og etterpå. Testens vurdering av sopp og bakterier trenger vi mer kunnskap om for å kommentere om det reelt gjenspeiler sopp og bakterier i kompost og hvilket forhold som er bra eller dårlig for kompost av husdyrgjødsel.

Karbon

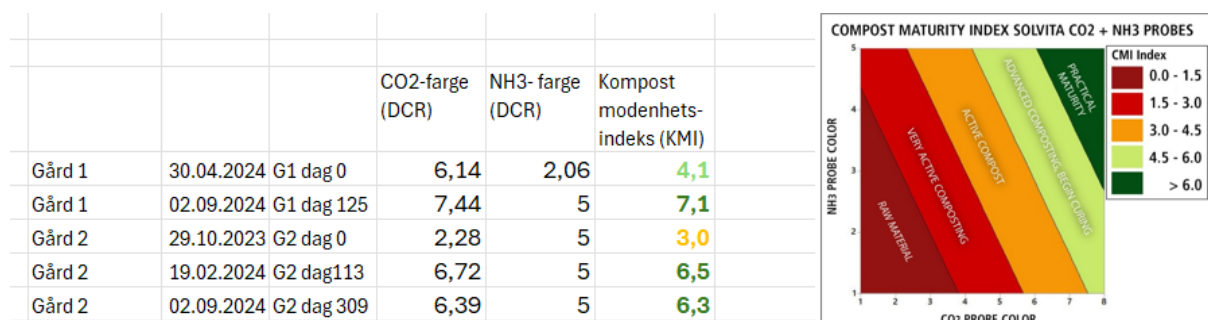
For å vurdere det organiske materialet (OM) i massene, ble andel totalt OM målt i form av Glødetap og «lettnedbrytbart» OM estimert i form av en kjemisk nedbryting av OM (Pox-C). Glødetapet ble bare målt en gang underveis og på sluttmassene, men viser naturlig nok at en stor andel av massene er organisk materiale (50-85%). Det var også samvariasjon mellom høyere biologisk aktivitet og mer lett nedbrytbart OM (POX-C) og mer ammonium-N i massene ved start enn ved slutt. Mengde lettnedbrytbart OM (POX-C) minket mer gjennom komposteringen på Gård 2 (3752 til 1389 mg Akt-C/kg kompost) enn på Gård 1 (2912 til 2 071 mg Akt-C/kg kompost, Tabell 3). Noe av dette kan ha med at Kompost 2 lå lenger enn komposten på Gård 1. I begge kompostene var det mye høyere innhold av POX-C etter kompostering (Tabell 3) enn i eksempler vi har fra jordbruksjord (200-800 mg POX-C/ kg jord) og torvjord under kytslynghei (400-900 mg POX-C/kg jord) (Pommeresche og Rittl 2024, Sørheim m. fl. 2024). Dette indikerer at kompostene inneholder en del energirikt, lettomssettlig materiale.

Kjemi

Massene hadde en utgangs-pH på 8,6 og 8,8 og det var litt nedgang i pH i begge kompostene underveis (Tabell 3). Kompostene ble også analysert for innholdet av nitrogen og total fosfor ved tre tidspunkter (Tabell 3). Konsentrasjonen av totalt nitrogen gikk opp fra 4,9 og 4,7 kg Tot-N/tonn kompost i starten, men utviklet seg litt ulikt i de to kompostene. Innholdet av Tot-N gikk mer opp i komposten på Gård 1 enn på Gård 2 fra start til sluttmåling. Likevel «forsvant» en stor mengde N under komposteringen. Mengden lettløselig ammonium-N var betraktelig høyere ved start enn ved de to senere målingene i begge kompostene. Innholdet av fosfor (Tot-P) ble litt oppkonsentrert i massene fra før til etter kompostering, mest på Gård 1. Dette skyldes i hovedsak at fosfor ikke forsvinner like lett til luft ved kompostering sammenlignet med nitrogen og karbon.

3.2.4 Solvita modenhetstest (KMI)

Solvita modenhetstest (KMI) bruker CO₂ og NH₃ -produksjonene i massen i løpet av 4 timer til å estimere en kompostmodenhetsindeks (KMI). Kompost fra begge gårdene viste høyere aktivitet og gassproduksjon i kompostmassene ved start enn på senere tidspunktene (Figur 5). Begge kompostene ble vurdert som «modne» og dermed klare til videre bruk etter rundt 113 og 125 døgn med kompostering (Figur 5).



Figur 5. Resultater for kompost modenhetstest (Solvita) av kompostmassene på gårdene, basert på produksjon av CO₂ og NH₃ ved ulike tidspunkter. KMI verdien angir hvor i kompostforløpet massene er i Solvita skjemaet til høyre i figuren.

Det å følge disse massene i to komposter og analyser før og etterpå, har gjort oss bedre kjent med både to ulike faste fraksjoner av husdyrgjødsel og hva som skjer med denne fraksjonen av husdyrgjødsel under kompostering i praksis. For de fleste av testene og analysene som er brukt, trenger vi flere målinger fra flere komposter av separert husdyrgjødsel som utgangsmateriale, for å bedre kunne diskutere mindre variasjoner i resultatene. Dette prosjektet gav imidlertid mange nyttige resultater og viste trender som var felles mellom de to kompostene, selv om det var kompostert på ulike måter og på ulik årstid.

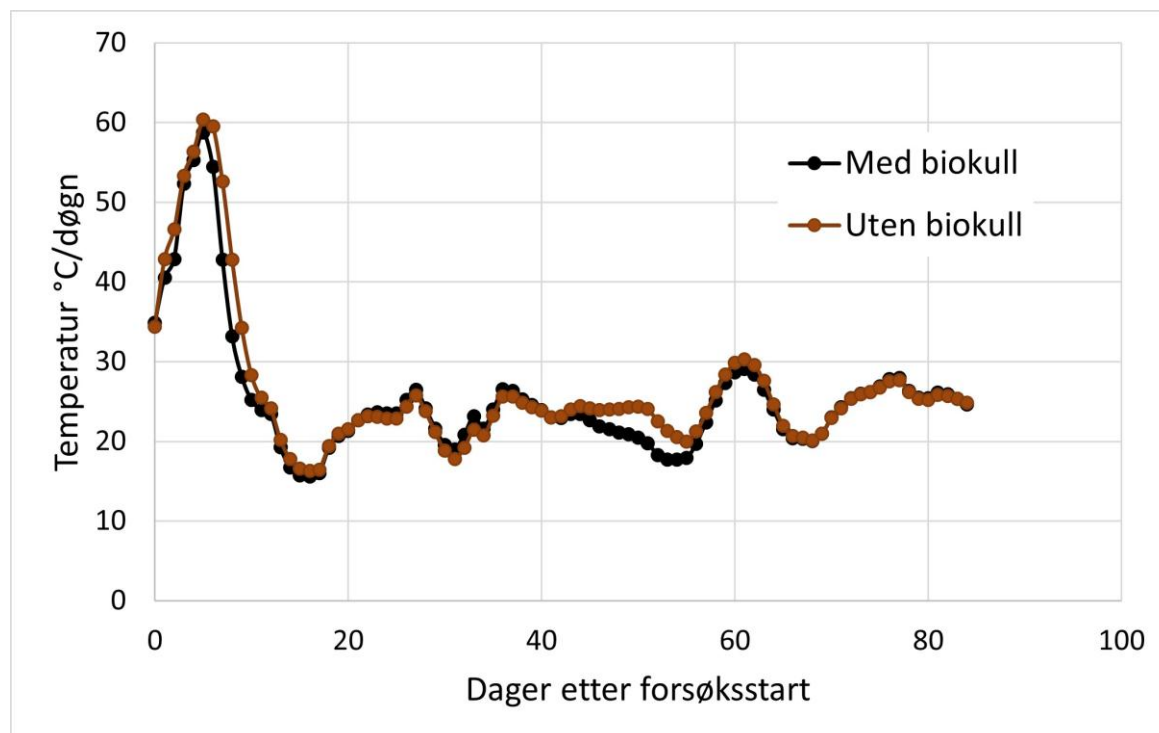
3.2.5 Sensorisk vurdering av kompostene ved avslutning

Ved avslutning av komposteringstesten 2. september 2024, ble kompostene vurdert sensorisk.

Begge kompostene hadde mørk farge, kompost fra Gård 1 var noe mørkere enn kompost fra Gård 2. Dette var også tydelig etter tørking. Det var også synlig mer strukturmateriale i kompost fra Gård 2. Det var en svak jord/skogaktig lukt av kompostene, litt mer markert i Kompost 2.

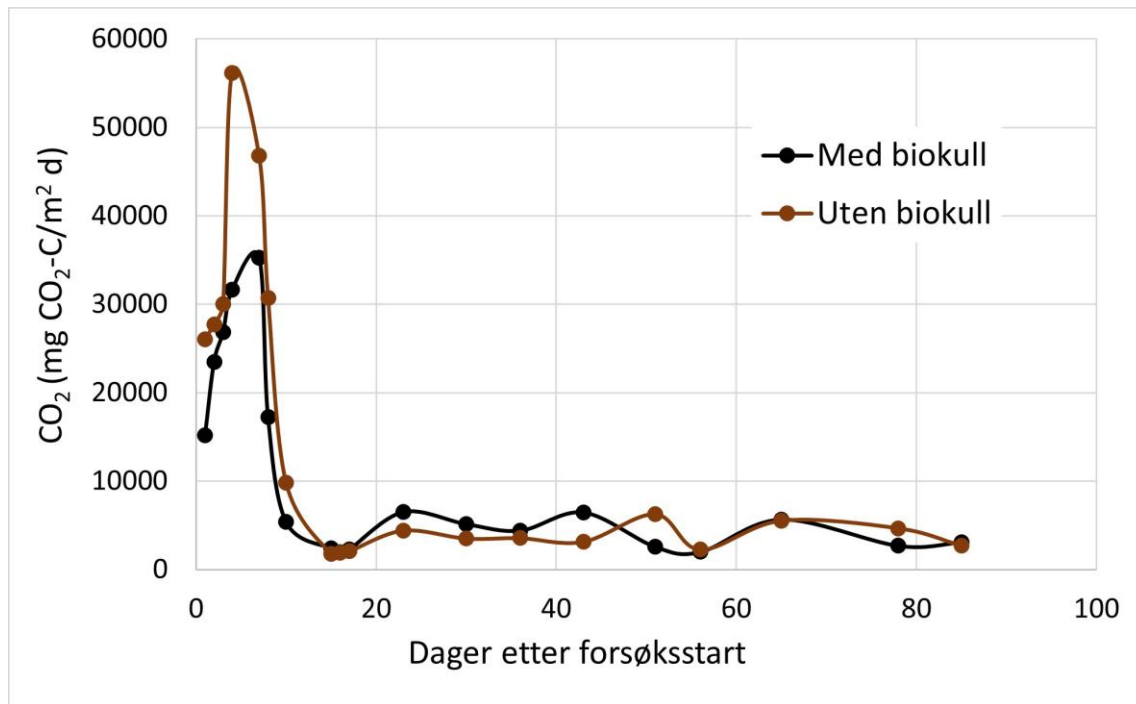
3.3 Kompostering i termoflasker på lab

Kompostering av nylig separert fast del av gjødsel fra storfe gjødsel fra Gård 2 ble gjennomført i termosflasker på laboratoriet i 85 dager. Flaskeforsøket viste en ganske lik temperaturkurve i ledd der det var brukt biokull og der det ikke var tilsatt biokull (Figur 6). Maks temperatur var ca. 60 °C etter 5-6 dager og fra dag 14 varierte temperaturen mellom 15°C og 30°C resten av inkubasjonsforsøket og var rundt 25°C ved forsøkets slutt etter 85 dager.



Figur 6. Utvikling av temperatur i flaskeforsøket med fast separert møkk. Verdiene er døgntemperatur og gjennomsnitt av tre gjentak med og tre gjentak uten tilsatt biokull. Forsøket varte i 85 dager.

Biologisk aktivitet målt som CO₂-produksjon var tydelig høyere den første uka av forsøket enn resten av perioden. Det var også to datoer med mye høyere produksjon av CO₂ og en høyere maksproduksjon av CO₂ i flaskene som ikke var tilsatt biokull sammenliknet med de det var biokull innblandet i den separerte møkka.



Figur 7. Utvikling av CO₂-produksjonen i flaskeforsøket med fast separert møkk, målt på dager der det er punkter i grafene. Verdiene er gjennomsnitt av tre gjentak med og tre uten tilsatt biokull. Forsøket varte i 85 dager.

Resultatene målt på separert møkk med og uten biokull, og før og etter flaskekomposering viste høyere mikrobiell aktivitet (respirasjon) i mikrobiometertesten (MBT) og mer mikrobielt karbon (POX-C) i prøver før kompostering enn etter (Tabell 4). Massene kunne også holde på mer vann før enn etter kompostering, 9 ganger sin egen tørrvekt før kompostering og rundt 4,5 ganger sin egen vekt etter 85 dagers flaskekompostering. Solvitatesten viste mer CO₂ produksjon fra massene i starten enn etter kompostering, og samsvarer med de andre målingene av CO₂ produksjon. Det var ikke noe målbar ammoniakk (Solvita NH₃) i prøvene hverken før eller etter flaskekomposteringen.

For de mikrobielle målingene gjort med mikrobiometertesten var det interessant at det i flaskene med biokull var mer mikrobielt karbon (1459 µg/g kompost) enn i flaskene uten, der det var 864 µg. Det var også høyere andel sopp i forhold til bakterier der det var tilsatt biokull. Mengden aktivt karbon (POX-C) var noe høyere før enn etter kompostering, men fremdeles var det relativt høy mengde lett nedbrytbart karbon også etter kompostering. Også her var det noe mer aktivt karbon der det var tilsatt biokull.

Tabell 4. Resultater av målinger gjort på separert møkk fast del før og etter kompostering i termosflasker. Verdiene er gjennomsnitt av tre gjentak.

	Sepmøkk fast del dag 0	Sepmøkk + biokull dag 85	Sepmøkk uten biokull dag 85
Kompostfuktighet (% av våtvekt)	71,0	73,1	69,9
Kompostfuktighet (% av TS)	245	273	233
Vannmetning (% av TS)	905	433	458
g vann som 1 g TS kan holde på	9,05	4,33	4,58
ppm CO ₂ /s pr glass (PASCO sensor)	5,35	0,93	1,43
Volum % CO ₂ pr glass m kompost (Solvita)	8,22	0,49	0,38
Volum % NH ₃ pr glass m kompost (Solvita)	0	0	0
mg aktivt karbon (POX-C)/ kg kompost	3752	3373	3001
µg mikrobielt-C/ g kompost (MBT)	1781	1459	864
Andel sopp (%) i MBT	79	75	63
Andel bakterie (%) i MBT	21	25	37

3.4 Materialets egnethet som så og plantejord

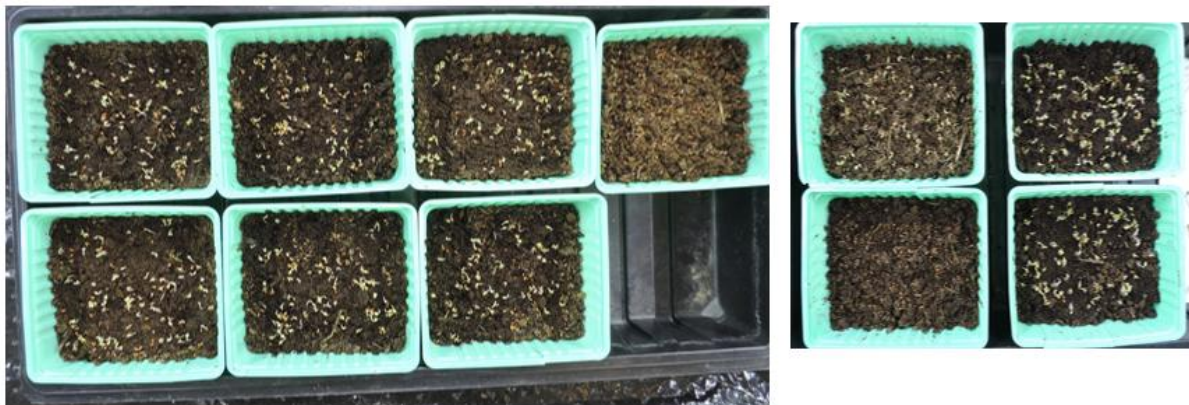
3.4.2 Spiretest med karse

Den første karsetesten ble utførte mellom 21. februar-1. mars 2024 med kompostprøver fra Gård 2 som var kompostert i termoflasker med og uten biokull (Kompost 2 lab med biokull/ Kompost 2 lab uten biokull) eller i kompostranke (Kompost 2 felt) (Bilde 8). To dager etter såing spirte karsen ganske jevnt i alle behandlingene unntatt Kompost 2 felt der det var tendens til spiretreghet (Bilde 9). Fem dager etter såing var det jevn spiring i to av tre kurver av Kompost 2 felt, ingen påfallende forskjeller mellom Kompost 2 lab med og uten biokull og jevnest og best planteutvikling i referansejorden Proline (Bilde 10). Ved avslutning av testen 12 dager etter såing, var det tydelig at plantene i Kompost 2 felt, utviklet seg dårlig noe som kan indikere at komposten ikke var moden. Plantene i Kompost 2 lab har utviklet seg bedre enn Kompost 2 felt. Det kan forklares med at det var mer kontrollerte og varmere forhold i lab enn i felt med raskere omdanning og derved mer moden kompost. Kontrollplantene var bedre utviklet enn plantene i Kompost 2 lab, noe som kan tyde på at kompostene i lab-testen heller ikke var tilstrekkelig modne.

Kompost 2 lab Med biokull	Kompost 2 lab Uten biokull	Kompost 2 lab Uten biokull	Kompost 2 Felt	Kompost 2 Felt	Referansejord <u>Proline</u>
Kompost 2 lab Uten biokull	Kompost 2 lab Med biokull	Kompost 2 lab Med biokull		Kompost 2 Felt	Referansejord <u>Proline</u>



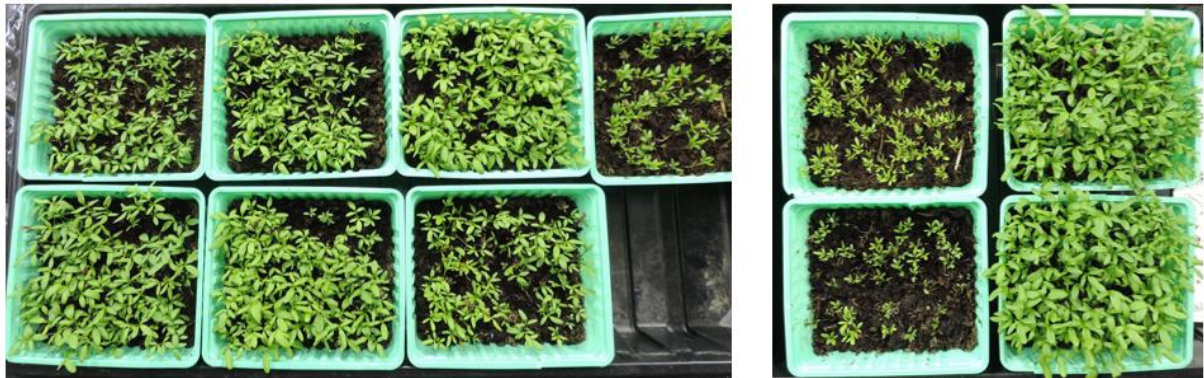
Bilde 5. Oppsett av karsetest 1 med komposter fra termoflaskekompostering (Kompost 2 lab Med biokull/ Kompost 2 lab Uten biokull, rankekompost fra gård 2 (Kompost 2 felt) og referansejord Proline. Oppstart 21. februar 2024. Foto: K. McKinnon



Bilde 6. Spiring av karse 23. februar, to dager etter såing. Foto: K. McKinnon

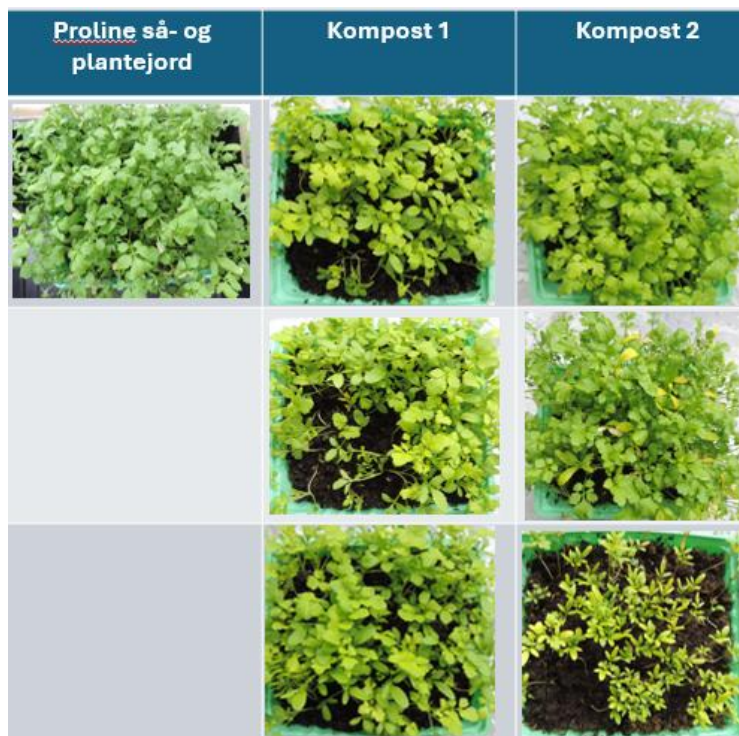


Bilde 7. Planteutvikling av karse, registrert 26. februar, fem dager etter spiring. Foto: K. McKinnon



Bilde 8. Utvikling av karseplanter, registrert ved avslutning av testen 5. mars, 12 dager etter såing. Foto: K. McKinnon

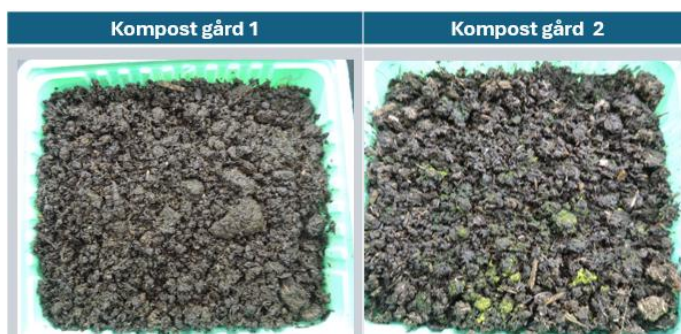
Den andre karsetesten ble utført i perioden 30. august - 16. september 2023 med kompostprøver fra Gård 1 (Kompost 1) og Gård 2 (Kompost 2), (Bilde 12). Sammenlignet med referanseproduktet er plantene i Kompost 1 og 2 lysere grønne, men viste likevel ingen tegn til spirehemming og hadde god planteutvikling (bortsett fra en av prøvene fra Kompost 2). Der var det tydelige tegn på mistrivsel. Hva grunnen til dette var, er ikke kjent. En forklaring kan være at kompostprøven ble tatt ut fra en del av ranken som ikke var tilstrekkelig snudd (enden av ranken). Komposten fra Gård 2 (Kompost 2) var tydelig mer moden og bedre egnet som såjord enn tilfellet var da spiretest ble utført med materiale fra samme komposten tatt ut i februar (Bilde 10).



Bilde 9. Karsetest 2 ved avslutning 16. September, 17 dager etter såing. Foto: K. McKinnon

3.4.3 Spiretest ugrasfrø

Det ble ikke påvist ugrasspirer i prøvene med kompost fra kompostrankene 1 og 2 i testperioden fra 3. oktober - 4. november 2024 (Bilde 13). Noen ugrassfrø trenger kaldstratifisering for å spire. I dette prosjektet har vi ikke utsatt frøene for slik behandling. Derfor kan vi ikke med sikkerhet utelukke at det finnes spiredyktige ugrassfrø i de to kompostene. Om høymolefrø mister spireevnen ved kompostering av den faste fraksjonen, avhenger av komposttemperaturen, frøets modningsstadium ved høsting og hvor lenge det har ligget i komposten. Zaller (2007) fant at ved 63°C «døde» nesten alle frø (2 % overlevelse) etter 2 måneder, mens ved 35°C i vermikompost «døde» alle etter 5 måneder.

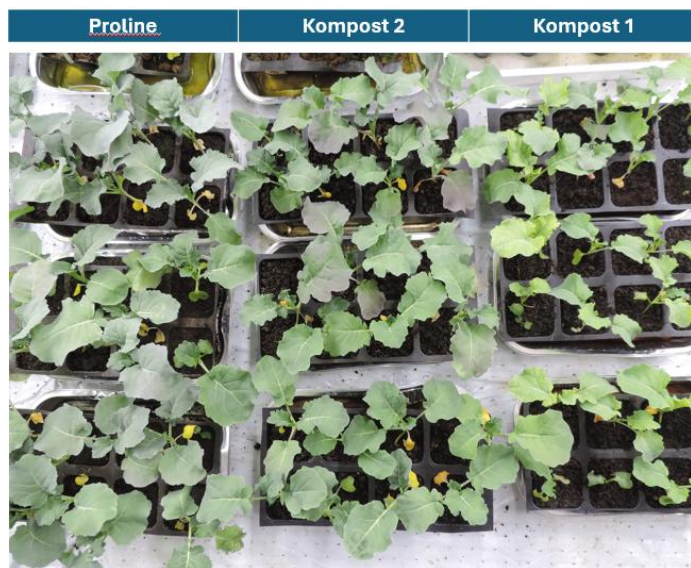


Bilde 10. Det ble ikke påvist ugrassfrø i kompostene fra gård 1 og 2 ved avslutning av testen. Foto: K. McKinnon

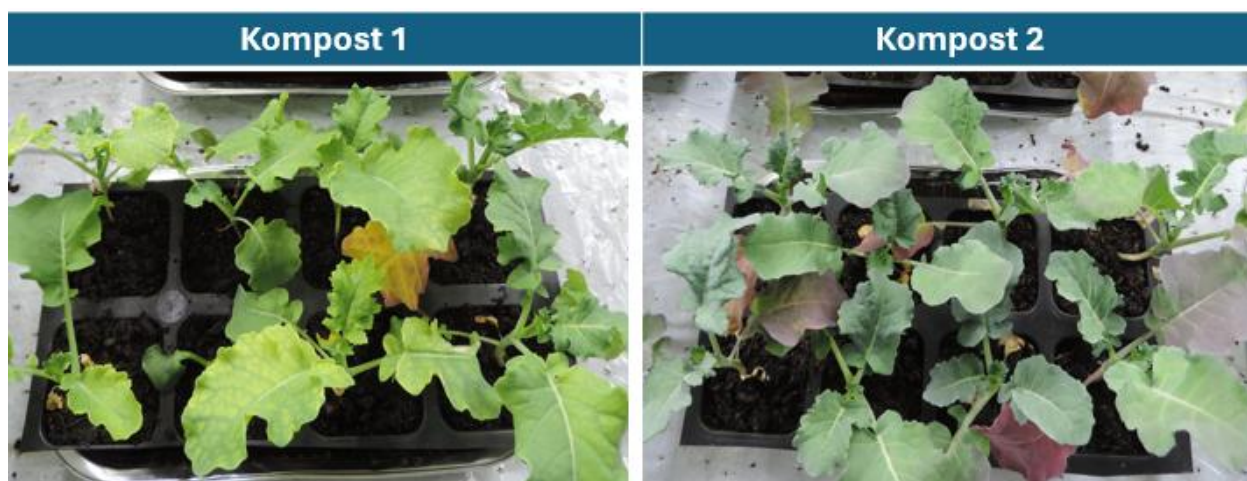
3.4.4 Vekstforsøk, oppal av brokkoliplanter

Oppspiring: Ved registrering av spirer 18. oktober, 15 dager etter såing, ble det registrert i underkant av 50 % oppspiring i Kompost 1, 44 % i Kompost 2, og om lag 54 % i Proline.

Planteutvikling: Ved avslutning av testen 4. november etter 32 dagers oppal var det synlige forskjeller mellom småplantene alet opp i referanseproduktet Proline og de to kompostene fra Gård 1 (Kompost 1) og Gård 2 (Kompost 2), (Bilde 14). Plantene i Proline hadde bedre farge og utvikling enn plantene alet opp i Kompost 2 og Kompost 1. Plantene i Kompost 2 vurderte vi likevel å være av tilfredsstillende kvalitet, mens plantene i Kompost 1 viste tegn på mistrivsel (Bilde 15). Lignende tendens ble påvist i spiretest 2 der karseplantene var bedre utviklet i Kompost 2 (i to av prøvene) enn i Kompost 1 (Bilde 12) selv om forskjellene ikke var like markerte som i vekstforsøket. Tegn på mistrivsel kan skyldes at komposten ikke var helt moden. I testen Solvita modetheitsindeks (Figur 5) ble imidlertid begge kompostene som ble brukt i vekstforsøket klassifisert som *modne*. Et annet forhold som kan gi spirehemming eller dårlig planteutvikling, er høyt ledetall (lettilgjengelige næringsstoffer og/eller høyt innhold av natrium (Na) og klorid (Cl)). Ledetall ble ikke målt, men analyseresultatene av Kompost 1 og Kompost 2 ved avslutning av prosjektet ga indikasjoner på høyere ledetall i Kompost 1 enn i Kompost 2: C/N-forholdet var lavere i Kompost 1 enn i Kompost 2, henholdsvis 11 og 15 og Na- og Cl-innholdet var betydelig høyere i Kompost 1 enn i Kompost 2, henholdsvis 2,9 og 0,91 g/kg tv Na og 8000 og 2000 mg/kg tv for Cl. Høyt saltinnhold kan føre til ubalansert næringsopptak, for eksempel ved å forstyrre opptaket av kalium, magnesium og kalsium. Mangelsymptom kan gi gulfargete blader (Bilde 13).



Bilde 14. Oppalsplanter av brokkoli ved avslutning av testen etter 32 dager. Plantene i referanseproduktet Proline (brettene t.v.) planter i Kompost 2 (m) og Kompost 1 (t.h.). Foto: K. McKinnon



Bilde 11. Oppalsplanter av brokkoli i kompost fra gård 1 (Kompost 1) og fra gård 2 (Kompost 2), 32 dager etter såing. Foto: K. McKinnon

3.5 Potensiell påvirkning av salgsproduktet på gårdens bærekraft

Det å produsere et salgsprodukt (kompost/plantejord el.) laget av fast del av separert husdyrgjødsel påvirker gårdsdriften og allokeringen av gårdens ressurser. Det tar også tid, krever ressurser og kompetanse, samt påvirker hva som tilbakeføres og hva som føres ut av gården av næringsstoffer og organisk materiale. Dette belyser vi ved å se på ulike mulige påvirkninger et slik produkt kan ha på gårdens bærekraft, med søkelys på sosial og økologisk bærekraft. Økonomisk bærekraft er lite diskutert i denne rapport. Det er heller ikke gjort energibruk-beregninger for separering av gjødsel, et moment som bør inkluderes i eventuelle, fremtidige bærekraftsberegninger.

3.5.2 Sosial bærekraft

For gårdbrukere handler sosial bærekraft blant annet om å ha en god livskvalitet, selv med en lang arbeidsdag, men også tid til andre ting i hverdagen. Innføring av gjødselseparator og kompostering innebærer to ekstra faktorer å holde styr på og ha tid til å gjennomføre på riktig tidspunkt. For gårdbrukerens sosiale bærekraft er det viktig å vurdere om denne praksisen er hensiktsmessig.

I dette prosjekt har vi brukt økt arbeidsbelastning i antall timer, opplevd økt belastning og gårdbrukernes motivasjon til å utføre arbeidet som indikatorer på gårdbrukernes sosiale bærekraft.

Gårdbrukerne på Gård 1 forklarer at de opplever flere betydelige fordeler med bruk av separatorene som skiller bløtgjødsel i en fast og en flytende del. Den flytende delen mener de er et bedre gjødselprodukt for grovfôrproduksjon enn useparert bløtgjødsel. De beskriver at det er enklere å transportere og går lettere gjennom alt av gjødselutstyr. De mener også at bruk av separatorene har bidratt til betydelig mindre spredning av ugrasfrø (særlig med tanke på høymole) i den flytende delen. De forklarer at mye ugrasfrø blir med i den faste fraksjonen. Dette er ikke noe vi hatt mulighet til å undersøke videre, men det er logisk at store frø vil følge med de faste fibrene som blir separert ut. Om så er tilfellet, er det viktig at den faste fraksjonen håndteres på en måte som sanerer ugrasfrø, f.eks. ved kompostering (se 4.6.2). Gårdbrukerne mener det er kjempepositivt om dette tiltaket kan redusere behovet for sprøytemidler, og dette bidrar til økt motivasjon for dem å drive med separering og kompostering. I forhold til arbeidet og tidsbruk med kompostering, beskriver gårdbrukerne at selv om det har tatt "litt ekstra tid" har det vært spennende og motiverende å se at den faste fraksjonen har potensiale som et verdifullt produkt etter kompostering. På denne gården finnes plass og mulighet til å lage kompostranker med systematisk vending, og de ser for seg å fortsette med å kompostere all den separerte faste massen fremover. De forteller at de er villige til å ta den ekstra arbeidsbelastningen, særlig med tanke på om det finnes mulighet å lage et salgsprodukt, men også for selv å bruke den faste fraksjonen på gården gjennom nedmolding ved nyetablering av eng eller åkervekster.

I prosjektet har gårdbrukerne på Gård 1 brukt omtrent 35 timer på opplegg og vending av kompost, i løpet av 1 måned. Dette inkluderte kjøring med traktor og kompostvender, til og fra kompostplassen som var lokalisert 5 km fra gården.

Gårdbrukeren på **Gård 2** beskriver også flere positive ting ved å ha tatt i bruk separatorene. Han nevner at det er en stor fordel med redusert behov for tilsetning av vann ved gjødsling når han kan bruke den flytende delen av separert bløtgjødsel sammenlignet med bruk av useparert gjødsel. Det gir mindre væskevolum å kjøre ut, og han mener at avlingene har blitt bedre. I tillegg tror han det er gunstig å bruke tørrfraksjonen i forbindelse med fornying av enga, særlig siden gården har mye sandjord. Det har også vært veldig positivt å kunne bruke den faste fraksjonen som liggemateriale for storfe. Materialet har vist seg å fungere godt til dette, og det er økonomisk gunstig å slippe å kjøpe inn flis eller halm til liggemateriale. Ulemper med separatorene er at det av og til oppstår problemer med maskinen når det er minusgrader. En annen ulempe er at selve separatorene står i veien for andre aktiviteter, ettersom plassering av den ikke ble tatt med i byggeplanleggingen av fjøset. Men gårdbrukeren har tro på at dette kan løses med litt ombygging. På denne gården har den ekstra arbeidsbelastningen med kompostering blitt opplevd som mer krevende enn på Gård 1, sannsynligvis

fordi det her ble brukt frontlaster i stedet for kompostvender, og fordi komposteringen ble prøvd ut gjennom vinteren. Det var utfordringer med stell av komposten utover høsten pga. kulde ettersom materialet frøs fast på pallegaffelen ved vending. Det var også krevende å ta av duken og vende når det var mye snø, og kompostduken frøs fast i bakken.

Men gårdbrukeren er fortsatt positiv og mener at så lenge vending av komposten ikke skjer i de kaldeste periodene av året, vil den ekstra arbeidsbelastningen være overkommelig. Han tror også at arbeidsbelastningen vil minke hvis man har gode forhold for komposteringen (flatt underlag, kompostvender og tak over komposten dersom den skal stelles året rundt). I prosjektet har gårdbrukeren på Gård 2 brukt omtrent 16 timer på kompostering, i løpet 1 måned.

Sammenfattet viser erfaringene fra gårdbrukerne på de to gårdene i prosjektet at både bruk av separator og kompostering av den faste fraksjonen kan være tiltak som ikke fører til noen negativ påvirkning for bøndene når det gjelder arbeidsbelastning og motivasjon. Derimot kan det bli mer krevende og belastende dersom forutsetningene for komposteringen er ugunstige (f.eks. plass, utstyr, vær og temperaturer).

3.5.3 Økologisk bærekraft

For å vurdere hvordan utviklingen av et salgsprodukt fra den faste separerte gjødselen kan påvirke økologisk bærekraft, har vi valgt å diskutere følgende indikatorer: Bortføring av næringsstoffer i forhold til næringsbalanser på gårdsnivå (3.5.3.1), bortføring av organisk materiale fra gården (3.5.3.2) og mulige uønskede stoffer (pyralider og tungmetaller) (3.5.3.3).

3.5.3.1 Bortføring av næringsstoffer i forhold til næringsbalanser på gårdsnivå

Utvikling av et salgsprodukt vil medføre at næringsstoffer og organisk materiale forlater gården. Dette må vurderes i forhold til hvor mye næringsstoffer og organisk materiale som importeres til gården, som gjødselvarer og strø, samt hva som allerede transporteres bort gjennom salgsprodukter, som melk og kjøtt. I den påfølgende diskusjonen har vi sett på bortføring av næringsstoffer i forhold til gårdens næringsbalanse, med søkelys på nitrogen (N), fosfor (P) og kalium (K), og brukt Tingvoll Gård som referanse for økologisk drift.

Gård 2: Her utgjorde den faste fraksjonen av separert gjødsel totalt 40 tonn i 2023 (aktuell som salgsprodukt). Dette betyr at det ble separert ut følgende næringsstoffer basert på data for fast fraksjon (Tabell 2):

N: $4,7 \text{ kg/tonn} * 40 = 188 \text{ kg N}$

P: $1,2 \text{ kg/tonn} * 40 = 48 \text{ kg P}$

K: $4,8 \text{ kg/tonn} * 40 = 192 \text{ kg K}$

Gård 1: Det finnes ikke oversikt over hvor mye som har blitt separert ut årlig. Om vi antar at Gård 1 også separerer ut 40 tonn i året (til salgsprodukt) og bruker analysetall for fast fraksjon (Tabell 2), betyr det at følgende mengder næringsstoffer blir skilt ut:

N: $4,9 \text{ kg/tonn} * 40 = 196 \text{ kg N}$

P: 0,82 kg/tonn *40 = **32,8 kg P**

K: 3.1 kg/tonn *40 = **124 kg K**

Næringsstoffbalanseberegning med eksempel fra Gård 2

For 2024 har vi mottatt regnskapsdata fra Gård 2 for å utføre en enkel beregning av næringsbalansen. De mest betydende innsatsfaktorene var kunstgjødsel og kraftfor. Den mest betydende produktet for salg var kjøtt.

Tabell 5 viser næringsbalansen for tre ulike scenarier:

Scenario 1. Næringsbalanse per dekar ved salg av 0 tonn separert fastgjødsel.

Scenario 2. Næringsbalanse per dekar ved salg av 40 tonn separert fastgjødsel (basert på gårdbrukerens opplysning om at denne mengden ble separert i 2023).

Scenario 3. Næringsbalanse per dekar ved salg av 70 tonn separert fastgjødsel (basert på gårdbrukerens opplysning om at denne mengden ble solgt fra gården i 2024).

Tabell 5. Næringsstoffbalanse for Gård 2 (730 daa) i 2024, basert på årsregnskap. De mest betydende innsatsfaktorene var kunstgjødsel og kraftfor. Den mest betydende produktet for salg var kjøtt. Verdiene viser næringsbalansen i kg per dekar (kg/daa) under tre ulike scenarier for salg av separert storfe gjødsel, fast fraksjon.

Gård 2 (730 daa), tall basert på årsregnskap 2024	Næringsstoffbalanse, kg/daa		
	N	P	K
1. Ved salg av 0 tonn separert fastgjødsel	10,39	1,14	5,49
2. Ved salg av 40 tonn separert fastgjødsel	10,13	1,08	5,23
3. Ved salg av 70 tonn separert fastgjødsel	9,94	1,03	5,03

Tabell 5 viser at utgangspunktet for gården var et næringsstoffoverskudd på 10,39 kg N/daa, 1,14 kg P/daa og 5,49 kg K/daa. Sammenlignet med utgangspunktet, viser scenario 3 et redusert overskudd på - 0,45 kg N/daa, - 0,11 kg P/daa og - 0,46 kg K/daa dersom 70 tonn separert fastgjødsel selges i stedet for å beholde alt på gården. Forskjellen blir relativt liten, siden mengden næringsstoffer som føres vekk med den separerte fastgjødselen er liten sammenlignet med mengden næringsstoffer som føres vekk fra gården via salg av kjøtt. Beregningen viser også at selv ved bortføring av 70 tonn fast fraksjon av separert gjødsel, er det fremdeles en positiv næringsstoffbalanse for næringsstoffene N P og K.

Eksempel-beregning for et økologisk referansebruk

De to gårdene i dette prosjektet er ikke sertifisert økologiske, og har derfor muligheten til å kjøpe kunstgjødsel for å unngå underskudd i gårdens næringsbalanse. På en økologisk gård ville situasjonen vært annerledes; her kan underskudd av næringsstoffer ikke kompenseres med kunstgjødsel, men

kun ved bruk av husdyrgjødsel, innkjøpt kraftfor/grovfor eller andre godkjente driftsmidler for økologisk landbruk.

Tingvoll Gård er en økologisk melkegård på Tingvoll, tilknyttet NORSØK. På Tingvoll Gård beregnes næringsbalanser hvert år, basert på regnskapet. En økning i antall dyr, økt melkekvote, og mer innkjøpt kraftfor og noe grovfor har bidratt til at næringsbalansen på gårdsnivå varierer en del mellom årene, men som regel er det overskudd på både N, P og K. I gjennomsnitt for årene 2015 til 2020 har næringsbalansen vist overskudd på 405 kg N, 87 kg P og 554 kg K årlig, på gårdsnivå, tilsvarende 1 kg N, 0,23 kg P og 1,5 kg K per daa.

Om Tingvoll Gård hadde separert ut og solgt 40 t tørrgjødsel fra gården, og vi antok at denne gjødselfraksjonen hadde samme næringsstoffinnhold som på gård 1 (som også har melkeproduksjon) ville regnskapet blitt:

$$405-196 = \mathbf{209 \text{ kg N}}$$

$$87-32,8 = \mathbf{54,2 \text{ kg P}}$$

$$554-124 = \mathbf{430 \text{ kg K}}$$

Det betyr i teorien at Tingvoll Gård, i tillegg til de 40 tonnene, kunne separert ut $209/4,9 = 42,65$ tonn ytterligere, uten å havne på minustall i næringsbalanseregnskapet.

Det er viktig å bemerke at i et enkelt næringsstoffregnskap som dette, er det ikke tatt hensyn til alle biologiske og kjemiske prosesser som skjer på en gård. Det kan for eksempel være biologisk nitrogenfiksering, utvasking av næringsstoffer eller næringsstoffenes plantetilgjengelighet. I tillegg må det tas hensyn til at noen næringsstoffer som kjøpes inn, i f.eks halm til strø, må gjennom nedbrytningsprosesser før de blir tilgjengelige for plantene. Det er et visst tap av særlig nitrogen og karbon fra organisk materiale og til nitrogen tas opp av plantene (lav nitrogeneffektivitet). Dette skiller seg fra næringsstoffene som allerede finnes i gjødselkummen, som har en kortere vei til jorda og plantene, men opptaket er fremdeles ikke en til en med tilført nitrogen. Det kan derfor diskuteres om det er «økologisk bærekraftig» å fjerne næringsstoffer fra den økologiske gården i eksempelet, selv om regnestykket viser at det teoretisk er mulig å fjerne et produkt i form av gjødsel uten at det blir negativ næringsbalanse på gården.

I henhold til økologiske prinsipper bør et godt næringskretsløp på gårdsnivå etterstrebes, og besetningens størrelse bør være tilpasset det tilgjengelige gressarealet. For en gård som søker å følge disse prinsippene, ville det derfor vært mer hensiktsmessig å justere både besetning og innkjøp av innsatsvarer, for å balansere behovet for næringsstoffer. I stedet for å streve etter å føre bort næringsstoffer fra gården, ville de være mer forenlig med de økologiske prinsippene, å utnytte den faste separerte gjødselen internt, for eksempel gjennom nedmolding ved fornying av eng.

Bærekraftsgevinsten varierer fra gård til gård

Også på de ikke-økologiske gårdene er det avgjørende å vurdere konsekvensene ved å føre bort den faste separerte gjødselen og hvordan dette kan påvirke gårdens avhengighet av å importere næringsstoffer og organisk materiale fra eksterne kilder. Sett fra et bærekraftsperspektiv på gårdsnivå, kan økt avhengighet av importerte næringsstoffer og organisk materiale betraktes som

negativt. Produksjonen av separert tørrgjødelse som et salgsprodukt bør, i henhold til miljø og klima, ikke føre til økt bruk av kunstgjødelse. Slik produksjon er blant annet forbundet med ubalanse i den globale nitrogensyklusen (Serikstad, 2023), og bruken kan også medføre redusert jordhelse (Pahalvi mfl, 2021). Resirkulering av næringsstoffer og organisk materiale fra storsamfunnet, som for eksempel biorest fra storskala biogassanlegg, representerer et alternativ som stadig blir mer vanlig. Dessverre har biorest fra storskala anlegg vist seg å inneholde uønskede stoffer (Serikstad mfl, 2024), som kan være ugunstige å importere til gården. Fra et mer helhetlig bærekraftsperspektiv, der vi løfter blikket opp fra gårdsnivå, blir imidlertid diskusjonen noe mer kompleks, da vi også må ta i beregning de positive effektene av å erstatte torvprodukter. Som nevnt i innledningen, medfører uttak av torv alvorlige konsekvenser for både natur og klima. Hvorvidt de mulige positive effektene på bærekraft på et nasjonalt og globalt nivå av å erstatte et torvprodukt veier opp for den reduserte bærekraften på gårdsnivå, utgjør et komplisert og komplekst regnestykke. I teorien kunne f.eks. gevinstene i form av reduserte klimagassutslipp fra redusert torvbrytning måles og vurderes opp mot økte utslipp av klimagasser som følge av produksjon og bruk av kunstgjødelse. Men mange faktorer vil være vanskelige å sammenligne direkte, og utfallet vil variere fra case til case (som for eksempel økt spredning av uønskede stoffer). Siden vi her diskuterer bærekraft på to forskjellige nivåer; gårdsnivå og nasjonalt/globalt nivå, er det naturlig nok ikke lett å sammenligne disse direkte. Relevante bærekraftindikatorer vil variere avhengig av konteksten, og hva som anses som viktig for å oppnå en mer bærekraftig praksis, vil være forskjellig fra en interessent til en annen. Derfor må bærekraftsgevinsten ved å lage et salgsprodukt av den separerte faste gjødselen alltid vurderes i lys av den enkelte gårds ressursgrunnlag og forutsetninger for å kompensere for næringsstoffer og organisk materiale som forlater gården på en tilstrekkelig god og sikker måte. Forutsetningene vil selvfølgelig variere fra gård til gård, også med tanke på hvilke (lokale) innsatsfaktorer som finnes tilgjengelige.

3.5.3.2 Bortføring av organisk materiale fra gården

Tilførsel av organisk materiale til landbruksjord er viktig for å opprettholde god jordkvalitet og jordhelse. Ved bruk av en gjødselseparator økes forholdet mellom næringsstoffer og organisk materiale, noe som innebærer at det tilføres mindre organisk materiale for samme mengde næringsstoffer.

I den separerte møkka som ble lagret i kompost fra Gård 1, viste analyseprøvene fra Eurofins at innholdet av organisk materiale var 84,5 % av tørrstoffet (Glødetap). Tørrstoffprosenten var 27,8 %. Dette betyr at i 40 tonn separert møkk (mengden separert møkk fra Gård 2 i 2023), vil det være 11 120 kg tørrstoff ($40\,000\text{ kg} \times 0,278$). Av disse 11 120 kg utgjør 84,5 % organisk materiale ($11\,120\text{ kg} \times 0,845$), som gir et resultat på 9 397 kg (9,4 tonn) organisk materiale. Dette er mengden organisk materiale som fjernes fra gården årlig dersom 40 tonn separert fastgjødelse benyttes til å lage et salgsprodukt, med andre ord 9,4 tonn som vanligvis ville blitt tilført jorda gjennom gjødsling.

Konsekvensene av dette avhenger av jordas sammensetning, moldinnhold og hvilket tidsperspektiv som vurderes. For Gård 1, som har 1000 daa fulldyrka jord, vil dette tilsvare et «tap» på 9,4 kg organisk materiale per daa årlig, som normalt ville blitt tilført gjennom gjødsling, dersom gjødselen ikke ble separert. På kort sikt er det lite sannsynlig at det vil ha noen uheldige konsekvenser av

betydning. Ser vi derimot på en periode på 50 år, vil dette utgjøre et «tap» på totalt 470 kg (9,4 kg × 50) organisk materiale per daa, av materiale som vanligvis ville blitt tilført jorda gjennom gjødsling. På Gård 1 er mesteparten av jordene moldholdig siltig finsand eller siltig mellomsand. Gård 2 har for det meste sandjord. Sandjord holder dårlig på næring og har ikke så gode egenskaper til å danne en gunstig jordstruktur. Høyt moldinnhold (organisk materiale i jord) i sandjorden vil forbedre disse svakhetene. Derfor blir det for begge disse gårdene viktig å vurdere hvor mye av den faste separerte møkken som kan forlate gården, uten at det går på bekostning av kvaliteten til sandjordene, på lang sikt. For en gårdbruker som ikke ønsker å føre vekk organisk materiale fra gården, mener vi det ville vært gunstig å bruke den faste fraksjonen av separert gjødsel i åkeren, ved fornying av eng.

3.5.3.3 Potensielle uønskede stoffer - pyralider og tungmetaller

Med tanke på å lage et salgsprodukt av den komposterte separerte faste delen av gjødselen, er det viktig å analysere for uønskete stoffer, f.eks. pestisidrester. Forsøk har vist at pestisidrester i oppalsjord eller gjødsel kan forårsake betydelig planteskade (McKinnon, m.fl., 2021). Kompostprøver fra begge gårdene ble analysert for de virksomme stoffene amonipyralid og klopyralid (herbicider). Det ble ikke påvist funn av disse to stoffene i prøvene. Hvorvidt det fantes rester av andre plantevernmidler i kompostmaterialet, ble ikke undersøkt i dette prosjektet. Det anbefales å undersøke et bredere spekter av uønskede stoffer ved eventuelle oppfølgingsprosjekt eller dersom det jobbes videre med å utvikle et salgsprodukt av separert storfe gjødsel.

Prøvene ble også analysert for tungmetaller (Tabell 6). Grenser for tungmetaller i vekstmedium reguleres av gjødselvarerforskriften (Gjødselvarerforskriften, 2025). I henhold til disse grenseverdiene ligger alle verdiene i vår undersøkelse, bortsett fra for sink på Gård 2, innenfor klasse 0 (den strengeste kvalitetsklassen). Grenseverdien for sink i klasse 0 er 150 mg/kg, men på Gård 2 ble det målt opptil 160 mg/kg. Dette betyr at komposten fra Gård 1 havner i klasse 1, mens komposten fra Gård 2 i klasse 0. De ulike kvalitetsklassene er etablert for å regulere mengden som kan brukes til ulike formål. Bruken reguleres av gjødselbrukforskriften (Gjødselbrukforskriften, § 24, 2025).

Tabell 6. Innhold av tungmetaller i kompost (mg/kg ts) i sluttprøver fra Gård 1 og Gård 2, sammenlignet med grenseverdier i Gjødselvarerforskriften for klasse 0 (Klasse 0).

Tungmetaller i kompost, sluttprøve (mg/kg ts)			
	GÅRD 1	GÅRD 2	Klasse 0
Kadmium	<0.11	0,13	0,4
Bly	<2.1	2,3	40
Bly i dyrkingsmedier			40
Kvikksølv	0,09	0,07	0,2
Nikkel	4	12	20
Sink	160	140	150
Kobber	25	29	50
Krom	12	21	50

I tillegg til kvalitetskrav m.h.t. tungmetallinnhold, er det krav om hygienisering dersom kompost skal omsettes i henhold til gjødselverforskriften. Det betyr at det ikke skal være funn av Salmonella, være lavere innhold av E. coli enn 1000 koliformende enheter per gram våtvekt og være mindre enn to spiredyktige frø eller andre plantedeler som kan gi opphav til nye planter per liter ferdig vare. Det var ikke innenfor rammene i dette prosjektet å utføre disse analysene.

3 Oppsummering og forslag til videre arbeid

Den faste gjødselfraksjonen fra begge gårdene i prosjektet egnert seg godt som materiale for kompostering. Massene var homogene, hadde ved start et gunstig C/N-forhold, inneholdt passelig fuktighet og kunne derfor legges i ranker uten å tilføre andre materialer eller vann.

Begge kompostene oppnådde raskt temperaturer på rundt 70 °C den første tiden etter opplegging, det samme ble registrert i lab-testen med kompostering i termoflasker (litt lavere temperaturer). Massene minket mye i volum (ca 80 %) under komposteringsprosessen. I starten var det også målt høyere biologisk aktivitet, mer mikrobielt karbon og høyere andel lett nedbrytbart organisk materiale (labilt karbon) i komposten enn ved slutt. Innhold av lett tilgjengelig nitrogen (NH₄-N) var også betraktelig høyere i starten enn underveis og ved avslutning. Videre hadde kompostene lav egenvekt og stor evne til å holde på vann, egenskaper som, likt med torv, er verdifulle for produkter beregnet som så- og plantejord. I vurdering av modenhet av kompostene med Solvita-, spire- og veksttester var det ikke ved alle tilfeller samsvar. Der kompostprøvene i Solvita-testen ble vurdert som «modne» var det tilfeller der det var dårlig spire- og plantevekst. Ved utvikling av så- og plantejord foreslår vi derfor å supplere med flere tester eller analyser for å sikre kvalitet i forhold til bruksområder på sluttproduktene.

Erfaringer og beregninger fra de to case-gårdene viser at det er potensial for å utvikle et salgsprodukt av separert fastgjødsel, uten å kompromittere gårdens økologiske og sosiale bærekraft – forutsatt at gården i utgangspunktet har en positiv næringsbalanse, og gårdbrukeren god arbeidskapasitet. Vi anbefaler likevel at situasjonen vurderes nøye for hver enkelt gård, med særlig fokus på å opprettholde organisk materiale i jorda for å sikre god jordfruktbarhet og jordhelse. Det er positivt at det separerte gjødslet i vår studie ikke inneholdt pestisidrester, og hadde i stort sett lave verdier for tungmetaller. Ved videre utvikling av et salgsprodukt er det imidlertid viktig å analysere for alle faktorer som regelverket stiller krav til.

Oppsummert har prosjektet bekreftet at kompostert, separert fastgjødsel kan ha potensial til å redusere bruken av torvbaserte produkter i hagebruk. Det er imidlertid fortsatt behov for videre utprøvinger knyttet til produktutvikling. Når det er blitt bedre kjent hva som kreves for å lage tilstrekkelig gode vekstmedier av dette materialet, anbefaler vi at fremtidig arbeid også inkluderer analyser av økonomiske og energimessige aspekter.

Litteratur

- Amlinger et al., 2009, *The state and the art of composting – a guide to good practice*, Austrian Ministry for Agriculture and Forestry.
- Båtnes, M. m.fl. 2022. Jord, avling og næringsbalanse gjennom 30 år med økologisk drift. Langtidsstudier på Tingvoll gard 1991-2021. NORSØK Rapport, no. 12, 2022
- Bergrønningen, 2025. Norskprodusert traktordrevet vender for rankekompostering. Hentet fra [prodinno](#) 18. februar 2025
- Eggen, T. m. fl. 2024. Klimanøytral kompostering av biorest for resirkulering av ressurser i konvensjonelt og økologisk landbruk. NIBIO Rapport, Vol 10 nr. 115.
- Eurofins, 2025, a. Analyse Husdyrgjødsel, analysepakker. Hentet frå: [Analyse av husdyrgjødsel - Eurofins Agro](#) 6. mars 2025
- Eurofins, 2025, b. 2025. Landbrukskompost, Analysepakker. Hentet frå: [Landbrukskompost - Eurofins Agro](#) 6. mars 2025
- Fitjar, O. A. R., og Hetland, A., 2023. *Separering av husdyrgjødsel på garden – karlegging 2022*. NLR-rapport januar 2023. [Separert storfe gjødsel gir gode... | Norsk Landbruksrådgiving](#)
- Gjødselbrukforskriften, § 24, 2025. Forskrift om lagring og bruk av gjødsel mv. (FOR-2025-01-29-115). Lovdata <https://lovdata.no/forskrift/2025-01-29-115>
- Gjødselvareforskriften. 2025. Forskrift om produksjon, omsetning og import av gjødselvarer av organisk opphav og visse uorganiske gjødselvarer. (FOR-2025-01-29-116). Lovdata <https://lovdata.no/forskrift/2025-01-29-116>
- Gomes, T. et al. (2022). *Ecotoxicological Impacts of Micro- and Nanoplastics in Terrestrial and Aquatic Environments*. In: Bank, M.S. (eds) *Microplastic in the Environment: Pattern and Process*. Environmental Contamination Remediation and Management. Springer, Cham.
- Haanes, Ø. R., 2023, *Her vokser tomaterne i plastfri biogjødsel av matavfall*. Forskning.no.
- Holm, A-M. og Pedersen, R. 2015. Fiberfraksjon fra gylle som strøelse i sengebåse til malkekøer. FarmTest Kvæg nr. 98 [Rentabilitet i Lov om hold af malkekvæg, FarmTest Kvæg nr. 92](#) Lastet ned: 27.02.2025
- Løes, A.-K., Fritsvold, B. & Schmidt, K. 1996. Omlegging til økologisk landbruk. Norsk senter for økologisk landbruk og Landbruksforlaget: s 311-315
- Mattilsynet, 2025, Om de viktigste reglene som gjelder komposteringsanlegg som omdanner animalske biprodukter. Hentet fra: [Slå sammen](#) 7. mars 2025
- McKinnon, K. og Båtnes, M., 2022, *Torvfritt eller ikke? Forbrukerundersøkelse om bruk og erfaringer med så- og plantejord*. NORSØK-rapport, Vol 7 nr. 9.
- McKinnon, K., Løes, A.-K., Almvik, M. 2021. *Gjødsel med rester av herbicid: Effekt av klopyralid på oppalsplanter*. Hentet fra: [NORSØK rapport 6 2021 Gjødsel med rester av pesticid .pdf](#) 6. mars 2025
- NIBIO. 2025. Analysetjenester. Analyse av aminopyralid og klopyralid. Hentet fra: [Analysetjenester - Nibio](#) 6. mars 2025.
- Pahalvi, H.N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B., Kamili, A.N. 2021. *Chemical Fertilizers and Their Impact on Soil Health*. Microbiota and Biofertilizers, Vol 2. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4_1
- Pommeresche, R. og Rittl, T. 2024. Karbon og biologisk aktivitet i jord med eng- og potetdyrking (K-BEP) NORSØK rapport 2.
- Rittl, T. m. fl. 2023. Effects of organic amendments and cover crops on soil characteristics and potato yields. ACTA AGRICULTURAE SCANDINAVICA, SECTION B — SOIL & PLANT SCIENCE, 73 (1), pp. 13-26.
- Serikstad, Grete Lene. 2023. *Nitrogensyklus i ubalanse*. Agropub.no. [Nitrogensyklus i ubalanse @ Agropub](#). Hentet: 15. februar 2025.
- Serikstad, Grete Lene., Hansdotter, Sara og McKinnon, Kirsty. 2024. *Ikke-økologisk gjødsel i økologisk landbruk*. NORSØK rapport nr 11, vol 9, 2024.
- Sørheim, K. m. fl. 2024. Kystlyngheia på Nerlandsøy. NORSØK rapport 16
- TenCate, 2025. Composting fabrics- pile& bin covers. Hentet fra: [Composting fabrics - pile & bin covers - TenCate Toptex](#) 1.3.2025
- Tveitnes, Steinar. 1993. *Husdyrgjødsel*. Norges landbrukshøgskole. Statens fagteneste for landbruket.
- UR Landmanagement. 2025. CO2-Meter for gas measurement in composting. Hentet fra: [Measuring Technology](#) 1.3.2025
- Zaller, J.G. 2007. Seed germination of the weed *Rumex obtusifolius* after on-farm conventional, biodynamic and vermicomposting of cattle manure. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00172.x> Hentet: 7. Mars 2025



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.

Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Besøks- /postadresse

Gunnars veg 6
6630 Tingvoll

Kontakt

Tlf. +47 930 09 884
E-post: post@norsok.no
www.norsok.no