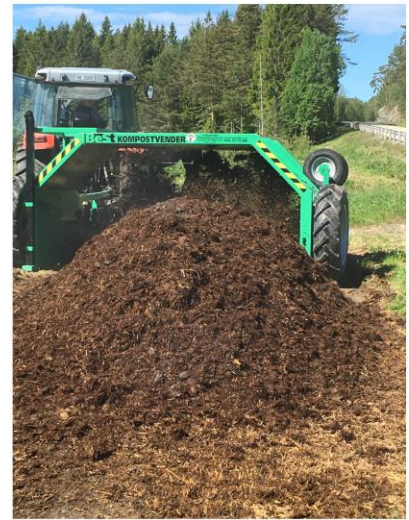


# Kompostkvalitet og gassutvikling ved ulik behandling av storfetalle

NORSØK RAPPORT | VOL. 6 | NR. 13 | 2021



**TITTEL**

Kompostkvalitet og gassutvikling ved ulik behandling av storfetalle

**FORFATTERE**

Sissel Hansen, Reidun Pommeresche og Kirsty McKinnon

<b>DATO:</b>	<b>RAPPORT NR.</b>		<b>PROSJEKT NR.:</b>
01.11.2021	Vol 6 / nr. 13 / 2021	Åpen	3150
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG:</b>
978-82-8202-133-3		72	3

**OPPDRA GSGIVER:**

Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri

**KONTAKTPERSONER NORSØK:**Sissel: [sissel.hansen@norsok.no](mailto:sissel.hansen@norsok.no)Reidun: [reidun.pommeresche@norsok.no](mailto:reidun.pommeresche@norsok.no)Kirsty: [kirsty.mckinnon@norsok.no](mailto:kirsty.mckinnon@norsok.no)**STIKKORD:**

CH<sub>4</sub> CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CMC, MC, fuktighet, husdyrgjødsel, karbondioksid, klimagasser, kompostering, kompostluft, metan, MC, Mikrobiell karbonisering, modenhetstester, karsetest, Solvita, storfegjødsel, talle, temperatur, veksthemming, visuell vurdering

CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CMC, MC, farmyard manure, deep straw, carbon dioxide, cattle manure, compost, cress test, growth inhibition, maturity tests, methane, Microbial Carbonisation, moisture, temperature, Solvita, visual evaluation

**FAGOMRÅDE:**

Jordbruk

Agriculture

Husdyrgjødsel er en viktig ressurs for landbruket og samtidig en mulig forurensnings- og klimagasskilde. Hovedspørsmålet i dette prosjektet var: Er behandling av storfetalle som følger prinsippene til Mikrobiell Karbonisering (MC) bedre egnet til å redusere utslipp av klimagasser, minske karbontap og bedre gjødseleffekt av organisk materiale enn det kompostering ved Controlled Microbial Composting (CMC) er?

MC er en behandlingsmetode hvor kompostmaterialet ligger i ro og legges opp med en indre porøs kjerne og et ytre fastere lag. I MC er det ønskelig med en såkalt mikrobiell karbonisering, hvor

anaerobe forhold gir en annen type omdanning enn ved aerob omsetning. Det organiske materialet omdannes dermed ikke så fullstendig og det er antatt at mer av næring og energi (karbonholdige stoffer) blir igjen i kompostmaterialet. CMC er en komposteringsmetode hvor komposten vendes og blandes etter temperatur og CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i luften inne i ranken. I CMC er det ønskelig med en aerob omsetning av det organiske materialet og et sluttprodukt med stabile humusforbindelser.

I denne rapporten gjengir vi resultat fra en innledende utprøving av disse behandlingene av storfetalle med halm som strø. Det er en ranke uten vending som etterligner MC og en ranke med styrt og hyppig vending med en kompostvender som etterligner CMC. For å kunne sammenligne det prinsipielle i behandlingsmetodene MC og CMC var det viktig å ha samme substrat og samme tilsetninger ved de to metodene. Det var dermed ikke mulig å tilsette flis eller lage et «lokk» av bløtgjødsel som ofte anbefales på MC-ranken. Fordi vi ikke har fulgt de ideelle fordringene til de to behandlingsmetodene helt ut, var våre behandlingsmetoder en modifisert variant av både MC og CMC. For å gjøre det enklere å lese blir de kalt MC og CMC i denne rapporten.

Vi sammenlignet MC- og CMC-behandling av talle fra kviger som gikk på halmstrø på Tingvoll Gard i 2020. Kompostrankene ble satt opp 27. april og komposteringsperioden ble avsluttet 2. november 2020. Vi registrerte temperatur, fuktighet, gasskonsentrasjoner i og over rankene og gjorde visuelle vurderinger i komposteringsperioden. Ved avslutning av utprøvingene beregnet vi massetap, undersøkte modenhet ved karsetest og Solvita-test og utførte dyrkingsforsøk med salat og brokkoli. Vi gjorde noen få registreringer av klimagassutslipp ved starten av komposteringeperioden og under dyrkingsforsøket.

I CMC-ranken var det en aerob omdanning av det organiske materialet, mens det i MC-ranken var en anaerob omdanning. Det kan ha vært mikrobiell karbonisering i MC-ranken, men utover i perioden ble det sannsynligvis for fuktig, slik at ranken ble vannmettet og ikke hadde nok av ulike gasser til å drive den tiltenkte mikrobielle aktiviteten. Det er for få målinger til å kunne si noe om det totale utslippet av klimagasser fra rankene, men det var en tydelig metanproduksjon og utslipp fra MC-ranken, men ikke fra CMC. I begge rankene var det varmere enn 70 °C i starten av behandlingsperioden. Det er usikkert hvordan dette har påvirket biologisk aktivitet i rankene etter varmeperioden og omdanningen av det organiske materialet. I MC-ranken ble det mot slutten av perioden betydelig våtere (85 % vann) enn det som ofte anbefales (50-70 % vann), mens CMC-ranken hadde et gunstigere vanninnhold for biologisk aktivitet. For å få et lavere vanninnhold kunne MC-ranken vært dekket når det regnet mye og mot slutten av behandlingsperioden.

I begge rankene var det betydelig tap av nitrogen (rundt 36 %), men sannsynligvis av ulike årsaker med stort ammoniakktap fra CMC-ranken og utvaskingstap fra MC-ranken. Det var et større tap av karbon i CMC-ranken (60 %) enn i MC-ranken (42 %). Beregningene av både nitrogen og karbontap er usikre i dette forprosjektet.

Kompostmaterialet i CMC-ranken fikk en tilnærmet struktur som forventet etter vending med kompostvender og bruk av kompostduk. Materialet i MC-ranken har vi mindre erfaringer med, men så fuktig og grøtaktig som det ble, er det vanskelig å handtere videre med maskiner eller bruke som del av et dyrkingsmedium. Dårlig spiring i spiretester eller hemmet vekst av karse og dårlig vekst i



dyrkingsforsøk tyder på at det er veksthemming i materialet fra begge rankene. Det trengs flere undersøkelser for å finne ut hva dette skyldes. Ville dyrkingsegenskapene ha blitt bedre om rankene hadde ligget et år til og ettermodnet?

God håndtering av organisk materiale er viktig for utnytting av tilgjengelig ressurser. Vi anbefaler videre undersøkelser for å oppnå en bedre kompostkvalitet, mindre tap av nitrogen og lave utslipp av klimagasser i forbindelse med kompostering på gårdsnivå.

#### SUMMARY:

Livestock manure is both an important resource for agriculture and at the same time a possible source of pollution and greenhouse gases. The main question in this project was: Is the treatment following the principles of Microbial Carbonization (MC) better suited to reducing greenhouse gas emissions, reducing carbon losses and improve fertilizer effect of organic material than composting by Controlled Microbial Composting (CMC)?

MC is a treatment method where the compost material is treated in static pile with no turning or aeration and is laid up with an inner porous core and an outer firmer layer. In MC, it is desirable with a so-called microbial carbonation, where anaerobic conditions give a different type of transformation than in aerobic metabolism. The organic material is not completely converted, and it is assumed that more of the nutrients and energy (carbonaceous substances) remain in the compost material. CMC is a composting method where the compost is turned and mixed according to temperature and CO<sub>2</sub> concentration in the air inside the windrow. In CMC it is desirable with an aerobic reaction of the organic material and a product with stable humus compounds.

In this report, we present the results from an initial test of these treatments of manure from heifers on deep straw. There is one static pile that mimics the MC and a windrow with controlled and frequent turning with a compost turner that mimics the CMC.

To be able to compare the principles in the treatment method MC and CMC, it was important to have the same substrate and the same additives in the two methods. It was thus not possible to add wood chips or make a "lid" of cattle slurry on the MC pile, which is often recommended. Because we have not fully followed the ideal requirements of the two treatment methods, our treatment methods were a modified variant of both MC and CMC. To make it easier to read, they are called MC and CMC in this report.

We compared MC and CMC treatment of deep straw from heifers at Tingvoll Gard in 2020. The windrows were set up on 27<sup>th</sup> April and the trial period ended on 2<sup>nd</sup> November 2020. We registered temperature, humidity, gas concentrations in and above the windrows and made visual assessments during the composting period. At the end of the trials, we calculated mass loss, examined maturity by germination test and Solvita test and performed cultivation experiments with lettuce and broccoli. We made a few registrations of greenhouse gas emissions at the beginning of the composting period and during the cultivation experiment.

In the CMC windrow there was a clear aerobic transformation of the organic material, while in the MC windrow there was an anaerobic transformation. There may have been microbial carbonation

in the MC windrow, but over the period it probably became too wet, so that the windrow became waterlogged, and the microbes did not have access to the desired gases to drive the intended microbial activity. There are too few measurements to be able to say anything about the total emissions of greenhouse gases from the windrows, but there was a clear methane production and emissions from the MC windrow, but not from CMC. In both windrows, it was warmer than 70 °C at the beginning of the treatment period. It is uncertain how this has affected biological activity in the windrows after the heating period and the transformation of the organic material. Towards the end of the period, the MC windrow became significantly wetter (85% water) than is often recommended (50-70% water), while the CMC rank had a more favourable water content for biological activity. To get a lower water content, the MC windrow could have been covered during heavy rain and towards the end of the treatment period.

In both windrows there was a significant loss of nitrogen (around 36%), but likely for different reasons with a large ammonia loss from the CMC windrow and leaching loss from the MC windrow. There was a greater loss of carbon in the CMC rank (60%) than in the MC rank (42%). The calculations of both nitrogen and carbon loss are uncertain in this preliminary project.

The compost material in the CMC windrow got a structure as expected after turning with a compost turner and using a compost cloth. We have less experience with the material in the MC windrow, but as moist and mushy as it became, it is difficult to handle further with machines or use as part of a culture medium. Poor germination in germination tests and poor growth cress tests or in cultivation experiments indicate that there is growth inhibition in the material from both windrows. More research is needed to find out what is the cause for this. Would it have improved the cultivation properties if the windrow had got another year to mature?

Good handling of organic material is important for the utilization of available resources. We recommend further investigations to achieve a better compost quality, less loss of nitrogen and low emissions of greenhouse gases in connection with composting at farm level.

LAND:	NORGE
FYLKE:	MØRE OG ROMSDAL
KOMMUNE:	TINGVOLL

GODKJENT

Turid Strøm

NAVN

PROSEKTLERER

Sissel Hansen

NAVN

# Forord

Denne rapporten formidler erfaringer og resultater fra forprosjektet «Behandling av fast organisk materiale for god gjødselkvalitet og reduserte utslipp av klimagasser (CMC versus MC), 2020-2021» finansiert av Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri (FFL/JA) (prosjektnr. 2019/40485, Agros 120348). Formålet med prosjektet var å framskaffe mer kunnskap om utslipp av klimagasser og gjødselkvalitet ved rankekompostering versus mikrobiell karbonisering av organisk materiale. Vi hadde følgende delmål: 1. Undersøke behandlet storfetalle sin egnethet som dyrkingsmedium og gjødsel, 2. Utføre målinger av klimagassutslipp gjennom behandlingsprosessen av storfetalle, 3. Undersøke massetap og tap av organisk bundet karbon fra storfetalle ved de to behandlingsmåtene, 4. Kompetanseheving for senere forskningsprosjekt og 5. Dialog med relevante brukergrupper om håndtering av organisk materiale.

Prosjektet har vært gjennomført av NORSØK på Tingvoll Gard. Sissel Hansen, Reidun Pommeresche og Kirsty McKinnon har hatt hovedansvaret i prosjektet. Petter Dörsch (NMBU) har vært viktig samarbeidspart for registrering av utslipp av klimagasser. Vi takker videre teknikerne Peggy Haugnes (NORSØK) og Anne de Boer (NIBIO) for gode forslag, hjelp til registreringer og vending av kompost, samt avdelingsingeniør Trygve Fredriksen ved laboratoriet på NMBU som var ansvarlig for analyse av gassprøver på gasskromatograf, GC. Sist, men ikke minst en takk til referansegruppa vår for mange nyttige innspill og gode diskusjoner underveis i prosjektet. Referansegruppa bestod av Kjell Borge, gårdbruker i Gol; Joshua Campell, NIBIO; Nat Mead, Sogn Jord- og Hagebruksskule; Viboda Holten, Vital Analyse; Kari Bysveen, NLR og Martin Beck, Soil Resilience. Vi er også takknemlige for tilbakemeldinger fra Walter Witte, en tysk pioner innen mikrobiell karbonisering.

Tingvoll, 01.11.21

Sissel Hansen

# Innhold

1	Innledning.....	9
2	Materiell og metode .....	12
2.1	Ungdyr på talle og oppsett og stell av komposter .....	12
2.1.1	MC.....	13
2.1.2	CMC.....	14
2.1.3	Urørt ranke .....	15
2.1.4	Tilsetninger .....	15
2.2	Registreringer.....	16
2.2.1	Temperatur og fuktighet .....	16
2.2.2	Visuell og sensorisk vurdering .....	17
2.2.3	Modenhetsvurderinger.....	18
2.2.4	Gassmålinger .....	21
2.2.5	Massetap og kjemiske analyser .....	23
2.2.6	Dyrkingsforsøk .....	24
3	Resultater .....	26
3.1	Komposteringsperioden.....	26
3.1.1	Temperatur, fuktighet og gasskonsentrasjoner .....	26
3.1.2	Visuelle og sensoriske vurderinger .....	34
3.1.3	Utslipp av klimagasser .....	38
3.2	Kompostmaterialet ved avslutning .....	39
3.2.1	Modenhetsvurderinger med karsetester .....	39
3.2.2	Modenhetsvurdering med Solvita kompost modenhetstest .....	42
3.2.3	Visuelle og sensoriske egenskaper ved kompostmaterialet.....	43
3.2.4	Dyrkingsegenskaper.....	46
3.2.5	Kjemisk innhold og tap av næringsstoff og masse.....	48
4	Diskusjon .....	51
4.1	Komposteringsprosessen med og uten vending .....	51
4.2	Kompostkvalitet med og uten vending .....	53
4.3	Miljøeffekter med og uten vending .....	54
4.4	Praktisk handtering med og uten vending .....	56
4.5	Videre forskningsbehov .....	56
5	Konklusjon .....	58
6	Referanser .....	59
	Vedlegg 1. Gasskonsentrasjoner i og over rankene .....	61
	Vedlegg 2. Klimagassutslipp .....	68
	Vedlegg 3. Dyrkingsforsøk .....	70

## Forkortelser/begrep

MC: En komposteringsmetode hvor kompostmaterialet ligger i ro og legges opp med en indre porøs kjerne og et ytre fastere lag = Ranke uten vending

CMC: En komposteringsmetode hvor komposten vendes og blandes etter temperatur og CO<sub>2</sub>-konsentrasjon = Ranke med vending

CH<sub>4</sub> = Metan

CO<sub>2</sub> = Karbondioksid

CO<sub>2</sub>-ekv. = CO<sub>2</sub>-ekvivalenter = Global oppvarmingseffekt av en kg CO<sub>2</sub>

NH<sub>3</sub> = Ammoniakk

N<sub>2</sub>O = Lystgass

O<sub>2</sub> = Oksygen

Massetap: Hvor mye masse som har blitt borte i komposteringsperioden, registrert som kg tørrstoff

Tørrstoff = tørr vekt, det vil si at vannet er tatt bort



# 1 Innledning

Husdyrgjødsel og annet organisk materiale på gården er en viktig ressurs for landbruket og samtidig en mulig forurensnings- og klimagasskilde. Vi har sammenlignet metoder for behandling av fast husdyrgjødsel med tanke på klimagassutslipp i behandlingsprosessen og kvaliteten av sluttproduktene som gjødsel. Hovedspørsmålet var: Er behandling av storfetalle som følger prinsippene til Mikrobiell Karbonisering (MC) bedre egnet til å redusere utslipp av klimagasser, minske karbontap og bedre gjødseleffekt av organisk materiale enn det kompostering ved Kontrollert Mikrobiell Kompostering (*Controlled Microbial Composting - CMC*) er?

CMC er en metode for å styre prosessen ved kompostering i ranker. Det brukes en kompostvender som vender og blander det organiske materialet i kompostrankene og tilfører ny luft. Det vendes når temperaturen er høyere enn et visst nivå (60-65 °C) eller når innholdet av CO<sub>2</sub> er høyere enn 12 %. Det tilføres vann dersom vanninnholdet er lavere enn 60 % (Smithson 2005). CMC dekkes med en permeabel kompostduk i hele perioden.

MC er en metode hvor kompostmaterialet ligger i ro og legges i en trapesformet haug, med en indre porøs kjerne og flat topp og tett pakket overflate (Witte 2013). I MC er det ønskelig med en såkalt mikrobiell karbonisering, hvor det pga. anaerobe forhold ikke skjer en fullstendig mineralisering, men en omdanning som Witte (2013) kaller humifisering av det organiske materialet. Teorien er at det i prosessen dannes ulike spaltingsprodukter (monosakkarider, peptider, aminosyrer og phenoliske byggesteiner) og gasser (metan, karbondioksid, karbonmonoksid, hydrogensulfid, ammoniakk, o.l.) som ved hjelp av mikrobielle prosesser (mikrobiell karbonisering) skal humifiseres og som dermed ikke spaltes helt ned til CO<sub>2</sub> og energi som ved aerob mineralisering.

Mikrobiell karbonisering skjer ved at organismene omdanner/humifiserer det organiske materialet uten å bruke opp all energien som er i det organiske materialet. Teorien er at de bruker energi til egen metabolisme fra eksempelvis kjemiske reaksjoner og ikke fra selve det organiske materialet. Det organiske materialet omdannes dermed ikke så fullstendig og det er antatt at flere næringsstoffer og mer energi (karbonholdige stoffer) blir igjen i kompostmaterialet. Mikrobiell karbonisering (humifisering) hevdes å skje raskere (6-8 uker) enn ved aerob kompostering (Witte 2013). Ved MC skal ikke overflaten dekkes med kompostduk eller presenning. Det er fordi en ønsker etablering av cyanobakterier og danning av enzymet hydrogenase. En hovedforskjell mellom CMC og MC er at ved CMC-metoden luftes og blandes materialet gjentatte ganger med en kompostvender mens ved MC ligger materialet i ro.

Selve behandlingen av det organiske materialet kan påvirke dyrkingsegenskapene og gjødselverdien til det ferdige produktet. Det gjelder både lufttilgang under kompostering og andre behandlinger underveis. Med kompostering mener vi en spontan biologisk omdanning av fast organisk materiale med tilgang på luft (aerobe forhold) hvor bakterier, sopp og andre mikroorganismer omdanner organisk materiale og bygger opp stabile organiske forbindelser, kalt kompost. Den vanligste komposteringsmetoden er rankekompostering hvor husdyrgjødsel eller annet organisk materiale legges opp i ranker som vendes med jevne mellomrom for å sikre lufttilgang. I denne rapporten har vi også inkludert MC når vi refererer til kompostering og kompost selv om materialet ikke luftes og blandes.

Også ved vending kan det være utfordrende å sikre en tilstrekkelig luftforsyning i det organiske materialet og å unngå perioder med mangel på oksygen. Ved kompostering kan det bli store utslipp av klimagassene metan (CH<sub>4</sub>) og lystgass (N<sub>2</sub>O) dersom prosessen blir delvis anaerob (Bernal m.fl. 2017, Pardo m.fl., 2015a). Dersom massen er svært porøs, nitrogenrik og blandes ofte, er det risiko for store tap av nitrogen som ammoniakk i komposteringsprosessen (Pardo m.fl., 2015a). De største nitrogentapene ved kompostering skjer nettopp som ammoniakkefordampning. Det er viktig med mer kunnskap om hvordan utslipp av klimagasser og ammoniakk kan reduseres og hvordan de ulike behandlingsteknikkene påvirker dette. Det er gjort få målinger på dette. Samtidig vil en aerob kompostering kunne føre til store massetap på grunn av nedbryting av karbonforbindelsene i kompostmaterialet.

I det siste har MC-behandling blitt en del brukt i Tyskland og Østerrike ([http://solmacc.eu/wp-content/uploads/2017/07/SOLMACC\\_bioland\\_2017\\_03.pdf](http://solmacc.eu/wp-content/uploads/2017/07/SOLMACC_bioland_2017_03.pdf)). Noen gårder i Norge prøver også ut metoden. MC kan være mer økonomisk og mindre arbeidskrevende enn CMC fordi rankene blir liggende i ro og en slipper å investere i kompostvender. Forutsetningen for at metoden skal være interessant, er at prosessen blir vellykket.

Det er foreløpig få eksperimentelle undersøkelser som sammenligner CMC og MC som komposteringsmetoder. I et tysk doktorgradsarbeid (Wonschik, 2017) ble ulike blandinger av planterester, gylle (bløtgjødsel) og slam behandlet enten med mikrobiell karbonisering (MC) eller ved tradisjonell kompostering. Wonschik (2017) konkluderte med at mikrobiell karbonisering er en lovende teknikk da de fant at mer karbon var igjen i sluttproduktet, det ble lavere utslipp av CH<sub>4</sub> og CO<sub>2</sub> og materiale behandlet med mikrobiell karbonisering ga bedre plantevekst enn ved tradisjonell aerob kompostering. Det trengs imidlertid flere undersøkelser hvor kompostering og MC-metoden sammenlignes for andre typer materiale for å verifisere resultatene over og for å studere hvordan metoden fungerer i norsk klima. Det er også behov for undersøkelser av hva som skjer med karbon og klimagasser etter at det behandlede materialet er tilført jorda. I arbeidet til Wonschik (2017) ble ikke utslipp av N<sub>2</sub>O i behandlingsperioden undersøkt. Det er stor usikkerhet om MC-metoden sikrer en god nok hygienisering av husdyrgjødsel og andre organiske materialer slik at de kan brukes kommersielt som dyrkingsmedium til blant annet oppal av grønnsakplanter. Tester som Wonschik (2017) gjorde med indikatororganismer (tobakkmosaikkvirus, E.coli, salmonella m.fl.) og tomatfrø tyder på en effektiv sanering også ved mikrobiell karbonisering til tross for lave temperaturer. Behandlingstiden i forsøket var 8 uker. Det trengs også her flere undersøkelser av effekt på hygienisering og ugrasfrø for å kunne verifisere dette.

Norske myndigheter har et mål om å redusere/fase ut uttaket og bruken av torv til hagebruksformål (<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/torv/id2616850/>). Bruk av husdyrgjødsel og annet organisk materiale i slike produkter har i flere tilfeller gitt ustabil kvalitet, dårlig spiring, veksthemming og utfordringer med ugras (Brod & Haraldsen, 2017; McKinnon, 2018). En spiretest med karsefrø er en enkel metode for å avsløre eventuell spirehemming. Det er også utviklet ulike tester for bedømming av kompostkvalitet og modenhet. En av dem er Solvita method® (<https://solvita.com/compost/>) som baserer seg på utslipp av CO<sub>2</sub> og NH<sub>3</sub> fra komposten (Erhart m.fl. 2017) og som er allment brukt (Hill m.fl. 2013) som en velegnet modenhetstest.

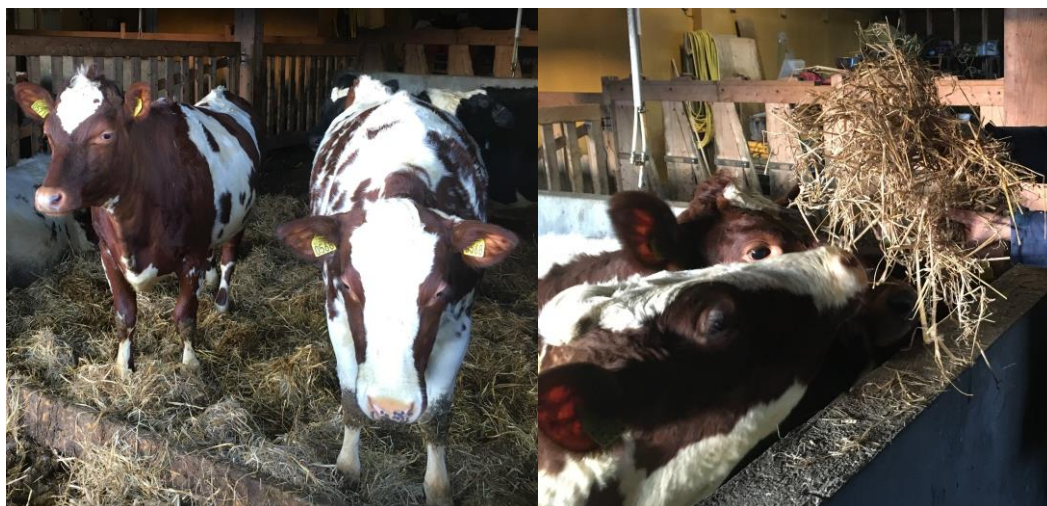
I denne rapporten gjengir vi resultat fra innledende utprøving av behandling av storfetalle med halm som strø ved en ranke uten vending som etterligner MC og en ranke med styrt og hyppig vending med en kompostvender som etterligner CMC. For å kunne sammenligne det prinsipielle i behandlingsmetoden MC og CMC var det viktig å ha samme substrat og samme tilsetninger ved de to metodene. Det var dermed ikke mulig å tilsette flis eller lage et «lokk» av bløtgjødsel som anbefalt til MC. Fordi vi ikke har fulgt de ideelle fordringene til de to komposteringsmetodene helt ut, er behandlingsmetodene en litt modifisert variant av både MC og CMC. For å gjøre det enklere å lese blir de kalt MC og CMC i denne rapporten.

## 2 Materiell og metode

Vi sammenlignet to ulike behandlingsmetoder av talle fra kviger som gikk på halmstrø på Tingvoll Gard i 2020. Tallen ble satt opp i kompostranker og behandlet etter prinsippene til MC eller CMC. Kompostrankene ble satt opp 27. april og komposteringsperioden ble avsluttet 2. november 2020. Tingvoll Gard ligger på Nordmøre og driver med økologisk melkeproduksjon. Gjødsel fra melkekyrner behandles som bløtgjødsel, mens ungdyra går på talle av halm. Gjennomsnittlig årstemperatur i Tingvoll er 7,3 °C (Tingvoll Gard 2013-2020) og normal årsnedbør er 1160 mm (Tingvoll Hanem 1972-1990). Vi har registrert temperatur, fuktighet, gasskonsentrasjoner i og over rankene og gjort visuelle vurderinger i komposteringsperioden. Ved avslutning av komposteringsperioden beregnet vi massetap og undersøkte modenhet ved karsetest og Solvita-test. Vi gjennomførte dessuten dyrkingsforsøk med salat og brokkoli. Vi har også gjort noen få registreringer av klimagassutslipp ved starten av komposteringsperioden og under dyrkingsforsøket.

### 2.1 Ungdyr på talle og oppsett og stell av komposter

I perioden da kvigene gikk på halmstrø ble tallen behandlet likt enten tallen skulle brukes til MC eller CMC. Perioden som tallen ble hentet fra startet 9. mars 2020 og varte i 49 dager. Bingene ble tømt for talle og ny halm ble hatt inn i bingene før denne perioden startet. Det var i alt tre binger. Det ble brukt 7 rundballer á 200 kg med halm til 20 ungdyr. Alder på ungdyra var 15-16 måneder i gjennomsnitt. Det ble strødd med halm hos ungdyra to ganger daglig. Det ble ikke tilsatt noe annet til tallen. Det var spaltegulv der ungdyra spiste, så ikke all urin og skit kom med i tallen.



Bilde 1. Kompostmaterialet som ble brukt var talle fra kviger som gikk på talle og fikk halm som strø.



Bilde 2. Kompostrankene ble satt opp med Gafner-vogn og vendt og blandet med kompostvender straks etter oppsetting.

Vi tok ut talle fra én bingje av gangen med en frontleser og la tallen i Gafner gjødselvogn med kompostlegger (ca. 4 m<sup>3</sup> hver gang). Talle ble lagt opp på kompostplassen i en ranke ved siden av Gafner med kompostleggeren. Fordi ranken fikk løs konsistens, tråkket vi den ned slik at det ble plass til et nytt lag oppå den. Oppå det første laget i ranken strødde vi kompostert storfetalle og leire (se spesifiseringer av tilsetninger nedenfor). Deretter la vi på et nytt lag med talle med Gafner. Vi gjentok tilførsel av kompost og leire og la på et tredje lag med Gafner-vogna. Dette ble gjentatt i to ranker på en slik måte at begge rankene hadde omtrent like mye talle fra hver av bingene. Kort tid etter oppsett ble begge rankene vendt og blandet med en kompostvender. I MC ble det kjørt en gang og i CMC to ganger for å få en mest mulig homogen og porøs masse.

### 2.1.1 MC

Ved bruk av MC-metoden ble materialet liggende i ro og vi ønsket en indre porøs kjerne og et ytre fastere lag ved oppsett. Ved hjelp av traktorskuffe lagde vi ranken kortere og bredere enn den ble lagt opp med kompostvenderen. Vi brukte i tillegg greip og silogafler for å forme ranken til den fikk et trapesformet tverrsnitt og en flat overflate. Vi la også et mer kompakt lag med talle ytterst og klappet til sidene i ranken med et greip for å komprimere overflaten. Deretter la vi en ca. 2 meter lang og ca 30 cm brei fjøl på toppen av haugen og en person hoppet tre ganger på fjøla før vi flyttet den gradvis bortover, slik at hele ranketoppen var hoppet på med fjøla (Bilde 3). Det så ganske jevnt og fint ut på overflaten, men det ble ikke et tett møkklag eller jordlag slik som det er anbefalt. Det er anbefalt å ha et eget lag med bløtgjødsel eller møkk som ytterste lag, men dette ble valgt bort fordi det ville endre sammensetningen av massene slik at ikke alt var likt mellom de to ranketyperne. På grunn av varmgang prøvde vi å pakke massene ytterst litt mer den 29. april. Dette ved å pakke ekstra inntil med føtter og hender tett i tett på sider og øverst på kanten. Vi la fjøla over på midten oppå, men gikk ikke oppå, banket den bare lett. Da temperaturen steg enda mer valgte vi den 30. april å legge en blanding av 40 kg leire og 30 liter vann på overflaten av halve MC-ranken og klappet til. Laget ble ca 1-2 cm tykt. Ranken ble deretter liggende i ro.

Ved oppsett var MC-ranken 4,65 m lang; 2,1 m bred ved bunn; 1,25 m bred på toppen og 1,2 m høy (9,3 m<sup>3</sup>). Ut fra volumvekt og tørrstoffprosent ved oppsett (Tabell 5) ble det beregnet at ranken inneholdt 620 kg tørrstoff.





Bilde 3. Reidun Pommeresche justerte MC ranken og klappet til med greip for å få rett fasong. Etterpå la hun en planke på toppen av ranken som hun hoppet lett på.

### 2.1.2 CMC

CMC-ranken ble vendt og blandet med kompostvender på grunnlag av temperatur og CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i lufta inne i komposten. Vi vendte ranken når temperaturen var høyere enn 60 °C og/eller konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> var høyere enn 12 %. CO<sub>2</sub>-registrering ble gjort 1/3 opp fra bakken i midten av ranken.

Utformingen av CMC-ranken ble ikke endret etter at den ble satt opp av kompostvenderen. Den hadde en rund form med avsmalning mot toppen (Bilde 4). Ved første oppsett var den 8 m lang; 2,1 m bred i bunnen; 6 cm bred på toppen og 0,9 til 1,15 cm høy (ca 15 m<sup>3</sup>). Ut fra volumvekt og tørrstoffprosent ved oppsett (Tabell 5) ble det beregnet at ranken inneholdt 883 kg tørrstoff. Etter oppsett ble CMC-ranken dekket med kompostduk (TOP Tex komposteringsduk).

Tabell 1. Oversikt over behandling av ranke med vending.

28.04.2020	Vending* 2 ganger
29.04.2020	Vending 2 ganger
30.04.2020	Vending 3 ganger
05.05.2020	Kjørt sammen med skuffe og vendt 1 gang
13.05.2020	Kompostduken av i noen timer i regn
26.05.2020	Vendt 1 gang, tok ut prøver til TS
02.06.2020	Tok av duken for at det skulle regne på komposten
04.06.2020	Tok på duken igjen
06.06.2020	Tok av duken for at det skulle regne på komposten
08.06.2020	Tok på duken igjen
10.06.2020	Kjørt sammen med skuffe og vendt 1 gang
25.06.2020	Kjørt sammen med skuffe og vendt 1 gang
21.08.2020	Kjørt sammen med skuffe og vendt 1 gang, formet fint med greip

\*Vending er kjøring med kompostvender

Vi brukte Best kompostvender (<https://www.bergroningen.no/prodinfo.html>). Ved vanlig bruk er den 4 m brei. Den kan heises opp og ned med hydraulikken slik at venderen kan gå så grunt eller dypt som det er ønskelig. Kompostevenderen er konstruert slik at når komposten vendes så kommer materialet som ligger ytterst, innerst. Etter kjøring var materialet svært porøs, ca. 40 % luft (volum).

Nettingposer og alt måleutstyr ble tatt ut av ranken før hver kjøring med kompostvender. Før vi la nettingposene på plass igjen ble de ristet, men kompostmaterialet ble likevel ikke så mye luftet som i ranken som ble kjørt med vender. Komposteringsduken ble tatt av rett før og lagt på igjen umiddelbart etter hver behandling.



Bilde 4. CMC-ranke etter oppsett med og uten duk.

### 2.1.3 Urørt ranke

Samme dag som MC- og CMC-rankene ble satt opp ble det også laget en liten ranke på ca 4 m<sup>3</sup> med samme talle som i de to andre rankene. Den ble satt opp med Gafner-vogn, men vi kjørte ikke kompostvender. Vi lagde ikke noe kompakt lag ytterst og tilsatte hverken gammel kompost eller leire. Vi flyttet massen sammen til en liten ranke og trakk lett over. Vi har valgt å kalle den *urørt ranke*. Den ble dekket med kompostduk (TOP Tex komposteringsduk). Den ble brukt til noen registreringer.

### 2.1.4 Tilsetninger

**Halm:** Det ble tilført ekstra halm til ungdyra de 4 siste dagene før oppsett av kompostene da gjennomsnitt av tre tørrstoffprøver av tallen 6 dager før oppsetting av rankene viste at den var våtere enn ønskelig. Prøvene viste 31 % tørrstoff og 69 % vann, mens vi ønsket 60-65 % vann. Mengden som ble tilført de siste dagene er inkludert i de 1400 kg med halm som ble brukt totalt.

**Kompostert storfetalle:** Komposten som ble tilsatt var en flere år gammel kompostert storfetalle med halm. Det ble tilført 350 liter (184 kg) kompost til hver ranke. Kjemisk sammensetning er oppgitt i tabell 13 og 14.

**Leire:** Det ble tilført 60 kg Bara leire (<https://www.matoghage.no/leire-granulert.html>) til hver av rankene, 30 kg mellom hvert lag som beskrevet ovenfor. Leira inneholder 35 % illitt, 20 % kvarts, 10 % Feltpat, 5 % kaolinitt og 5 % glimmer.

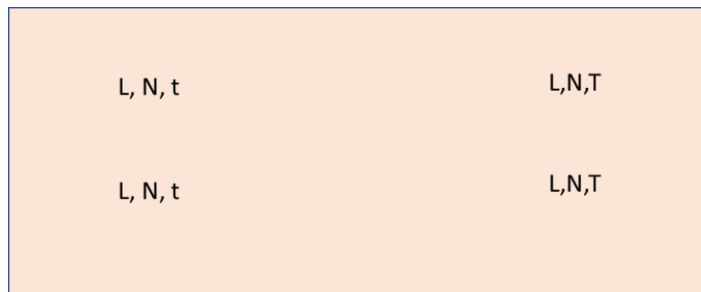


Bilde 5. Det ble tilført eldre kompost og leire mellom hvert av de tre lagene som ble lagt opp med Gafner kompostlegger.



## 2.2 Registreringer

### 2.2.1 Temperatur og fuktighet



Figur 1. Plassering av kompostluftsamlere (L), nettingposer (N), små temperaturloggere (t), Decagon temperatursensorer (T) i rankene ved oppsett av rankene. To sett ble plassert ca 1/3 fra toppen (Oppe) og to sett 1/3 fra bunn (Nede). Fordi størrelsen på kompostene minket med tida, ble avstanden til topp og bunn mindre etter hvert. Etter 10. juni, ble det plassert Decagon temperatursensorer også på venstre side.



Bilde 6. MC-ranke til venstre og CMC-ranke til høyre med merkelapper og snor til nettingposer og andre registreringer (se Figur 1 for mer detaljer)

To temperaturloggere (Easy log USB data logger) ble lagt inn i hver av rankene pakket i tett plastpose på vestre side i rankene (Figur 1 og bilde 6). Disse ble supplert med to håndholdte termometer med et spyd som stikkes inn i komposten (DTM light, NiCr-Ni (Typ K, oppløsning 1°C, måleområde opp til 100 °C og Sandberger Sekundenthermometer, måleområde -50 til +1150 °C). Disse ble avlest manuelt. Temperaturen ble registrert ulike steder (se 3.1.1). I tillegg ble temperatur registrert med to Decagon sensorer (ECM og 5TM, Pullmann, WA, USA) i hver kompost, plassert 1/3 fra toppen og bunnen på østre side av rankene (Figur 1 og bilde 6). Disse ble koblet til en logger som kan avleses med en pc. Dessverre tålte ikke USB-dataloggerne de høye temperaturene og vi kunne ikke hente ut data derfra. Også mange av sensorene til Decagon-loggerne ble ødelagt i løpet av komposteringsperioden. Den 10. juni skiftet vi ut ødelagte sensorer og satte inn fire i hver kompost, men også en del av disse sluttet å registrere. Vi har ikke temperaturdata fra CMC-ranke etter 11. oktober da loggeren sluttet å virke uten av vi oppdaget det før ved avslutning av komposteringsperioden. Figur 3 til 6 viser avleste temperaturer fra Decagon-sensorene.

Ved oppsett av kompostrankene 26 mai, 17. juni og 16. oktober ble det tatt tørrstoffprøver for å sjekke vanninnhold i CMC. Disse ble tørket ved 105 °C. Hvordan prøvene ble tatt ut ved oppsett og avslutning er beskrevet i 2.2.5. Tørrstoff ble bestemt i tre prøver fra de ytterste 5 cm og to fra indre del av CMC-ranken 26. mai. Etter vending ble det tatt to nye prøver. Den 17. juni ble det tatt ut prøver fra tre steder ca 20 cm fra toppen. Den 16. oktober ble det tatt ut prøver fra både CMC og

MC. Det ble tatt ut to prøver fra 5-10 cm under toppen og to fra ca 20 cm dybde i hver av rankene. Prøver tatt ut ved avslutning av komposteringsperioden 2. november går fram av fotnoter til Tabell 13 og 15.

I tillegg brukte vi jevnlig knyttnevemetoden (klemmetest) på CMC for å sjekke om fuktighet var laglig (Bilde 7). Vi prøvde også fortløpende å registrere fuktighet med våre Decagon sensorer for å få et bilde på fuktighetsutviklingen koblet opp mot hyppig bestemmelse av volumvekt. De er bygd for jord så vi regnet ikke med eksakt bestemmelse, men håpet å kunne se en trend. Vi lyktes ikke med det da dataene vi registrerte var for sprikende og ulogiske.



*Bilde 7. Ved bruk av knyttneveprøven, også kalt klemmetest, tok vi en neve kompost ulike steder i ranken og klemte materialet godt sammen. Dersom vi greide å klemme en dråpe vann gjennom fingrene anså vi den som passe fuktig.*

## 2.2.2 Visuell og sensorisk vurdering

Vi ønsket å undersøke visuelle og sensoriske parametere på utsiden og inne i de to kompostene CMC og MC. Dette for å sammenlikne hva som skjer underveis og mot slutten av omdanningsperioden med og uten luft til stede i prosessen og å undersøke om slike parametere kan brukes til å vurdere dette. Noe få registreringer knyttet til varmgang ble gjort med hendene der vi kjente varme over og inne i komposten. Vi noterte også et par hendelser knyttet til fordamping i form av vanndamp fra kompostene og fuktighet på overflatene.

På tre datoer (5.5., 10.6. og 2.11.2020) registrerte vi ulike forhold på overflaten. I tillegg tok vi ut små prøver fra utsiden og inne i CMC-ranken og i hver halvdel av MC-ranken (med og uten lag av leire). Hver av de tre samleprøvene fra utsiden bestod av en liten håndfull kompostmateriale fra 3-4 steder i overflaten. Hver av de tre samleprøvene fra innsiden var tatt fra 3-4 steder i CMC-ranken. I MC ble prøvene tatt i sideveggene og innerst i et håndstort hull som vi gravde ut, minst 20 cm inn i komposten og ca halvveis opp fra bakken. Det ble tatt en samleprøve fra MC uten leirlag og en der det var leirlag ytterst.

Det ble registrert lukt, farge på vått materiale inni og i overflaten av kompostene, grønnskjær i overflaten (i form av mikroorganismer), hattsopper utvendig, samt hvitt belegg inne i kompostene (sopp og aktinobakterier). Belegget ble undersøkt med stereolupe. Vi dusjet kompostprøver med destillert, kaldt vann over prøvene, rotet litt rundt i dem med en pinsett og tok bilder av kompostmaterialet og vannet som ble mer eller mindre brunfarget. Dette for å se om det skjedde en endring i hvor vannløselig ulike organiske stoffer som ble dannet i komposten var. En del brunfarger i vann fra jord og komposter skyldes ulike typer humusstoffer (fulvosyrer og humussyrer) (Kumada, 1965). Fulvosyrer er gulaktige (honningfarget) i fargen mens humussyrene er mer svarte og mørkebrune <https://soilsolutions.net/humic-acid-vs-fulvic-acid/>. Vi tok bilder et par minutter etter at prøvene ble sprayet med vann og ca 20 timer senere. Det var samme person som gjorde disse vurderingene og tok bilder hver gang.

Ved avslutning 2.11.2020 ble overflaten av rankene sjekket for siste gang. Den 6.11. gjorde vi noen ekstra undersøkelser knyttet til farge, lukt, meitemark og struktur på materialet inne i kompostene. Vi kuttet da et vertikalt snitt gjennom begge kompostene og vurderte massene. Vi var tre personer som gjorde de sensoriske og visuelle vurderingene sammen for å få en mest mulig objektiv bedømming.

### 2.2.3 Modenhetsvurderinger

For å bedømme modenhet på kompostene utførte vi fire spiretester med karsefrø (karsetest) ved ulike tidspunkter og med litt ulike metoder. I tillegg brukte vi Solvita kompost modenhetstest (Compost Maturity Test) <https://solvita.com/product/solvita-compost-manual/>.

#### 2.2.3.1 Karsetester

Karsetest 1 ble startet 2. november og avsluttet 11. november. Vi testet kompostmateriale som var igjen i nettingposene fra MC- og CMC-rankene etter at kompost til andre analyser var tatt ut. Materialet ble blandet og fylt i jordbærkurver (MC OPPE, MC NEDE, CMC NEDE). OPPE/NEDE viser til plassering i rankene (Figur 1). For CMC OPPE var det bare nok kompost igjen i nettingposene til å fylle i en liten potte. Det ble også brukt materialet som ble tatt ut av rankene til volumberegning 2. november (MC BLANDET, CMC BLANDET). Fra URØRT ble det tatt ut prøver flere steder i haugen, blandet i en bøtte og fylt i jordbærkurver. CMC-komposten var tørrere (43 % TS) enn MC-komposten (17 % TS) og URØRT (ikke registrert) og ble vannet før såing. For sammenligning ble det samtidig utført karsetest av komposter fra andre forsøk ved NORSØK og fra en annen gård på Tingvoll: Hestemøkk (1), Flistalle + algefiber (2), Flistalle (3), Flis, møkk, gammel silo (4) og Halmtalle (5).

Det ble spredd 0,3 g karsefrø jevnt oppå kompostmaterialet i hver kurv (0,15 g på kompostmaterialet fra CMC OPPE i liten potte), trykket lett ned med fingertuppene og dekket med plastfolie. Plastfolien ble fjernet 6. november og deretter ble det vannet annenhver dag, fram til siste registrering 12. november. I vekstrommet var temperaturen 18-20 °C. Spiring og utvikling av spirer ble registrert med foto 3., 6. og 12. november.



Tabell 2. Ulike typer kompostmateriale brukt i karsetest 1 med forkortelse.

Kompostmateriale	Forkortelse
CMC-kompost fra nettingposer oppe	CMC OPPE
CMC-kompost fra nettingposer nede	CMC NEDE
CMC-kompost, samleprøve fra ranken	CMC BLANDET
MC-kompost fra nettingposer oppe	MC OPPE
MC-kompost fra nettingposer nede	MC NEDE
MC-kompost, samleprøve fra ranken	MC BLANDET
Kompostert hestemøkk med lite flis fra 2019	1
Flistalle fra ungdyrfjøs + algefiber	2
Flistalle fra ungdyrfjøs	3
Flis, kumøkk, gammel silo fra gård på Tingvoll	4
Halmtalle fra ungdyrfjøs	5

#### Karsetest 2

Det ble utført en karsetest av kompostmaterialet som var i glassene etter Solvita kompost modenhetstestentesten (se under). Denne testen ble gjort på kompostmaterialet fra: MC OVER, MC NEDE, CMC OVER, CMC NEDE, 1 og 4. 1 g karsefrø ble fordelt på toppen av kompostmaterialet 23. desember og trykket lett ned. Lokket ble skrudd på. Spiring ble registrert med foto 28. desember.

#### Karsetest 3

Vi ønsket å undersøke om etterlagring av kompostmaterialet ville påvirke spiring og utvikling av karsespiner. Kompostmaterialet som ble tatt ut av kompostrankene 2. november 2020 ble lagret i tildekkede plastdunker i et lagerrom med temperaturer mellom 10-15 °C fram til 25. januar 2021. Da ble det utført en karsetest på materialet fra CMC- og MC-rankene i jordbærkurver som beskrevet under karsetest 1. Karse ble sådd på kompostmaterialet 25. januar og registrert med foto 27. og 29. januar og 14. februar.

#### Karsetest 4

For å undersøke eventuelle ulikheter ved spiring på kompostmateriale sammenlignet med kompostuttrekk ble det utført en karsetest på kompostuttrekk av CMC- og MC-kompostene. Prøver av kompostmaterialet ble plassert i isbokser, tilsatt vann og sto 4 døgn i romtemperatur før uttrekket ble silt gjennom en nylonpose (Bilde 8). Håndklepapir ble lagt i tre plastbrett. Det ble tilsatt henholdsvis 40 ml vann, 40 ml CMC- og MC-uttrekk på håndklepapiret i brettene. Karse ble sådd 25. januar. Brettene ble dekket med gjennomsiktige plastlokk. Spiring ble registrert med foto 26., 29. og 31. januar.



Bilde 8. Tillaging av kompostuttrekk for karsetest 4 (t.v), sil av nylonpose og brett med håndklepir (t.h).

### 2.2.3.2 Solvita modenhetstest

Til Solvita kompostmodenhetstest (Compost Maturity Test) ble det tatt ut prøver 3. november fra MC-, CMC- og URØRT-kompostene fra plastdunkene med kompostmateriale som var samlet inn fra kompostrankene 2. november. I tillegg ble testen utført på materiale fra kompostene 1 og 4 (Tabell 2).

Kompostmaterialet ble lagt i glassene som beskrevet i instruksen (Solvita, 2017). Glassene med kompostmateriale sto i romtemperatur i ca. 1 døgn før indikatorpinnene fra Solvitatesten for ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ) og karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) ble tilsatt. Glassene sto i 4 timer ved ca 18 °C. Indikatorpinnene ble vurdert av fire medarbeidere ved NORSØK og sammenstilt med testens nummererte fargekoder. Ved kryssreferering av tallen for  $\text{NH}_3$  og  $\text{CO}_2$  i *Kompost modenhetsindeks-kalkulatoren* (Tabell 3), fikk vi tall som henviser til grad av modenhet (modenhetsindeksen). I veiledningen beskrives tilstanden til komposten i forhold til indeksen (Tabell 4) (Solvita, 2017).

Tabell 3. Kompost modenhetsindeks-kalkulator «Compost Maturity Index Calculator» (Solvita, 2017). Oversatt fra engelsk ved forfatterne. Kombinert verdi for  $\text{NH}_3$  og  $\text{CO}_2$  (rød skrift) gir modenhetsindeks registrert som en verdi fra 1-8.

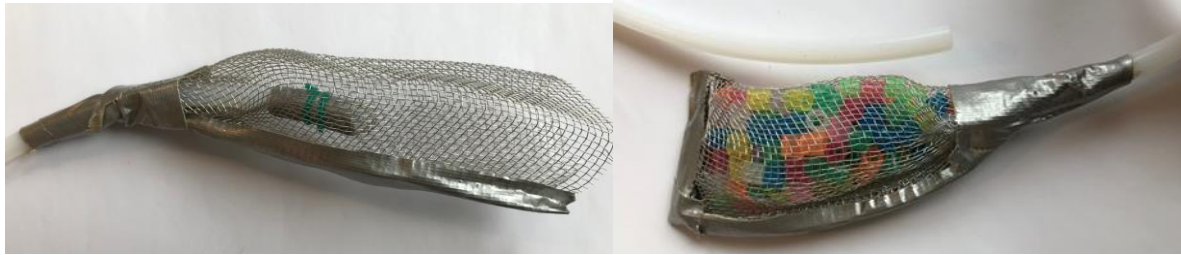
		Solvita $\text{CO}_2$ testresultat er:								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Solvita $\text{NH}_3$ testresultat er:	5	Svært lavt/ikke noe $\text{NH}_3$	1	2	3	4	5	6	7	8
	4	Lavt $\text{NH}_3$	1	2	3	4	5	6	7	8
	3	Middels $\text{NH}_3$	1	1	2	3	4	5	6	7
	2	Høyt $\text{NH}_3$	1	1	1	2	3	4	5	6
	1	Svært høyt $\text{NH}_3$	1	1	1	1	1	2	3	4

Tabell 4. Tilstanden til komposten basert på modenhetsindeks (Tabell 3) (Solvita, 2017). Oversatt fra engelsk ved forfatterne.

Modenhetsindeks fra tabell 3	8	Inaktiv, svært moden kompost, godt «aldret», muligens «overaldret», som jord; ingen begrensninger på bruken	«FERDIG» KOMPOST
	7	Godt modnet, aldret kompost, få begrensninger på bruken	
	6	Ettermodning, behov for lufting redusert, kompost klar for ettermodning, redusert behov for håndtering, 6 eller høyere er vanligvis ansett som brukbar for offisiell bruk	Modning
	5	Komposten forbi den aktive fasen med nedbrytning og klar for ettermodning, redusert behov for intensiv håndtering	
	4	Komposten er i en middels eller moderat fase av nedbrytning; behøver jevnlig håndtering	«AKTIV» KOMPOST
	3	Aktiv kompost; ferske ingredienser, trenger fremdeles intensivt tilsyn og håndtering	Veldig aktiv
	2	Svært aktiv, lett nedbrytelig, fersk kompost; høyt respirasjonsnivå; behøver svært intensiv lufting og/eller vending	
	1	Ferskt, rå kompost; typisk for nye blandinger, ekstremt høy grad av nedbrytning; lett nedbrytelig eller svært luktende materiale	«RÅ» KOMPOST

## 2.2.4 Gassmålinger

Konsentrasjonen av ulike gasser (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> og H<sub>2</sub>S) i lufta inne i rankene ble registrert ved hjelp av kompostluftsamlere (bilde 9) og en gassanalysator (GA 5000, GeoTech). Det ble brukt fire luftsamlere til hver kompost. Den enden som stakk ut av komposten ble tettet med en liten, elastisk ballong mellom hver prøvetaking. Luftsamlerne hadde snor og merke på enden slik at de kunne tas ut og plasseres på samme sted etter vending av CMC-ranken. Ved avlesning ble lufta sugd ut og avlest med gassanalysatoren. I tillegg til målinger av konsentrasjoner i kompostlufta ble GA 5000 også brukt til å registrere konsentrasjon av NH<sub>3</sub> over komposten. Ved hver måling ble det gjort to målinger av gasskonsentrasjonene over CMC-ranken når kompostduken lå på og to når den ble tatt av. Over MC-ranken ble det gjort to registreringer over området med lag av leire og to over området på ranken uten leire.



Bilde 9. Luftsamlerne ble laget av plastperler i pose av tynn stålnetting (1 mm) som ble festet til en teflon-slange. Til venstre en luftsamler før det ble fylt i perler.

Utslipp av klimagassene CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O ble registrert med kammermetoden. Ved denne metoden lages et lukket kammer hvor forandring av gasskonsentrasjoner over tid registreres (Rochette & Eriksen-Hamel, 2008). Vi tok luftprøve ved 0, 1, 2 og 3 minutter etter plassering av kammer på kompost-ranke på fire ulike steder på hver av kompostrankene. Det ble tatt prøver en, tre og fem dager etter oppstart av kompostingsperioden. De dagene det ble kjørt kompostvender ble målingene av gassutslipp gjort før venderen ble kjørt. På grunn av de store usikkerhetene ved denne målemetoden for registrering av utslipp fra kompost, og de få målingene som er gjort, kan ikke disse beregningene brukes til å fastslå utslippshastigheten, men kan brukes til en kvalitativ bedømmelse av om det er utslipp eller ei.



Bilde 10. Vi tok prøver til måling av klimagassutslipp ved hjelp av plastbøtter på 5,9 liter med en tett krage rundt som kammer. Vi tok luftprøver fra denne med ei sprøyte festet med en kort slange til spannet. Vi sugde 20 ml luft inn i sprøyta og presset sprøyta sakte sammen til det var 15 ml luft igjen i sprøyta. Denne luften ble fylt på 12 ml evakuerte glassbeholdere (høyre bilde) ved at sprøytespissen ble stukket gjennom en septum av butylgummi på toppen av beholderen. Bilde til venstre: uttak av luftprøver fra MC-ranke, midt i kammer og potter før uttak av luftprøver fra pottforsøk, til høyre plassering av kammer over potter ved uttak av luftprøver.

Det ble gjort registrering av klimagassutslipp fra pottforsøket 30. januar, 1. og 8. mars. Det var 5, 35 og 43 dager etter oppstart av forsøket 25. januar. Vi plasserte spannet for uttak av luftprøve over potter hvor det var sådd salat og brokkoli, se bilde 10. Vi registrerte utslipp fra tre potter med CMC-kompost og sand (1:6), tre potter med MC-kompost og sand (1:6) og tre potter med ren sand. Hver potte var på 1,5 liter og hadde en diameter på 15 cm. Detaljer om oppsett og gjennomføring av dyrkingsforsøket er gjengitt i 2.2.5. Vi tok luftprøve ved 0, 10, 20 og 30 minutter etter plassering av kammer over pottene. Ved beregning av luftvolum i kammer (spannet) trakk vi fra volumet av potta. Beregning av utslipp per m<sup>2</sup> er basert på pottediameteren.

Ved begge tilfellene ble konsentrasjonen av CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O og CH<sub>4</sub> analysert på gasskromatograf på NMBU (GC: Model 7890A, Agilent, Santa Clara, CA, US). Utslippshastigheten for gassene per m<sup>2</sup>

gjødseloverflate og time på prøvetidspunktet ble beregnet etter samme metodikk som ved statiske kamre ved måling av gassutslipp fra jord (Hansen m.fl., 2014).

$$\text{Utslippshastighet} = dC_{\text{gass}}/dt \times V_k/A \times M_m/V_m$$

$dC_{\text{gass}}/dt$  er hastigheten på forandringen i gasskonsentrasjonen i kammeret (ppm  $N_2O$ ,  $CH_4$  eller  $CO_2$  per time). Den er beregnet med lineær regresjon basert på gasskonsentrasjoner ved de ulike måletidspunktene. På grunn av få målinger er det ikke mulig å beregne totale utslipp hverken i komposteringsperioden eller i forbindelse med pottforsøket.

## 2.2.5 Massetap og kjemiske analyser

Vekten av rankene før og etter kompostering ble ikke registrert, da det å kjøpe inn utstyr til dette lå utenfor de økonomiske rammene til dette forprosjektet. I stedet bestemte vi volumvekt ved oppstart i fire samleprøver fra hver ranke, som ble tatt ut etter kjøring av kompostvender og oppsett av ranker (Tabell 5). Hver av de fire samleprøvene bestod av 10-15 småprøver tatt ut med hand med minst mulig komprimering og fylt i bøtter på 5,9 liter. Samleprøvene ble senere plassert i nettingposer (2 mm maskevidde), som deretter ble plassert inne i rankene (se Figur 1 og Bilde 6). For å kunne bestemme tørrstoffinnhold i nettingposene ble det tatt ut tørrstoffprøver med mest mulig likt innhold som i nettingposene. Disse ble tørket ved 105 °C. Det var ingen statistisk forskjell på g tørrstoff (tørrvekt) i nettingposene som ble lagt inn i MC- og CMC-rankene (Tabell 5). Volumvekt og rå masse var imidlertid høyere og % tørrstoff lavere i MC-ranken versus CMC-ranken.

Tabell 5. Volumvekt av kompostmaterialet (tallen) etter oppsett av rankene og innhold i nettingposer plassert inn i rankene<sup>1</sup> oppgitt som median-verdier<sup>2</sup> og 95 % konfidensintervall<sup>3</sup>. Det er fire prøver av hver av MC og CMC. \*MC er signifikant forskjellig fra CMC, <sup>ns</sup> Det er ikke signifikant<sup>4</sup> forskjell mellom nettingposene lagt inn i MC og CMC.

	Volumvekt kompost-materiale	g/liter	Rå masse i nettingpose i g	% tørrstoff	Tørrstoff i nettingpose i g
MC	265 (251-274)*		1562 (1478-1614)*	25 (25-25)*	392 (373-401) <sup>ns</sup>
CMC	206 (196-222)		1218 (1156-1312)	29 (28-30)	356 (327-384)

<sup>1</sup>Plassering av nettingpose er gjengitt i Figur 1; MC=Ranke uten vending; CMC=Ranke med vending. <sup>2</sup>median-verdi er midterste verdi. <sup>3</sup>95 % Konfidensintervall er de verdiene som det er 95 % sannsynlig av at tilsvarende prøver er innfor. <sup>4</sup> Mood's Median Test, Minitab.

Ved avslutning av komposteringsperioden ble det tatt ut seks prøver til volumvektbestemmelse fra hver av rankene. På samme måte som ved oppstart av forsøket bestod disse av 10-15 småprøver tatt ut med hand. Prøvene ble tatt i øvre og nedre del, øst, midt i og vest.

Det ble tatt 6 prøver til tørrstoffbestemmelse fra spann med prøver til volumvekt etter at disse ble veid i hver av kompostrankene. I tillegg ble det bestemt tørrstoffprosent i kompostmaterialet som var i nettingsposene. Ved beregning av tap av fosfor og nitrogen brukte vi gjennomsnitt av verdiene for talle til MC- og CMC-rankene som utgangspunkt (Tabell 13 og 14).



## 2.2.6 Dyrkingsforsøk

Det ble gjennomført et pottforsøk for å undersøke materialet fra CMC- og MC-rankene mht. egnethet som dyrkingsmedium og gjødsel. Vi registrerte også forekomst av hattsopper og spiredyktige ugrasfrø. Kompostmateriale ble tatt ut fra ulike steder i CMC- og MC-rankene ved avslutning av kompostforsøket 2. november 2020 og sto frostfritt i 90 liters svarte plastdunker ,fram til dyrkingsforsøket startet opp i januar 2021. Dunkene var tildekket med plast. Kompostene ble testet i ren form og utblandet med sand i ulike blandingsforhold på tørrstoffbasis. Sanden var næringsfattig (Tabell 6) og var undergrunnsjord hentet fra nabokommunen Surnadal. Den ble tørket før den ble blandet med kompost og tilført vann. Det var 9 behandlinger med 3 gjentak (Tabell 7).

Tabell 6. Kjemisk analyse av sand brukt i pottforsøket. Volumvekt er oppgitt som kg/liter sand, AL-ekstrakt (P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, Na-AL) er oppgitt mg / 100 g lufttørket jord, glødetap er oppgitt som prosent av tørrvekt.

Volumvekt	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL	Glødetap %
1,6	5,9	1,9	1,3	2,2	16	7,9	0,7

Tabell 7. Behandlinger i vekstforsøket, med forkortelser

Behandling	Forkortelse
Sand	S
CMC-kompost	CMC
MC-kompost	MC
CMC : sand 1:9	CMC 1:9
MC : sand 1:9	MC 1:9
CMC : sand 1:6	CMC 1:6
MC : sand 1:6	MC 1:6
CMC : sand 1:1	CMC 1:1
MC : sand 1:1	MC 1:1

Den 24. januar ble materialet fra CMC-ranken fuktet opp til samme fuktighet som MC-ranken. Dagen etter ble blandingen med kompostmateriale og sand klargjort i potter. Materiale fra CMC-ranken virket fuktigere enn materialet fra MC-ranken, som om vannet ikke hadde trengt inn i materialet. Sanden ble vurdert som 100 % tørr og ble tilsatt 1,5 dl vann/1,5 l sand.

Sand, kompostmateriale og blandinger av sand og kompostmateriale ble fylt i 1,5 liter svarte plantepotter som var 15 cm i diameter. Fire frø av salat og fire frø av brokkoli ble sådd i hver potte og dekket med et tynt lag vermikulitt. Pottene ble satt på plantebrett i et vekstområde med 17-20 °C og vekstlys stilt inn på 17 timer «dag» og 7 timer «natt». Pottene var dekket med plastfolie ,fram til 6. februar. 17. februar ble det tynnet til 2 salat- og 2 brokkoliplanter per potte. Pottene ble sjekket hver

dag for spirer ,fram til 29. januar da de første spirene viste seg. Jorda i pottene virket litt tørr bortsett fra i pottene med ren kompost, vurdert etter fargen på vermikulitten. Disse pottene ble forsiktig dusjet med 100 ml vann. Antall spirer og planter av salat, brokkoli, ugras og hattsopper ble registrert ved telling 29., 30. og 31. januar, 2., 4., 6., og 17. februar. Utvikling av spirer og planter ble registrert visuelt og med foto 17. februar og 1. og 8. mars. Vann ble tilført 14., 17., 20., 23. og 27. februar og 4. mars, 90 ml til hver potte på hver dato unntatt 17. februar da CMC-pottene fikk tilført 45 ml og 20. februar da alle pottene fikk tilført 45 ml.

Ferskvekt av brokkoli- og salatplater (stengel skåret av ved jordoverflaten) ble registrert 8. mars og tørrvekt etter 2 døgn i tørkeskap ved 105 °C.

## 3 Resultater

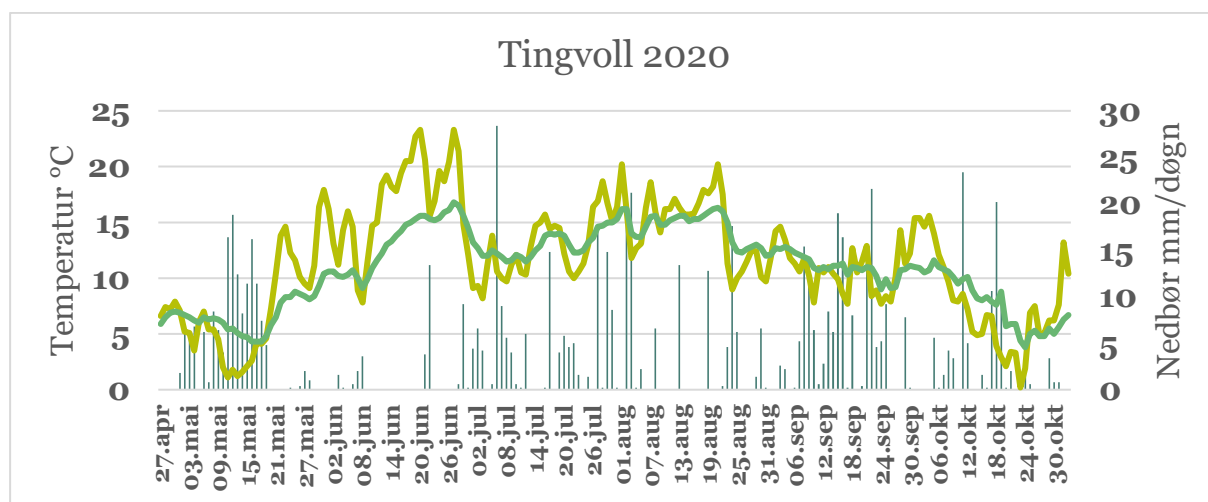
Her presenteres resultater fra målinger og undersøkelser i komposteringsperioden på 6 måneder. Resultater knyttet til kvaliteten av materialet etter behandling følger etter hverandre i resultatdelen.

### 3.1 Komposteringsperioden

#### 3.1.1 Temperatur, fuktighet og gasskonsentrasjoner

Det var ikke frost i løpet av komposteringsperioden (27. april – 2. november 2020).

Lufttemperaturen i perioden varierte mellom 0 og 23 grader. Jordtemperaturen fluktuerte naturlig nok mindre enn lufttemperaturen, og varierte mellom 5 og 17 grader. Det ble en kald vår med en del sludd og våt snø som la seg i begynnelsen og midten av mai. Første del av sommeren, spesielt midt i juni var varm, med opp mot 20 grader og mer. Fra midten av mai til slutten av juni var det lite nedbør.



Figur 2. Temperatur og nedbør registrert ved Tingvoll målestasjon i komposteringsperioden. Lysegrønn linje er lufttemperatur ved 2 meter høyde og mørkere linje jordtemperatur ved 5 cm dyp. Søykene er nedbør per døgn.



Bilde 11. Sludd og snø i mai kjølte rankene ned. Til venstre MC og til høyre CMC.

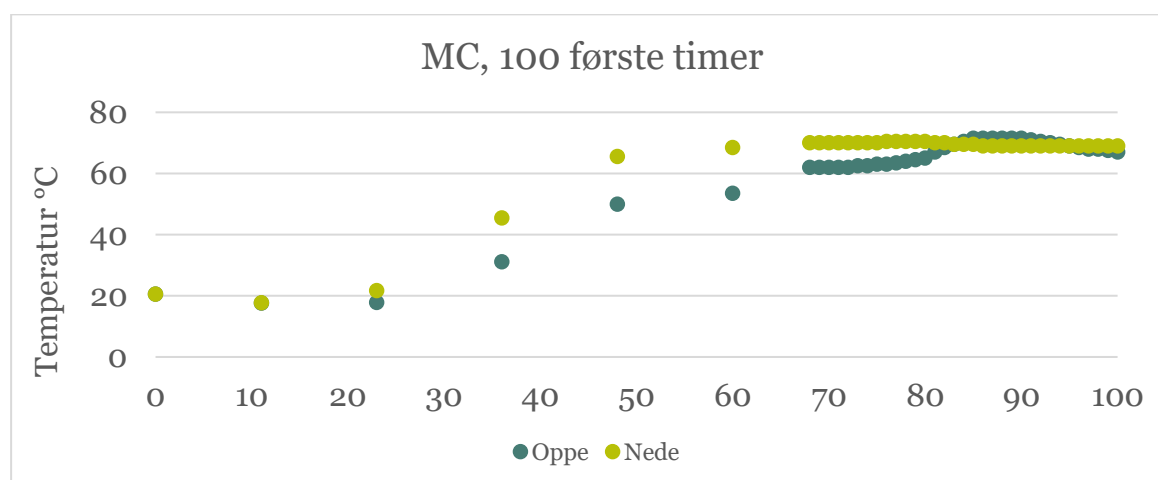
CMC-ranken ble raskt varm etter oppsett og allerede etter 18 timer var den over 70 °C (Figur 4). Temperaturen sank i forbindelse med vendinger av ranken, men steg igjen etterpå. Den 18. mai var temperaturen sunket til 10°C øverst i komposten (Figur 6). Etter vending 10. juni tok temperaturen

seg raskt opp igjen og kom opp i over 70 °C på nytt og sank deretter til 63 °C i øvre logger og 50 °C i nedre logger. Etter en ny vending 25. juni for å jevne ut fuktigheten i komposten, steg temperaturen igjen til over 70 °C. Tidlig i komposteringsperioden var temperaturen høyest i øvre lag av komposten, mens en våt og kald mai gav høyere temperatur i nedre del av komposten (Figur 4 og 6). I begynnelsen av juni varierte det med om det var varmest i øvre eller nedre del av CMC-ranken. Fra midten av juni og ut komposteringsperioden var igjen temperaturen varmest i nedre del på østsiden, mens temperaturen i sensoren nede på vestsiden, som ble satt inn 10. juni, var lavere enn begge sensorene på østsiden. Registreringer med håndholdt termometer samsvarte ofte med temperatur registrert i Decagon-sensorer, med noen unntak som illustrerer temperaturvariasjoner i CMC-ranken. Den høyeste registrerte temperaturen var 84 °C som ble registrert med et håndholdt termometer midt i ranken om kvelden 28. april. Da viste øvre og nedre logger henholdsvis 69 og 47 °C. Fram til slutten av mai var temperaturene registrert midt i ranken med håndholdt termometer litt høyere enn temperaturer registrert med sensorene som var henholdsvis 1/3 under toppen (Oppe) og 1/3 over bakken (Nede). Dette jevnet seg ut senere.

MC-ranken hadde litt langsommere temperaturstigning enn CMC-ranken og først etter 60 timer var den nærmere 70 °C i øvre sensor (Figur 3). Håndholdt termometer viste imidlertid at i øverste del av MC-ranken var det steder med 70 °C allerede etter 24 timer. Nedre sensor viste på det høyeste 71,5 °C 85 timer etter oppstart. Også i MC-ranken gikk temperaturen ned i løpet av kuldeperioden først i mai og steg litt igjen da varmen kom i juni (Figur 5). Temperaturen holdt seg lenge rundt 30-40 °C, og først i juli synker den under 30 °C og først mot slutten av august under 20 °C.

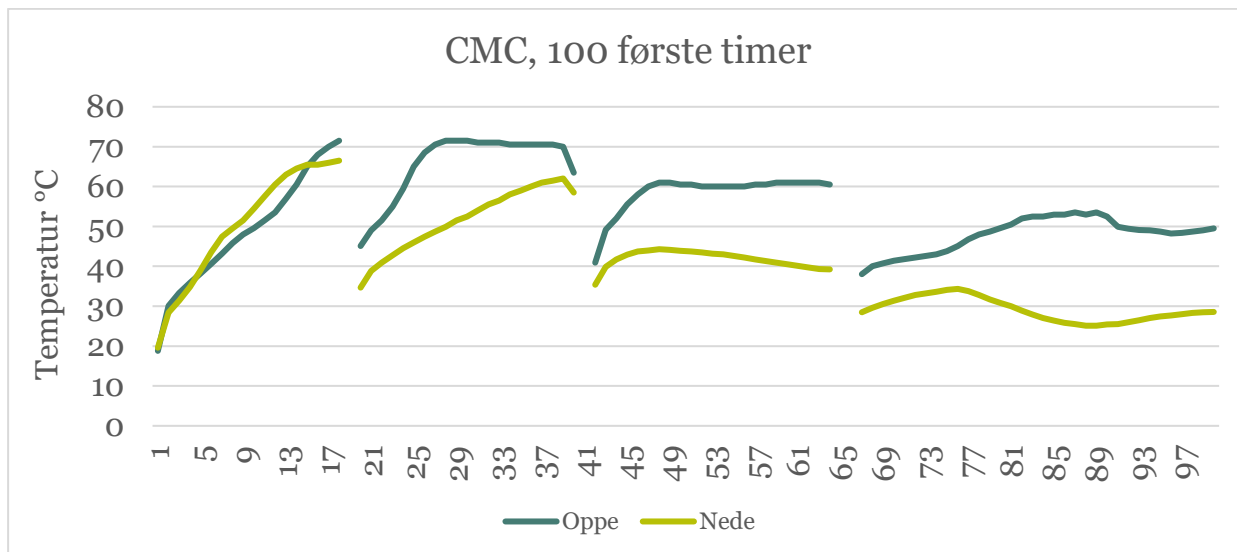
Tabell 8. Temperaturfordeling i MC-ranken 29. april (2 dager etter oppstart).

	Vest		Midt		Øst		snitt
15 cm ovenfra	70	68	71	71	70	70	70
50 cm ovenfra	64	67	62	69	64	71	66
5-10 cm fra bunn	37	53	53	42	43	39	45

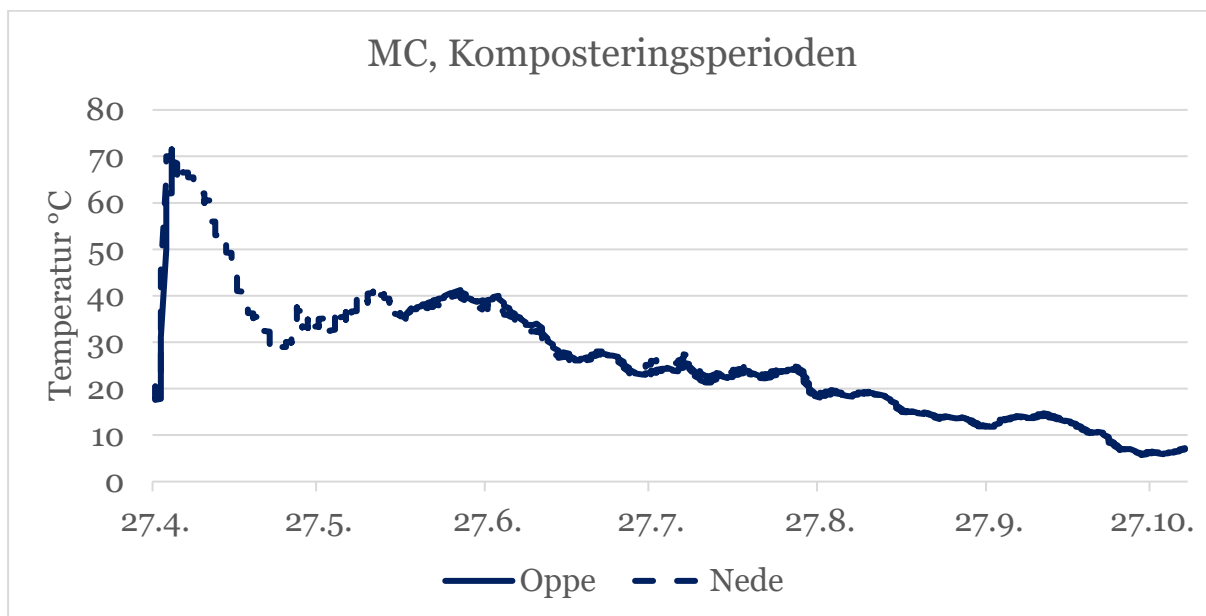


Figur 3. Temperaturutvikling de første 100 timene i MC-ranken. Oppe viser til Decagon-logger som er plassert 1/3 under overflaten og Nede til logger 1/3 over bakken. Det ble logget hver 12. time fram til 68 timer etter oppstart, deretter hver time.

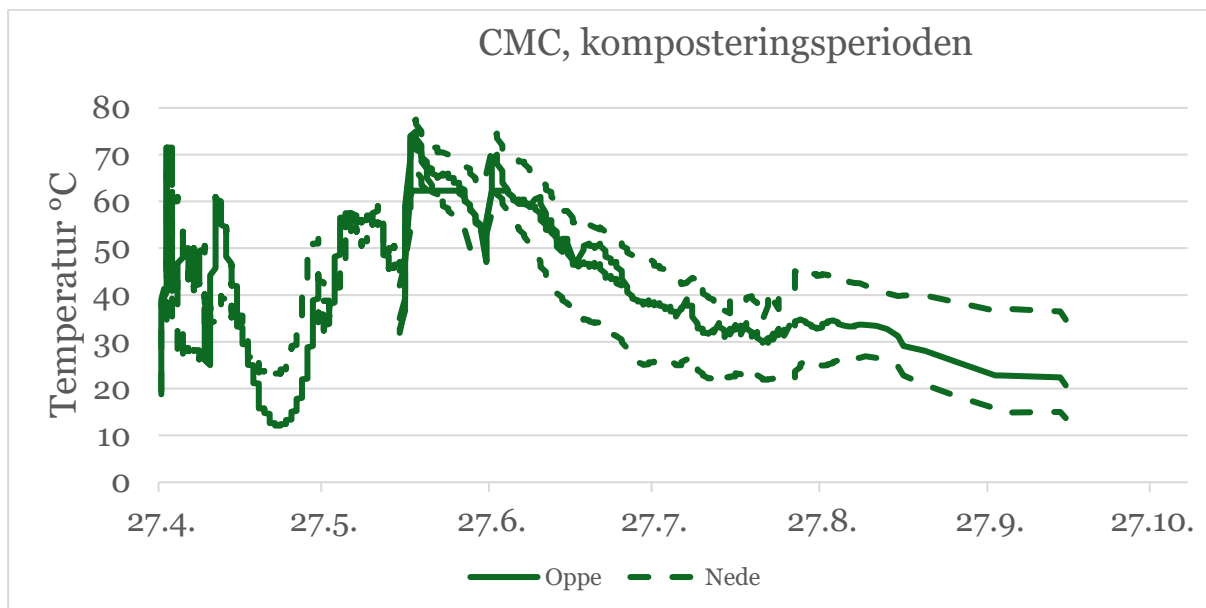




Figur 4. Temperaturutvikling de første 100 timene i CMC-ranken. Oppe viser til Decagon-logger som er plassert ca 1/3 under overflaten på østre side og Nede øst til logger 1/3 over bakken på østre side. Linjene er basert på timesverdier. Der det ikke er oppgitt verdier ble loggere tatt ut i forbindelse med vending av CMC-ranken.



Figur 5. Temperaturutvikling gjennom komposteringsperioden fra oppstart 27. april til avslutning 2. november i MC-ranken. Oppe viser til Decagon-logger som er plassert ca 1/3 under overflaten Nede til logger ca 1/3 over bakken. Der det ikke er oppgitt verdier har sensoren sluttet å virke. På vestre del er det leire på toppen av ranken etter 30. april.



Figur 6. Temperaturutvikling gjennom komposteringsperioden fra oppstart 27. april til avslutning 2. november i CMC-ranken. Oppe viser til Decagon-logger som er plassert ca 1/3 under overflaten Nede til logger ca 1/3 over bakken. Linjene er basert på timesverdier fram til 10. juni. Der det ikke er oppgitt verdier ble loggere tatt ut i forbindelse med vending av CMC-ranken eller sensoren har sluttet å virke. Det er flere sensorer oppe og nede etter 10. juni, derfor vises flere linjer.

Vanninnholdet etter oppsett av rankene i april var 75 % for MC-ranken og noe lavere for CMC-ranken (70-75 %) (Tabell 5). Lavere vanninnhold i CMC-ranken ved oppsett skyldes antakelig at CMC-ranken ble vendt og blandet to ganger, og MC-ranken bare vendt en gang ved oppsett. Den 26. mai var gjennomsnittlig vanninnhold 49 % (3 prøver) i de øverste 5 cm av CMC-ranken og 58 % (2 prøver) midt i ranken. Etter vending av ranken var vanninnholdet 66 %. Den 17. juni varierte vanninnholdet i CMC-ranken fra 61 til 65 % i prøver tatt ca. 20 cm under kompostoverflaten tre ulike steder. MC-ranken var tydelig våtere enn i CMC-ranken gjennom komposteringsperioden og 16. oktober var vanninnholdet 30 % høyere i MC-ranken enn i CMC-ranken (tabell 9).

Tabell 9. Vanninnhold i prosent 5-10 cm og 20 cm under kompostoverflaten for MC- og CMC-rankene 16. oktober (gjennomsnitt for 2 prøver).

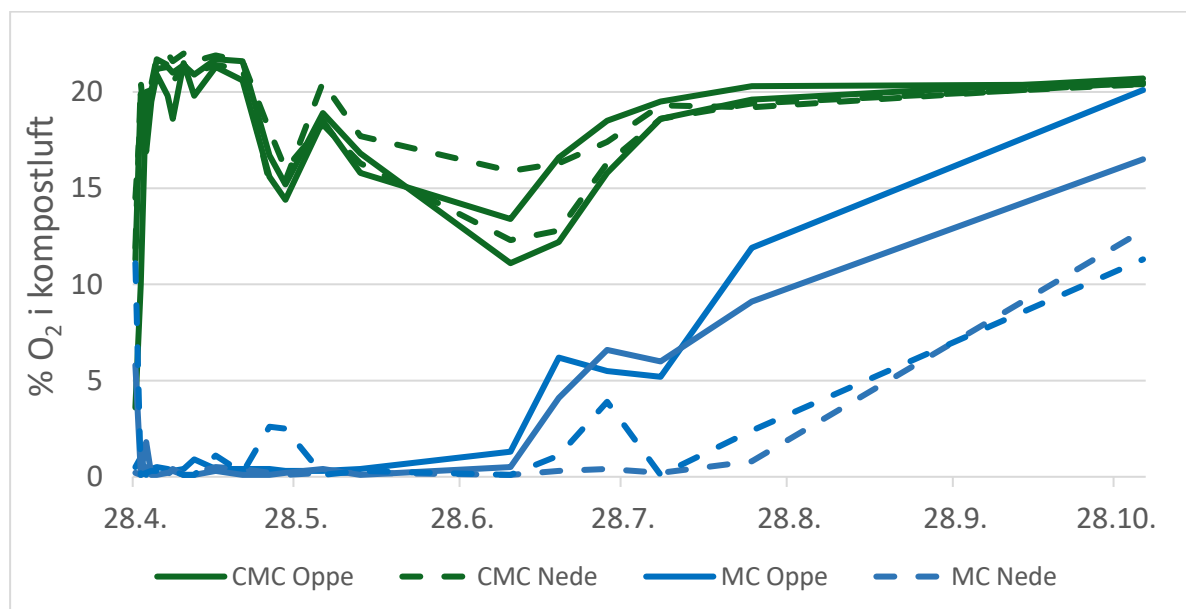
	MC	CMC
5-10 cm	78	53
20 cm	80	51

Ved avslutning av komposteringsperioden 2. november 2020 ble det tatt prøver til tørrstoffbestemmelse fra hele rankene. MC-ranken hadde et vanninnhold mellom 80 og 90 % og CMC-ranken mellom 50 og 60 % (Tabell 13 og 15).

Gasskonsentrasjonene i kompostlufta varierte både med ranketype og plassering av kompostlufttakere i komposten (Figurer 7-13). Dagen etter oppstart og før det ble kjørt kompostvender i CMC-ranken, var det lav konsentrasjon av oksygen både i CMC- og MC-rankene med henholdsvis 3,6 til 14,5 % O<sub>2</sub> i CMC-ranken og 0,2-11,1 % O<sub>2</sub> i MC-ranken (Figur 7). Konsentrasjonen holdt seg lavt i MC-ranken (0,1-1 % O<sub>2</sub>), mens vendingen i CMC-ranken gjorde at O<sub>2</sub>-konsentrasjonen var høyere i CMC dagen etter (10-20 % O<sub>2</sub>). Ny vending samme dag gjorde at konsentrasjonen av O<sub>2</sub> inne i CMC-

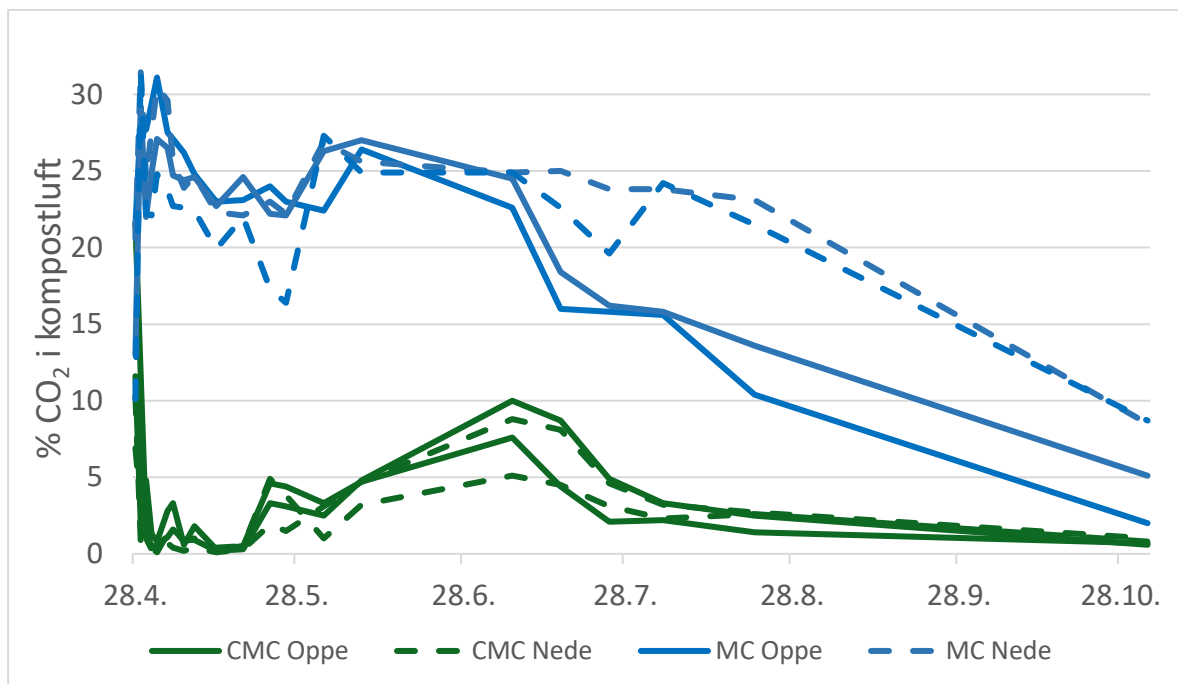
ranken steg til nær konsentrasjonen i atmosfæreluft (21 %). Mot slutten av mai og i juni/juli var det også målinger hvor konsentrasjonen av oksygen i CMC-ranken var lavere enn i atmosfæren. Den laveste konsentrasjonen var 11 % O<sub>2</sub>.

Etter vending økte konsentrasjonen av O<sub>2</sub> igjen. Det var ingen tydelig forskjell i oksygenkonsentrasjonen i øvre og nedre del av CMC-ranken. I slutten av juni var det tendens til lavere innhold i østre enn i vestre side av CMC-ranken. I MC-ranken var det lite oksygen i kompostlufta uansett plassering av kompostlufttakerne den første del av komposteringsperioden (0,1 - 2,6 % O<sub>2</sub>), men i juli steg oksygeninnholdet, mest i øvre del av kompostranken (Figur 7). Den 25. juli var det 5,5 og 6,6 % O<sub>2</sub> i de øverste luftsamlerne, mens ved avslutning var det steget til 17 og 20 % O<sub>2</sub>. Det er ingenting som tyder på at laget med leire har gjort komposten tettere da det enten ikke ble registrert forskjell eller en tendens til høyere konsentrasjon av O<sub>2</sub> og lavere konsentrasjon av CO<sub>2</sub> i kompostluftsamlerne som var plassert der ranken vare dekket av et lag med leire.



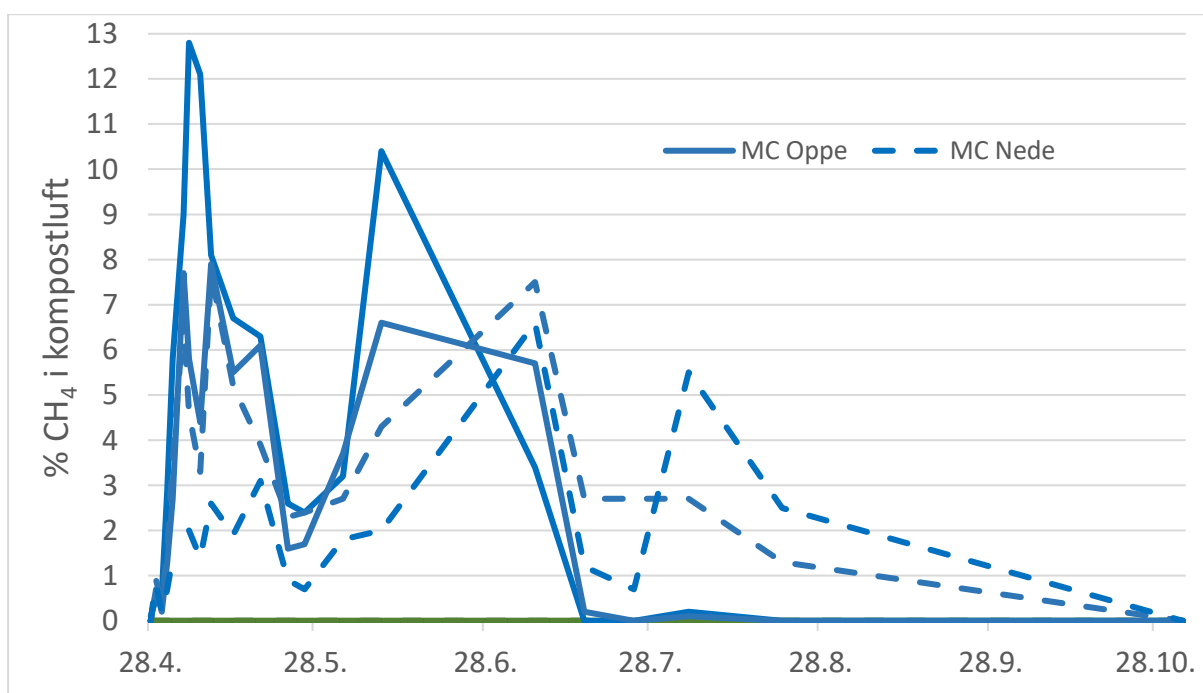
Figur 7. Konsentrasjon av oksygen i kompostlufta i CMC-ranken og MC-ranken fra oppstart 27. april til avslutning 2. november. På MC-ranken er det på vestre del leire på toppen av ranken etter 30. april. Det er to luftsamlere oppe og to nede i hver ranke. Rådata for alle registreringer av gass i kompostlufta er gjengitt i Vedlegg 1.

Utviklingen av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i kompostlufta var nær den motsatte av O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (Figur 7). Fram til juli var det høye CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i MC-ranken (20-32 % CO<sub>2</sub>), men CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen begynte deretter å avta spesielt i øvre del av MC-ranken. I CMC-ranken var det høye CO<sub>2</sub>- konsentrasjoner 28. april (7-22 % CO<sub>2</sub>). Også 19. april var det et målepunkt som viste 12 % CO<sub>2</sub>. Etter dette ble det aldri registrert CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner over 12 % i CMC-ranken.



Figur 8. Konsentrasjon av karbondioksid i kompostlufta i CMC-ranken og MC-ranken fra oppstart 27. april til avslutning 2. november. På MC-ranken er det på vestre del leire på toppen av ranken etter 30. april.

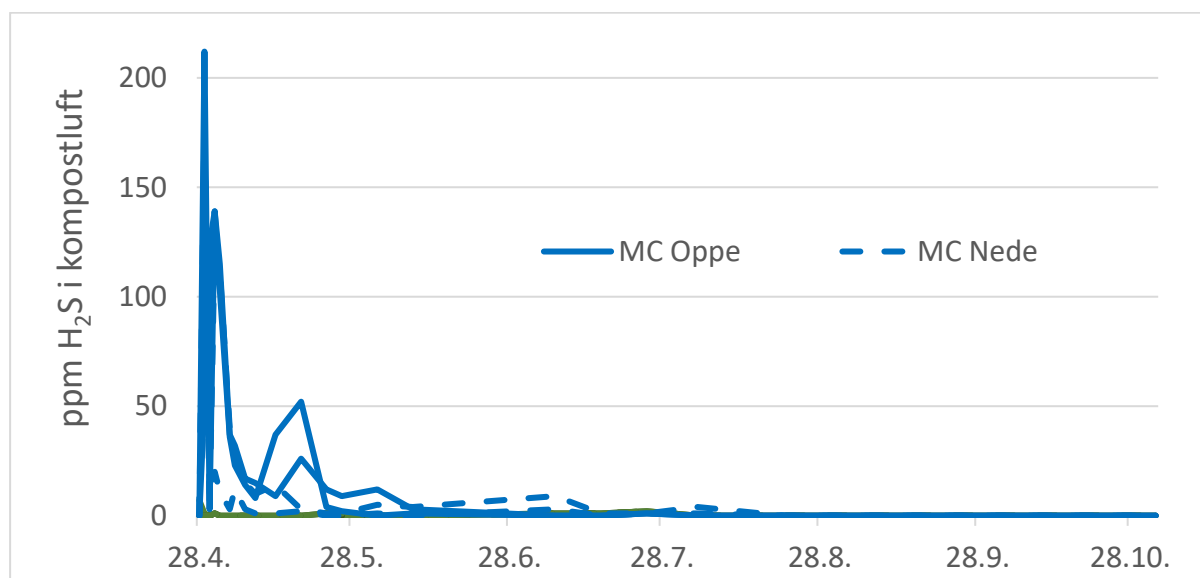
Vi observerte aldri metan i lufta i CMC-ranken, mens det i MC-ranken var konsentrasjoner opp til henholdsvis 13 og 10 % CH<sub>4</sub> øverst i ranken i begynnelsen av mai og i første del av juni (Figur 8). I mai falt det sammen med en periode med sludd, mens det i juni var rett etter en nedbørsperiode. Mot slutten av perioden registrerte vi bare metan i lufta nederst i ranken, med 6 % CH<sub>4</sub> som den høyest målte konsentrasjonen.



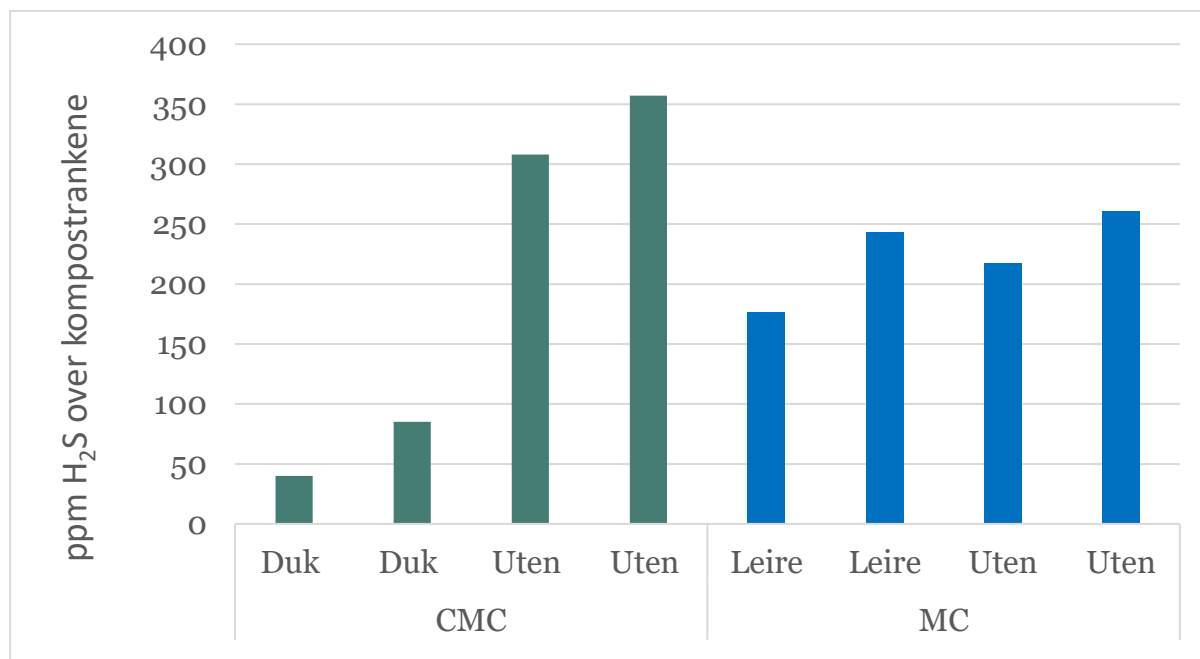
Figur 9. Konsentrasjon av metan i kompostlufta i CMC-ranken og MC-ranken fra oppstart 27. april til avslutning 2. november. På MC-ranken er det på vestre del leire på toppen av ranken etter 30. april.



I MC-ranken ble det registrert en betydelig konsentrasjon av hydrogensulfid først i perioden (Figur 9). På det meste var konsentrasjonen 212 ppm H<sub>2</sub>S. Plasseringen av kompostlufttakere så ikke ut til å ha noen betydning. Også i CMC-ranken ble det registrert litt frigjøring av H<sub>2</sub>S. Det var imidlertid bare svært lave konsentrasjoner i kompostlufta. Den høyeste konsentrasjonen var 7 ppm H<sub>2</sub>S dagen etter at ranken ble satt opp, før den ble vendt. Det ble registrert H<sub>2</sub>S i lufta over begge rankene 29. april (Figur 10). Fra 30. april og utover var det bare ubetydelige konsentrasjoner av H<sub>2</sub>S i lufta over rankene (maks 1-2 ppm H<sub>2</sub>S).

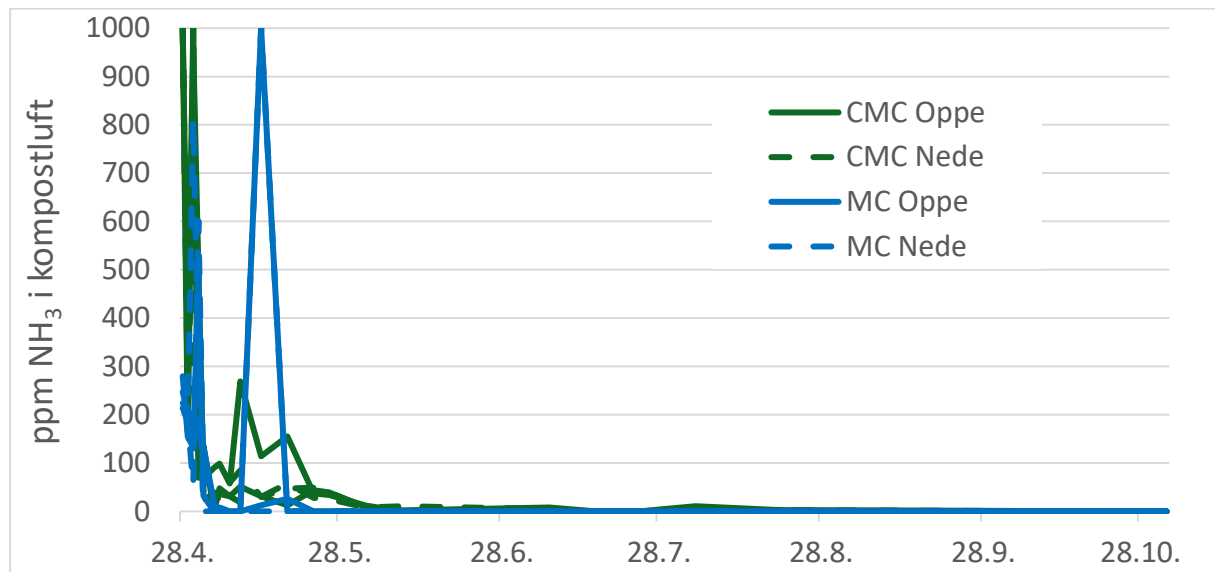


Figur 10. Konsentrasjon av hydrogensulfid i kompostlufta i CMC-ranken og MC-ranken fra oppstart 27. april til avslutning 2. november. På MC-ranken er det på vestre del leire på toppen av ranken etter 30. april.

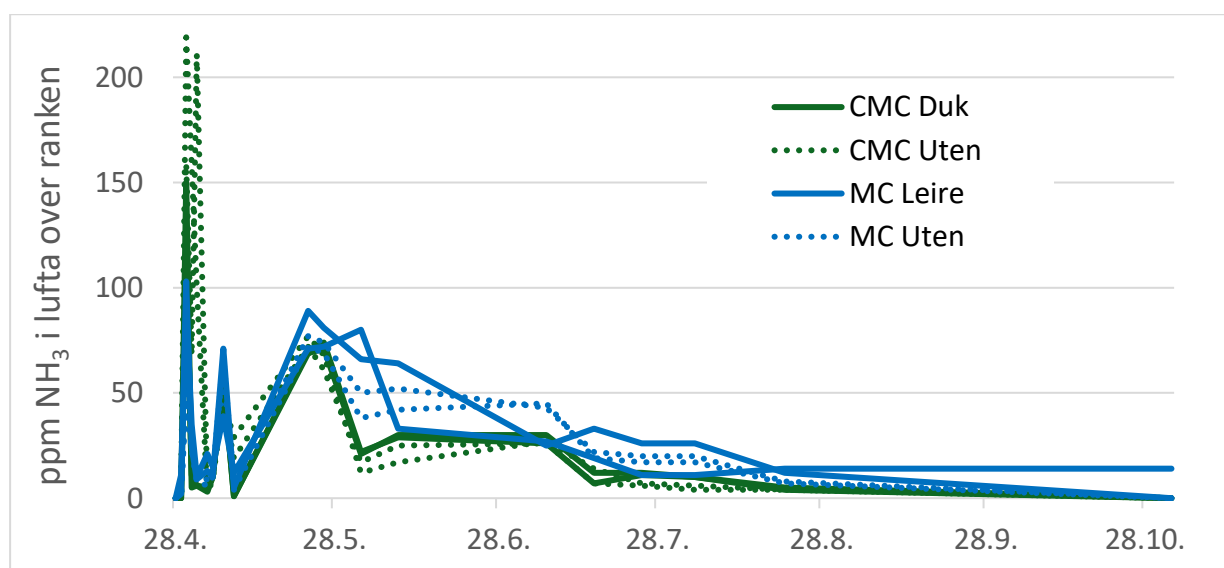


Figur 11. Konsentrasjon av hydrogensulfid over CMC-ranken og MC-ranken 29. april. «Duk» betyr at konsentrasjonen i lufta er målt over duken. «Uten» betyr at duken er tatt av. På MC-ranken var det aldri duk. Leire betyr at konsentrasjonen i lufta er målt over laget med leire. Det er én registrering bak hver søyle.

De første dagene var det stor frigjøring av ammoniakk i begge rankene (Figur 12). I CMC-ranken ble det registrert 1000 ppm NH<sub>3</sub> i lufta 28. april både oppe og nede i ranken. I MC-ranken ble det 13. mai gjort en registrering på 1000 ppm NH<sub>3</sub> oppe og en nede. Det er den høyeste konsentrasjonen GA5000 kan registrere. Også i lufta over rankene fant vi ammoniakk fra og med 30. april (Figur 12). Da var konsentrasjonen høyest i CMC. Da så det ut til av konsentrasjonen var lavere over duken enn om duken var tatt av. Det kan skyldes kondens, da vi ikke kunne registrere at duken påvirket NH<sub>3</sub>-konsentrasjonen i lufta over CMC-ranken senere i komposteringsperioden. Først i komposteringsperioden var konsentrasjonen av NH<sub>3</sub> høyest over CMC-ranken, senere var det en tendens til høyest NH<sub>3</sub>-utslipp i MC. Dekking med leire så ikke ut til å ha påvirket konsentrasjonen av ammoniakk i lufta over MC-ranken.



Figur 12. Konsentrasjon av ammoniakk i kompostlufta i CMC-ranken og MC-ranken fra oppstart 27. april til avslutning 2. november. På MC-ranken er det på vestre del leire på toppen av ranken etter 30. april.



Figur 13. Konsentrasjon av ammoniakk over CMC-ranken og MC-ranken fra oppstart 27. april til avslutning 2. november. «Duk» betyr at konsentrasjonen i lufta er målt over duken. «Uten» betyr at duken er tatt av. På MC-ranken var det aldri duk. Leire betyr at konsentrasjonen i lufta er målt over laget med leire på MC-ranken.

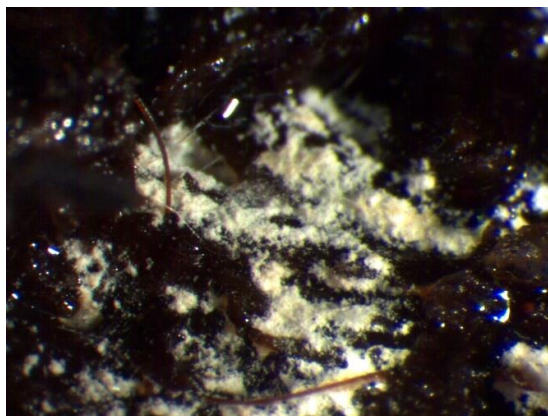
### 3.1.2 Visuelle og sensoriske vurderinger

Det var mest varmgang og fordampning i april og først i mai 2020. Kompostene ble lagt opp 27. april 2020 og det var ikke nedbør de første ukene etter dette. Allerede to dager etterpå (29. april) dampet det synlig godt gjennom kompostduken på CMC, men ikke over MC-komposten. MC-komposten hadde i stedet en tydelig fuktig 10 cm bred «krage» på toppen av ranken, ca 10 cm inn fra siden, hele vegen rundt. Det var dampdråper og varme like over denne kragen, men ikke ellers. Natten etter var det ned mot null grader. Den 30. april var det litt dugg på og under duken på CMC-ranken, men ingen damp over. Det var litt lunk på overflaten noen steder, registret med hendene. Det var en søtlig, litt emmen lukt fra denne komposten. MC-komposten hadde litt mindre tydelig vått kragebånd, men det var ca 20 cm bredt. Vi kjente en lunk med hånda på toppen og øverst på sidene av denne ranken, men det var ikke noe damp over. Etter det ble det mindre synlig damp og varme på utsiden av kompostene, mens det dampet en del fra CMC de første gangene med vending. Se mer om temperatur og fuktighet inne i rankene under 3.1.1.



Bilde 12. Bildene til venstre og høyre nede viser damp fra CMC-ranken i forbindelse med vending og etter vending. Bildet til høyre oppe viser en varm og fuktig krage på ca 10 cm rundt hele toppen på MC-ranken. Alle foto ble tatt 29. april 2020, to dager etter opplegging av kompostrankene.





Bilde 13. Hyfer av ekte sopp på et halmstrå (til venstre) og aktinobakterier (til høyre) inne i CMC-ranken 5. mai 2020. 40 x forstørrelse

Tabell 10. Det ble på tre datoer registrert lukt og farge på vått materiale inni og i overflaten av kompostene, grønskjær i overflaten (i form av mikroorganismer) og hattsopper utvendig. Hvitt belegg ble registrert inne i kompostene (sopp og aktinobakterier).

	Dato	Lukt	Farge (våt)	Grønskjær	Hattsopper	Hvitt belegg
CMC utenpå	5.5.	halm/gjødsel	brunsvart	nei	nei/et par	ja
CMC inni	5.5.	halm/gjødsel	brunsvart	nei	ja, små	ja
CMC utenpå	10.6.	høy/jordlukt	lys brun	nei	ja/lev+død	nei
CMC inni	10.6.	høy/jordlukt	brun	nei	ja/døde	ja/ en del
CMC utenpå	2.11.	skogjord/lite lukt	brun og svart	nei	nei	nei
CMC inni	2.11.	skogjord/lite lukt	brun og svart	nei	nei	nei
MC utenpå (m/leire)	5.5.	lite lukt	leirfarge	nei	1 hattsopp	nei
MC inn (m/leire)	5.5.	gjødsel	brunsvart	nei	nei	ja/ en del
MC utenpå (m/leire)	10.6.	høy/jordlukt	lys tørr overfl.	nei	ja/levende	nei
MC inn (m/leire)	10.6.	syrlig møkk	mørk brun	nei	nei	nei
MC utenpå (m/leire)	2.11.	lite lukt	lys gråbrun	noen få stede	nei	nei
MC inn (m/leire)	2.11.	lite lukt/ met./ana.	mørkebrun	nei	nei	nei
MC utenpå	5.5.	lite lukt	utvaska halm	nei	nei	nei
MC inni	5.5.	gjødsel	brunsvart	nei	3 hattsopper	ja/ en del
MC utenpå	10.6.	høye/jordlukt	lys tørr overfl.	nei	ja/levende	nei
MC inni	10.6.	syrlig møkk	mørk brun	nei	nei	nei
MC utenpå	2.11.	lite lukt	lys gråbrun	noen få stede	nei	nei
MC inni	2.11.	lite lukt/met./ana.	mørkebrun	nei	nei	nei

Det var sjelden vond lukt av kompostmassene på de utvalgte prøvedatoene. Det var mer lik lukt utenpå og inne i CMC-ranken sammenliknet med MC-ranken. Det var ikke noen tydelig forskjell i lukt mellom den delen av MC-ranken som hadde leirlag utenpå og den uten. Det var en anelse metallisk og anaerob lukt inne i MC-ranken ved avslutning 2.11.2020 sammenliknet med CMC.

Fargen ble også mer forskjellig utenpå og inne i MC-ranken utover i prosessen med stadig mørkere brunfarge inni, mens den var mer lys utvendig. Det var små flekker med grønskjær utenpå MC-ranken i november. I CMC-ranken var fargen brun og svart inni og utenpå ved avslutning, mens fargen var lysere i juni (Tabell 10).



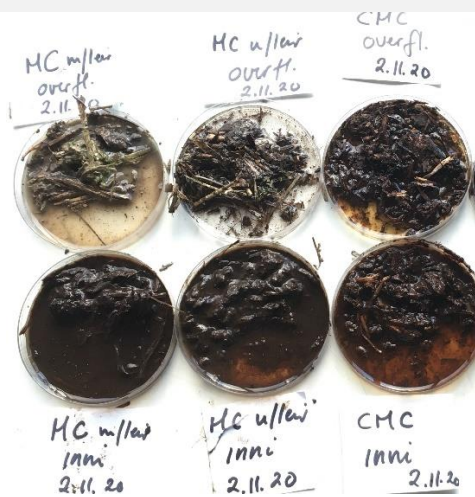
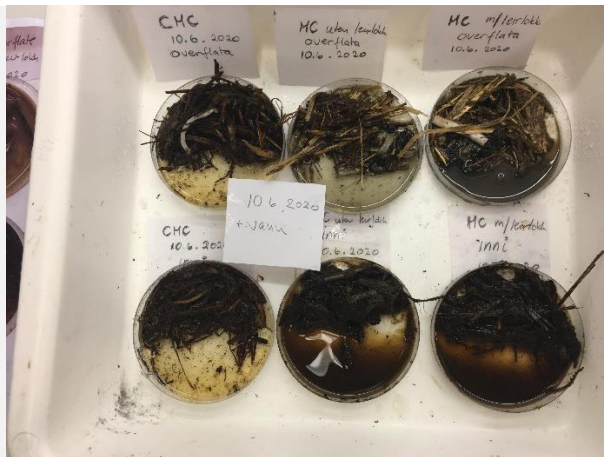


*Bilde 14. Det var fruktlegemer av blekksopparter på begge rankene 7. mai. De to bildene til venstre er fra MC-ranken (med og uten leirlag) og de to til høyre fra CMC-ranken.*

Det var tydelige fruktlegemer av blekksopper på begge rankene i mai og juni, men ikke i oktober. Hvitt belegg, mest sannsynlig både aktinobakterier (litt gulhvitt farge og tynnere hyfer/tråder) og ekte sopp (hvitaktige hyfer) fant vi mest av i mai i begge rankene. Det var mye hvitt og gulhvitt belegg da vi vendte CMC-ranken utover i mai, dette er hattsopper og tråddannende bakterier som deltar i omdanningen av det organiske materialet.

Vi tok ut kompostprøver på samme tidspunkter og steder i rankene som de visuelle observasjonene gjengitt i tabell 10. Vi hadde kompostprøvene i petriskåler, sprayet på vann og tok bilde av vannfargen og prøven (Bilde 15). Vannet var farget fra start til slutt. Fargene var gul/rød-brunt i mai og litt mer rødbrunt og mørkebrunt i juni og november. Det var mer farge på vannet etter 20 timer enn like etter spraying. På siste måling, i november, var vannet mer viskøst (tykktflytende).

I materialet hentet fra CMC-ranken hadde vannet samme farge enten prøven var hentet ved overflaten eller inne i ranken. Det var samme tendens som for de visuelle og sensoriske målingene. Fargen var generelt lysere fra prøvene som ble tatt i ytterkant av MC-ranken enn de som ble tatt inni. Fargen var lik for prøvene hentet inne i MC-ranken med og uten leirlag, mens utenpå var det litt mer brungrått der det var hentet fra området som var dekket med leire. Ved avslutning fant vi ikke synlig forskjell i farge på vannet mellom prøver hentet inne i CMC-ranken eller i MC-ranken.

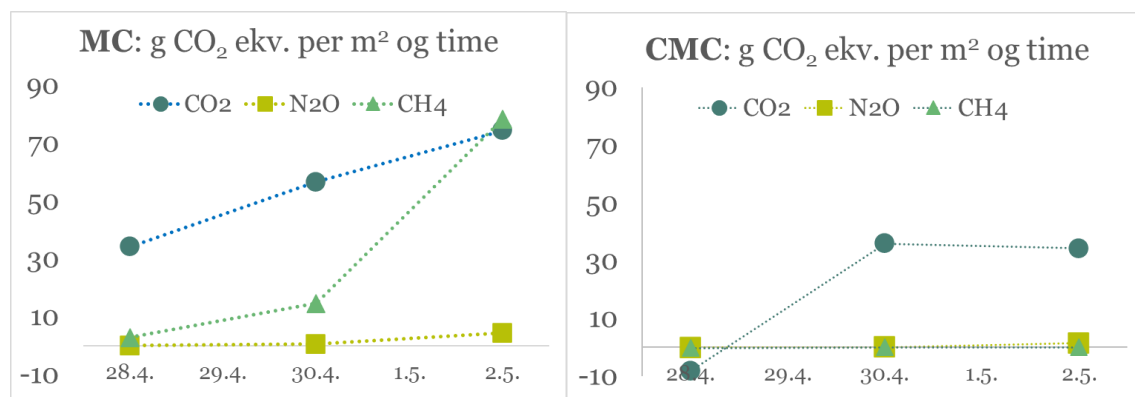


Bilde 15. Kompostprøver fra utsiden og inne i kompostrankene CMC, MC med leirlag og MC uten leirlag, fra 5.5., 10.6. og 2.11.2020. Alle prøvene er sprayet med destillert vann og rotet litt i med en pinsett. De tre bildene til venstre er tatt kort tid etter tilsetning av vann, mens de til høyre er tatt etter ca. 20 timer. Prøvene ligger i ulik rekkefølge i bildene.

### 3.1.3 Utslipp av klimagasser

I registreringene gjort de fem første dagene etter oppsett av rankene var det utslippene av CO<sub>2</sub> som betydde mest for det totale utslippet av klimagasser omregnet til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter fra CMC-ranken (Figur 14). Over MC-ranken var utslippet av CO<sub>2</sub> høyere enn utslippet av CH<sub>4</sub> målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter de to første måledagene, men dag 5 var CH<sub>4</sub>-utslippet omtrent like stort som av CO<sub>2</sub>. Over CMC-ranken ble det ikke registrert utslipp av CH<sub>4</sub>. Sammenlignet med CO<sub>2</sub>-utslippene betydde utslippene av lystgass (N<sub>2</sub>O) lite for de samlede utslippene av klimagasser (Figur 14). Det var imidlertid en tydelig økning av utslippene av N<sub>2</sub>O over begge rankene i løpet av de fem første dagene etter oppsett av rankene. Første måledag registrerte vi en negativ N<sub>2</sub>O-strøm, altså et tilsynelatende opptak av N<sub>2</sub>O på 0,04 mg N<sub>2</sub>O-N per m<sup>2</sup> og time i MC-ranken og 0,14 mg N<sub>2</sub>O-N i CMC-ranken. Dag fem registrerte vi et gjennomsnittlig utslipp på 14,5 mg N<sub>2</sub>O-N per m<sup>2</sup> og time i MC-ranken og 4,9 mg N<sub>2</sub>O-N i CMC-ranken.

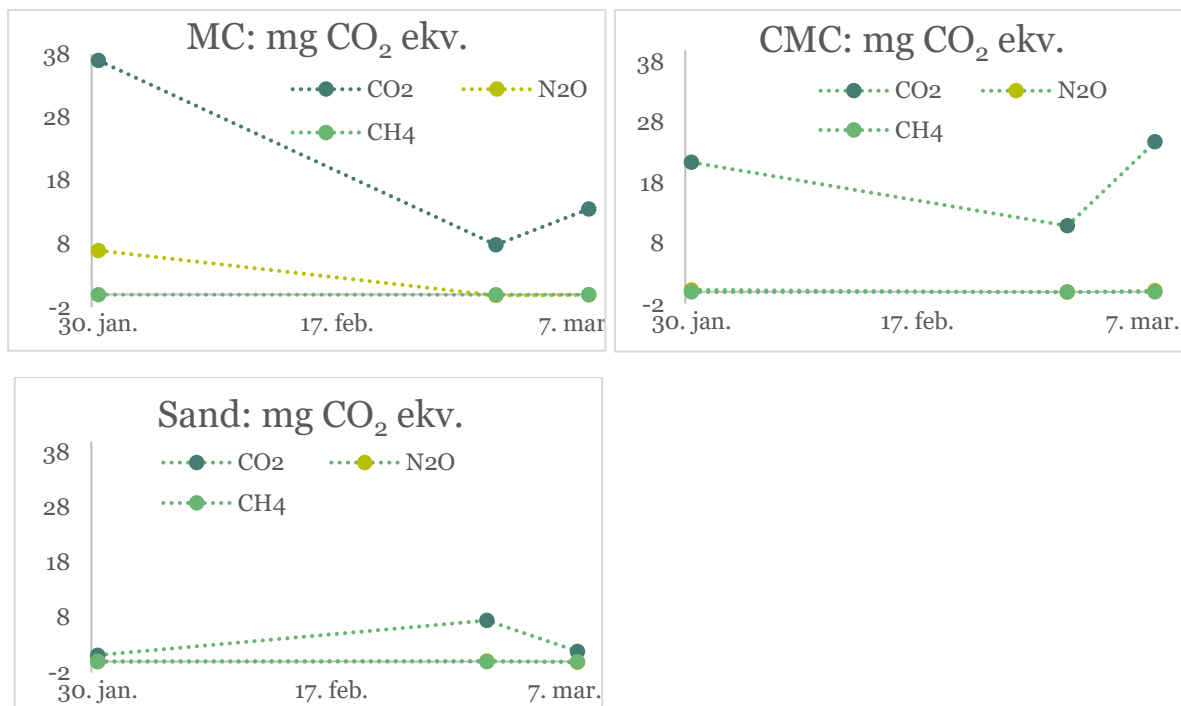
Dag fem var det en tendens til lavere utslipp av CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub>, men høyere utslipp av N<sub>2</sub>O over MC-ranke der det var lagt på leire enn der det ikke var. Det var imidlertid for få observasjoner til at dette kan stadfestes med statistiske beregninger. Vi kunne ikke registrere noen tendenser til effekt på utslipp av CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O eller CH<sub>4</sub> om duken som dekket komposten var av eller på. Dette er ikke vist i figuren, men data finnes i vedlegg 2.



Figur 14. Utslipp av klimagassene CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O på toppen av MC og CMC-rankene en til fem dager etter oppsetting av rankene, oppgitt som g CO<sub>2</sub>-ekv. per m<sup>2</sup> og time. Bak hvert punkt på kurven er det 3-4 registreringer. Utslippshastighet for hvert målekammer og dato oppgitt som mg CO<sub>2</sub>-C, µg N<sub>2</sub>O-N og µg CH<sub>4</sub>-C og mg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter finnes i vedlegg 2.

Utslippene av klimagasser fra potteforsøkene var svært små, med høyest utslipp der det var tilsatt materiale fra MC-ranken til sandjord ved registrering av klimagassutslipp 30. januar, 5 dager etter oppstart av potteforsøket. Da var utslippet av lystgass 15 µg N<sub>2</sub>O-N per m<sup>2</sup> og time (fra 10 til 22 µg), av CO<sub>2</sub> 10 mg CO<sub>2</sub>-C per m<sup>2</sup> og time (fra 6 til 13 mg), mens der var et netto opptak av metan (-0,1 til -1,8 µg CH<sub>4</sub>-C per m<sup>2</sup> og time). Omregnet til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter er det utslippet av CO<sub>2</sub> som har størst betydning (Fig. 14). I sandjord tilsatt CMC blir det registrert mer CO<sub>2</sub> mot slutten av perioden, noe som sannsynligvis skyldes ånding fra plantene som vokste der da målingen ble gjort i et mørkt kammer. Der det var ren sand var alle utslipp nær null.





Figur 15. Utslipp av klimagassene CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O fra potteforsøk startet 25. januar 2021, oppgitt som mg CO<sub>2</sub>-ekv. per m<sup>2</sup> og time. Bak hvert punkt på kurven er det 3 registreringer. Utslippshastighet for hvert målekammer og dato oppgitt som mg CO<sub>2</sub>-C, µg N<sub>2</sub>O-N og µg CH<sub>4</sub>-C og mg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter finnes i vedlegg 2. Merk at skalaen er 1000 ganger mindre enn i Figur 14.

## 3.2 Kompostmaterialet ved avslutning

### 3.2.1 Modenhetsvurderinger med karsetester

#### Karsetest 1

Den 6. november var karsefrøene begynt å spire på alt kompostmaterialet unntatt på CMC og URØRT (Bilde 16). Spirene på MC-komposten var jevne, korte og mørkegrønne 6. november. Noen dager etter begynte spirene å bli gule/gulrøde. Den 12. november var det fremdeles ikke tegn til spiring på CMC- og URØRT-kompostene. Etter at plastfolien ble fjernet, ble det raskt en hard skorpe på materialet fra CMC- og URØRT-kompostene som førte til dårlig infiltrering av vann.

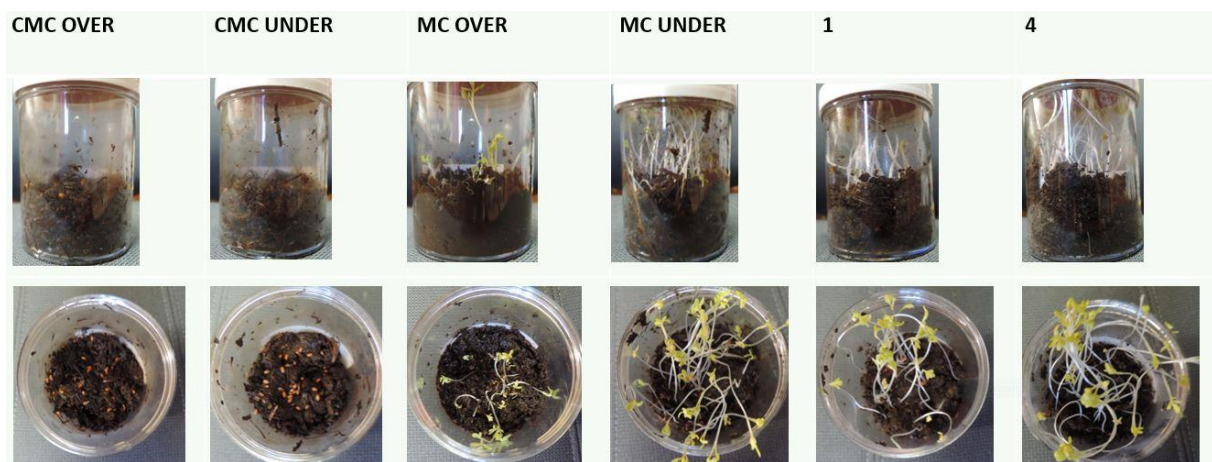


Dato	MC NEDE	CMC BLANDET	3	2	MC BLANDET	1	4	MC OVER	MC OVER	URØRT	URØRT
	3	2	MC BLANDET	5	CMC BLANDET	4	CMC OVER	1	MC NEDE		
3. november											
6. november											
12. november											

Bilde 16. Utvikling av karsespirer på materiale fra ulike komposter 3., 6. og 12. november 2020. Plassering av forkortelsene øverst gjengir plassering i bildene under. Forkortelsene er forklart i tabell 2.

## Karsetest 2

I karsetesten som ble utført på kompostmateriale i glass med lokk, så vi samme tendens som i karsetest 1. Det var ikke tegn til spiring på CMC-kompostene mens det spirte på MC-kompostene. Prøvene sto imidlertid ikke like lenge som i karsetest 1 der spirene etter hvert ble gule/gulrøde. Vi fikk derfor ikke registrert videre utvikling av spirene.

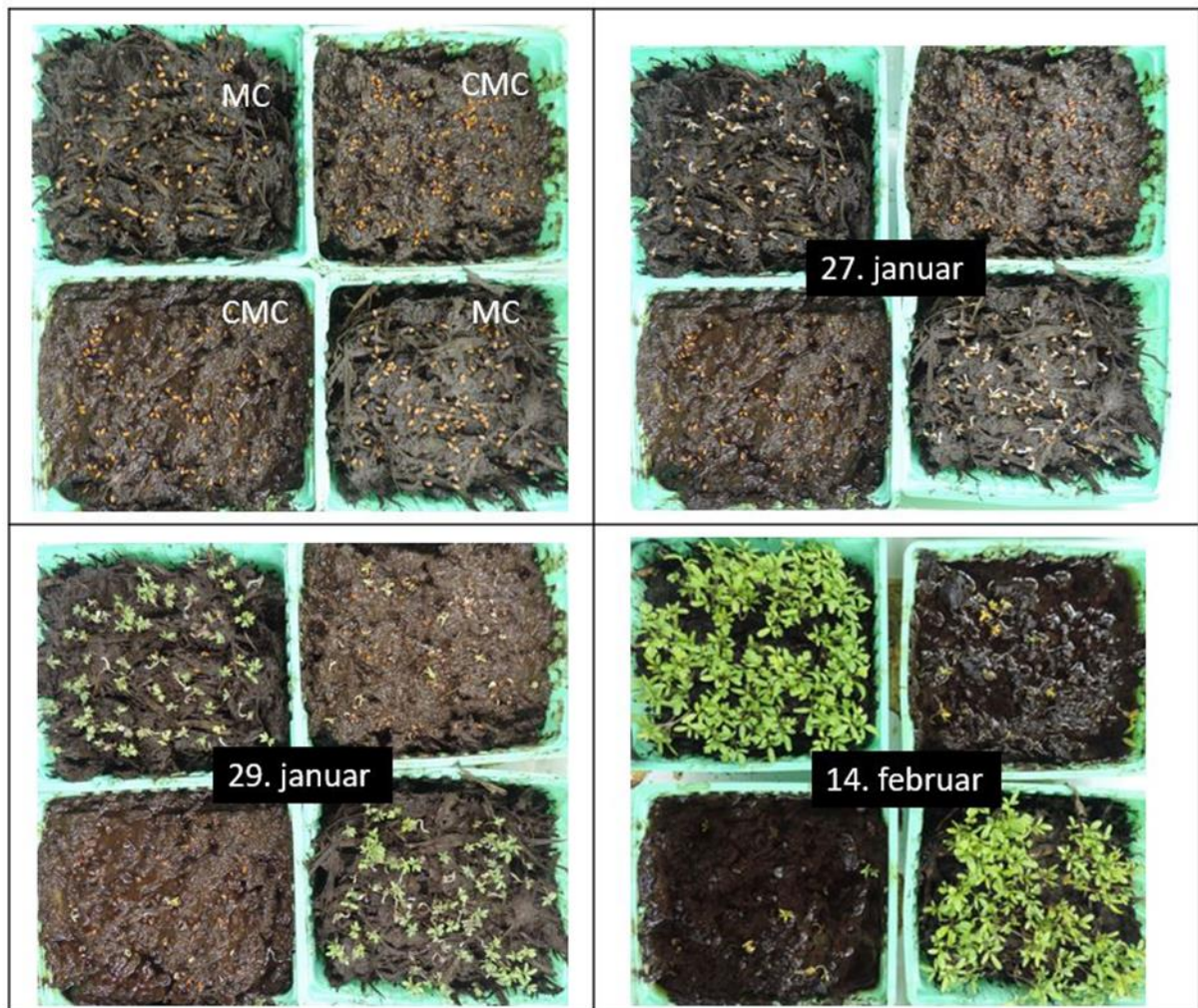


Bilde 17. Karsespirer i materiale fra ulike komposter etter 5 døgn i glass med lokk. Det spirte på alt kompostmateriale unntatt på det fra CMC-ranken. Forkortelsene for de ulike kompostmaterialene gjengitt øverst er beskrevet i tabell 2.



### Karsetest 3

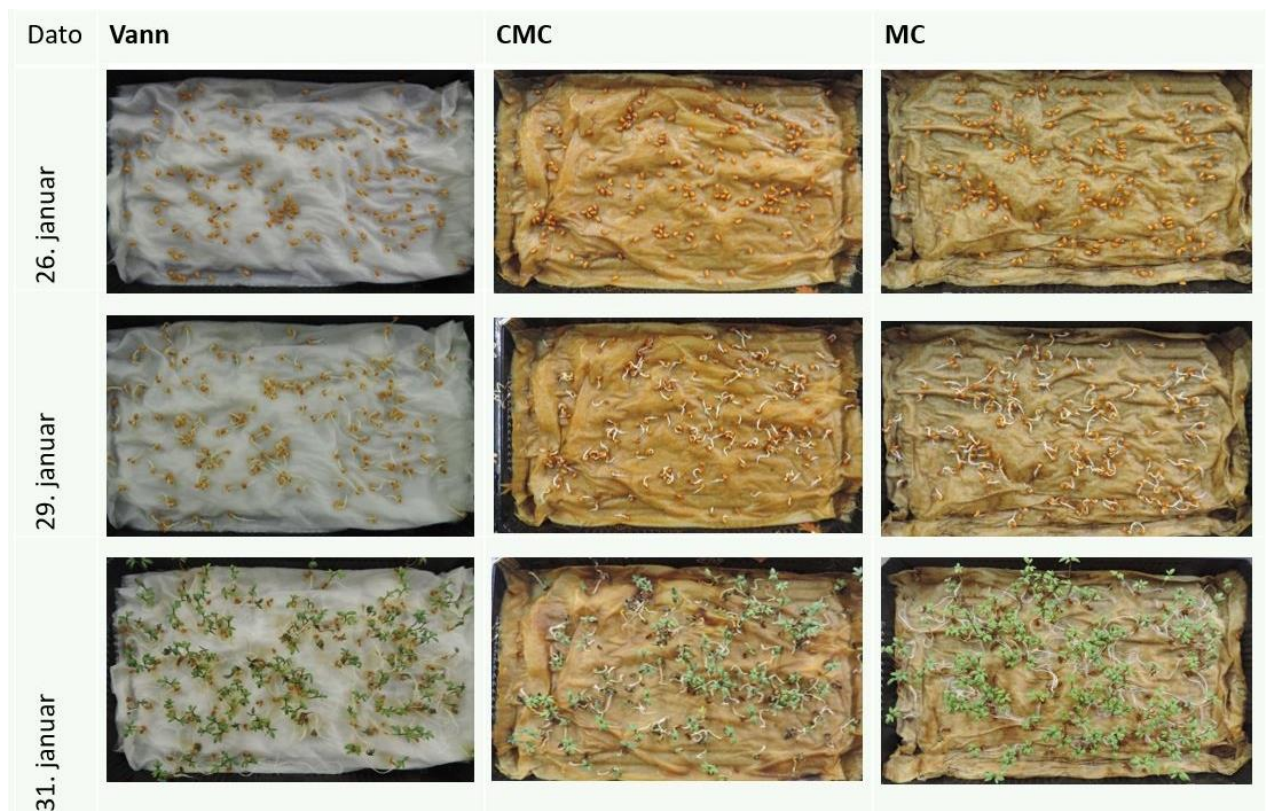
Vi registrerte sterk spirehemming på materialet fra CMC-komposten, selv etter at kompostmaterialene fra CMC- og MC-rankene hadde stått i romtemperatur i underkant av 3 måneder etter at materialet var tatt ut av kompostrankene 2. november 2020. Vi hadde forventet at lagringen ville redusere spirehemmingen i CMC-kompostmaterialet. Bare noen få frø spirte og disse utviklet seg dårlig. På MC-komposten spirte karsen jevnt og utviklet seg tilfredsstillende fram til siste fotoregistrering 17. februar. Da var det antydning til gulning av spirene, men ikke like markert som i karsetest 1, muligens fordi kompostmaterialet var mer modnet.



Bilde 18. Karsetest på kompostmateriale fra CMC- og MC- kompostene etter lagring i plastdunker i om lag tre måneder.

### Karsetest 4

Vi registrerte ganske lik spiring og utvikling av spirer i de ulike behandlingene (vann, SMC- og MC- uttrekk). Dagen etter at frøene var spredd på fuktet håndklepapir var det begynnende spiring på alle tre brettene. Videre utviklet spirene seg tilfredsstillende uten synlig mistrivsel fram til siste fotoregistrering.



Bilde 19. Spiring av karse sådd 25. januar på håndklepapir dynket med vann (t.v.) uttrekk av CMC-kompost (i midten) og MC-kompost (t.h.) registrert 26., 29. og 31. januar.

### 3.2.2 Modenhetsvurdering med Solvita kompost modenhetstest

Ved sammenligning av fargen på indikatorstikkene for  $\text{NH}_3$  i glassene med kompost, med fargeskalaen på stripsen, var vi enige om at de tilsvarte farge 5 (skala 1-5 der 5 indikerer lavt  $\text{NH}_3$ -innhold) for alle kompostene. Fargen var mer ulik mellom kompostene på  $\text{CO}_2$ -indikatorene. På en skala fra 1-8 der 8 indikerer lavt nivå, vurderte vi kompostene slik: 1= 6-7, 4=7, MC OVER=6, CMC OVER=7, MC BLANDET=5-6 og CMC BLANDET=7 (8). Det var imidlertid ikke helt enkelt å bestemme tallene for  $\text{CO}_2$  fordi fargegjengivelsen på indikatorpinnene var ganske ulik fargene på nummerstripsen.

Tabell 11. Indikasjonstall for ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ) og karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) etter Solvita kompost modenhetstest. Skalaen for  $\text{NH}_3$  går fra 1-5 (5 indikerer lavt nivå) og skalaen for  $\text{CO}_2$  går fra 1-8 (8 indikerer lavt nivå). Modenhetsindeksen framkommer ved innsetting av indikasjonstallene for  $\text{NH}_3$  og  $\text{CO}_2$  i kalkulatoren for modenhetsindeks (Tabell 3).

Kompost	$\text{NH}_3$	$\text{CO}_2$	Modenhetsindeks
1	5	6,5	6
4	5	7	7
MC OVER	5	6	6
CMC OVER	5	7	7
MC BLANDET	5	5,5	5
CMC BLANDET	5	7 (+)	7



Ut fra beskrivelsene av tilstanden til komposter i tabell 4, som baserer seg på modenhetsindeksen, betegnes kompostene 4, CMC OVER og CMC BLANDET som «Godt modnet, aldret kompost, få begrensninger på bruken». Komposten 1 og MC OVER betegnes som «Ettermodning, behov for lufting redusert, kompost klar for ettermodning, redusert behov for håndtering, 6 eller høyere er vanligvis ansett som brukbar for offisiell bruk» mens komposten MC BLANDET betegnes som «Komposten forbi den aktive fasen med nedbrytning og klar for ettermodning, redusert behov for intensiv håndtering».

### 3.2.3 Visuelle og sensoriske egenskaper ved kompostmaterialet

Ved avslutning av komposteringsperioden 2.11.2020, da kompostene hadde ligget i litt over 6 måneder, ble visuelle og sensoriske egenskaper ved kompostmaterialet vurdert.

Begge haugene var blitt betraktelig mindre i volum og det var ved øyesyn litt mer masse igjen i MC-enn i CMC-ranken. Det var også en «hattebrem» med vått og litt klebrig masse rundt begge rankene (se bilde 20?). Rankene var blitt flatere og mer som hauger i formen. Det var tydelig brunfarget vannavsig fra begge haugene. Det var et grønnskjær i endene av MC-ranken, på grunn av et grønt belegg av alger og mosevekst. Dette observerte vi ikke på CMC-ranken. En del planter vokste på overflaten av MC-ranken, eksempelvis hveteplanter, noen kvitkløver og en del ulike grasarter. Ingen frøgrasplanter hadde etablert seg. Det vokste ikke planter på CMC (Bilde 20).



*Bilde 20. MC-ranken til venstre og CMC til høyre. Det var en våt kant med kompostmasse rundt begge kompostrankene og flere ulike planter, men ikke ettårig frøgras på MC-ranken (6. november 2020). Lappene til temperaturloggere og selve sugeslagene for gassmåling er synlig på bildet til høyre. Sissel Hansen måler gasskonsentrasjonen i kompostlufta med gassanalysatoren GA5000. Det samme måleutstyret lå inni begge kompostene.*

Ved avslutning var materialet i CMC-ranken tørrere, halmen var kortere og materialet lettere å smuldre opp i mindre klumper enn i MC-ranken. MC-materialet bestod av flere lengre halmstrå, det var mer lagdelt og veldig viskøst. Materialet fra CMC-ranken var mer homogent enn materialet i MC-ranken. Vi tok litt kompostmateriale i hånda og klemte på det (klemmetest). Det kom ikke vann ut av



massene i CMC, men i MC kom hele massen ut mellom fingrene. Konsistensen på materialet inne i MC-ranken minnet om omdannet, litt fettaktig torv eller tykk sviskegrøt i konsistens. Generelt var det lite lukt. Lukta av materialet fra CMC-ranken var generelt jordaktig (Tabell 10). Materialet fra MC-ranken luktet også lite, men noen steder litt metallisk og det var ikke noe særlig skogsjordlukt. På et par steder luktet det også litt anaerobt, men det luktet ikke forråtnelse.



Bilde 21. Strukturen på komposten etter 6 mnd. Masse tatt ut inni CMC (Øv) og inne i MC (Øh). Nederst er det bilder av den tørkede kompostmassen fra CMC til venstre og MC til høyre. De tørre prøvene er fra nettposene med kompostmasse som lå inne i rankene for registrering av massetap.

I undersøkelsen av en snittflate i hver av CMC- og MC-ranken uten leirlag, fant vi noen likheter og noen synlige forskjeller. Begge snittflatene hadde tydelig mørkere farge enn utgangsmaterialet hadde. CMC-snittflaten var mer homogen, men litt mer fuktig og tett mot bunnen. MC hadde et



tørrere, ca 5 cm tykt lag med mye synlig halm ytterst. I midten var det en litt fast «sviskegrøt»-konsistens, og i de nederste 10 cm var det et lag som var lysere brunt og lignet i farge og konsistens på utgangsmaterialet. Fargemessig var det ulike nyanser av brunt og svart i begge haugene.



Bilde 22. Snittflate gjennom CMC (til venstre) og MC uten leirlag 6 måneder etter start (2.11.2020).

Mot slutten av perioden kom det meitemark i MC-ranken, men ikke i CMC-ranken. Vi undersøkte ikke hele kompostrankene for meitemark, men observerte underveis i arbeidet ellers og gravde litt et par steder og undersøkte det vi fant. Det var både voksne skogmeitemark (*Lumbricus rubellus*) og voksne kompostmeitemark (*Eisenia fetida/andrei*) i MC-ranken. Vi fant også en voksen gråmeitemark (*Aporrectodea caliginosa*). Det var også juvenile kompostmarker og kokonger. Vi fant marker inne i MC-komposten i nærheten av alle de innlagte nettposene. I noen av nettposene var det også små meitemark. Vi fant ikke meitemark tilsvarende steder i CMC-ranken.






























*Bilde 23. Ulike arter meitemark i MC-komposten 6 måneder etter start. På bildet til venstre ses tre skogmeitemark med lysere belter, en gråmeitemark i midten og en kompostmark til høyre midt i bildet. Bildet til venstre er av tre kompostmeitemarker.*

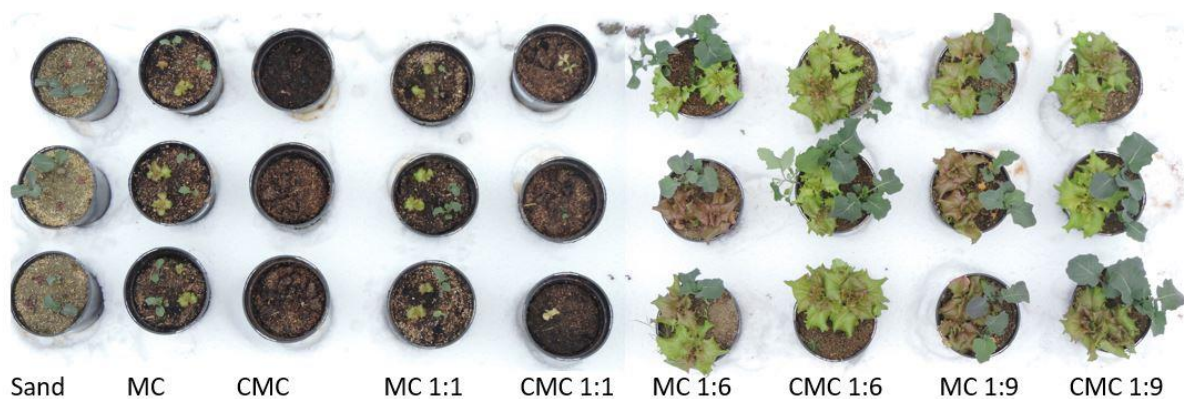
### 3.2.4 Dyrkingsegenskaper

I behandlingene CMC (ublandet kompostmateriale) og CMC 1:1 (kompostmateriale halvblandet med sand) var det dårlig eller ingen spiring av salat og brokkoli. Det var svært dårlig utvikling av de plantene som spirte og flere visnet og døde. I S (sand), MC (ublandet kompostmateriale), MC 1:1 (kompostmateriale halvblandet med sand) var det flere frø som spirte av både salat og brokkoli, men plantene utviklet seg dårlig og viste tegn på mistrivsel. I praksis vil det si at ingen av disse behandlingene, enten kompostmateriale i ren form eller halvblandet med sand, egnet seg som så- eller vekstmedium. Når kompostmaterialet ble blandet med sand i forholdet 1:6 og 1:9, registrerte vi tilfredsstillende planteutvikling både på salat- og brokkoliplanter (Bilde 24). Det var færre frø som spirte i både CMC 1:6 og MC 1:6 enn i ublandet kompostmateriale og i sand, noe vi ikke har forklaring på.

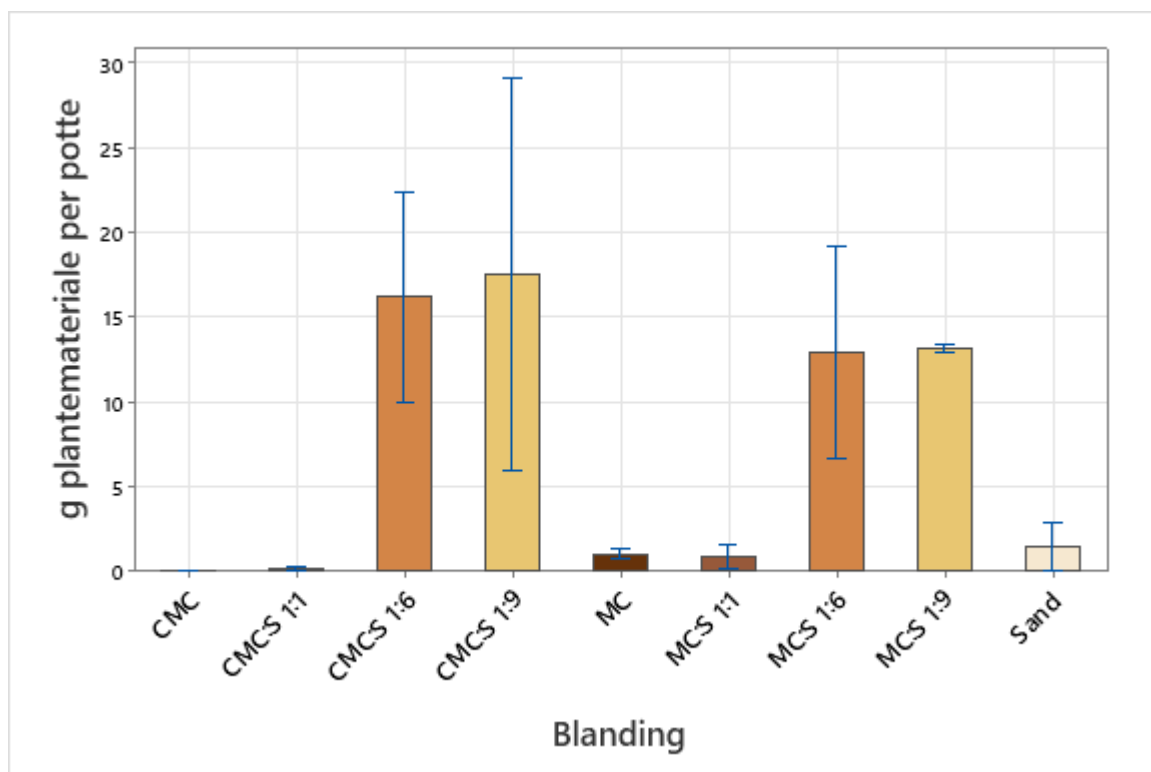


Behandling	17. februar	1. mars	8. mars
S			
CMC			
MC			
CMC 1:1			
MC 1:1			
CMC 1:6			
MC 1:6			
CMC 1:9			
MC 1:9			

Bilde 24 Utvikling av salat- og brokkoliplanter i de ulike behandlingene registrert 17. februar, 1. og 8. mars. Forkortelsene for behandlingene er beskrevet i Tabell 7.



Bilde 25. Salat- og brokkoliplanter ved avslutning av dyrkingsforsøket i de ulike behandlingene. Forkortelsene for behandlingene er beskrevet i Tabell 7.



Figur 16. Vekt av brokkoli og salat vist i bilde 25. Vekten er oppgitt som fersk vekt av salat + brokkoli i g per potte i gjennomsnitt for tre pottes. Forkortinger for de ulike blandingene av kompostmateriale og sand er oppgitt i Tabell 7. De lodrette linjene viser 95 % konfidensintervall. Der de overlapper er det ikke statistisk forskjell mellom søylene. Rådata er oppgitt i Vedlegg 3.

### 3.2.5 Kjemisk innhold og tap av næringsstoff og masse

Det er ikke stor forskjell på innholdet av totalnitrogen i kompostmaterialet om det kommer fra CMC eller MC-ranken, men i begge tilfeller er konsentrasjonen høyere enn ved start av forsøket (Tabell 12). Tørrestoffinnholdet, og konsentrasjonen av  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{P-AL}$  og  $\text{K}_{\text{AL}}$  er høyest i CMC, mens C/N-forholdet og konsentrasjonen av  $\text{NH}_4\text{-N}$  er høyest i MC (Tabell 12 og 13). pH var også høyere i CMC enn i MC. Tendens til lavere innhold av  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , karbon, fosfor, kalium, magnesium og kalsium og høyere askeinnhold i prøver tatt ut av hele CMC-ranken (CMC hele i tabell 13) enn i nettingposene (CMC oppe/nede) skyldes antakelig at det ble blandet inn litt grus ved vending av CMC-ranken.

Tabell 12. Kjemiske analyser av kompostmaterialet; innhold av tørrstoff, nitrogen og karbon.

Type materiale	Tørrstoff g/100g kompost	Nitrogen g/100g tørrstoff	NH <sub>4</sub> -N mg/100g tørrstoff	NO <sub>3</sub> -N mg/100g tørrstoff	Karbon g/100g tørrstoff	C/N Karbon/nitrogen
Talle MC	24	2.3	190	0.8	36	16
Talle CMC	28	2.4	130	0.7	35	15
MC oppe	15	2.7	38	7.8	37	14
MC nede	16	2.8	28	35	38	14
MC hele	17	3.0	47	21	35	12
CMC oppe	43	2.7	11	190	31	11
CMC nede	36	3.6	18	180	29	8
CMC hele	40	2.5	8.7	160	19	8
Eldre komp	39	2.9	1.6	15	30	10
Snitt MC	16	2.8	33	21	38	14
Snitt CMC	40	3.2	15	185	30	10

Talle er blandingsprøver av talle etter at kompostvender er kjørt etter oppsett av begge rankene; MC=Ranke uten vending; CMC=Ranke med vending, oppe er sammenslåing av de to nettingsposene som lå øverst i hver av rankene; nede er sammenslåing av de to nettingsposene som lå nederst i hver av rankene; hele er en samleprøve fra 6 spann bestående av 10 mindre prøver tatt ut i hver av rankene; eldre komp er eldre kompost som ble brukt som smitte inn i rankene ved oppsett. Snitt MC og CMC er gjennomsnitt av prøvene i nettingposer. Analysene er gjort av Eurofins.

Tabell 13. Kjemiske analyser av kompost; pH, aske, fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg) og kalsium (Ca)

Type materiale	pH målt vann	Aske i g/100g tørrstoff	Fosfor (P) g/100g tørrstoff	P <sub>-AL</sub> mg/100g lufttørket	K <sub>-AL</sub> mg/100g lufttørket	Mg <sub>-AL</sub> g/100g lufttørket	Ca <sub>-AL</sub> g/100g lufttørket
Talle MC	8,9	18	0,50	190	2800	250	690
Talle CMC	8,9	17	0,33	160	2300	230	660
MC oppe	8,2	28	0,82	400	1500	310	990
MC nede	8,3	25	0,70	370	2300	300	940
MC hele	8,5	31	0,71	370	2500	350	970
CMC oppe	8,6	39	0,68	470	3700	320	970
CMC nede	8,8	46	0,84	460	3500	370	910
CMC hele	8,5	63	0,53	340	2700	260	760
Eldre kompost	7,5	36	0,47	210	92	270	1100
Snitt MC	8,3	27	0,76	385	1900	305	965
Snitt CMC	8,7	42	0,76	465	3600	345	940

Forkortelser og forklaringer av type materiale som i tabell 13. Lufttørket materiale er tørket i lufta og vil inneholde noe vann i motsetning til tørrstoff som er tørr vekt.

Det var større massetap beregnet som prosent tørrstoff tapt i CMC-ranken enn i MC-ranken (Tabell 14 og 15). Beregning av tapt tørrstoff er større i nettingsposene enn når vi har beregnet tap i hele rankene ut fra beregnet volum.



Tabell 14. Beregninger er gjort ved oppstart og avslutning ut fra innhold i nettingposer<sup>1</sup> som var plassert inn i rankene. Volumvekt, tørrstoffprosent og mengde tørrstoff ved avslutning og tørrstofftap fra oppstart til avslutning av komposteringsperioden er oppgitt som median-verdier<sup>2</sup> og 95 % konfidensintervall<sup>3</sup>. \*MC er signifikant forskjellig fra CMC, <sup>ns</sup>Det er ikke signifikant forskjell mellom nettingposeprøvene i MC og CMC<sup>4</sup>.

	Volumvekt g/liter kompost	% tørrstoff	Tørrstoff i g	Mengde tørrstoff tapt i g	% tap av tørrstoff
MC	714 (574-742)*	14 (14-15)*	212 (201-223)*	179 (160-192) <sup>ns</sup>	45 (43-49)*
CMC	343 (315-383)	39 (38-43)	170 (153-187)	186 (174-197)	52 (51-53)

<sup>1</sup>Plassering av nettingpose er gjengitt i figur x; MC=Ranken uten vending; CMC=Ranken med vending. Det er fire nettingposeprøver av hver av MC og CMC. <sup>2</sup>median-verdi er midterste verdi. <sup>3</sup>95 % Konfidensintervall er de verdiene som det er 95 % sannsynlighet for at tilsvarende prøver er innafor. <sup>4</sup> Mood's Median Test, Minitab.

Tabell 15. Beregninger gjort ut fra hele ranken ved oppstart og avslutning. Beregnet volum av ranke ved avslutning, Volumvekt\*, tørrstoffprosent\*, kg tørrstoff i rankene ved avslutning og oppstart av komposteringsperiode, samt tørrstofftap i perioden.

	Volum av ranker ved avslutning i m <sup>3</sup>	Volumvekt g/liter kompost	% tørrstoff	kg tørrstoff i rankene ved avslutning	kg tørrstoff i rankene ved oppstart	% tap av tørrstoff i rankene
MC	3,85	777 (717-872)	17 (15-18)	509	616	18
CMC	2,47	590 (538-642)	43 (38-52)	626	890	29

\*Volumvekt og % tørrstoff er beregnet ut fra innhold i 6 spann bestående av 10-15 underprøver (se 2.2.4) og er oppgitt som median-verdier og 95 % konfidensintervall. Massetap er beregnet ut fra forskjell i volum av rankene før og etter komposteringsperioden, volumvekt og % tørrstoff i spann.

Vi fant bare 0,3 % tap av totalt fosfor fra nettingposene i MC-ranken, men 12 % fosfortap fra nettingposene i CMC-ranken. I både MC- og CMC-ranken fant vi et nitrogentap i nettingposene på nær 36 % (36,3 og 35,9 %), mens karbontapet var størst i CMC-ranken, 60 % mot 42 % i MC-ranken. Alle tap er beregnet ut fra tørrstofftap, og forskjell i konsentrasjon av fosfor, nitrogen og karbon i nettingposene ved oppstart og avslutning. På grunn av usikkerhet i beregningene av volumet av rankene har vi ikke gjort tilsvarende beregninger for hele rankene.

## 4 Diskusjon

### 4.1 Komposteringsprosessen med og uten vending

Den sterke varmgangen ved oppstart både i MC- og CMC-ranken er typisk for kompostering av næringsrikt materiale (Bernal m.fl., 2017, Tiquia m.fl., 2002). Tallen, som er en blanding av storfemøkk, urin og halm, inneholder lett tilgjengelig nitrogen og karbon som er mat for mange organismer. Når det tilsettes luft som vi gjorde da vi tok ut tallen, satte den opp i ranker med Gafner-vogn og vendte den med kompostvenderen, blomstrer luftelskende mikroorganismer opp, noe som frigjør varme når de omsetter det organiske materialet. Samtidig bruker de oksygen og frigjør CO<sub>2</sub>, noe som fører til anaerobe forhold.

I tråd med dette registrerte vi lavt innhold av O<sub>2</sub> og høyt innhold av CO<sub>2</sub> i luften inne i rankene dagen etter oppsett av disse (Figur 7 og 8). Hyppig vending av CMC-ranken tilførte stadig nytt oksygen og førte vekk CO<sub>2</sub>. I MC-ranken ble det raskt anaerobe forhold indikert med svært lave konsentrasjoner av O<sub>2</sub>, høye konsentrasjoner av CO<sub>2</sub> og dannelse av CH<sub>4</sub> og H<sub>2</sub>S. Kombinasjonen varme og fravær av oksygen stimulerer dannelsen av metan (Bernal m.fl., 2017). Det var høyest metankonsentrasjoner i luften i MC-ranken da temperaturen var mellom 35 og 60 °C. Ved kuldeperioden i mai sank innholdet av metan i luften inne i MC-ranken, men tok seg opp igjen da det ble varmere i været og temperaturen i kompostmaterialet steg utover i juni. Mot slutten av behandlingsperioden var det mer O<sub>2</sub>, og mindre CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> i de øverste luftsamlerne i MC. Det skyldes antakelig begynnende oppsprekking og tilførsel av luft ovenfra og samsvarer med at lukt og struktur var annerledes nær overflaten enn lengre inne i MC-ranken (3.1.2, 3.2.2 og 4.2). Noe oksygen vil være løst i regnvannet, men det er lite sannsynlig at gasstrykket vil være så stort ved den lave temperaturen i september og oktober (Figur 5) at vi kan registrere dette som en så stor økning av oksygenkonsentrasjonen i luften inne i ranken.

Det var stor forskjell på vanninnholdet i de to rankene. Det optimale fuktighetsnivået i en kompost er avhengig av strukturen i det organiske materialet, men ofte anbefales et vanninnhold på 50-60 % (Bernal m.fl., 2017) eller opptil 70 % (Onwosi m.fl., 2017). Blir det for tørt så blir det for lite vann til organismene i komposten og blir det for vått blir det mindre gassveksling og raskt anaerobe forhold (Bernal m.fl., 2017). Helt i starten var rankene våtere enn anbefalt, med rundt 75 % fuktighet. I CMC-ranken fordampet mye vann og den hadde et vanninnhold ved avslutning på litt over 50 % og var dermed innafor anbefalt fuktighetsområde. MC-ranken var våtere enn anbefalt og hadde et vanninnhold på rundt 80 % 15. oktober, og enda våtere ved avslutning (3.1.1). Vi ville ikke lage hull i det tette laget rundt MC-ranken, og vet derfor ikke vanninnholdet i denne ranken når det var 30 °C eller varmere i ranken i løpet av våren og sommeren.

Vi var urolige for at temperaturer over 70 °C rett etter oppsett av begge rankene skulle drepe viktige organismer, tørke ut rankene og stoppe opp omdanningsprosessen. Flere (bla. Amlinger m.fl., 2009, Azim m.fl., 2018, Jordbruksverket, 2019, Witte, 2013) anbefaler at temperaturen ikke overstiger 55 °C. Det anbefales imidlertid at temperaturen ligger rundt 55 °C i 3-7 dager for å få en tilfredsstillende hygienisering. Andre mener at temperaturen kan gå opp til 60-65 °C (Onwosi m.fl., 2017). Ryckeboer m.fl. (2003) fant at biodiversiteten i komposten og total biologisk aktivitet korrelerte negativt med høy temperatur, og konkluderte fra det at effektiviteten av komposteringsprosessen sank ved høyere temperatur. Høy temperatur vil også bidra til å sanere patogener og ugrasfrø. Som illustrert i tabell 8

så var ikke temperaturutviklingen lik i hele rankene. Lav temperatur i nedre del av MC-ranken kan ha sikret at ulike organismer har overlevd. På samme måte var temperaturen lavere i nedre del av CMC-ranken når det var som varmest på toppen (Figur 4 og 6). Temperaturen var også lavere på overflaten enn lengre inn i rankene og organismer kan derfor reetablere seg i tidligere varme områder når de kjøles ned. Dette er en vanlig prosess i den mesofile fasen som følger etter den termofile fasen i en komposteringsprosess (Azim m.fl. 2018).

Funn av hattsopper (Blekksoptarter) og actinobakterier i begge rankene, samt at temperaturen i begge rankene holdt seg lenge over 30 °C tyder på biologisk aktivitet også etter varmeperioden i begge rankene. Funn av flere meitemarkarter i MC-ranken (se 3.1.2) støtter oppunder dette. Kompostmeitemark (*Eisenia fetida* og *E. andrei*) brukes til kompostering av organisk materiale, da de trenger en del næring og reproducerer bra ved temperatur rundt 25 °C (Edwards 2004). Skogmeitemark (*Lumbricus rubellus*) og gråmeitemark (*Aporrectodea caliginosa*) er vanligst å finne i landbruksjord i Norge (Pommeresche & Løes 2009). De to siste artene er imidlertid observert i hagekomposter og kompostranker som ligger i kontakt med jord, da oftest et godt stykke ut i omdanningsprosessen eller under ettermodning. Vi finner ingen god forklaring på hvorfor det var meitemark MC-ranken og ikke i CMC-ranken. Det kan muligens knyttes til ulikhet i fuktighet, næringsinnhold og/eller plassering av rankene.

Hvilke mikroorganismer som oppformerer bestemmes av miljøforholdene i kompostranken (Bernal m.fl. 2017, Azim m.fl. 2018, Ottow 2011). Innhold i startmaterialet (substrat, C/N-forhold, næring, vann o.l.) og forandringer i miljøet i komposteringsperioden som temperatur, pH, redokspotensialet og lufttilgang vil påvirke hvilke organismer som finnes der. Blekk-sopp er varmetålende og utvikler seg raskt, mens hyppig vending er en utfordring for mer langsomtvoksende sopp. Det er lite soppvekst over 60 °C og ikke under anaerobe forhold (Bernal, m.fl. 2017, Ryckeboer m.fl. 2003).

I CMC er det et uttalt mål at omdanningen av organisk materiale skal skje aerobt, og derfor skal en CMC-kompost vendes når innholdet av CO<sub>2</sub> i lufta i ranken er høyere enn 12 %. I vårt tilfelle skjedde dette ikke etter 28. april, da CMC-ranken ble vendt av andre årsaker før CO<sub>2</sub>-innholdet ble så høyt. For å holde temperaturen nede i begynnelsen av komposteringsperioden og i juni, og for å utjevne fuktighet og øke temperatur etter perioden med sludd i mai, ble CMC-ranken vendt 26. mai. Høyt innhold av oksygen og fravær av metan i kompostlufta tyder på at vi har lyktes med dette og fått en aerob kompostering i CMC-ranken.

I følge Witte (2013) er det ikke ønskelig med aerob omdanning av det organiske materialet ved MC. Med unntak av i overflaten og mot slutten av behandlingsperioden var MC-ranken tydelig anaerob. På den måten fikk vi sammenlignet to prinsipielt ulike behandlingsmetoder. Mye nedbør og kaldt vær i mai og det energirike substratet vi hadde, kan ha påvirket omdanningsprosessen slik at vi fikk et noe annet forløp i MC-ranken enn det Woschnik (2017) gjorde i sin mastergrad under mye tørrere værforhold i Østerrike. I hans forsøk var temperaturen aldri høyere enn 53 °C og var fortsatt rundt 40 °C etter 56 dager.

## 4.2 Kompostkvalitet med og uten vending

Solvita-testen viste at CMC-komposten var godt modnet og klar til bruk.  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{N}_{\text{min}}$ -forholdet, som indikator på kompostmodenhet (van der Wurff m.fl., 2016), viser også at CMC-komposten var moden. CMC-kompostmaterialene OPPE, NEDE, HELE har et  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{N}_{\text{min}}$ -forhold på 0,9 (Tabell 12).  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{N}_{\text{min}}$ -forhold lavere enn 0,2 indikerer en ung, umoden kompost, forholdstall mellom 0,2-0,8 indikerer en kompost i ettermodningsfasen og forholdstall over 0,8 indikerer en moden kompost som kan brukes i plantesubstrater og plantehull.

Vi hadde derfor forventet at det var god spiring i karsetestene og god vekst i dyrkingsforsøket med salat og brokkoli, noe det ikke var. En mulig årsak til spirehemming kan være knyttet til eventuelle uønskede stoffer fra halmen (som rester av pesticider og stråforkorter). I CMC-ranken vil i så fall uønskete stoffer være oppkonsentrert sammenlignet med MC-komposten da det var større tap av tørrstoff og karbon i CMC-ranken enn i MC-ranken. En annen årsak til spirehemming kan være høy temperatur ( $> 70\text{ }^\circ\text{C}$ ) i starten av komposteringsprosessen (Blytt & Åkesson, 2016).

For MC-komposten indikerte Solvita-testen at materialet burde vært mer ettermodnet før bruk, mens frøene spirte helt greit i karsetesten. Det at spirene etter noen dager ble misfarget i MC, indikerer et samsvar med konklusjonen fra Solvita-testen. Det samsvarer også med  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{N}_{\text{min}}$ -forholdet som for MC-kompostmaterialene OPPE, NEDE, HELE har  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{N}_{\text{min}}$ -forhold på henholdsvis 0,2, 0,6 og 0,3 (Tabell 12).

Ved avslutning var materialet i CMC-ranken tørrere og lettere å smuldre opp enn materialet i MC-ranken. Dette var litt som forventet. Med et vanninnhold på 85 % ved avslutning er det forståelig at det ikke var lett å smuldre massen fra MC-ranken i små deler. Erfaringsmessig burde dette materialet vært tørrere og mindre grøtaktig. I MC-ranken på Østlandet var materialet fuktig og litt fast, men mulig å brette fra hverandre (Vibhoda Holten, pers. med. oktober 2021). Bilder i arbeidet til Woschnik (2017) tyder også på en annen konsistens enn det vi fant.

Det var generelt mer og litt annen lukt i materialet inne i CMC enn inne i MC. Lukt er ikke lett å beskrive og avhenger av hvem som lukter og av temperaturen. Samme person luktet underveis og sammen var vi tre personer som luktet ved avslutning for å kalibrere litt. Luktforskjellene er knyttet til de biologiske og kjemiske prosessene som skjedde underveis. Generelt luktet MC lite ved flere av registreringene, men aldri råttent eller veldig ubehagelig, slik fuktigheten og grøtkonsistensen kunne indikere.

Da vi tilsatte vann til kompostprøvene, som vi tok ut ved ulike tidspunkter i prosessen, var det uventet at så mye fargestoff, humusstoffer, løste seg ut i kaldt vann både med en gang og i løpet av 20 timer. En del av teorien i både aerob kompostering og i mikrobiell karbonisering er at karbon og næringsstoffer fra det organiske materialet skal «stabiliseres» i ulike humusstoffer som dannes i prosessen (van der Wurff m.fl., 2016, Witte 2013). Det er imidlertid en erfaring at det ofte siger ut brunt og svart vann fra ulike komposter ved en del nedbør, noe det også gjorde fra begge rankene i dette forsøket.

Mer honninggul farge på vannet etter spraying av prøver tatt inne i MC og CMC i begynnelsen av mai og mer rødbrun og mørkebrun/svart farge i juni og ved avslutning, indikerer en endring i sammensetningen av huminstoffer i det organiske materialet i perioden (Kumada, 1965, Stevenson &



Olsen 1989). Det er en endring i farge som mest sannsynlig gjenspeiler en humifisering/omdanning fra lavmolekylvektige, honningfargede fulvosyrer, via mørkebrune tyngre huminsyrer og til humin som nærmer seg svart i farge (Kumada, 1965). Også en økt mørkfaring av det faste kompostmaterialet støtter dette. Vi antok imidlertid at det ville være mindre farge på vannet ved avslutning av kompostperioden, da vi forventet at mer av disse organiske forbindelsene ville være i selve kompostmaterialet og ikke så raskt løse seg i vann. Det var mørk farge og liten forskjell på vannet fra prøvene inne i MC- og CMC-rankene innad på samme måletidspunkt og mellom start og slutt av perioden.

### 4.3 Miljøeffekter med og uten vending

Som forventet fikk vi et større massetap fra CMC-ranken enn fra MC-ranken (3.2.5) da hyppig vending og stor varmgang fører til raskere nedbryting. Det er en usikkerhet i estimatet for tørrstofftapet i CMC-ranken. Selv om nettingposene ble ristet ved hver vending for å illudere effekt av kompostvender ble det ikke helt samme lufting som ved bruk av kompostvender. Litt kompostmateriale kan også ha gått tapt under ristinga, noe som et beregnet fosfortap i nettingposen på 12 % kan tyde på.

Fosfor tapes ikke i gassform og i MC-ranken fant vi ikke noe tap av fosfor fra nettingposene. Også i MC-ranken var det tydelig varmgang og nedbryting/omdanning av organisk materiale, noe vi så både i redusert innhold i nettingposene og at ranken sank mye sammen. Lavere nedbrytning i MC-ranken enn i CMC-ranken fikk vi også bekreftet ved et høyere innhold av karbon og høyere C/N-forhold i materialet fra MC-ranken (Tabell 13). Selv om karbontapet i nettingposen i MC-ranken var mindre enn i CMC-ranken var det likevel 42 %, noe som er betydelig høyere enn det Wonschnik (2017) fant i sine utprøvinger med mikrobiell karbonisering. Det skyldes muligens at vi hadde et mer energirik materiale (substrat) og fikk en mye høyere temperatur ved oppstart. Innblanding med en del jord eller mer gammel kompost og leire enn det vi brukte, kunne muligens ha dempet temperaturen og senket omdanningshastigheten i starten.

Det var stor usikkerhet i bestemmelse av volum, volumvekt og tørrstoffinnhold i hele rankene før og etter behandlingsperioden. Sannsynligvis er tørrstofftapet, oppgitt i tabell 15, kraftig underestimert. I CMC hadde vi i en del tap av kompostmateriale ved hver vending av komposten da vi fikk en «hale» på begge sider av komposten og noe materiale ble spredd litt bredere enn kompostvenderen kunne fange opp. Ved beregning av kompostvolum har vi ikke greid å fange opp dette tapet. Det ville også vært mindre tap foran og bak om CMC-ranken var lengre, noe den ville ha vært om det ikke var i forsøkssammenheng.

Et estimert nitrogentap på 36 %, som vi fant i nettingposene i begge rankene, er ganske nær medianverdien for N-tap ved behandling av organisk materiale i varmt klima som Pardo m.fl. (2015a) fant i sin meta-analyse, men noe høyere enn i kjølig temperert klima som det er på Tingvoll (Pardo m.fl., 2015b, supporting material Fig. S4). Høye konsentrasjoner av  $\text{NH}_3$  i og over CMC-ranken ved oppstart av komposteringsperioden indikerer høye nitrogentap som ammoniakk. Sannsynligvis ble mye ammoniakk tapt ved hver vending, men disse tapene greide vi ikke å fange opp ved registreringene med gassanalysatoren som ble gjort før vending. Tallen som ble brukt i undersøkelsen inneholdt mye  $\text{NH}_4\text{-N}$  (Tabell 6) og kombinasjonen høy ammoniumkonsentrasjon og sterk lufting av komposten resulterer ofte i sterk ammoniakfordamping (Pardo m.fl., 2015a). Det så ut til at kompostduken

reduerte utslipp av ammoniakk fra CMC-ranken helt først i perioden, sannsynligvis på grunn av kondens. Antakeligvis ble det meste av ammoniakkgassen registrert i kompostlufta rett før vending tapt ved vending av ranken.

Det var høye konsentrasjoner av  $\text{NH}_3$  i lufta inne i MC-ranken, men vi målte aldri så høye konsentrasjoner av  $\text{NH}_3$  over MC-ranken som over CMC-ranken. Det var derfor overraskende at vi fant like store nitrogentap i MC-ranken som i CMC-ranken. Også ut fra andre undersøkelser forventet vi mye lavere  $\text{NH}_3$ -tap fra MC-ranken da den ligger i ro og er kompakt (Pardo m.fl., 2015a).

Sannsynligvis må det derfor være en annen prosess enn  $\text{NH}_3$ -fordamping som har forårsaket N-tap fra MC-ranken. Det var mye nedbør fra juli og utover, spesielt i september. Da var samtidig temperaturen i MC-ranken under  $20\text{ }^\circ\text{C}$  og det var dermed lite fordamping fra ranken. Ranken var heller ikke dekket av duk som en beskyttelse mot regnet og inneholdt 85 % vann ved avslutning. Det er derfor sannsynlig at det kan ha vært utvasking av nitrogen fra ranken. Synlig mørkfarget avsigsvann rundt ranken og mørk farge på vannet i sprayetesten ved avslutning (bilde 8) tyder også på at forbindelsene løste seg i vann og ikke var særlig stabile, eller i alle fall ikke var bundet i det faste materialet. Kraftig plantevekst rundt ranken ved avslutning styrker denne teorien. Faren for utvasking gjelder begge rankene. Dersom en kompost blir liggende ute uten dekke er det derfor stor fare for avrenning. MC-komposten skal ikke tildekkes fordi den trenger lys, men ved mye nedbør er det god erfaring med tak over for å unngå for høy fuktighet. (Vibhoda Holten, pers.med.)

Fordi vi bare registrerte klimagassutslipp helt i starten av komposteringsperioden fant vi som forventet bare små utslipp av lystgass ( $\text{N}_2\text{O}$ , Figur 14). Innholdet av nitrat ( $\text{NO}_3$ ) i tallen var svært lavt (Tabell 6). Hovedprosessene for danning av lystgass er nitrifikasjon og denitrifikasjon. Ved nitrifikasjon omdannes  $\text{NH}_4\text{-N}$  til  $\text{NO}_3\text{-N}$  og ved denitrifikasjon omdannes  $\text{NO}_3\text{-N}$  til  $\text{N}_2\text{O}$  og  $\text{N}_2$ . Når temperaturen er over  $40\text{-}45\text{ }^\circ\text{C}$  skjer det svært lite nitrifikasjon, og det er dermed ikke noe grunnlag for danning av lystgass (Bernal m.fl., 2017). For å kunne si noe om utslipp av lystgass fra rankene gjennom hele komposteringsprosessen måtte vi derfor ha gjort målinger fra juli og utover.

I motsetning til lystgass kommer utslipp av metan som regel tidlig i komposteringsprosessen ved anaerobe forhold (Bernal m.fl., 2017). Utslipp av metan over MC-ranken, men ingen utslipp av metan over CMC-ranken gjenspeiler konsentrasjonen av  $\text{CH}_4$  inne i ranken og forskjell mellom en anaerob og en aerob ranke. Det kan være høye utslipp av  $\text{CH}_4$  i forbindelse med aerob kompostering, men er da et uttrykk for at det ikke er nok luft tilgjengelig og at deler av komposten har blitt anaerob. De høye metankonsentrasjonene i lufta inne i MC-ranken tyder på at det sannsynligvis var utslipp av metan til begynnelsen av juli. Det var lave verdier av metan i de øverste luftsamlerne etter det. Selv om det var metan lenger ned i MC-ranken er det ikke usannsynlig at mye av dette metanet kunne bli oksidert på vei opp gjennom ranken og dermed omdannet til  $\text{CO}_2$  av metanoksiderende bakterier. Oksygenet som kom inn i MC-ranken mot slutten av perioden kan tyde på dette, men her har vi ikke gjort noen målinger så dette blir bare spekulasjoner.

Det var små utslipp av klimagasser fra pottforsøket. Mer frigjøring av  $\text{CO}_2$  og  $\text{N}_2\text{O}$  i materialet fra MC-ranken enn fra CMC-ranken fem dager etter oppstart av pottforsøket er en bekreftelse på at materialet fra MC-ranken er mindre omdannet enn materialet fra CMC-ranken (Se 4.2). Det var aerobe forhold i sandjorda og dermed ingen dannelse av metan.

## 4.4 Praktisk handtering med og uten vending

Det er mindre arbeid og rimeligere med MC-handtering enn med CMC. En sparer mye kjøring og trenger ikke kjøpe inn kompostvender. Vi ser imidlertid at det er vanskelig å få god omsetning, fordi massen fort blir tett. Med såpass vått materiale og grøtete struktur på materialet i MC-ranken ved avslutning, vil det være vanskelig å håndtere det med maskiner. Det er også vanskelig å bruke som en del av et dyrkingsmedium. Dette kunne antakelig endret seg dersom materialet ble tørker inn noe. Tilsetning av flis og beskyttelse mot store mengder nedbør vil muligens kunne ha gjort at det fungerte bedre uten ekstra tørking.

CMC-massene fikk en struktur tilnærmet som forventet etter vending med kompostvender og bruk av kompostduk. Kompostvenderen sikrer en aerob omsetning og den ferdige komposten er lett å spre. En kompostvender gjør at det er rasjonelt å kompostere store mengder organisk materiale. Mange gårdbrukere har imidlertid så lite fast husdyrgjødsel og annet organisk materiale egnet for kompostering at det blir for kostbart å investere i en kompostvender. Samtidig ønsker de en kompostering og hygienisering av det organiske materialet de har og bruker frontlesser til vending. Hyppig vending i starten vil også kunne gi en brukbar kompostering, men vi har ikke undersøkt dette i dette prosjektet.

## 4.5 Videre forskningsbehov

Det er usikkert hvor mye temperaturer over 60-70 °C betyr for kompostkvaliteten. Flere peker på at komposteringsprosessen stopper opp når temperaturen blir for høy (se f.eks. Amlinger m.fl., 2009, Azim m.fl., 2018, Onwosi m.fl., 2017, Ryckeboer m.fl., 2003), men fører de kjemiske reaksjonene som skjer ved høye temperaturer til at det skjer irreversible forandringer i humuspartiklene slik at vi etterpå ikke får ønsket omdanning? Azim m.fl. 2018 og en del komposteringsveiledninger antar dette, men vi har ikke funnet forskning som viser det.

Hvorvidt høy temperatur i omdanningsfasen kan danne spirehemmende stoffer trengs det mer kunnskap om. Vi vet ikke om spirehemmingen vi fant ved bruk av kompostmateriale fra enten MC- eller CMC-ranken skyldes høy temperatur tidlig i omdanningsfasen eller om det skyldes rester av herbicider i halmen som ble brukt eller om det har en annen årsak. Det er et stort behov for alternativer til torv i oppalsjord. Dette og andre prosjekt har vist at det er en utfordring å produsere kompostjord som tilfredsstillt kvalitetskrav til dyrkingsmedium (McKinnon, 2018). Selv om en kompost tilfredsstillt ulike modenhetstester, kan det oppleves spirehemming og veksthemming ved bruk av kompostmaterialet. Det trengs mer kunnskap for å unngå dette og for bedre bedømming av kompostkvalitet. Vi trenger også mer kunnskap om hvordan eventuelle rester av herbicid og andre pesticider i halm brukt til strø påvirker komposteringsprosessen og egnetheten av det ferdige kompostmaterialet som en del av et dyrkingsmedium.

Dette forprosjektet varte bare et år. Hadde en ved tilsvarende metoder som er brukt i prosjektet her kunnet unngå spirehemmende effekt av komposten om den hadde fått modne et år til?

I mange distrikt er det hensiktsmessig å la ungdyr gå på talle med flis som strø, samtidig anbefales det at en MC-ranke bør tilsettes løvtreflis eller halm for å beholde strukturen under omdanning av materialet og dermed sikre lommer for den delen av komposteringa som skjer i gassfase, samtidig som den ferske flisen bidrar med energi og lignin til komposteringsprosessen (Vibhoda Holten pers.

med.). Mer forskning på bruk av lokalt tilgjengelig flis og effekt av dette i komposteringsprosessen vil kunne gi oss bedre svar på om tilsetning av flis kan brukes som en metode til å få en mer ønsket omdanning i MC-kompost. Samtidig vil en kompost med høyt C/N-forhold lett gi en veksthemming på grunn av næringsmangel. Inokulering med ligninbrytende sopp (eks. østerssopp) i modningsfasen til en kompost kan være en måte å gjøre næringen i kompostmaterialet mer tilgjengelig og samtidig produsere matsopp. Det trengs mer forskning og utprøvinger før vi kan anbefale dette.

I prosjektet vårt dekket vi ikke MC-ranken og den ble dermed gjennomvasket av mye regn. I et tilsvarende prosjekt ville det være nyttig med ranker med og uten dekke for å se hvilken effekt et slikt dekke har på omdanningsprosessen i en MC-ranke i regnrikt klima.

Ved kompostering produseres det mye varme, en varme som kunne vært gjenvunnet og brukt til oppvarming. Det er vanskelig å utnytte varmen fra en ranke som ligger i friluft, og det blir enda vanskeligere å utnytte denne varmen når det kjøres regelmessig i ranken med en kompostvender. Ved å sikre aerob kompostering ved å suge luft gjennom komposten med ei vifte og slippe den ut gjennom et eksosrør vil man kunne utnytte varmen. Dette kan være et egnet alternativ på gårdsnivå og som prøves ut i USA (Smith m.fl.2017). Det trenges imidlertid mer utprøvinger for å tilpasse dette til norske forhold. For at kompostering skal være en bærekraftig behandling av organisk materiale er det viktig å unngå store utslipp av klimagasser i komposteringsprosessen og store tap av nitrogen ved ammoniakkfordamping. Det trengs mer kunnskap om metoder til å redusere disse utslippene på gårdsnivå og bedre metoder til å registrere de faktiske utslippene av klimagasser og ammoniakk ved ulike komposteringssystem på gårdsnivå. Luftinnsug kombinert med biofilter eller scrubbers (Dumont, 2018), innblanding av biokull (Yang m.fl., 2020) og ulike typer dekke er mulige veier å gå, men her trengs mer forskning før vi kan komme med gode anbefalinger.

I Norge er det nå rundt 100 000 ammekyr og 125 000 hester. Gjødsel fra disse representerer en viktig ressurs som bør ivaretas på en bærekraftig måte. For mange er det ikke relevant med kostbare tekniske løsninger, men de ønsker en bærekraftig handteringsmåte som er mulig med det utstyret de har på gården. Kan vi få en god lufttilførsel med hyppig vending med en frontleser den første tida etter oppsett av en kompostranke? Kan vi få et MC-system til å fungere under regnrike forhold i Norge? I denne sammenheng er det viktige å sikre en god sanering av patogener og ugrasfrø. Det er ønskelig med flere utprøvinger også av slike system.



## 5 Konklusjon

I CMC-ranken var det en tydelig aerob omdanning av det organiske materialet, mens det i MC-ranken var en anaerob omdanning. Få målinger gjør at det er vanskelig å kunne si noe om det totale utslippet av klimagasser fra rankene, men det var en tydelig metanproduksjon og utslipp fra MC-ranken, men ikke fra CMC. I begge rankene var det varmere enn 70 °C i starten av behandlingsperioden. Det er usikkert hvordan dette har påvirket biologisk aktivitet i rankene etter varmeperioden og omdanningen av det organiske materialet. I MC-ranken ble det mot slutten av perioden betydelig våtere (85 % vann) enn det som ofte anbefales (50-70 % vann), mens CMC-ranken hadde et gunstigere vanninnhold for biologisk aktivitet. For å få et lavere vanninnhold kunne MC-ranken vært dekket når det regnet mye, og mot slutten av behandlingsperioden.

I begge rankene var det betydelig tap av nitrogen, men sannsynligvis av ulike årsaker med mest ammoniakktap fra CMC-ranken og utvaskingstap fra MC-ranken. Det var et større tap av karbon i CMC-ranken (60 %) enn i MC-ranken (42 %). Beregningene av både nitrogen og karbontap er usikre i dette forprosjektet.

Kompostmaterialet i CMC-ranken fikk en struktur tilnærmet det som var forventet etter vending med kompostvender og bruk av kompostduk. Materialet i MC-ranken har vi mindre erfaringer med, men så fuktig og grøtaktig som det ble, er det vanskelig å handtere videre med maskiner eller bruke som en del av et dyrkingsmedium uten tørking. Det kan ha vært mikrobiell karbonisering i MC-ranken, men utover i perioden ble det sannsynligvis ikke nok luftvolum til gassveksling da ranken ble vannmettet. Det kan være en forklaring på at vi ikke fikk den ønskede omdanningen i MC. Dårlig spiring eller dårlig vekst i karsetester, og dårlig vekst i dyrkingsforsøk ved bruk av kompostmateriale alene eller ved halvblending med sand tyder på at det er veksthemming i materialet fra begge rankene. Det trengs flere undersøkelser for å finne ut hva dette skyldes.

God handtering av organisk materiale er viktig for utnytting av tilgjengelig ressurser. Vi anbefaler videre undersøkelser for å oppnå en bedre kompostkvalitet, mindre tap av nitrogen og lave utslipp av klimagasser i forbindelse med kompostering på gårdsnivå.

## 6 Referanser

- Amlinger, F. m.fl. 2009. The State of the Art of Composting – a guide to good practice. Austrian Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, 121 s.
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., Thami Alami, I., 2018. Composting parameters and compost quality: a literature review. *Org. Agric.* 8, 141–158. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Bernal, M.P., Sommer, S.G., Chadwick, D., Qing, C., Guoxue, L., Michel, F.C., 2017. Current Approaches and Future Trends in Compost Quality Criteria for Agronomic, Environmental, and Human Health Benefits. *Adv. Agron.* 144, 143–233. <https://doi.org/10.1016/BS.AGRON.2017.03.002>
- Blytt, L.D. & Åkesson, R. 2016. beste praksis for kompostering av hageavfall. Avfall Norge-rapport nr. 3/2016
- [Brode E, & Haraldsen, K. 2017. Miljøvennlige jordblandinger - klima, resirkulering og bruksområder. NIBIO Rapport. 2017;3\(151\):39.](#)
- Dumont, É., 2018. Impact of the treatment of NH<sub>3</sub> emissions from pig farms on greenhouse gas emissions. *N Biotechnol.* 46:31-37.
- Edwards, C.A. 2004. Earthworm ecology. CRC Press LLC, 441s.
- Erhart E., Diethart, I., Bonell, M., Fuchs, K., Haas, D. & Hartl, W. 2017. Development of an integrated method for assessing compost maturity. *Acta Hort.* (1168) s. 395-398.
- Jaccard, L. m.fl.1993. Yard Waste Composting with Heat Recovery. *Compost Sci Util.* 1993;1(3):10-14
- Jordbruksverket, 2019. Kompostering. En handledning om kompostering på gårdsnivå. Jönköping.
- Hansen, S., Bernard, M.-E., Rochette, P., Whalen, J.K. & Dörsch, P., 2014. Nitrous oxide emissions from a fertile grassland in Western Norway following the application of inorganic and organic fertilizers. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 98, 71–85. <https://doi.org/10.1007/s10705-014-9597-x>
- Hill, G.B., Baldwin, S.A & Vinnerås, B. 2013. Evaluation of Solvita compost stability and maturity tests for assessment of quality of end-products from mixed latrine style compost toilets. *Waste Manag.* 33(7):1602-1606. doi:10.1016/j.wasman.2013.03.021
- Kumada, K. 1965. Studies on the color of humic acids. *Soil science and plant nutrition.* 11,4, s. 11-16.
- Mckinnon, K. 2017. Alternativer til torv som substrat i oppalsjord. NORSØK Rapport. Vol 2, nr 1, 12 s.
- Mckinnon, K. 2018. Test av jord til opal av småplanter. NORSØK Rapport. Vol 3, nr 7, 22 s.
- Onwosi, C.O., Igbokwe, V.C., Odimba, J.N., Eke, I.E., Nwankwoala, M.O., Iroh, I.N. & Ezeogu, L.I. 2017. Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. *J. Environ. Manage.* 190, 140–157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>
- Ottow, J.C.G. 2011. Mikrobiologie von Böden. Springer Verlag. Berlin. 500s.
- Pardo, G., Moral, R., Aguilera, E. & del Prado, A. 2015a. Gaseous emissions from management of solid waste: A systematic review. *Glob. Chang. Biol.* 21, 1313–1327. <https://doi.org/10.1111/gcb.12806>
- Pardo, G., Moral, R., Aguilera, E. & del Prado, A. 2015b. Gaseous emissions from management of solid waste: A systematic review. *Glob. Chang. Biol.* 21, 1313–1327., Supporting material <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.12806>
- Pommeresche, R., Løes, A.-K. 2009. Relations between agronomic practice and earthworms in Norwegian arable soils. *Dynamic Soil Dynamic Plant* 3. s. 129-142.
- Rochette, P. & Eriksen-Hamel, N. S. 2008 Chamber measurements of soil nitrous oxide flux: Are absolute values reliable? *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 72, s. 331–342
- Ryckeboer, J., Mergaert, J., Coosemans, J., Deprins, K., Swings, J. 2003. Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *J. Appl. Microbiol.* 94, 127–137. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.01800.x>
- Smith, M.M., Aber, J.D., Rynk, R. 2017. Heat Recovery from Composting: A Comprehensive Review of System Design, Recovery Rate, and Utilization. *Compost Sci. Util.* 25, S11–S22. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2016.1233082>
- Smithson, A. 2005. Composting the microbial way. *Australian organic journal.* Spring 2005. s. 35-36. <http://www.samsoluciones.es/sam/wp-content/uploads/2009/11/Compost-CMC-Australia.pdf> lastet ned 16.09.2019.

Solvita, 2017. Official Solvita Guideline compost emission test, Version 9.0

Stevenson, F.J. & Olsen, R.A. 1989. A simplified representation of the chemical nature and reaction of soil humus. J.Agron.Educ. Vol 18, 2, s. 84-87.

Tiquia, S.M., Richard, T.L. & Honeyman, M.S. 2002. Carbon, nutrient, and mass loss during composting. Nutr. Cycl. Agroecosystems 62, s. 15–24. <https://doi.org/10.1023/A:1015137922816>

Yang Y.m.fl. 2020. Microbial driving mechanism of biochar and bean dregs on NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emissions during composting. Bioresource Technology 315:1-8.

Van der Wurff, A.W.G, m.fl. 2016. Handbook for composting and compost use in organic horticulture. 106 s. BioGreenhouse COST Action FA 1105, [www.biogreenhouse.org](http://www.biogreenhouse.org).

Witte W. 2013. Die Microbielle Carbonisierung. Teil 1. Das Ist Humus – So Sieht Er Aus.; Walter Witte forlag, 94 sider

Wonschik, C.R. 2017. Mikrobielle Carbonisierung – Untersuchung und Bewertung von Verfahren und Produkt. Dissertation Von der Fakultät für Umwelt und Naturwissenschaften der Brandenburgischen Technischen Univesitet Cattbus-Senftenberg. 108sider

# Vedlegg 1. Gasskonsentrasjoner i og over rankene

## Inne i rankene

CMC og MC er ranker som er behandlet som modifisert og CMC og MC, mens urørt er et liten ranke som lå i ro etter oppsett med Gafner kompostlegger. Her var det bare en luftsamler midt inne i ranken. Dato er dato vi registrerte gasskonsentrasjonen. Plass er hvor i ranken luftsamleren er plassert. Oppe er en 1/3 fra overflaten, Nede er 1/3 fra bunn. På vestre del av MC-ranken så var det et lag med leire på toppen fra 30. april. Høyeste lesbare verdi for NH<sub>3</sub> er 1000 ppm. Vi vet ikke hvor mye høyere konsentrasjonene av NH<sub>3</sub> var.

Type	Dato	plass	CH <sub>4</sub> %	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	NH <sub>3</sub> ppm	H <sub>2</sub> S ppm
CMC	28.4.2020	Oppe vest	0	11.6	11.3	1000	1
CMC	28.4.2020	Oppe øst	0	21.6	3.6	1000	7
CMC	28.4.2020	Nede vest	0	10.3	11.9	1000	0
CMC	28.4.2020	Nede øst	0	6.9	14.5	1000	0
CMC	29.4.2020	Oppe vest	0	2.1	19.9	324	0
CMC	29.4.2020	Oppe øst	0	11.7	10	164	1
CMC	29.4.2020	Nede vest	0	0.8	20.5	219	0
CMC	29.4.2020	Nede øst	0	3.1	18.8	303	0
CMC	30.4.2020	Oppe vest	0	4.8	16.9	1000	0
CMC	30.4.2020	Oppe øst	0	1.6	20	960	0
CMC	30.4.2020	Nede vest	0	3.9	17.6	366	0
CMC	30.4.2020	Nede øst	0	1	20.6	550	0
CMC	1.5.2020	Oppe vest	0	1.3	19.5	70	1
CMC	1.5.2020	Oppe øst	0	0.4	20.1	500	1
CMC	1.5.2020	Nede vest	0	0.4	20.2	240	1
CMC	1.5.2020	Nede øst	0	0.3	20.4	287	1
CMC	2.5.2020	Oppe vest	0	0.8	20.9	135	0
CMC	2.5.2020	Oppe øst	0	0.6	21.2	69	0
CMC	2.5.2020	Nede vest	0	0.1	21.7	40	0
CMC	2.5.2020	Nede øst	0	0.1	21.8	22	0
CMC	4.5.2020	Oppe vest	0	2.8	19.8	0	0
CMC	4.5.2020	Oppe øst	0	1.1	21.3	90	0
CMC	4.5.2020	Nede vest	0	1.3	21.4	50	0
CMC	4.5.2020	Nede øst	0	0.7	22	39	0
CMC	5.5.2020	Oppe vest	0	3.3	18.6	48	0
CMC	5.5.2020	Oppe øst	0	1.6	21	99	0
CMC	5.5.2020	Nede vest	0	1.7	20.5	36	0
CMC	5.5.2020	Nede øst	0	0.4	21.6	23	0
CMC	7.5.2020	Oppe vest	0	0.6	21.5	31	0
CMC	7.5.2020	Oppe øst	0	0.9	21.4	58	0
CMC	7.5.2020	Nede vest	0	0.8	21.4	31	0
CMC	7.5.2020	Nede øst	0	0.2	22	60	0
CMC	9.5.2020	Oppe vest	0	1.8	19.8	51	0
CMC	9.5.2020	Oppe øst	0	0.9	20.9	269	0
CMC	9.5.2020	Nede vest	0	1	21	19	0
CMC	9.5.2020	Nede øst	0	0.4	21.6	85	0
CMC	13.5.2020	Oppe vest	0	0.3	21.3	31	0
CMC	13.5.2020	Oppe øst	0	0.2	21.7	114	0
CMC	13.5.2020	Nede vest	0	0.4	21.4	30	0
CMC	13.5.2020	Nede øst	0	0.1	21.9	30	0
CMC	18.5.2020	Oppe vest	0	0.5	20.6	13	0



CMC	18.5.2020	Oppe øst	0	0.3	21.6	155	0
CMC	18.5.2020	Nede vest	0	0.5	21.2	58	0
CMC	18.5.2020	Nede øst	0	0.3	21.6	47	0
CMC	23.5.2020	Oppe vest	0	4.6	15.6	44	1
CMC	23.5.2020	Oppe øst	0	3.3	16.7	37	1
CMC	23.5.2020	Nede vest	0	4.9	15.3	28	1
CMC	23.5.2020	Nede øst	0	1.9	18	49	1
CMC	26.5.2020	Oppe vest	0	4.4	14.4	39	1
CMC	26.5.2020	Oppe øst	0	3.1	15.2	34	0
CMC	26.5.2020	Nede vest	0	3.8	15.4	25	0
CMC	26.5.2020	Nede øst	0	1.5	16	39	1
CMC	2.6.2020	Oppe vest	0	3.3	18.5	9	0
CMC	2.6.2020	Oppe øst	0	2.5	18.9	12	0
CMC	2.6.2020	Nede vest	0	1	20.5	8	0
CMC	2.6.2020	Nede øst	0	3.1	18.3	8	0
CMC	9.6.2020	Oppe vest	0	4.7	15.8	2	0
CMC	9.6.2020	Oppe øst	0	4.8	16.8	0	0
CMC	9.6.2020	Nede vest	0	3.2	17.7	11	0
CMC	9.6.2020	Nede øst	0	4.7	16.3	0	0
CMC	7.7.2020	Oppe vest	0	7.6	13.4	8	1
CMC	7.7.2020	Oppe øst	0.1	10	11.1	0	1
CMC	7.7.2020	Nede vest	0	5.1	15.9	5	1
CMC	7.7.2020	Nede øst	0.2	8.8	12.3	4	1
CMC	16.7.2020	Oppe vest	0	4.4	16.6	0	1
CMC	16.7.2020	Oppe øst	0	8.7	12.2	0	1
CMC	16.7.2020	Nede vest	0	4.5	16.3	0	1
CMC	16.7.2020	Nede øst	0	8.1	12.8	0	1
CMC	25.7.2020	Oppe vest	0	2.1	18.5	1	2
CMC	25.7.2020	Oppe øst	0	4.9	15.8	0	2
CMC	25.7.2020	Nede vest	0	3.1	17.4	0	2
CMC	25.7.2020	Nede øst	0	4.6	16.3	0	2
CMC	4.8.2020	Oppe vest	0	2.2	19.5	11	0
CMC	4.8.2020	Oppe øst	0	3.3	18.6	4	0
CMC	4.8.2020	Nede vest	0	2.3	19.3	8	0
CMC	4.8.2020	Nede øst	0	3.2	18.6	3	0
CMC	21.8.2020	Oppe vest	0	1.4	20.3	2	0
CMC	21.8.2020	Oppe øst	0	2.5	19.6	2	0
CMC	21.8.2020	Nede vest	0	2.6	19.2	1	0
CMC	21.8.2020	Nede øst	0	2.7	19.4	2	0
CMC	2.11.2020	Oppe vest	0	0.7	20.4	0	0
CMC	2.11.2020	Oppe øst	0	0.6	20.7	0	0
CMC	2.11.2020	Nede vest	0	0.8	20.5	0	0
CMC	2.11.2020	Nede øst	0	1	20.4	0	0
MC	28.4.2020	Oppe vest	0.1	21.4	0.5	280	0
MC	28.4.2020	Oppe øst	0	13	5.8	224	0
MC	28.4.2020	Nede vest	0	20.6	0.2	214	0
MC	28.4.2020	Nede øst	0	10.1	11.1	247	0
MC	29.4.2020	Oppe vest	0.5	28.3	1	154	52
MC	29.4.2020	Oppe øst	0.7	29.2	0.2	215	212
MC	29.4.2020	Nede vest	0.9	31.5	0.1	185	142
MC	29.4.2020	Nede øst	0.8	31.6	0.1	202	182
MC	30.4.2020	Oppe vest	0.6	27.7	0.1	133	124
MC	30.4.2020	Oppe øst	0.2	22	1.8	130	3
MC	30.4.2020	Nede vest	0.4	24.5	0.5	54	4

MC	30.4.2020	Nede øst	0.2	22.2	0.2	814	8
MC	1.5.2020	Oppe vest	2.9	29.4	0.4	193	139
MC	1.5.2020	Oppe øst	1.3	24.9	0.1	494	139
MC	1.5.2020	Nede vest	1.6	27.6	0.2	601	126
MC	1.5.2020	Nede øst	0.7	22.1	0.3	304	20
MC	2.5.2020	Oppe vest	5.8	31.1	0.5	134	115
MC	2.5.2020	Oppe øst	2.7	27.1	0.1	32	103
MC	2.5.2020	Nede vest	3.6	30.5	0.1	66	112
MC	2.5.2020	Nede øst	1.4	24.8	0.3	0	11
MC	4.5.2020	Oppe vest	9	27.5	0.4	16	37
MC	4.5.2020	Oppe øst	7.7	26.5	0.2	0	36
MC	4.5.2020	Nede vest	6.7	29.6	0.1	0	40
MC	4.5.2020	Nede øst		23.7	0.4	0	3
MC	5.5.2020	Oppe vest	12.8	27.1	0.3	0	32
MC	5.5.2020	Oppe øst	5.8	24.7	0.3	8	23
MC	5.5.2020	Nede vest	4.6	25.6	0.4	0	26
MC	5.5.2020	Nede øst	2	22.7	0.3	5	12
MC	7.5.2020	Oppe vest	12.1	26.2	0.4	0	17
MC	7.5.2020	Oppe øst	4.4	24.4	0.1	0	14
MC	7.5.2020	Nede vest	3.3	23.9	0.1	0	15
MC	7.5.2020	Nede øst	1.4	22.6	0.1	0	3
MC	9.5.2020	Oppe vest	8.1	24.8	0.9	0	15
MC	9.5.2020	Oppe øst	7.9	24.6	0.1	0	8
MC	9.5.2020	Nede vest	7.7	24.7	0.2	0	10
MC	9.5.2020	Nede øst	2.6	22.4	0.1	0	1
MC	13.5.2020	Oppe vest	6.7	23	0.4	1000	9
MC	13.5.2020	Oppe øst	5.5	22.7	0.3	13	37
MC	13.5.2020	Nede vest	5.2	22.3	0.5	0	14
MC	13.5.2020	Nede øst	1.9	19.9	1.1	1000	1
MC	18.5.2020	Oppe vest	6.3	23.1	0.4	0	26
MC	18.5.2020	Oppe øst	6.1	24.6	0.1	26	52
MC	18.5.2020	Nede vest	3.9	22.1	0.4	0	3
MC	18.5.2020	Nede øst	3.1	22	0.2	0	2
MC	23.5.2020	Oppe vest	2.6	24	0.4	0	12
MC	23.5.2020	Oppe øst	1.6	22.2	0.1	0	4
MC	23.5.2020	Nede vest	2.3	23	0.2	0	1
MC	23.5.2020	Nede øst	0.9	17.3	2.6	0	0
MC	26.5.2020	Oppe vest	2.4	23	0.3	0	9
MC	26.5.2020	Oppe øst	1.7	22.1	0.2	0	2
MC	26.5.2020	Nede vest	2.4	22.2	0.1	0	1
MC	26.5.2020	Nede øst	0.7	16.4	2.5	0	0
MC	2.6.2020	Oppe vest	3.2	22.4	0.3	0	12
MC	2.6.2020	Oppe øst	3.7	26.3	0.4	0	0
MC	2.6.2020	Nede vest	2.7	26.9	0.2	0	5
MC	2.6.2020	Nede øst	1.8	27.3	0.1	0	1
MC	9.6.2020	Oppe vest	10.4	26.4	0.4	0	3
MC	9.6.2020	Oppe øst	6.6	27	0.1	0	1
MC	9.6.2020	Nede vest	4.3	25.6	0.2	0	4
MC	9.6.2020	Nede øst	2	24.9	0.3	0	0
MC	7.7.2020	Oppe vest	3.4	22.6	1.3	0	0
MC	7.7.2020	Oppe øst	5.7	24.5	0.5	0	0
MC	7.7.2020	Nede vest	7.5	24.9	0.1	0	9
MC	7.7.2020	Nede øst	6.6	24.9	0.1	0	3
MC	16.7.2020	Oppe vest	0	16	6.2	0	0

MC	16.7.2020	Oppe øst	0.2	18.4	4.1	0	0
MC	16.7.2020	Nede vest	2.7	25	0.3	0	1
MC	16.7.2020	Nede øst	1.2	22.6	1.1	0	0
MC	25.7.2020	Oppe vest	0	15.8	5.5	0	1
MC	25.7.2020	Oppe øst	0	16.2	6.6	0	1
MC	25.7.2020	Nede vest	2.7	23.8	0.4	0	1
MC	25.7.2020	Nede øst	0.7	19.6	3.9	0	1
MC	4.8.2020	Oppe vest	0.2	15.6	5.2	0	0
MC	4.8.2020	Oppe øst	0.1	15.8	6	0	0
MC	4.8.2020	Nede vest	2.7	23.8	0.2	0	1
MC	4.8.2020	Nede øst	5.5	24.2	0.1	0	4
MC	21.8.2020	Oppe vest	0	10.4	11.9	0	0
MC	21.8.2020	Oppe øst	0	13.6	9.1	0	0
MC	21.8.2020	Nede vest	1.3	23.1	0.8	0	0
MC	21.8.2020	Nede øst	2.5	21.5	2.4	0	0
MC	2.11.2020	Oppe vest	0	2	20.1	0	0
MC	2.11.2020	Oppe øst	0	5.1	16.5	0	0
MC	2.11.2020	Nede vest	0	8.5	12.8	0	0
MC	2.11.2020	Nede øst	0	8.7	11.3	0	0
Urørt	4.5.2020		0	0.8	22.2	16	0
Urørt	5.5.2020		0	0.8	21.6	23	0
Urørt	7.5.2020		0	1.1	21.4	39	0
Urørt	9.5.2020		0	1.4	21.5	38	0
Urørt	13.5.2020		0	1.1	21.5	36	0
Urørt	18.5.2020		0	1.2	21.4	54	0
Urørt	23.5.2020		0	2.9	16.7	51	1
Urørt	26.5.2020		0	1.2	15.9	49	0
Urørt	2.6.2020		0	4.1	17.6	15	0
Urørt	9.6.2020		0	3.6	17.1	13	0
Urørt	7.7.2020		0	4.2	16.4	13	1
Urørt	16.7.2020		0	4.3	16.6	10	1
Urørt	25.7.2020		0	3.7	17.2	3	2
Urørt	4.8.2020		5.5	23.2	0.2	0	0
Urørt	21.8.2020		0	1.6	20.3	3	0
Urørt	2.11.2020		0	1	20.5	0	0

### Gasskonsentrasjoner over rankene

CMC og MC er ranker som er behandlet som modifisert og CMC og MC, mens urørt er et liten ranke som lå i ro etter oppsett med Gafner kompostlegger. Dato er dato vi registrerte gasskonsentrasjonen. På vestre del av MC-ranken så var det et lag med leire på toppen fra 30. april. Høyeste lesbare verdi for NH<sub>3</sub> er 1000 ppm. Vi vet ikke hvor mye høyere konsentrasjonene av NH<sub>3</sub> var.

Type	Dato	NH <sub>3</sub> ppm	H <sub>2</sub> S ppm	
CMC	28.4.2020	0	1000	Midt over ranke
CMC	29.4.2020	0	40	med duk øst
CMC	29.4.2020	0	85	med duk vest
CMC	29.4.2020	0	308	uten duk øst
CMC	29.4.2020	0	357	uten duk vest
CMC	30.4.2020	150	0	med duk øst
CMC	30.4.2020	116	0	med duk vest
CMC	30.4.2020	219	0	uten duk øst

CMC	30.4.2020	159	0	uten duk vest
CMC	1.5.2020	5	0	med duk øst
CMC	1.5.2020	11	1	med duk vest
CMC	1.5.2020	159	0	uten duk øst
CMC	1.5.2020	68	0	uten duk vest
CMC	2.5.2020	6	0	med duk øst
CMC	2.5.2020	6	0	med duk vest
CMC	2.5.2020	100	0	uten duk øst
CMC	2.5.2020	211	0	uten duk vest
CMC	4.5.2020	5	0	med duk øst
CMC	4.5.2020	3	0	med duk vest
CMC	4.5.2020	2	0	uten duk øst
CMC	4.5.2020	4	0	uten duk vest
CMC	5.5.2020	10	0	med duk øst
CMC	5.5.2020	10	0	med duk vest
CMC	5.5.2020	9	0	uten duk øst
CMC	5.5.2020	12	0	uten duk vest
CMC	7.5.2020	56	0	
CMC	7.5.2020	46	0	
CMC	7.5.2020	45	0	
CMC	9.5.2020	1	0	med duk øst
CMC	9.5.2020	1	0	med duk vest
CMC	9.5.2020	29	0	uten duk øst
CMC	9.5.2020	19	0	uten duk vest
CMC	23.5.2020	70	0	med duk vest
CMC	23.5.2020	77	1	uten duk øst
CMC	23.5.2020	72	1	uten duk vest
CMC	26.5.2020	71	0	med duk øst
CMC	26.5.2020	74	0	med duk vest
CMC	26.5.2020	68	1	uten duk øst
CMC	26.5.2020	61	1	uten duk vest
CMC	2.6.2020	21	0	med duk øst
CMC	2.6.2020	22	0	med duk vest
CMC	2.6.2020	12	0	uten duk øst
CMC	2.6.2020	17	0	uten duk vest
CMC	9.6.2020	30	0	med duk øst
CMC	9.6.2020	29	0	med duk vest
CMC	9.6.2020	17	0	uten duk øst
CMC	9.6.2020	25	0	uten duk vest
CMC	7.7.2020	30	0	med duk øst
CMC	7.7.2020	26	0	med duk vest
CMC	7.7.2020	27	1	uten duk øst
CMC	7.7.2020	26	0	uten duk vest
CMC	16.7.2020	12	0	med duk vest
CMC	16.7.2020	7	0	uten duk øst
CMC	17.7.2020	14	0	med duk øst
CMC	18.7.2020	7	1	uten duk vest
CMC	25.7.2020	12	1	med duk øst
CMC	25.7.2020	11	1	med duk vest
CMC	25.7.2020	7	2	uten duk øst
CMC	25.7.2020	6	2	uten duk vest
CMC	4.8.2020	10	0	med duk øst
CMC	4.8.2020	10	0	med duk vest
CMC	4.8.2020	6	1	uten duk øst



CMC	4.8.2020	4	1	uten duk vest
CMC	21.8.2020	5	0	med duk øst
CMC	21.8.2020	4	0	med duk vest
CMC	21.8.2020	4	0	uten duk øst
CMC	21.8.2020	4	0	uten duk vest
CMC	2.11.2020	0	0	med duk øst
CMC	2.11.2020	0	0	med duk vest
CMC	2.11.2020	0	0	uten duk øst
CMC	2.11.2020	0	0	uten duk vest
MC	28.4.2020	0	260	Midt over ranke
MC	28.4.2020	0	256	Midt over ranke
MC	28.4.2020			
MC	28.4.2020			
MC	29.4.2020	11	176	Midt over ranke mot vest
MC	29.4.2020	2	217	Midt over ranke mot øst
MC	29.4.2020	1	243	Over vått bånd ved sørlige kant mot vest
MC	29.4.2020	0	261	Over vått bånd ved sørlige kant mot øst
MC	30.4.2020	92	0	over vått bånd østre side mot sjøen
MC	30.4.2020	103	0	over vått band østre side mot veggen
MC	30.4.2020	50	0	over midten øst
MC	30.4.2020	53	0	over midten vest
MC	1.5.2020	35	0	Uten leire øst
MC	1.5.2020	24	0	Uten leire øst
MC	1.5.2020	24	0	med leire vest
MC	1.5.2020	23	0	med leire vest
MC	2.5.2020	10	0	uten leire øst
MC	2.5.2020	9	0	uten leire vest
MC	2.5.2020	8	0	med leire øst
MC	2.5.2020	8	0	med leire vest
MC	4.5.2020	21	0	uten leire øst
MC	4.5.2020	13	0	uten leire vest
MC	4.5.2020	9	0	med leire øst
MC	4.5.2020	6	0	med leire vest
MC	5.5.2020	15	0	
MC	5.5.2020	10	0	
MC	5.5.2020	11	0	
MC	5.5.2020	10	0	
MC	7.5.2020	39	0	
MC	7.5.2020	71	0	
MC	7.5.2020	67	0	
MC	7.5.2020	59	0	
MC	9.5.2020	12	0	uten leire øst
MC	9.5.2020	5	0	uten leire vest
MC	9.5.2020	7	0	med leire øst
MC	9.5.2020	4	0	med leire vest
MC	23.5.2020	71	0	uten leire øst
MC	23.5.2020	89	0	uten leire vest
MC	23.5.2020	77	0	med leire øst
MC	23.5.2020	72	0	med leire vest
MC	26.5.2020	72	0	uten leire øst
MC	26.5.2020	81	0	uten leire vest
MC	26.5.2020	74	0	med leire øst
MC	26.5.2020	69	0	med leire vest
MC	2.6.2020	80	0	uten leire øst
MC	2.6.2020	66	0	uten leire vest

MC	2.6.2020	50	0	med leire øst
MC	2.6.2020	38	0	med leire vest
MC	9.6.2020	33	0	uten leire øst
MC	9.6.2020	64	0	uten leire vest
MC	9.6.2020	52	0	med leire øst
MC	9.6.2020	42	0	med leire vest
MC	7.7.2020	27	0	uten leire øst
MC	7.7.2020	25	0	uten leire vest
MC	7.7.2020	43	0	med leire øst
MC	7.7.2020	45	0	med leire vest
MC	16.7.2020	19	0	uten leire øst
MC	16.7.2020	33	0	uten leire vest
MC	16.7.2020	22	0	med leire øst
MC	16.7.2020	19	0	med leire vest
MC	25.7.2020	11	1	uten leire øst
MC	25.7.2020	26	1	uten leire vest
MC	25.7.2020	20	1	med leire øst
MC	25.7.2020	17	1	med leire vest
MC	4.8.2020	9	1	uten leire øst
MC	4.8.2020	24	0	uten leire vest
MC	4.8.2020	17	0	med leire øst
MC	4.8.2020	15	1	med leire vest
MC	21.8.2020	14	0	uten leire øst
MC	21.8.2020	12	0	uten leire vest
MC	21.8.2020	8	0	med leire øst
MC	21.8.2020	7	0	med leire vest
MC	2.11.2020	14	0	uten leire øst
MC	2.11.2020	0	0	uten leire vest
MC	2.11.2020	0	0	med leire øst
MC	2.11.2020	0	0	med leire vest
Urørt	5.5.2020	10	0	over duken midt på
Urørt	7.5.2020	40	0	øst
Urørt	9.5.2020	1	0	over duken midt på
Urørt	23.5.2020	62	1	over duken midt på
Urørt	26.5.2020	59	1	over duken midt på
Urørt	7.7.2020	15	1	over duken midt på
Urørt	16.7.2020	14	1	over duken midt på
Urørt	25.7.2020	10	2	over duken midt på
Urørt	4.8.2020	8	1	over duken midt på
Urørt	21.8.2020	5	0	over duken midt på

## Vedlegg 2. Klimagassutslipp

Klimagassutslipp registrert i kammer på toppen av kompostrankene

Dato	CMC			MC		
	28.4.	30.4.	2.5.	28.4.	30.4.	2.5.
<b>Registrerte verdier</b>						
mg CO <sub>2</sub> -C m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-658	7194*	4321*	9320	14791	25963
	-40	5369*	14726*	11771	20391	24106
	-7617	743	6430	6159	11089	15115
	-483	25941	11834	10058		15863
µg N <sub>2</sub> O-N m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-121	-46*	676*	-101	412	1980
	-49	-3*	1443*	7	229	16
	-87	-56	549	-116	1182	11033
	73	268	3590	163		5406
µg CH <sub>4</sub> -C m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-591	247*	580*	72245	523692	3118366
	-75	189*	857*	135008	462250	2587683
	-12402	-111	516	40234	329761	2454672
	-693	858	1782	87960		1244603
Snitt mg CO <sub>2</sub> -C m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-2200	9812	9328	9327	15424	20262
Snitt µg N <sub>2</sub> O-N m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-46	41	1565	-12	608	4609
Snitt µg CH <sub>4</sub> -C m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-3440	296	934	83861	438568	2351331
CO <sub>2</sub> -C/CH <sub>4</sub> -C	1	33	10	0	0	0
<b>Molekyl-nivå</b>						
mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-8065	35976	34202	34199	56554	74293
µg N <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-144	128	4917	-37	1909	14484
µg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-4587	394	1245	111815	584757	3135108
<b>g CO<sub>2</sub> ekvivalenter</b>						
g CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	-8	36	34	34	57	74
N <sub>2</sub> O g CO <sub>2</sub> ekv m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	0	0	1	0	1	4
CH <sub>4</sub> g CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	0	0	0	3	15	78

\*Målingene merket med\*er gjort over duken på CMC-ranken.

Klimagassutslipp registrert i kammer i dyrkingsforsøket

Dato	CMC			MC			Sand		
	30.1.	1.3.	8.3.	30.1.	1.3.	8.3.	30.1.	1.3.	8.3.
<b>Registrerte verdier</b>									
mg CO <sub>2</sub> -C m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	5.9	5.1	5.9	10.6	6.8	4.6	-0.4	3.3	0.4
	5.6	2.7	9.3	13.4	0.2	3.3	1.2	2.5	0.8
	6.0	1.1	5.1	6.2	-0.6	3.1	0.2	0.3	0.2
µg N <sub>2</sub> O-N m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	0.4	0.0	1.2	21.8	-0.2	0.3	-0.8	0.0	-0.6
	1.0	-0.8	0.9	12.9	-0.7	-0.5	1.4	0.7	0.1
	0.7	0.2	-0.9	9.8	-0.1	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4
µg CH <sub>4</sub> -C m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-2.2	0.4	-1.28	-0.1	-0.6	-0.9	-2.6	-0.6	-1.09
	-0.1	-2.5	1.0	-1.8	-1.3	-	0.1	-0.7	0.113
	-2.0	-1.7	-1.28	-1.0	-0.9	2.19 -0.4	-1.1	0.8	-1.02
Snitt mg CO <sub>2</sub> -C m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	5.8	3.0	6.8	10.1	2.1	3.7	0.3	2.0	0.5
Snitt µg N <sub>2</sub> O-N m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	0.7	-0.2	0.4	14.8	-0.3	-0.1	0.1	0.2	-0.3
Snitt µg CH <sub>4</sub> -C m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-1.4	-1.3	-0.5	-1.0	-1.0	-1.2	-1.2	-0.2	-0.7
<b>mg CO<sub>2</sub> ekvivalenter</b>									
g CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	21.4	10.9	24.8	-3.8	-3.4	-1.5	-4.1	3.0	-3.7
N <sub>2</sub> O g CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	0.32	-0.09	0.21	4.73	1.00	1.72	0.15	0.95	0.24
CH <sub>4</sub> g CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	-0.05	-0.04	-0.02	0.49	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.01



## Vedlegg 3. Dyrkingsforsøk

### Plantevekt i dyrkingsforsøk

Vekt av salat og brokkoli i potteforsøk, g ferskvekt per potte

LEDD	KÅL	SALAT	Kål+Salat
Sand	1.12	0.12	1.24
Sand	1.99	0.11	2.1
Sand	0.88	0.17	1.05
MC	0.36	0.84	1.2
MC	0.53	0.46	0.99
MC	0.5	0.46	0.96
CMC	0	0	0
CMC	0	0	0
CMC	0	0	0
MC:S 1:1	0.58	0.55	1.13
MC:S 1:1	0.37	0.61	0.98
MC:S 1:1	0.22	0.37	0.59
CMC:S 1:1	0.14	0	0.14
CMC:S 1:1	0	0.16	0.16
CMC:S 1:1	0	0.2	0.2
CMC:S 1:6	7.78	5.61	13.39
CMC:S 1:6	11.23	5.79	17.02
CMC:S 1:6	0	18.2	18.2
MC:S 1:6	1.15	14.37	15.52
MC:S 1:6	3.33	7.17	10.5
MC:S 1:6	2.36	10.42	12.78
CMC:S 1:9	0	14.06	14.06
CMC:S 1:9	7.39	8.34	15.73
CMC:S 1:9	10.73	12.08	22.81
MC:S 1:9	5.19	8.06	13.25
MC:S 1:9	4.4	8.72	13.12
MC:S 1:9	4.89	8.17	13.06





**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](mailto:post@norsok.no)  
[www.norsok.no](http://www.norsok.no)

**Alle foto: NORSØK**