|  |
| --- |
| How to Build Living Soil? — 5 Steps (and a Living Soil Recipe) — Bustling  Nest |
| **Jordrespirasjon**  Feltarbeid |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | 2022 | Ara K. & Yudhishtiran V. | Geofag 1 | |

**Innholdsfortegnelse**

[1. Introduksjon 1](#_Toc104737447)

[1.1 Hensikt 2](#_Toc104737448)

[1.2 Teori 2](#_Toc104737449)

[1.2.1 Om feltene og jordkvalitet 2](#_Toc104737450)

[1.3 Hypotese 5](#_Toc104737451)

[2. Metode 5](#_Toc104737452)

[2.2 Utstyr 5](#_Toc104737453)

[2.3 Fremgangsmåte 1](#_Toc104737454)

[2.4 Kalibrering av data 1](#_Toc104737455)

[2.5 Litt om micro:bit og programmet som brukes 2](#_Toc104737456)

[3. Resultater 4](#_Toc104737457)

[3.1 Målinger for svært god jord 4](#_Toc104737458)

[3.2 Målinger for mindre god jord 5](#_Toc104737459)

[3.3 Kombinerte målinger 6](#_Toc104737460)

[3.4 Sammenhenger 7](#_Toc104737461)

[3.2 Observasjoner 7](#_Toc104737462)

[4.Diskusjon 8](#_Toc104737463)

[4.1 Temperaturens påvirkning på jordrespirasjon 8](#_Toc104737464)

[4.2 Jordrespirasjon i forbindelse med jordkvalitet 9](#_Toc104737465)

[4.3 Sammenhengen mellom fuktighet og -produksjon 10](#_Toc104737466)

[4.4 Observasjoner med hensyn på resultater 10](#_Toc104737467)

[4.5 Aktualisering 11](#_Toc104737468)

[4.6 Feilkilder 12](#_Toc104737469)

[4.7 Konklusjon 13](#_Toc104737470)

[5. Kilder 14](#_Toc104737471)

# 

# **1. Introduksjon**

Siden 1880 har den globale middeltemperaturen økt med 1.1 °C, noe som i stor grad skyldes utslipp av drivhusgassen CO2 (NASA Earth Observatory, u.d.). Samtidig viser forskning at CO2-utslipp fra jorden i form av jordrespirasjon, har vært ti ganger så mye som utslippet fra forbrenning av fossile brensler (Philips og Nickerson, 2015). Jordrespirasjon har altså vært en større faktor enn menneskeskapte CO2-utslipp i forbindelse med global oppvarming. På bakgrunn av dette skal denne rapporten undersøke hvordan temperaturendringer og jordkvalitet kan påvirke den mikrobielle jordrespirasjonen.

Noen forkortelser å legge merke til:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Varmeskap (37.4)** | **Ute (25)** |
| **Svært god jord** | VSGJ | USGJ |
| **Mindre god jord** | VMGJ | UMGJ |

## **1.1 Hensikt**

Hensikten med denne geoforskningen er å utlede om global oppvarming kan ha merkbare effekter på jordrespirasjonsraten. Dessuten skal rapporten sammenligne hvordan økninger i temperatur vil påvirke jordområder med svært god og mindre god kvalitet på jorden, for å tydeliggjøre om jordkvalitet vil ha noe å si for utslippet av CO2.

## **1.2 Teori**

Jordrespirasjon er en betegnelse for biologiske prosesser i jorden som produserer og slipper ut CO2 (USDA, 2014). Når sopp, bakterier og andre mikroorganismer i jorden bryter ned organisk materiale, vil de bruke dette i kombinasjon med oksygen til å produsere CO2. For eksempel når cellulose blir nedbrutt til glukose av jordbakterier, vil det senere brukes i celleånding til å produsere vann, adenosintrifosfat (ATP) og karbondioksid. Den kjemiske reaksjonslikningen for denne prosessen er gitt nedenfor:

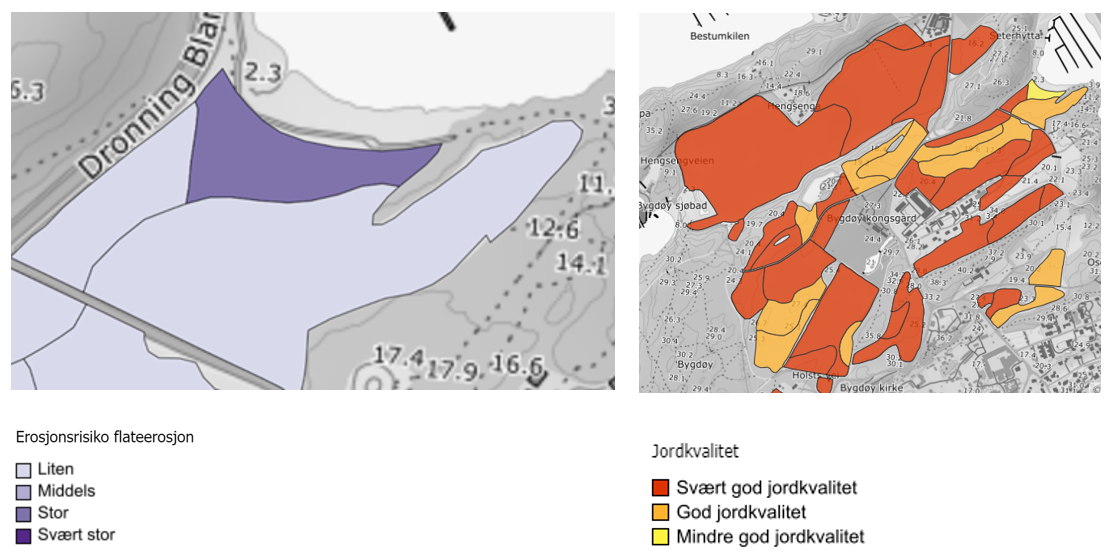
## **1.2.1 Om feltene og jordkvalitet**

Felt 1: Jord av svært god jordkvalitet, breelv eller elveavsetning.

Felt 2: Jord av mindre god jordkvalitet, bresjø- eller innsjøavsetning

For å sammenligne hvordan økt temperatur vil påvirke jordområder med ulik kvalitet, har vi i denne geoforskningen hentet jord fra to forskjellige geografiske felt. Begge feltene er lokalisert på Bygdøy i Oslo, men områdene har ulik jordkvalitet. Informasjon om jordkvalitet ved de aktuelle feltene er hentet fra norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO, u.d.). Ifølge NIBIOs indekser for jordkvalitet, har jorden i felt 1 en «svært god jordkvalitet», mens jorden i felt 2 har «mindre god jordkvalitet».

Et område med svært god jordkvalitet vil, ifølge NIBIO, ha «gode årvisse avlinger» og et terreng med mindre enn 11° helling. På den andre siden vil et område med mindre god jordkvalitet kjennetegnes ved å ha mindre dyrkingspotensial og/eller være lokalisert i et terreng med over 18° helling (Svengård-Stokke, 2012). Ved å visuelt observere hellingen i terrenget ved begge feltene, kom vi fram til at felt 2 har en relativt brattere helling enn felt 1. I geotopene som undersøkes i denne geoforskningen, er det sannsynligvis utbredelsen av erosjon og tektoniske bevegelser i området som har påvirket graden av helling i terrenget. Jorden i begge områdene har sin opprinnelse i moreneavsetninger fra isbreer under siste istid, noe som kan tyde på at innlandsisen har formet deler av landskapet i området. En bratt hellingsgradient i terrenget kan negativt påvirke jordkvaliteten i området, ved å øke hyppigheten av flateerosjon, som innebærer jordtap. NIBIO klassifiserer risikoen for flateerosjon ved felt 2 med kode 3, «stor risiko». Bratte skråninger vil nemlig føre til at hastigheten til avrenningsvannet vil øke. Under perioder med nedbør, vil vannstrømmene på overflaten av felt 2 dermed kunne erodere bort og oppløse større mengder av jorden. Generelt vil næringsrikt organisk materiale og andre lette jordpartikler transporteres til bunnen av skråningen, noe som vil redusere den jevne fordelingen av mineraler i jorden (The European Soil Data Centre, u.d.), (Dugan et al., 2021). Den brattere skråning ved felt 2 kan altså være en av faktorene som har forårsaket en dårligere jordkvalitet, sammenlignet med felt 1.



**Kart 1:** Kartet til venstre viser en oversikt over erosjonsrisikoen i felt 1. Man ser tydelig at det er høy risiko for erosjon i felt 1. Kart to viser hvordan jordkvaliteten er i Bygdøy (NIBIO, 2022).

Videre kan sammensetningen av bergarter i berggrunnen påvirke den mikrobielle aktiviteten i jorden. Fra den nasjonale berggrunnsdatabasen til Norges geologiske undersøkelse (NGU), fremkommer det at berggrunnen ved felt 1 og 2 henholdsvis består av kalkstein og leirskifer, som er sedimentære bergarter. Kalkstein inneholder for det meste mineralene kalsiumkarbonat, gjerne i form av kalkspat (CaCO₃), og dolomitt, CaMg(CO3)2 (Britannica, u.d.). Leirskifer består i hovedsak av kvarts og leirmineraler (Hobart, u.d.). Empiriske studier viser at bakterievekst øker med høyere pH-nivåer i jorden, spesielt ved pH-verdier mellom 5.5-6.5 (Smith, 2020). Dette er forbundet med at planter skiller ut mer organiske syrer, karbohydrater og andre karbonholdige roteksudater ved disse surhetsnivåene, som bakterier kan benytte i celleånding. Når surheten i jorden når nivåer under 5.5 på pH-skalaen, blir aluminiumen i jorden løst opp, og tar form av positivt ladde ioner (Gazey, 2022), (Silva, 2012). Dette kan eksempelvis inntreffe under perioder med sur nedbør. Aluminiumionene er giftige, og dersom de blir tatt opp av planterøtter, kan de ha en negativ påvirkning på røttenes utvikling og utskilling av organiske stoffer (Baluska et al., 2009). I et slikt tilfelle vil det være mindre organisk materiale tilgjengelig for mikroorganismene å nedbryte, som kan gjøre at den mikrobielle aktiviteten synker.

Geologien i berggrunnen er en av hovedkildene til mineralnæringen i jorden, og vil ved felt 1 kunne bidra til at det vil være en større tetthet av kalkspat i jorden (Green et al., 2020). Kalkspat har evnen til å nøytralisere eller redusere surheten i jorden, og dermed motvirke nedgangen bakterieveksten og mikrobiell aktivitet i forbindelse med sur nedbør (Noble Research Institute, u.d.). Både kalkstein og leirskifer er bergarter som har relativt lav evne til å motstå kjemisk forvitring, noe som kan ha en innflytelse på jordens mineralinnhold (Baluska et al., 2009). Ved perioder med sur nedbør, kan karbonsyre, svovelsyre eller salpetersyre i regnvannet føre til at mineraler i berggrunnen, som kalkspat, løses opp (USGS, u.d.), (Prestvik, 2008). Ettersom innholdet av kalkspat vil være høyere i jorden ved felt 1 enn ved felt 2, vil den lettere kunne motvirke effektene av sur nedbør på bakterielivet i jorden. Felt 2 har ikke samme evne til å nøytralisere de forsurende stoffene fra nedbøren, og vil oppleve en større negativ effekt på bakterielivet. På grunn av dette vil det sannsynligvis være en mer omfattende bakterievekst i jorden ved felt 1, noe som kan ha en potensiell innvirkning på nedbrytningen av det organiske materialet i jorden.

Diagram

Description automatically generated

**Kart 2:** En oversikt over berggrunnen i begge feltene. Man ser tydelig at berggrunnen i felt 1 består av kalkstein, mens bygrunnen i felt 2 består hovedsakelig av leirskifer (NGU, 2022).

## **1.3 Hypotese**

Vår hypotese for dette forsøket, er at det vil være en større produksjon av CO2 ved høyere temperaturer, fordi den mikrobielle nedbrytningen av organisk materiale vil foregå hyppigere under varmere luftforhold. Både bøtten med svært god og mindre god jord skal altså ha høyere CO2-nivåer i varmeskapet, sammenlignet med når de står i romtemperatur. Samtidig skal bøtten med svært god jordkvalitet ha høyere CO2-produksjon enn bøtten med mindre god jord, ettersom det vil være en jevnere fordeling av organisk materiale i jorden.

# **2. Metode**

## **2.2 Utstyr**

* BBC micro:bit (databrikke)
* MonkMakes -sensor
* Datamaskin
* 4 Bøtter
* Plastfolie
* Teip
* Jordprøver fra Bygdøy
* Spade
* Krokodilleklemmer
* 9-volt batterier

## **2.3 Fremgangsmåte**

To 6 liters jordprøver hentes fra Bygdøy. Første jordprøven består av jord av svært god jordkvalitet og andre prøven består av jord av mindre god jordkvalitet. Begge prøvene fordeles utover to bøtter slik at man får 4 bøtter med jord: to med svært god jord og to med mindre god jord. En av hvert par settes i varmeskap (37.4 ) og den andre vil være ute i romtemperatur. Videre, settes sensorer koblet til micro:bit inn i bøttene. Disse vil logge , relativ fuktighet (RH) og temperatur over en 45 minutters periode. Det er viktig at bøttene er tildekket med noe slik at bøttene blir lukkete systemer under hele denne perioden. Dette er en forutsetning for å få riktige målinger, ettersom målet er å finne ut hvordan -konsentrasjonen og den relative fuktigheten over seg over tid.

## **2.4 Kalibrering av data**

Ved å teste begge sensorene i det samme området, viste det seg at og RH målingene var avvikende. Derfor blir målingene fra begge sensorene kalibrert før dataen tas til bruk for analyse. Måten dette skjer på er ved å anta at initialbetingelsene er følgende:

1. -konsentrasjon er på 1000 ppm
2. Relativ fuktighet er på 40

Dette er rimelig antagelse, som blir brukt for å endre på alle dataverdiene slik at initialbetingelsene oppfylles. I praksis vil det si å ta den første verdien fra målingene og finne differansen mellom den og 1000 og 40 for å finne kalibreringsverdien til -målinger og RH-målinger (henholdsvis). Disse kalibreringsverdiene vil deretter adderes med alle målingene. Med andre ord antar vi at endringen over tid er riktig, men det er bare utgangspunktet som er avvikende. I et mer matematisk språk:

La være og RH målingene

Da vil kalibreringskonstantene og være og . Konstantene brukes for å kalibrere målingene. La være gitt ved

Da vil de kalibrerte målingene være gitt på følgende måte:

## **2.5 Litt om micro:bit og programmet som brukes**

Minnet til micro:bit er begrenset. Derfor må samplingstiden økes for å dekke 45 minutters måleperioden. Samplingstiden er satt til 25 000 ms eller 25 sekunder. Programmet som kjøres i micro:bit og databehandlingsprogrammene som er brukt i denne rapporten er forklart og redegjort i Jupyter Notebook filen (IPYNB.) som er vedlagt. Oppkoblingen av micro:bit er vist i ***Bilde 1***.

A picture containing indoor, black, electronics, adapter

Description automatically generated

**Bilde 1:** Det er nevneverdig at det holder å koble en 9 volts batteri til sensoren når det skal logges og når utstyret er koblet til PC skal batteriet frakobles.

Graphical user interface, application, Teams

Description automatically generated

All datavisualiseringen som er brukt i denne rapporten er gjort ved hjelp av Matplotlib pakken i python. Ovenfor er en liten innføring i hva programmet i micro:bit gjør.

# **3. Resultater**

## Chart, line chart Description automatically generated**3.1 Målinger for svært god jord**

**Figur 1:** Utviklingen av -konsentrasjon og RH for VSGJ og USGJ over 45 min periode. Er kalibrert for initialbetingelsene.

Chart, histogram

Description automatically generated

**Figur 2:** Endringen av -konsentrasjon og RH over tid for VSGJ og USGJ. Endringen er basert på numeriske modell. Derfor er grafene ujevne til tider.

## **3.2 Målinger for mindre god jord**

Chart, line chart

Description automatically generated

**Figur 3:** Utviklingen av -konsentrasjon og RH for VMGJ og UMGJ over 45 min periode. Er kalibrert for initialbetingelsene. Legg merke til at de siste 3 datapunktene er fjernet, ettersom disse ble avvikende når vi tok ut sensorene.

Chart, histogram

Description automatically generated

**Figur 4:** Endringen av -konsentrasjon og RH over tid for VMGJ og UMGJ. Endringen er basert på numeriske modell. Derfor er grafene ujevne til tider. Bemerk at endringen av RH for VMGJ stopper opp etter 30 min. Dette er forårsaket av de tre siste datapunktene som måtte fjernes. Mer om dette er nevnt i (Figur 3).

## Chart Description automatically generated**3.3 Kombinerte målinger**

**Figur 5:** Utviklingen av -konsentrasjonen og RH for både SGJ og MGJ. Her kommer det fram ganske tydelige tendenser. Disse diskuteres ytterligere i diskusjonsdelen. Det er også bemerkelsesverdig at de tre datapunktene som kuttes ut for MGJ kommer tydelig fra. Alle målingene er korrigert for initialbetingelsene.

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

**Figur 6:** Alle målingene kombinert i en 3D-figur. Her er xy-planet RH over -konsentrasjonen, mens tiden er høyden (z-aksen). Legg også merke til at datapunktenes farge utrykker temperaturen som er gitt i fargekartet til venstre.

## **3.4 Sammenhenger**

Chart

Description automatically generated with medium confidence

**Figur 7:** Sammenhengen mellom RH og -konsentrasjonen over tid. Legg merke til at RH og - konsentrasjonen har hver sin akse. Disse er skalert i forhold til datapunktene. Her er også målingene korrigert for initialbetingelsene.

## **3.2 Observasjoner**

Det var noen synlig forskjeller mellom begge jordprøvene både med tanke på farge og struktur. Svært god jord hadde en lysere farge sammenlignet med mindre god jord. Videre, besto svært god jord av flere rester av røtter og andre spor av gress. Dette samsvarer også med opplevelser under henting av prøvene. Det var mye lettere å hente ut jordprøve fra felt 2 enn felt 1 siden jorden var ikke like godt bundet sammen i felt 2.

Dessuten var også strukturen annerledes i begge jordprøvene. Svært god jord besto av korn av større kornstørrelse, mens mindre god jord besto av svært små korn som var tettpakket. Med andre ord, var det mye mer luftmellomrom mellom kornene i svært god jord sammenlignet med mindre god jord (se ***Bilde 2***).

A picture containing text, plant

Description automatically generated

**Bilde 2:** Bildet til venstre viser tydelig hvordan jordprøvene er annerledes. Bildet i midten viser hvor den mindre gode jorden ble hentet fra, mens det siste bildet viser hvor svært god jord ble hentet fra.

# **4.Diskusjon**

## **4.1 Temperaturens påvirkning på jordrespirasjon**

Resultatene fra forsøket bekrefter vår hypotese om at økte temperaturer vil forårsake høyere -utslipp fra jorden. Vi ser at når både jordprøven med svært god og mindre god jordkvalitet blir utsatt for varmere luftforhold, er produksjonen av alltid høyere. En mulig forklaring på dette, er at de biokjemiske prosessene som nedbryter det organiske materialet vil foregå raskere ved høyere temperatur. Bakterier og sopp vil sekrere såkalte eksoenzymer for å nedbryte organisk materiale, og disse enzymene har maksimal aktivitet ved bestemte temperaturer, kalt enzymatisk optimumstemperatur (Borowik, 2015). Når for eksempel sopp eller jordbakterier nedbryter cellulose fra planterester i jorden, vil enkelte organismer benytte enzymet beta-glukosidase (Piercin og Jarak, u.d.). Optimumstemperaturen for dette enzymet, er mellom 40-70 grader Celsius (Piercin og Jarak, u.d.). Jo nærmere enzymet kommer optimumstemperaturen, desto høyere blir den enzymatiske aktiviteten (se ***Figur 8***), og dermed også nedbrytningen av cellulose (BBC, u.d.). Hvis nedbrytningen av det organiske materialet i jorden blir akselerert ved økte temperaturer, betyr det at respirasjonsraten til mikroorganismene i jorden også vil øke. Dette kan forklare hvorfor -utslippet fra jorden stadig stiger når temperaturen i omgivelsene er høyere.

**Figur 8:** Grafen viser hvordan mikrobiell aktivitet øker eksponentielt til optimumstemperaturen og deretter avtar dersom temperaturen forsetter å øke. Det er viktig å nevne at optimumstemperaturen varierer for forskjellige enzymer.

## **4.2 Jordrespirasjon i forbindelse med jordkvalitet**

Ulik utbredelse av mikrober og organisk materiale, kan være en av årsakene til at jordprøvene fra felt 1 og 2 produserte forskjellige mengder . I teoridelen ble det forklart at bergrunnen av kalkstein i felt 1 vil kunne bidra til at bakterieveksten blir større enn ved felt 2, hvor berggrunnen består av leirstein. Det kan tenkes at hvis det er en større bakterievekst i den svært gode jorden fra felt 1, vil det foregå en mer omfattende jordrespirasjon, ettersom det er flere mikrober som gjennomfører celleånding i jorden. En mulig årsak til at jorden med svært god kvalitet har høyere utslipp av , slik resultatene i figur 5 viser, kan altså være at det er flere mikrober til stede, sammenlignet med jordprøven med mindre god jord. I tillegg har det brattere terrenget i felt 2 sannsynligvis redusert mengden nedbrytbart materiale i jorden. Dersom det er mindre organisk materiale i jorden, vil ikke den mikrobielle nedbrytningen og respirasjonen foregå like hyppig. Som et resultat blir det et relativt mindre utslipp av fra jordprøven med mindre god kvalitet.

## **4.3 Sammenhengen mellom fuktighet og -produksjon**

Resultatene viser at fuktigheten i bøtten for svært god og mindre god jord er høyere når de ble plassert i varmeskapet. Årsakene til dette kan for eksempel være at en større andel av overflatevannet i jorden vil fordampe når temperaturen øker, ettersom den kinetiske energien til vannmolekylene vil stige. Mikrobiell aktivitet, celledeling og mikrobiell vekst øker ved høyere relativ fuktighet (Cook og Orchard, 2007). Empirisk forskning viser videre at den ideelle relative fuktigheten for mikrobiell aktivitet er 60% (Borowik og Wyszkowska, 2016), (USDA, u.d.). Resultatene i **Figur *2*** og **Figur *4***, endring i RH, viser at forandringen i relativ fuktighet ble stadig mindre over tid, og var minst ved slutten av målingstiden på 45 minutter. Dataene kan tolkes som en utflating av den relative fuktigheten, som ved slutten av målingstiden lå på rundt 60% i alle fire tilfeller. På grunn av at stigninger i fuktighet vil øke mikrobiell aktivitet, vil det også kunne påvirke både nedbrytningen av organisk materiale, og utslippet av gjennom jordrespirasjon. Vi får med det en selvforsterkende effekt som fører til at stadig mer frigjøres i samsvar med en høyere relativ fuktighet, slik ***Figur 6*** viser i alle de fire tilfellene.

Celleånding kan være en av faktorene bak denne korrelasjonen: Ettersom er et av biproduktene av mikrobiell respirasjon, vil det kunne bidra til en økning i vannmengden i jorden. En større mengde mikroorganismer og organisk materiale i den svært gode jorden vil kunne føre til en større produksjon av vannmolekyler gjennom celleånding. På den andre siden hadde jordprøven med mindre god jord en høyere relativ fuktighet i varmeskapet (VMGJ), enn jordprøven med svært god jord hadde i romtemperatur (USGJ), slik ***Figur 5*** viser. Dette kan altså tyde på at temperatur er en viktigere faktor for relativ fuktighet enn selve den mikrobielle respirasjonen, til tross for at høyere fuktighet kan øke jordrespirasjonsraten.

## **4.4 Observasjoner med hensyn på resultater**

Som nevnt tidligere i observasjonsdelen var MGJ mer tettpakka og mørkere enn SGJ. Selve fargen til MGJ i forhold til SGJ kan forklares av forskjellen i bergrunnsammensetningen. Berggrunnen i felt 2 består hovedsakelig av leirskifer som nevnt tidligere. Siden leirskifer består av mørke mineraler, kan det tenkes at jorden i området også er mørkere på grunn av dette. På den andre siden består berggrunnen i felt 1 av kalkstein som er en lysere bergart. Følgelig forklarer dette også den lyse fargen til jorda i dette området.

Når det gjelder selve strukturen på jorden, er det litt uklart hvilket faktorer som har vært dominerende (kan være flere), men likevel er det tydelig at jordstrukturen har en klar sammenheng med jordrespirasjonen. På grunn av den løse jordstrukturen til SGJ fra felt 1, kan man si at mikrobene i denne jorda fikk lettere tak i oksygen og andre næringsstoffer som er nødvendig for respirasjon. Dermed ser man også at respirasjonsraten henger mye tettere sammen med endringer i RH for SGJ sammenlignet med MGJ (se ***Figur 7***). Resultatet blir at SGJ respirer mer under begge temperaturforholdene.

## **4.5 Aktualisering**

Som nevnt tidligere er det en positiv sammenheng mellom temperatur og jordrespirasjonsraten. Dette er ett interessant funn, ettersom den globale temperaturen har blitt prosjektert til å øke i de kommende årene. I praksis vil dette si at jordrespirasjon globalt vil øke noe som vil akselerere global oppvarming ytterligere. Dette vil igjen øke respirasjonsraten, og på den måten vil man ende opp med en selvforsterkende effekt. Dette blir sannsynligvis et aktuelt problem når nordlige områder tiner, spesielt områder med tundra. Siden da vil jordrespirasjonsraten i disse områdene øke, på grunn av de nye omgivelsene som tilrettelegger for økt mikrobiell aktivitet.

Videre, blir dette ett enda større problem dersom man inkluderer det som blir vist i denne rapporten: jord av svært god kvalitet har økt respirasjon sammenlignet med jord av mindre god kvalitet. Det er ikke en stor del av jorda som består av svært god jord med tanke på prosentandel, men likevel kan disse områdene ha stor utslipp. Dette blir spesielt problematisk med tanke på at det har vært økt initiativ for å øke mengden med dyrkbar jord på jorda. For eksempel er det initiativer som vil gjøre store deler av Sahara ørkenen til dyrkbar jord. Dessuten er det også slik at behovet for mat vil øke fremover. Dermed vil også jordbruksarealer øke. Disse arealene har ofte økt mikrobiell aktivitet siden bønder og selskaper vil maksimerer avlinger. Resultatet blir dermed økende -utslipp fra disse områdene.

Hva er det som kan gjøres med problemet som nevnes ovenfor? Jordrespirasjon er en del av det naturlige kretsløpet til karbon. Det er lite man kan gjøre med selve kretsløpet siden det er naturens gang. Men det som er unaturlig er hvor fort overgangen fra hvert ledd har blitt. Som nevnt tidligere, er det varmere klima som er primærårsaken til dette. Dermed blir løsningen å redusere menneskers klimagassutslipp. Når det gjelder det med jordbruksareal, må innovasjon føre til effektiviseringsverktøy som kan føre til mindre arealforbruk. GMO kan være en mulighet her fordi GMO-er kan utvikles til å være effektive og kreve mindre næring av jorden de vokser opp i.

Det er også nevneverdig at målingene som er presentert i denne rapporten er utført i løpet av en kort tidsperiode sammenlignet med tidsskalaen til det globale klimaet. Det kan hende at resultatene som blir lagt fram ikke er like betydelige i det globale klimaet med tanke på at det er flere andre faktorer som er aktuelt å se på. Allikevel er resultatene viktig , ettersom for å lage klimamodeller trengs det kunnskap om flere faktorer. Dermed kan resultatene i denne rapporten egne seg for slikt bruk.

## **4.6 Feilkilder**

Den mest åpenbare feilkilden kan sies å være selve kalibreringen. Som nevnt tidligere, antas det at - konsentrasjonen starter på 1000 ppm og RH på 40. Dette er selvsagt ikke helt nøyaktig, ettersom 1000 ppm er bare normen for inneklima (FHI, 2013). Det samme gjelder for den relative fuktigheten. Både den relative fuktigheten og -konsentrasjonen er noe som fluktuerer. I et mindre rom med mennesker kan -konsentrasjonen øke raskt. Dessuten er også vanndamp en del av det mennesker puster ut. Følgelig kan det hende at antagelsenes validitet svekkes. Allikevel er endringen i -konsentrasjonen og relativ fuktighet nesten lik (se ***Figur 9***). Dermed får man et overordnet bilde av trenden, men ikke et helt nøyaktig bilde.

Graphical user interface, chart

Description automatically generated

**Figur 9:** Som vist i denne figuren er det er relativt lite avvik mellom sensormålingene i samme omgivelsen dersom man korrigerer for initialbetingelsene. Legg merke til at forskjellen i RH er svært liten (se aksen), mens for er det litt større. Dette skyldes sannsynligvis av lokaliserte forhold (utpust fra personer osv.).

En annen mulig feilkilde er ventetiden før målingene ble tatt. Altså, tidsmellomrommet mellom hentingen av jordprøvene og selve målingene var på flere dager. Dette kan ha påvirket resultatene, ettersom det er det organiske som bidrar til tendensene. Kanskje kunne noe av mikroorganismene dødd ut under denne venteperioden. I verste fall kan dette ha ført til redusert mikrobiell aktivitet, men igjen er tendensene ivaretatt, men uten venteperioden hadde kanskje -konsentrasjonen og den relative fuktigheten vært høyere igjennom forsøket.

Det siste bemerkelsesverdige feilkilden er at perfekt lukkede systemer ble ikke nådd i forsøkene. Forsøket går ut på å betrakte innsiden av bøttene som egne lukkede systemer. Det er fordi hensikten med forsøket er å se hvordan konsentrasjonen og den relative fuktigheten endrer seg over tid under forskjellige forhold. Da kan man ikke ha utveksling av stoff med omgivelsen, men utveksling av energi er greit siden det er det som påvirker temperaturen. Bøttene som ble brukt ble tildekket med plastfolie og teip. Dette gir tilnærmede lukkede systemer, men eksakte blir det ikke. Dette kan ha hatt noe virkning på resultatet.

## **4.7 Konklusjon**

Målingsresultatene fra forsøket samsvarte med vår hypotese om at økt temperatur vil medføre høyere utslipp av karbondioksid fra jorden. Høyere jordkvalitet vil dessuten kunne bidra til å øke utslippet av CO2 fra jorden ytterligere. Derfor bør vi mennesker forminske utslipp av drivhusgasser, slik at den globale temperaturen ikke stiger og det ikke frigjøres enda mer CO2 gjennom jordrespirasjon.

# **5. Kilder**

BBC. (u.d.). *Enzymes*. Tilgjengelig fra: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/z88hcj6/revision/2> (Hentet: 29.05.22)

Borowik, A. og Wyszkowska, J. (2015). *Impact of temperature on the biological properties of soil*. Tilgjengelig fra: <http://archive.sciendo.com/INTAG/intag.2016.30.issue-1/intag-2015-0070/intag-2015-0070.pdf#:~:text=According%20to%20Tortora%20et%20al,soil%20temperature%20and%20microbial%20activity>. (Hentet: 29.05.22)

Borowik, A. og Wyszkowska, J. (2016). *Soil moisture as a factor affecting the microbiological and biochemical activity of soil*.. Tilgjengelig fra: <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/158_2016-PSE.pdf> (Hentet: 29.05.22)

Cook, F.J. og Orchard, V.A. (2007). *Relationships between soil respiration and soil moisture*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071707004920> (Hentet: 29.05.22)

Dugan, I., Telak, L.J., og Bogunovic, I. (2021). *Soil Management and Slope Impacts on Soil Properties.* Tilgjengelig fra: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GrIGbYs9tGkJ:https://www.mdpi.com/2571-8789/5/1/5/pdf+&cd=13&hl=no&ct=clnk&gl=no> (Hentet: 29.05.22)

FHI (2013). *FHI.no*. [online] Folkehelseinstituttet. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/ml/miljo/inneklima/artikler-inneklima-og-helseplager/karbondioksid-co2-og-inneklima/> [Hentet 26/05/2022].

Hobart, M.K. (u.d.). *Shale*. Tilgjengelig fra: <https://geology.com/rocks/shale.shtml> (Hentet: 29.05.22)

NASA Earth Observatory. (u.d.). <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures#:~:text=According%20to%20an%20ongoing%20temperature,1.9%C2%B0%20Fahrenheit)%20since%201880> (Hentet: 29.05.22)

NIBIO. (u.d.). *Kilden*. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tjenester/kilden> (Hentet: 29.05.22)

Philips, C.L. og Nickerson, N. (2015). *Soil Respiration*. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/soil-respiration> (Hentet: 29.05.22)

Piercin, D. og Jarak, M. (u.d.) *Production and some characteristics of beta-glucosidase*. Tilgjengelig fra: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7620809/> (Hentet: 29.05.22)

Rousk, J., Tajamel, D. Og Paredes, C. (2021). *Can moisture affect temperature dependences of microbial growth and respiration?*. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003807172100095X> (Hentet: 29.05.22)

Silva, S. (2012). *Aluminium Toxicity Targets in Plants*. Tilgjengelig fra: <https://www.hindawi.com/journals/jb/2012/219462/> (Hentet: 29.05.22)

Svengård-Stokke, S. (2022). *Jordkvalitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart/jordkvalitet> (Hentet: 29.05.22)

The European Soil Data Centre. (u.d.). *Slope gradient*. Tilgjengelig fra:<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/shared_folder/projects/DIS4ME/indicator_descriptions/slope_gradient.htm> (Hentet: 29.05.22)

United States Department of Agriculture. (2014.). *Soil Respiration*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053267.pdf> (Hentet: 29.05.22)