



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2023 30 stp**  
Fakultet for biovitenskap

# **Bruk av alger som biostimulant**

Using algea as a biostimulant

**Fredrik Skistad**  
Urbant landbruk

## Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på min studietid på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven tilsvarer 30 studiepoeng og er skrevet på fakultet for biovitenskap for studieprogrammet urbant landbruk. Hovedveileder for oppgaven har vært Sheona Noemi Innes og bi-veileder har vært Trine Hvoslef-Eide.

Perioden har vært spennende og læringskurven vært i det bratteste laget. Metodene, den teoretiske bakgrunnen og arbeidet rundt oppgaven har vært litt utenfor emnene jeg har studert, og dette har bidratt til at dette semesteret har vært av de mest læringsrike semestrene jeg har hatt som student.

Jeg ønsker å rekke en stor takk til Sheona som igjennom hele prosjektet har bidratt til mange konstruktive tilbakemeldinger i alle fasene av prosjektet. Både for idé, oppsett, gjennomføring og skriving. Hun har vært helt essensiell for at oppgaven har kommet på plass, og kanskje enda mer imponerende, har vært tålmodig med meg hele veien. Ønsker også å rette en takk til familie og venner for støtte igjennom hele studieløpet. Til slutt ønsker jeg å takke ansatte ved SKP for å ha tatt godt vare på plantene og god hjelp underveis i prosjektet.



Fredrik Skistad

Ås, desember 2023

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Innholdsfortegnelse .....	2
Sammendrag.....	4
Abstract .....	5
Ordliste.....	6
Figurer .....	7
Figurer Vedlegg 1 .....	8
Figurer Vedlegg 2.....	9
Figurer Vedlegg 3.....	9
Tabeller .....	10
Introduksjon.....	11
Hensikt.....	12
Bakgrunn.....	13
Eutrofiering.....	13
Status Oslofjorden .....	13
Rensing av avløpsvann.....	14
Sirkulærøkonomi .....	16
Biostimulant .....	18
Algene.....	18
Tomat.....	19
Vekstmedium .....	20
Prosjekt V23.....	21
Metode .....	23
Vekstrommet.....	23
Vekstmedier .....	23
Gjødselvann.....	23
Algene.....	24
Hovedforsøk: Torv og kompost .....	25
Sidedforsøk: Hydroponisk .....	26
Målingene .....	27
Statistikk.....	27

Klimarapport Priva .....	28
Oppsett .....	28
Resultat .....	29
Hovedforsøk: Torv og kompost .....	29
Morfologi .....	30
Fluorescens .....	36
Næringsinnhold .....	39
Sidedforsøk: Hydroponisk del .....	42
Diskusjon .....	47
Hovedprosjektet .....	47
Sideprosjektet .....	48
Biostimulant som begrep .....	49
Feilkilder .....	50
Potensiale for produktet .....	50
Videre forskning .....	50
Konklusjon .....	52
Referanser .....	53
Vedlegg 1 – ALGECO arbeidspakke 4 .....	56
Vedlegg 2 – Resultater fra prosjekt V23 .....	58
Vedlegg 3 – Priva klimarapport .....	62

## Sammendrag

I denne masteroppgaven ble et frysetørket algeprodukt av trådalgene *Stigeoclonium sp* (K-0018) og *Oedogonium vaucheri* (K-0094) benyttet som en biostimulant i dyrking av to ulike kultivarer av mikrotomat, 'Micro Gemma' og 'Jochalos'. Plantene og algene ble dyrket i torv, kompostjord og i et hydroponisk oppsett. Frysetørket alge ble blandet inn i vekstmedium og plantene ble dyrket i 65 dager. Før frysetørking ble algene benyttet som et rensetrinn i regi av prosjektet ALGECO som har mål om å undersøke om alger kan bidra med å fjerne næringsstoffer fra avløpsvann og dermed danner en sirkulær økonomi innen rensing av avløpsvann og gjenbruk av næring. I dette prosjektet var målet å undersøke potensialet for videre bruk av de høstede algene som biostimulant i planteproduksjon.

Målene for oppgaven var å undersøke om algeproduktet påvirker tomatplantene som en biostimulant og hvordan kultivar og vekstmedium påvirker resultatet. Det ble sett på morfologiske faktorer, næringsinnhold og fotosyntetiske evner.

Resultatene viser potensiale for algeproduktet til å bidra positivt til vekst i mikrotomater, samt muligens øke fruktutbytte. Plantene som hadde fått produktet utviklet seg noe mer morfologisk, og viste bedre næringsopptak og fotosyntetisk kvanteutbytte. I hydroponisk oppsett er resultatene annerledes, der algene blant annet har påvirket biomassen negativt.

Videre bør det forskes på hvilke mekanismer som fører til at algene påvirker plantene.

## Abstract

In this master's thesis, freeze-dried algae product of the filamentous algae *Stigeoclonium sp* (K-0018) and *Oedogonium vaucheri* (K-0094) was used as a biostimulant in the cultivation of two different cultivars of microtomato, 'Micro Gemma' and 'Jochalos'. The plants were grown in peat, compost soil and in a hydroponic setup. Freeze-dried algae were mixed into the growth medium and the plants were grown for 65 days. Before freeze-drying, the algae were used as a purification step under the auspices of the ALGECO project, which aims to investigate whether algae can contribute to removing nutrients from wastewater and thereby form a circular economy within wastewater purification and nutrient reuse. In this project, the aim was to investigate the potential for further use of the harvested algae as a biostimulant in plant production.

The goals of this thesis were to investigate whether the algae product affects the tomato plants as a biostimulant and how the cultivar and growing medium affect the result. Morphological factors, nutrient content and photosynthetic abilities were looked at.

The results show potential for the algal product to contribute positively to growth in microtomatoes, as well as possibly increasing fruit yield. The plants that received the product developed somewhat more morphologically and showed better nutrient uptake and photosynthetic quantum yield. In the hydroponic setup, the results are different where the algae have, among other things, affected the biomass negatively.

Research should also be carried out into the mechanisms that lead to the algae affecting the plants.

## Ordliste

Biostimulant	-	Et stoff tilført for å bedre næringsopptak og stresstoleranse
DW	-	Dryweight (Tørrvekt)
Eutrofiering	-	Algeoppblomstring
Fluorescens	-	Lysutsendelse fra ikke glødende stoffer
FW	-	Freshweight (Friskvekt)
Hydroponi	-	Dyrking i vann uten jord
Morfologi	-	Læren om plantenes ytre form
N	-	Nitrogen
P	-	Fosfor
PCA	-	Princioal component analyses (Hovedkomponentanalyse)
Personekvivalenter	-	Uttrykk for belastning i avløpsanlegg
Resipient	-	Mottager av utslipp av forurensninger
tot-N	-	Total nitrogen
tot-P	-	Total fosfor

## Figurer

<b>Figur 1.</b> Skjermdump av oversikt over rensetrinnene hos Veas (Veas, 2023) .....	15
<b>Figur 2.</b> Sirkulærøkonomi diagram (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Sirklene øker i størrelse i takt med tiden og energien prosessen tar. Dette er også prioriteringsrekkefølgen.....	17
<b>Figur 3.</b> Andel nitrogen hos crispisalat fordelt på blad og vekstmedie. Gjennomsnitt $\pm$ SE. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse. Sheona Innes (Upublisert).....	22
<b>Figur 4.</b> Diagram over bladrandskade hos crispisalat. X-aksen viser score. Kilde: Sheona Innes (Upublisert data).....	22
<b>Figur 5.</b> Punktdiagram av resultat av PCA analyse på morfologiske parametere .....	29
<b>Figur 6.</b> Antall sideskudd på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=1-3$ planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.....	30
<b>Figur 7.</b> Antall knopper på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=1-3$ planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.....	31
<b>Figur 8.</b> Antall frukt på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=1-3$ planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.....	32
<b>Figur 9.</b> Bladareal målt i kvadratcentimeter på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=1-3$ planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.....	33
<b>Figur 10.</b> Samlefigur over friskvektfordeling mellom blad, frukt og stengel fordelt på kultivar, vekstmedium og behandling .....	35
<b>Figur 11.</b> Fotosyntetisk kapasitet ( $F_v/F_m$ ) på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=1-3$ planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.....	36
<b>Figur 12.</b> Fotosyntetisk kapasitet ( $F_v/F_m'$ ) på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=1-3$ planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer	



statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.....	37
<b>Figur 13.</b> Fotosyntetisk effektivitet (PhiPSII) på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=1-3$ planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.....	38
<b>Figur 14.</b> Prosentandel nitrogen i blad på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=1-3$ planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.....	39
<b>Figur 15.</b> Prosentandel nitrogen i vekstmedium på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=1-3$ planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.....	40
<b>Figur 16.</b> Punktdiagram av resultat av PCA analyse på parametere fra alle målinger utført på plantene i hydroponisk del .....	42
<b>Figur 17.</b> Total tørrvekt på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) tomatplanter dyrket i torv eller kompost under forskjellige gjødslingsregimer. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=2-3$ planter per gjødslingsregime per kultivar. Forskjellige bokstaver indikere statistisk.....	43
<b>Figur 18.</b> Total friskvekt av røttene 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) tomatplanter dyrket i torv eller kompost under forskjellige gjødslingsregimer. Gjennomsnitt $\pm$ SE, $n=2-3$ planter per gjødslingsregime per kultivar. Forskjellige bokstaver indikere statistisk ...	44
<b>Figur 19.</b> Bilder av 'Jochalos' tatt 03.10.2023 av Sheona Innes. Fra venstre:JHA, JHMA, JHM .....	45
<b>Figur 20.</b> Bilder av 'Micro Gemma' tatt 03.10.2023 av Sheona Innes. Fra venstre: MGHA, MGHMA, MGHM .....	45
<b>Figur 21.</b> Bilder av røtter fra 'Micro Gemma' tatt 08.10.23 av Fredrik Skistad .....	46

## Figurer Vedlegg 1

Figur vedlegg 1 1. Oversikt over ansvarsområder ALGECO prosjektet. Skjermdump fra forslagsdokument.....	56
Figur vedlegg 1 2. Skjermdump fra ALGECO proposal. Beskrivelse av WP 4 .....	57

## Figurer Vedlegg 2

Figur vedlegg 2 1. Samlefigur over vekst og morfologi. Produsert av Sheona Innes ....	58
Figur vedlegg 2 2. Figur som viser bladrand prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes	59
Figur vedlegg 2 3. Samlefigur over relativ vekst rate. Produsert av Sheona Innes .....	59
Figur vedlegg 2 4. Oversikt over nitrogenandel prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes .....	60
Figur vedlegg 2 5. Oversikt over transpirasjon prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes .....	60
Figur vedlegg 2 6. Samlefigur av fluorecense prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes .....	61
Figur vedlegg 2 7. Samlefigur av klorofyll prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes ....	61

## Figurer Vedlegg 3

Figur vedlegg 3 1. Temperatur i vekstrommet under prosjektperioden med trendlinje ..	62
Figur vedlegg 3 2. Relativ luftfuktighet i vekstrommet under prosjektperioden med trendlinje.....	63

## Tabeller

<b>Tabell 1.</b> Oversikt over fordelingen av planter, behandling og vekstmedium i hovedforsøket .....	25
<b>Tabell 2.</b> Oversikt over planter, kultivar og behandling i hydroponisk del. ....	26
<b>Tabell 3.</b> Fullstendig oversikt over plantene, kultivar og behandling med kode og antall .....	28
<b>Tabell 4.</b> Oversikt over lengde, antall blad, antall klaser, FW og DW fordelt på kultivar, behandling og vekstmedium.....	34
<b>Tabell 5.</b> Gjennomsnitt av næringsinnhold vekstmedium. Fordelt på kultivar, vekstmedium og behandling.....	41

## Introduksjon

I 2017 var det beregnet et utslipp på 1480 tonn fosfor (P) fra avløpssektoren, noe som tilsvarer like under 10% av behovet av samme næringsstoff til norsk landbruk (Statistisk sentralbyrå, 2018). Norge trenger en mer resurseffektiv og sirkulær økonomi dersom vi skal nå klima-, miljø- og bærekrafts-målene som vi har forpliktet oss til (Departementene, 2021). Nye metoder for å gjenvinne næringsstoffer fra avløpsvann er under arbeid. Dette masterprosjektet undersøkte om et algeprodukt fra en ny renseprosess kan fungere som en biostimulant.

ALGECO er et samarbeidsprosjekt mellom flere institusjoner hvorav Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) skal bidra med testing av algeprodukt på jord og planter (ALGECO, u.å-b). Forskningsprosjektet tester alger som et rensesteg for å fjerne næringsstoffer fra avløpsvann (ALGECO, u.å-a). Bruk av alger for å fjerne nitrogen (N) og P fra vann er ikke et nytt konsept, men stammer tilbake til USA på 50-tallet da det først ble foreslått til bruk av fjerning av næringsstoffer i avløpsvann (Jacob-Lopes et al., 2020). Næringsstoffer er problematiske for resipienten grunnet fare for oppblomstring av alger, og det er spesielt N og P som er påvirkere (Kjensmo & Hongve, 2022). På den andre siden er både fosfor og nitrogen viktige ressurser for landbruk, og fokus på gjenvinning av disse stoffene kan både redusere risikoen for eutrofiering, og øke tilgang på næringsstoffer for landbruket.

Proessen som ALGECO undersøker er tiltenkt som et siste rensetrinn for avløpsvann, etter det biologiske rensetrinnet, istedenfor å sende det rensede avløpsvannet ut i en resipient. Forurensningsforskriften krever blant annet minst 70% fjerning av N og minst 90% fjerning av P av det som blir tilført anlegget (Forurensningsforskriften, 2004). Selv om avløpsvannet har gått gjennom flere renseprosesser er ikke vannet helt rent, men tilstrekkelig rent. Vannet som i dag slippes ut etter det biologiske rensetrinnet viser seg å være spesielt gode for å dyrke alger, og baktanken er at man skal kunne fjerne mer næringsstoffer fra avløpsvannet og benytte næringsstoffene man har tatt ut til nye produkter. Algene skal være effektive i fjerningen av nitrogen, fosfor og karbon (ALGECO, u.å-a; Liu et al., 2016; Neveux et al., 2016).

Beskrevet innunder ALGECO arbeidspakke 4 (Vedlegg 1: - ALGECO arbeidspakke 4) skal algene testes i jord og på planter for å finne ut om algene i seg selv kan fungere som et produkt for å forbedre jord, gi næringsstoffer, eller om det er andre positive effekter (ALGECO, u.å-a, u.å-b). Tidligere test av algeprodukt fra ALGECO som gjødsel viste seg å ha noen effekter på salatplanter (Upublisert data, se Vedlegg 2). I dette prosjektet ble algene testet som en biostimulant på to kultivarer av mikrotomat, 'Micro Gemma' og 'Jochalos', dyrket i forskjellige vekstmedium med forskjellige næringsregimer. Algeproduktet består av en frysetørket samkultur av to algestammer, *Stigeoclonium sp.* (K-0018) og *Oedogonium vaucheri* (K-0094), som har blitt dyrket i ferdigrenset avløpsvann.

#### Hensikt

Masterprosjektet har som hensikt å utforske om algeproduktet fra ALGECO påvirker tomatplanter i mindre doseringer. Dette er et viktig førstesteg som kan gi grunnlag for videre forskning, og målet er å finne ut av om det er en påvirkning, eventuelt hvilken grad av påvirkning, og hva algene påvirker.

#### Oppgavens mål er som følger:

Finne ut om frysetørkede alger gir virkninger som biostimulant hos tomatplanter, og hvordan algene påvirker planten og avlingspotensialet. Morfologien, fluorescens og næringsinnhold skal vurderes opp imot planter som gjennomgår en vanlig gjødslingsrutine og planter som ikke får tilført gjødsel.

I tillegg gjennomføres det et mindre forsøk med hydroponisk dyrking for å utforske hvordan algeproduktet fungerer i vann.

## Bakgrunn

### Eutrofiering

Eutrofiering er oppblomstring av alger som kommer av økt tilgang på næringsstoffer. I innsjøer er gjerne P den begrensede faktoren mens i hav er N den begrensede faktoren (Kjensmo & Hongve, 2022). Problematisk med oppblomstring av alger er at det reduserer oksygentilgangen i vannet betraktelig og kan endre et helt økosystem. Oksygenreduksjonen kommer av økende respirasjon hos alger og plankton. Endringen i tilgang på næringsstoff skjer som regel via avrenning fra landbruk, eller via utslipp fra avløpssektoren (Kjensmo & Hongve, 2022).

### Status Oslofjorden

Oslofjorden er klassifisert som et følsomt område i henhold til forurensningsforskriften vedlegg 1 (Forurensningsforskriften, 2007). Grunnlaget for klassifiseringen er at vannforekomsten er eutrof, eller står i fare for å bli eutrof. Oslofjorden har i lengre tid hatt utfordringer med dårlige oksygenforhold og tilførsel av N og P. Indre Oslofjorden har hatt rensetiltak siden 1970-tallet, men de siste 15-20 årene har eutrofieringssituasjonen blitt stadig verre (Staalstrøm et al., 2023). Overgjødsling blir pekt på som et av seks forhold som truer økosystemet i Oslofjorden. Fysiske forstyrrelser, invaderende arter, klimaendringer, overfiske, og miljøgifter er de andre. «VEAS er den største enkeltkilden til oksygenforbruk i dypvannet. Næringssalter fra elver og bekker er i dag den nest største kilden til algevekst etter utslipp fra renseanleggene.» (Thaulow & Faafeng, 2014)

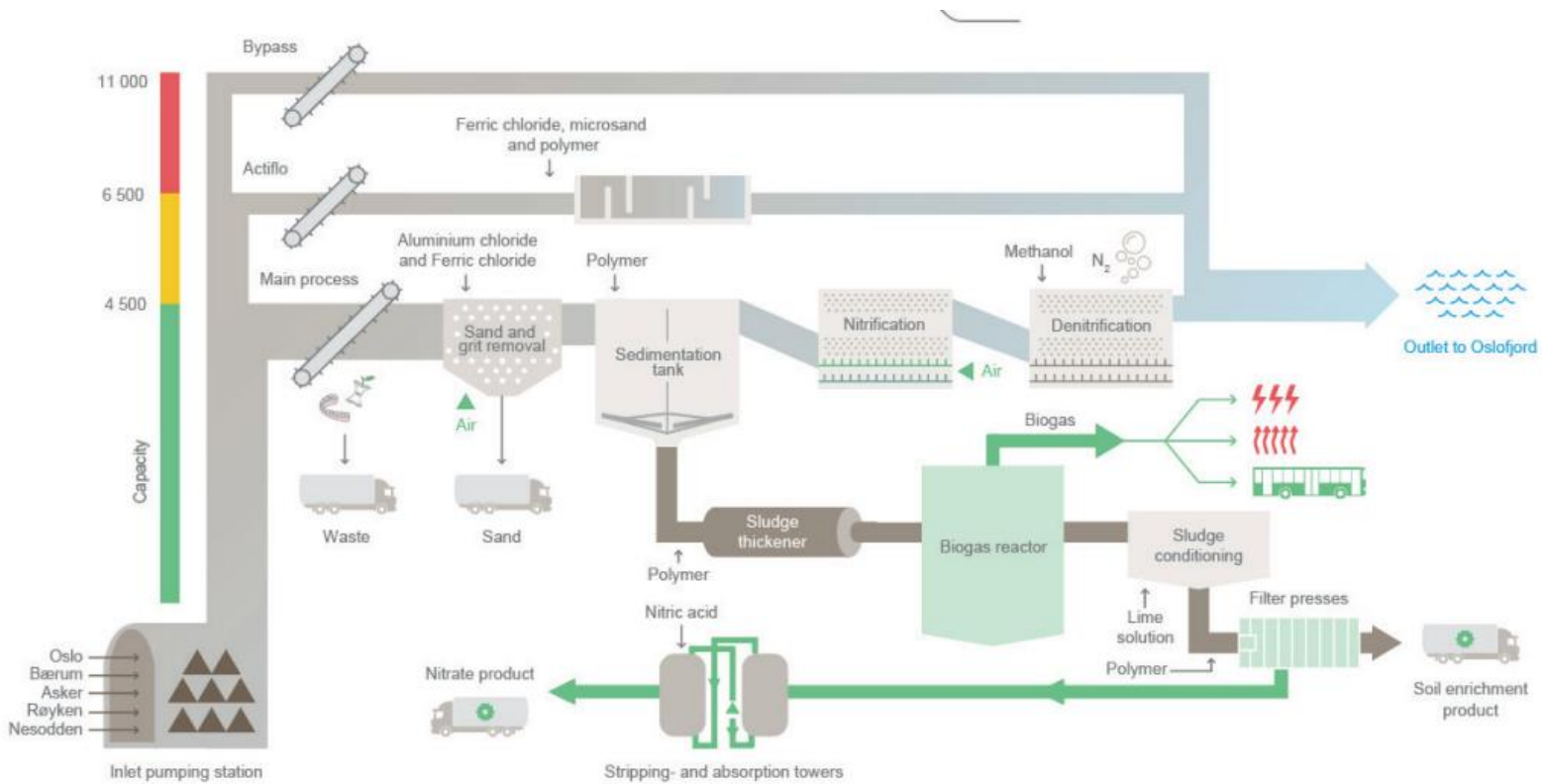
## Rensing av avløpsvann

I Norge produserer vi store mengder avløpsvann. Det finnes 2754 anlegg som er over 50 personekvivalenter (PE) hvorav 453 er kjemisk-biologisk og 329 er direkte utslipp, 1477 anlegg benytter kun mekanisk rensning (Statistisk sentralbyrå, 2022a). Fokuset når man skal rense avløpsvann ligger i å prøve å få vannet reneest mulig før det slippes videre (ALGECO, u.å-a). Avløpsvann består av spillvann, som er vann fra husholdningene, og overvann som er regnvann eller vann som har lekket inn i systemet (Godt Vann, u.p). Videre kan vi skille spillvann i svartvann og gråvann. Svartvann er alt avløp som kommer fra toaletter, mens gråvann er alt annet i husholdningene, som vann fra dusj og vask (NIBIO, u.å). Spesielt interessant er potensialet til avføring og urin som inneholder en større mengde fosfor og nitrogen som begge er viktige næringsstoffer for planter (Randall & Naidoo, 2018), men som også er problematiske dersom de i større mengder blir sluppet ut til resipient som kan være hav som Oslofjorden og innsjøer som Mjøsa.

Selv om forurensningsforskriften krever 90% rensing av fosfor og 70% rensing av nitrogen for anlegg over 10 000 PE med hav som resipient er det likevel store utslipp av næringsstoffene. I 2022 slapp avløpssektoren ut 1477.1 tonn fosfor og 19507.1 tonn nitrogen (Statistisk sentralbyrå, 2022b).

Veas er et renseanlegg på Slemmestad og behandler avløp fra Oslo, Asker, Bærum og Nesodden og er anlegget ALGECO tester renseprosessen med alger. Veas har Oslofjorden som resipient og i 2019 tilførte de fjorden 105.7 millioner kubikkmeter med behandlet avløpsvann (Veas, 2019). Vist i Figur 1 er en oversikt over renseprosessen til Veas. Rister og sandfang er former for mekanisk rensing der større partikler ikke kommer gjennom. Det kjemiske rensetrinnet består av sedimenteringsbasseng. De biologiske rensetrinnene består av en nitrifikasjonstank og en denitrifikasjonstank. Ifølge Veas var rensesgraden for tot-N 68.6% og tot-P 90.3% i 2019, noe som tilsvarer et utslipp på 953 tonn tot-N og 31.7 tonn tot-P (Veas, 2019).

Gjennomsnittskonsentrasjonen for nitrogen i 2019 på vannet som ble sluppet ut var på 9.0 mg/l (Veas, 2019). Eutrofiering oppstår når konsentrasjonen overstiger 1.9 mg/l (ALGECO, u.å-a).



Figur 1. Skjermdump av oversikt over rensetrinnene hos Veas (Veas, 2023)

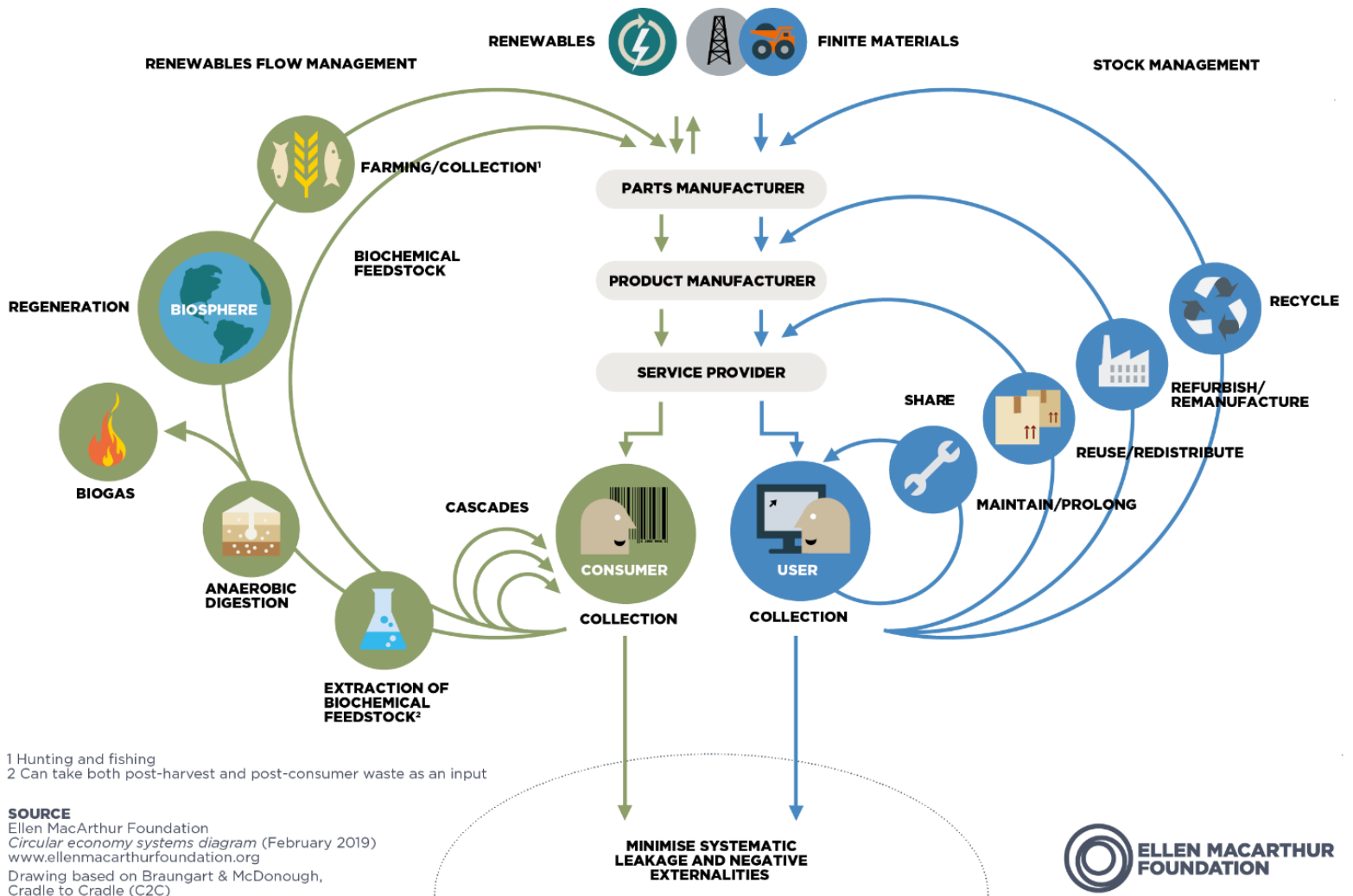


## Sirkulærøkonomi

Sirkulærøkonomi er en modell for produksjon og forbruk som baserer seg på gjenbruk, deling, reparasjon, renovering og resirkulering (European Parliament, 2023). Forskjellen på sirkulærøkonomi og gjenvinning er at sirkulærøkonomi også ser på alle prosesser som videresalg, reparasjon og redesign, mens gjenvinning kun ser på hvordan søppel kan bli til nye materialer (Ellen MacArthur Foundation, 2021). Figur 2 gir et overblikk over hvordan sirkulærøkonomi kan fungere i praksis. Gjennom gjenbruk, reparasjon, ombruk og resirkulering ønsker man å ta vare på ressurser og la minst mulig gå til spille. De preventive prosessene står sentralt og man ønsker aller helst handling før et produkt må plukkes ned til materialer for å få nytt liv.

Dagens håndtering av ressurser gjennomgår en lineær modell som går fra produksjon til avfall. Dette kan vi se i veldig mange livsløp, også for avløpsvann. Avløpsvann blir produsert av husholdninger, industri og også overvann blir sendt til et renseanlegg som etter beste evne renser vannet også sender resterende avløpsvann til resipient. Samme prosessen kan vi se i for eksempel plast som blir produsert, forbrukt og enten brent eller sendt på deponi. Dagens lineære modell som baseres på bruk og kast er ikke et økonomisk system som er bærekraftig (Korhonen et al., 2018). En sirkulær tankegang er essensielt for at Norge og verden skal ha mulighet til å nå klimamålene i Parisavtalen og FNs bærekrafts mål (Departementene, 2021).

I tillegg til å være essensielt for å nå klimamål, kan også sirkulærøkonomi ha stor økonomisk verdi. Det estimeres at bedre utnyttelse av ressurser kan spare europeisk industri for 600 milliarder euro årlig (Korhonen et al., 2018). Konseptet med å bruke alger til å hente ut næringsoffer og videre bruke algeproduktet til å livnære planter faller under sirkulærøkonomi.



**Figur 2.** Sirkulærøkonomi diagram (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Sirklene øker i størrelse i takt med tiden og energien prosessen tar. Dette er også prioriteringsrekkefølgen.

## Biostimulant

En biostimulant er et stoff eller mikroorganismer tilført med hensikt å bedre næringsopptaket og/eller øke stresstoleranse uavhengig av tilgjengelig næring (du Jardin, 2015). Biostimulant skiller seg fra gjødsel da de ikke har som hovedmål å avgje næringsstoffer, men å endre fysiologien i planten, stimulere til vekst og/eller bedre stresshåndtering (du Jardin, 2012). Bakterier eller organiske sammensetninger kan påvirke hormonproduksjon hos planten. Sammensetninger av næringsstoffer i vekstmediet kan endres slik at mer av næringsstoffene blir tilgjengelig for planten (Calvo et al., 2014). Det finnes flere definisjoner av uttrykket biostimulant og dermed flere definisjoner på hva en biostimulant er. Videre er det også vanskelig å finne ut av de konkrete virkningene i eksisterende produkter og konkret hvordan de påvirker plantene, ettersom produktene tilgjengelig på markedet i dag er forskjellige i bruksområdene sine. Calvo et al. (2014) peker også på at det finnes lite fagvurdert forskning på feltet. Biostimulant som definisjon kan dermed være usikkert. Denne oppgaven følger definisjonen til du Jardin (2015)

## Algene

Alger er en samlebetegnelse på organismer som driver fotosyntese og lever i fuktige miljøer (Thronsen & Egeland, 2022). I dette prosjektet ble det benyttet to typer trådalger. Trådalger kan vokse på bunnen i grunt næringsrikt vann og vokser i lange kjeder med celler. Trådformen gir store overflater som gjør trådalger effektive til å ta opp næringsalter i vannet. Algene levert til prosjektet er en samkultur av *Stigeoclonium sp.* og *Oedogonium vaucheri*. *Stigeoclonium sp.* som har vist seg effektiv for fjerning av nitrogen og fosfor i avløpsvann fra jordbruk (Liu et al., 2016). *Oedogonium* kan bidra til reduksjon av nitrogen og fosfor i kommunalt avløpsvann (Neveux et al., 2016). Algene ble dyrket i et lukket system med avløpsvann fra Veas, og vannet som benyttes er vann som vanligvis ville sluppet ut i Oslofjorden etter renseprosessen. Konsentrasjonen av nitrogen i det rensede avløpsvannet gjør det gunstig å dyrke algene i dette vannet. Etter høsting ble algene frysetørket. Frysetørring hindrer nedbryting og samtidig bevarer næringsstoffene i algene (Jacob-Lopes et al., 2020).

## Tomat

Tomatplanter er en plante som produserer frukt som både blir brukt til direkte konsum, og som blir prosessert. Tomat (*Solanum lycopersicum*) tilhører søtvierfamilien (Solanaceae) sammen med planter som potet og paprika, og er en ettårig plante. Vekstformen kan være determinante, interdeterminante eller mellomversjoner av dette. Hos determinate-sorter er veksten bestemt for tre klaser og deretter blir ikke planten høyere (Pedersen, 2011b). Hos interdeterminante sorter er det ikke en grense for klaser og høyde (Pedersen, 2011b), og man kniper sideskudd for å optimalisere for vekst på hovedskuddet. Fargen på frukten er en velkjent rødfarge, men kan også være andre farger. Anbefalt temperatur ved dyrking av tomater ligger på >20 grader celsius og luftfuktighet bør ligge over 60% (Pedersen, 2011a).

I dette prosjektet ble mikrobusktoomat av typene 'Micro Gemma' og 'Jochalos', som er av de minste typene tomat. Begge sortene er determinate. Grunnlaget for dette er deres raske vekst, noe som er viktig for fremgangen i dette prosjektet. Mikrotomater kan være gode kandidater for forskning grunnet dens kompakte størrelse, rask blomstring og god avling (Lagenfeld & Bugbee, 2023). Ingen av kultivarene brukes til produksjon i dag, men mikrotomater har blant annet vist potensiale i vertikale dyrkingsoppsett (Tharpe, 2023).

## Vekstmedium

Torv er et viktig dyrkingsmedium og mye brukt for dyrking i kasser. Torv har et lavt næringsinnhold som gjør det enkelt å gjødsle tilpasset behovet til planten man ønsker å dyrke (Aurdal et al., 2022). I tillegg er det lett tilgjengelig på den nordlige halvkule og relativt billig å få tak i (Barrett et al., 2016). Michel (2010) påpeker at det ikke er noen andre tilgjengelig vekstmedium som har de samme kvalitetene som torv har med samme tilgjengelighet. Selv om torv har mange positive egenskaper, er de negative miljøaspektene knyttet til uttak av torv fra myrområder godt kjent. I Norge er gjennomsnittlig årlig utslipp av CO<sub>2</sub> fra uttak av torv 63 000 tonn CO<sub>2</sub> -ekvivalenter (Lillesund et al., 2018). I tillegg er det diskutert om torv er fornybart eller ikke, grunnet den lange tiden det tar for myren å bygge seg opp (Schilstra, 2001).

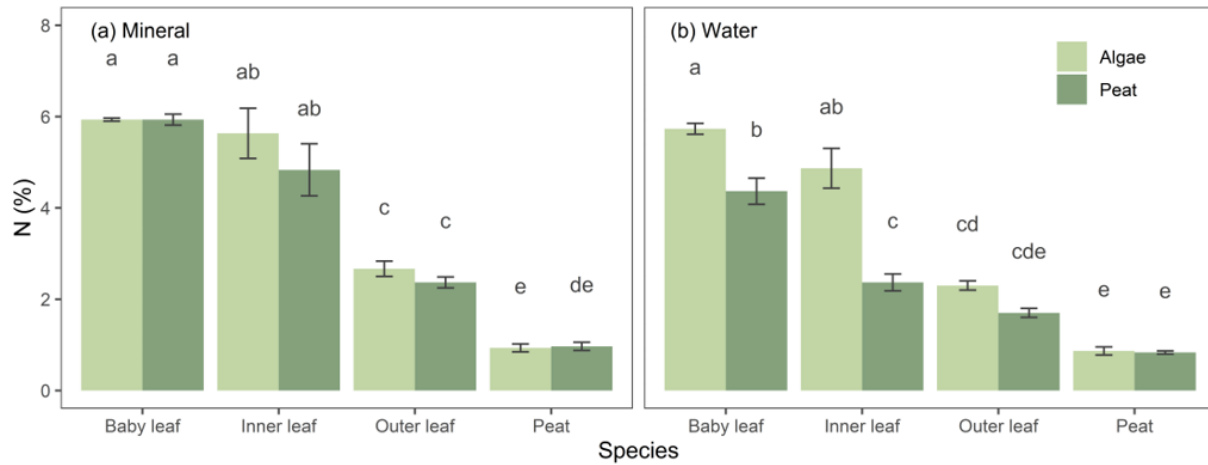
Det er et ønske om å bruke mindre torv grunnet høyt klimaavtrykk, og det pekes mot kompostjord som en mulig erstatte (Aurdal et al., 2022). Kompostjord kommer av organisk materiale som har gjennomgått en komposteringsprosess. Prosessen kan nå en temperatur på over 50 grader. Den varme fasen ødelegger ugressfrø og patogener (Paulin & O'Malley, 2008). Kompostjord kan lages på ulike sammensetninger av organisk avfall. Dette kan være planterester, matavfall, eller rester fra skogbruk. Sammensetningen av det organiske avfallet bestemmer i stor grad hvordan komposteringsprosessen går, og hvordan sluttproduktet blir (Paulin & O'Malley, 2008). Kompostjord blir pekt på som en mulig torverstatte siden det er fornybart, inneholder mye næringsstoffer, og fungerer godt til dyrking. utfordringene med kompost er at sammensetningene varierer og det er vanskelig å produsere et ensformig produkt.

På bakgrunn av dette er det relevant å teste ut algeproduktet både på torv og i kompost. I tillegg blir det gjort et sideprosjekt der algene blir testet i et hydroponisk dyrkingsoppsett. Et forsøk utført av Tharpe (2023) viser potensiale for dyrking av mikrotomater i et vertikalt system. «Kratky» metoden skal benyttes. Dette er en metode der en kasse blir fylt med næringsvann og planten blir plassert på en plattform over vannspeilet med røttene i vannet. Prinsippet er at røttene vokser i takt med at vannspeilet synker. På denne måten har røttene tilgang på både oksygen og vann. Metoden er enkel og krever verken elektrisitet eller pumper (Kratky, 2009).

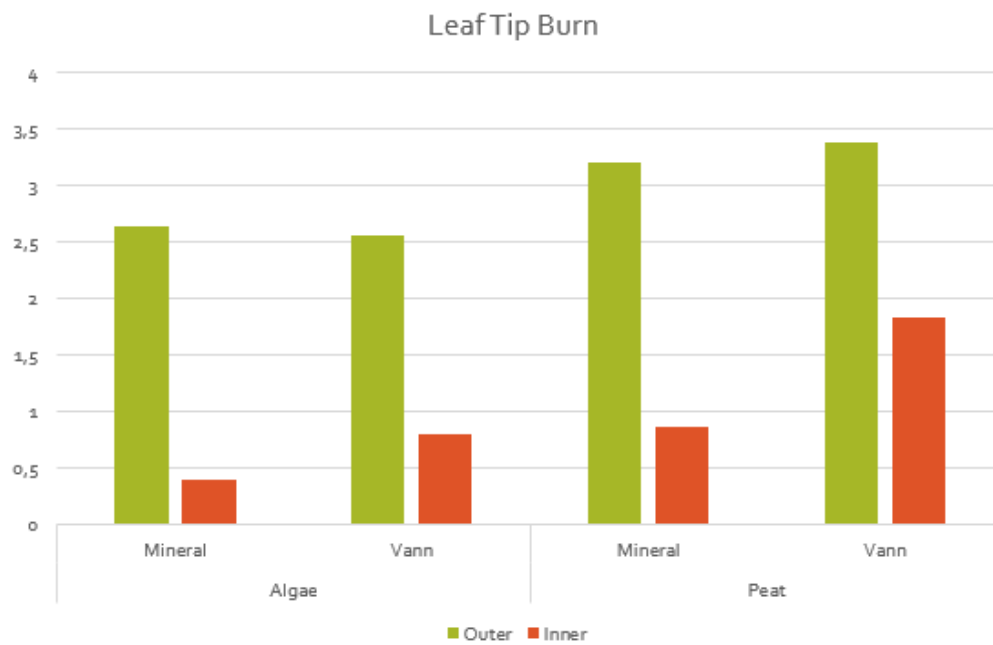
#### Prosjekt V23

Våren 2023 ble det gjennomført et forsøk som benyttet algeproduktet fra ALGECO som gjødsel i Crispi salatplanter, cv. "Frillice". Dette forsøket er ikke publisert, men er det eneste andre prosjektet som bruker algeproduktet fra ALGECO. 12 gram alger ble blandet inn i torv i forkant av såing. Alle plantene i prosjektet ble sådd i 3 liters-potter med veksttorv (Norgro). Etter seks uker ble det tatt prøver.

Foreløpige resultater fra dette prosjektet er at plantene som hadde fått algeprodukt viste tegn til mindre stress, og hadde mer tilgjengelig nitrogen. Figur 3 viser nitrogeninnhold og resultatet viser at det var noe mer nitrogen tilgjengelig for plantene som hadde fått 12g algeprodukt. Figur 4 viser tall på mindre bladrandskade hos salatplantene som hadde fått 12g alger.



**Figur 3.** Andel nitrogen hos crispsalat fordelt på blad og vekstmedie. Gjennomsnitt ± SE. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse. Sheona Innes (Upublisert)



**Figur 4.** Diagram over bladrandskade hos crispsalat. X-aksen viser score. Kilde: Sheona Innes (Upublisert data)

## Metode

### Vekstrommet

Vekstrommet benyttet i dette prosjektet er i tilknytning til Senter for Klimaregulert Planteforskning (SKP) ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet (NMBU), Ås, Norge (59.6685° N, 10.7710° Ø). Rommet benytter et klimastyringsssystem (PRIVA De Lier, Nederland). Systemet ble satt opp til å holde 22 grader celsius, og en luftfuktighet på 70%. Rommet ble belyst 16 timer i døgnet med en miks av Powerstar HQI-BT (Osram, Slovakia) og HPI-T plus (Philips, Belgia) som ga  $200 \pm 10$  mikromol  $m^{-2} s^{-1}$ , målt med en LI-180 spektrometer (Li-Cor Inc., USA) ved pottkant i tillegg til dagslys. Kunstig belysning var avskrudd på nattestid mellom 22:00 og 04:00. Daglengde 16 timer, natlengde 6 timer.

### Vekstmedier

I dette forsøket ble det benyttet to vekstmedier:

Torv "Veksttorv" (Norgro AS, Norge) er et produkt bestående av hvitmosetorv (*Sphagnum*) med siktegrad 5-15mm. Produktet er tilsatt 1,1 kg Multimix 12-6-20 + Mikro og 6 kg kalk pr 80 liter. pH verdi 5-6.

Blandingskompost "Torvfri grønnplantejord" (Plantasjen Norge AS, Norge) er et produkt bestående av cellulosefiber, fibermull, bark, hestegjødsel, biogjødsel og park og hageavfall. Siktegraden er oppgitt til 0-35mm, og pH-verdi 6.5-7.5. Produktet er tilsatt 1 kg dolomittkalk og 1 kg kalksalpeter pr  $m^3$ .

### Gjødselvann

Gjødselvannet benyttet består av to ulike stamløsninger. Stamløsning A var YaraTera Calcinit (Yara Norge AS, Norge) blandet ut 25kg pr 200L springvann. Stamløsning B var YaraTera KRISTALON INDIGO (Yara Norge AS, Norge) blandet ut 25kg pr 200L springvann. Stamløsning A og B var så blandet ut i forholdet 40% A og 60% B, deretter blandet med springvann frem til saliniteten lå på  $1.5 \text{ mS cm}^{-1}$ . Dette tilsvarer ca 170ml A og 255ml B pr 40 liter springvann.



## Algene

Algene var levert av ALGECO (Norge) og er bestående av to typer trådalger av stammene *Stigeoclonium sp.* (K-0018) og *Oedogonium vaucheri* (K0094). Algene ble levert frysetørket i to batcher. Næringsinnholdet i gjennomsnitt var N (%) 3.1, C (%) 43.4, S (%) 0.4, Ca (%) 0.7 Na (%) 0.1, Mg (%) 0.1, K (%) 2.1, P (%) 0.2, Fe (mg/kg) 620.8, Mn (mg/kg) 221.8, Cu (mg/kg) 11.7, Zn (mg/kg) 27.3. Næringsanalysene av prøvene ble utført av LabTek NMBU med metodene CHNS (DUMAS / tot-N) og microwave plasma-atomic emission spectroscopy (MP-AES). Batchene ble knust til et fint pulver med en kaffekvern (Bodum model no. 5679, Sveits). Ettersom lite forskjell ble funnet i næringsinnhold mellom batchene ble batchene blandet sammen og blandet godt.

### Hovedforsøk: Torv og kompost

Frø av *Solanum lycopersicum* 'Micro Gemma' (TomatPrat Orskaug ENK, Norge) og *Solanum lycopersicum* 'Jochalos' (TomatPrat Orskaug, Norge) ble sådd i brett og plassert i vekstrommet den 23. August 2023. En andel ble sådd i veksttorv (NORGRO AS, Norge) og en andel ble sådd i "Torvfri grønnplantejord" (Plantasjen AS, Norge). Etter åtte dager med spiring ble plantene pottet i 1,5 liters-potter med 15 cm diameter. En plante per potte. I 18 av pottene ble det blandet inn 4 gram alger. Plantene ble under hele perioden vannet med springvann etter behov. Tre ganger i uken ble plantene som skulle ha gjødselvann gjødslet med 100 ml gjødselvann. Unntaket var de 4 første ukene etter at plantene ble satt i potter, da fikk de 50 ml gjødselvann. Tabell 1 viser oversikten over fordelingen av planter, behandling og vekstmedium. Plantene ble ikke klippet og sideskudd ble ikke knepet. De vokste fritt i 65 dager fra de ble sådd til prøvene ble tatt.

*Tabell 1. Oversikt over fordelingen av planter, behandling og vekstmedium i hovedforsøket*

<b>Kultivar</b>	<b>Behandling</b>	<b>Torv</b>	<b>Kompost</b>
<b>Micro Gemma</b>	Kun springvann	3 stk	3 stk
<b>Micro Gemma</b>	Gjødselvann	3 stk	3 stk
<b>Micro Gemma</b>	Gjødselvann	3 stk (4 g alger)	3 stk (4 g alger)
<b>Jochalos</b>	Kun springvann	3 stk	3 stk
<b>Jochalos</b>	Gjødselvann	3 stk	3 stk
<b>Jochalos</b>	Gjødselvann	3 stk (4 g alger)	3 stk (4 g alger)

### Sideforsøk: Hydroponisk

Et liknende forsøk ble også satt opp hydroponisk. Etter forkultivering (samme som nevnt over) ble jord vasket vekk fra rotsystemet og plantene ble plassert i plugger av steinull. Disse ble så fordelt i seks dyrkingskasser av typen "Harvy" (79,5 x 16 x 15cm) fra Nelson garden solgt av Plantasjen AS. Dyrkingskassene ble fylt med 9 liter springvann. Her fikk to kasser tilsatt 30 gram alger, og en kasse fikk en anbefalt dosering av "hydroponisk plantegjødsel" (NPK 4-0,7-3) solgt sammen med dyrkingskassene. Dette tilsvarte 18 ml. De siste to kassene fikk 12 gram alger og 18 ml gjødsel. Tabell 2 viser oversikten over plantene og behandlingene. Dagen etter omplanting ble det supplert med en akvariepumpe per kasse for å gi sirkulasjon, da algene la seg på bunnen. Pumpene ble satt til å gå i 2 minutter hver time. Dyrkingskassen med alger og gjødsel benyttet MaxiJet 6w (Aquarium systems Inc, USA), og resterende benyttet Sera Precision P700 (Sera GmbH, Tyskland). Sideskudd ble ikke knepet. De vokste fritt i 78 dager fra de ble sådd til prøvene ble tatt.

*Tabell 2. Oversikt over planter, kultivar og behandling i hydroponisk del.*

<b>Kultivar</b>	<b>Behandling</b>	<b>Antall</b>
<b>Micro Gemma</b>	Kun alger	3 stk
<b>Micro Gemma</b>	Kun gjødsel	3 stk
<b>Micro Gemma</b>	Begge	3 stk
<b>Jochalos</b>	Kun alger	3 stk
<b>Jochalos</b>	Kun gjødsel	3 stk
<b>Jochalos</b>	Begge	3 stk

## Målingene

Antall sideskudd, samt antall blad, klaser, knopper og frukt på hovedstilk og sideskudd, ble telt manuelt ved prosjektslutt. Frukt måtte ha en diameter på >1cm for å bli telt. Under knopper ble det inkludert, i tillegg til knopper, også blomster og frukt <1cm. Bladareal (cm<sup>3</sup>) ble målt med Li cor LI-3100 (Li-Cor Inc, USA). Det ble målt både ferskvekt (FW) og tørrvekt (DW) på blad, stilk og frukt. Røttene på plantene i det hydroponiske forsøket ble også målt FW og DW på, men disse tallene inkluderer steinullen den har vokst i, samt plaststrukturen som holdt alt på plass. Fotosyntetisk kapasitet og kvanteutbytte ble målt med fluorescens parametere (Fv/Fm, Fv'/Fm' og PhiPSII) med en Li- Ccor LI-6400-XT (Li-Cor Inc, USA) for plantene i torv og blandingskompost. Her ble det gjennomført fem målinger. Plantene i det hydroponiske forsøket ble målt for Fv/Fm og Fv'/Fm' med FluorPen FP100 (Photon Systems Instruments, spol. s r.o. Tsjekkia). Her ble det tatt tre målinger pr plante. Prøver av tørkede blader og vekstmedium ble sendt til LabTek NMBU som utførte næringsanalyser (CHNS (DUMAS / tot-N) og MP-AES). pH ble målt med Orion 420A+ (Thermo Fisher Scientific Inc., USA). Salinitetsmåler har ukjent produsent, samme måler ble benyttet for å blande gjødselvann.

## Statistikk

I dette prosjektet ble følgende programvarer benyttet:

- RStudio (Version: 2023.09.1+494)
- Microsoft Excel (Version 2310 Build 16.0.16924.20054)
- Orange 3.36.1 copyright Bioinformatics Laboratory, University of Ljubljana, Faculty of Computer and Information Science.

I RStudio ble det gjennomført 2-veis og 3-veis ANOVA analyser og post-hoc Tukey HSD analyse. Hovedkomponentanalyse (PCA) ble gjennomført i Orange. Data for PCA-analysen ble satt opp som normalisert og behandlet som avhengig. Pearson correlation ble benyttet for å finne sammenhenger. Øvrige grafer og omregninger ble gjort i Microsoft Excel.

## Klimarapport Priva

Temperatur og luftfuktighet ble logget hvert 15 min igjennom døgnet fra 23.08.2023 til 8.11.2023. Gjennomsnittstemperatur for perioden var 20.86 grader celsius og gjennomsnittlig luftfuktighet på 68.60% (se vedlegg 3).

## Oppsett

Alle plantene har fått en kode basert på kultivar, vekstmedium, og behandling. Tabell 3 viser oversikten over dette. Det skal merkes at enkelte poster inneholder færre planter. Grunnlaget for dette er at fem planter ble forkastet på bakgrunn av vekst som ikke liknet resten av plantene, og plantene var tydelig ikke av samme kultivar som de som ble undersøkt. Alle plantene som ble forkastet skulle vært av kultivaren «Micro Gemma».

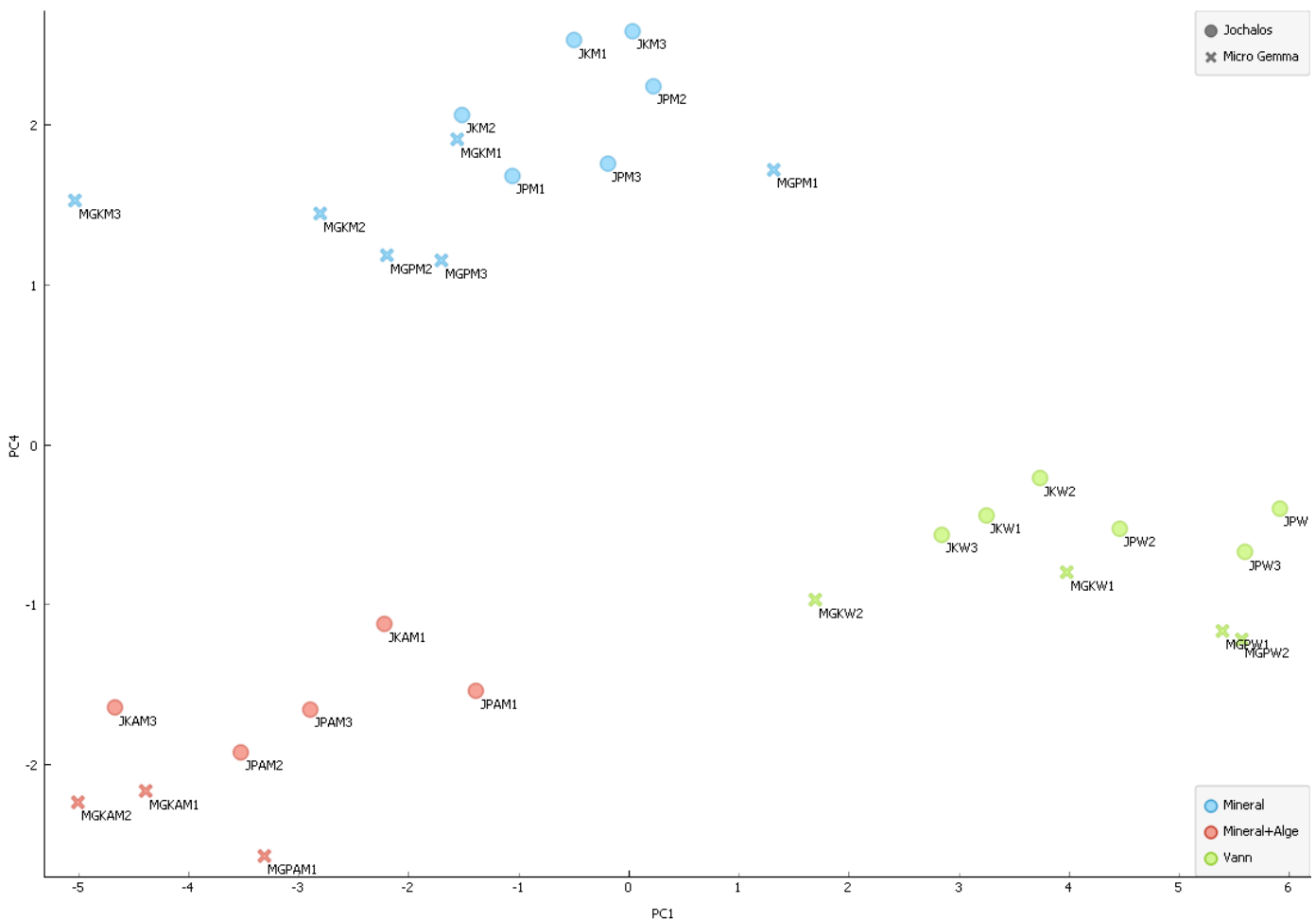
*Tabell 3. Fullstendig oversikt over plantene, kultivar og behandling med kode og antall*

<b>Micro Gemma</b>	<b>Torv</b>	<b>Kompost</b>	<b>Vann</b>
<b>Kun vanning</b>	MGPW 2stk	MGKW 2 stk	MGHA 3 stk (Alge)
<b>Mineral gjødsel</b>	MGPM 3 stk	MGKM 3 stk	MGHM 3 stk (Gjødsel)
<b>Mineral gjødsel + Alger</b>	MGPAM 1 stk	MGKAM 2 stk	MGHMA 3 stk (Gjødsel + alger)
<b>Jochalos</b>			
<b>Kun vanning</b>	JPW 3 stk	JKW 3 stk	JHA 3 stk (Alge)
<b>Mineral gjødsel</b>	JPM 3 stk	JKM 3 stk	JHM 3 stk (Gjødsel)
<b>Mineral gjødsel + Alger</b>	JPAM 3 stk	JKAM 3 stk	JHMA 3 stk (Gjødsel og alge)

## Resultat

### Hovedforsøk: Torv og kompost

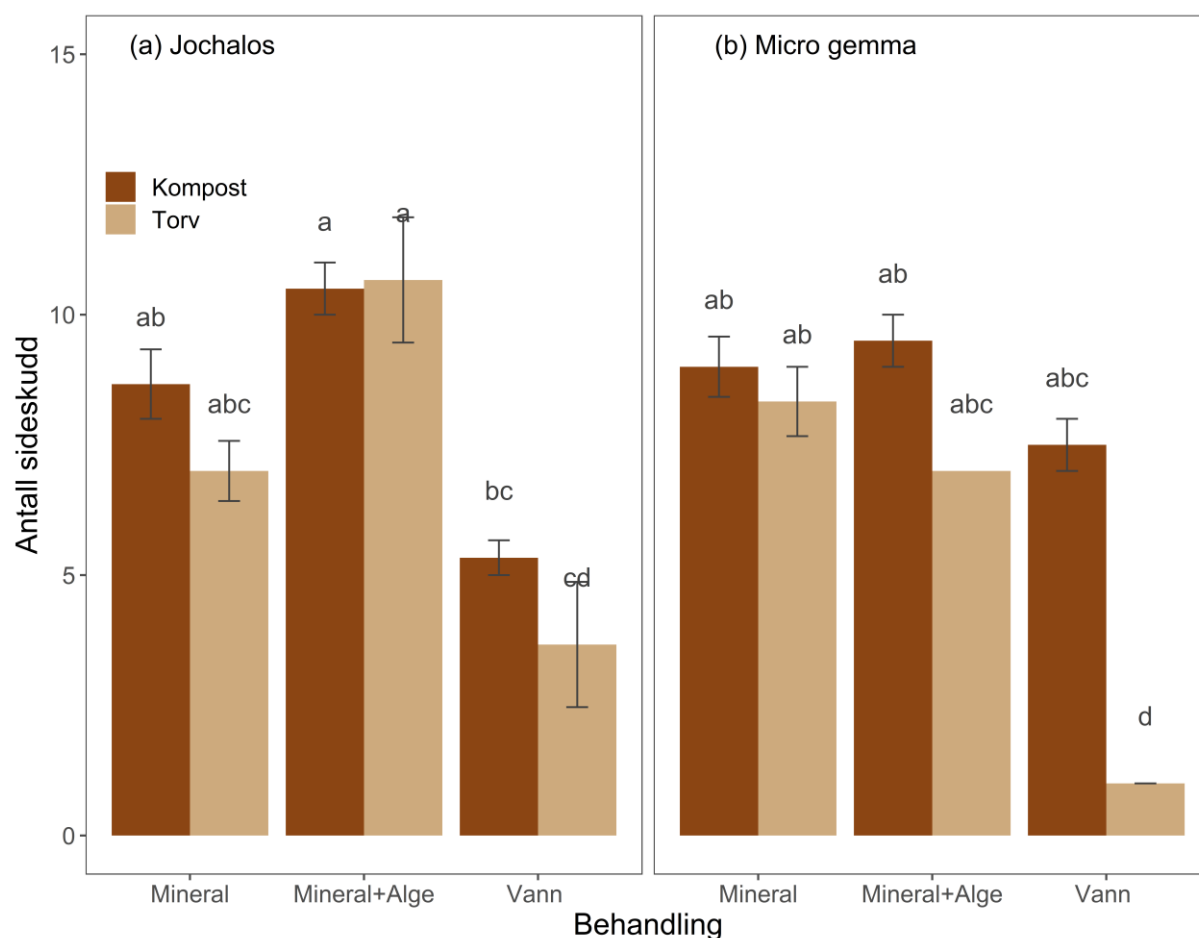
PCA-analyse ble gjennomført i flere steg for å utforske forskjellene på de forskjellige behandlingene. Størst utslag kan vi se i Figur 5 hvor de forskjellige behandlingene har samlet seg på hver sin side av diagrammet. Pearson correlation viser korrelasjon til PC4 for parametere som er relatert til oppnåelig fruktutbytte. Antall knopper på sideskudd, knopper totalt, antall sideskudd, antall blad på sideskudd. For PC1 er det korrelasjon til antall blad, klaser, knopper og frukt. Generelt fra PCA-analysen så er det tydelige forskjeller mellom behandlingene, men lite skille mellom vekstmedium.



Figur 5. Punktdiagram av resultat av PCA analyse på morfologiske parametere

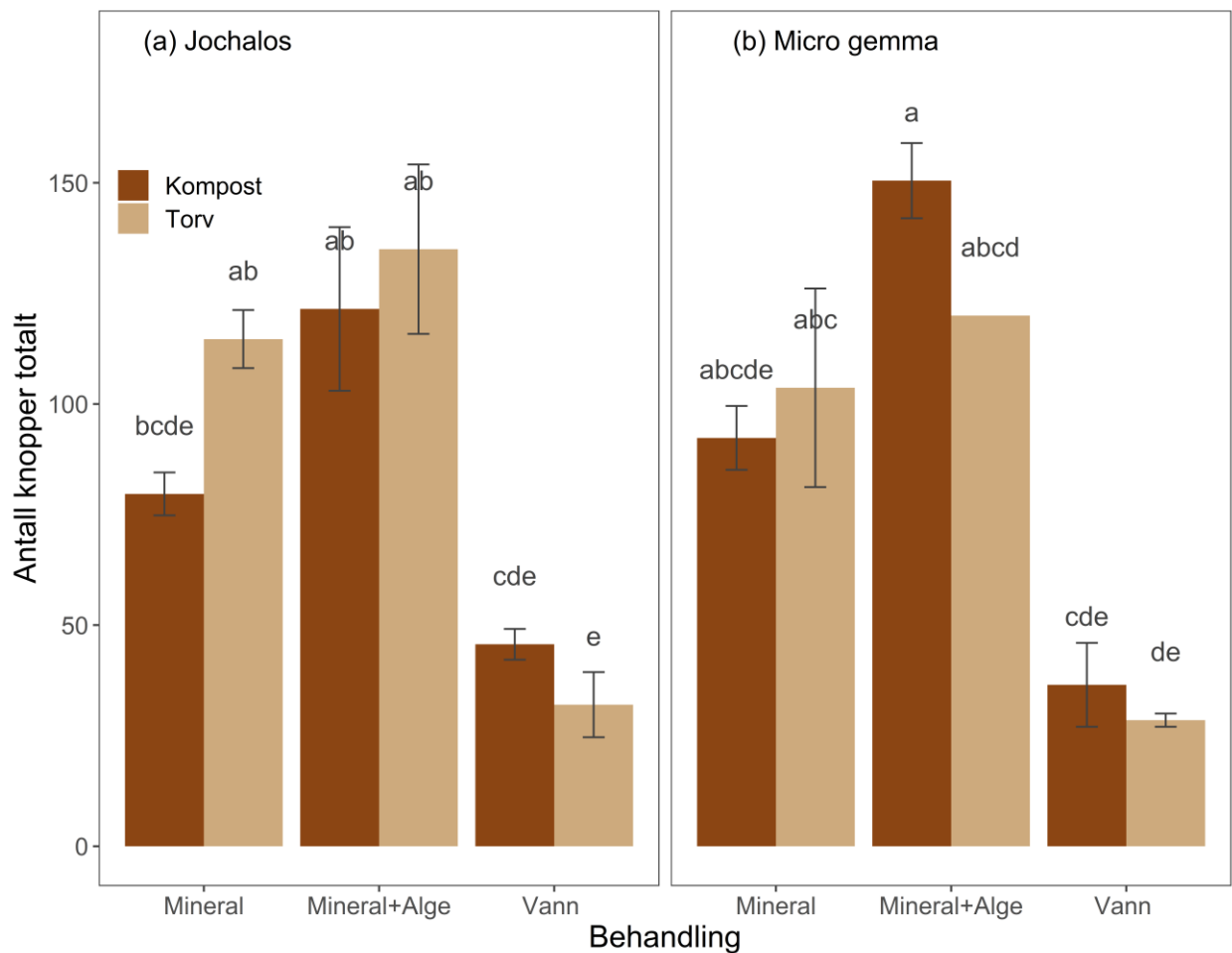
## Morfologi

Antall sideskudd vist i Figur 6 viser signifikante forskjeller på behandlingene. Hos 'Jochalos' ble det produsert flere sideskudd hos plantene som hadde fått alger. Plantene som ikke hadde fått næring gjorde det vesentlig dårligere. Ingen store forskjeller mellom vekstmediene. Hos 'Micro Gemma' er resultatene mye flatere og det er ikke signifikante forskjeller mellom behandlingene eller vekstmediene. Unntaket er plantene som kun hadde fått vann og var plantet i torv. Disse produserte vesentlig færre sideskudd. 'Micro Gemma' ga et jevnere resultat sammenliknet med 'Jochalos'.



**Figur 6.** Antall sideskudd på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt  $\pm$  SE,  $n=1-3$  planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.

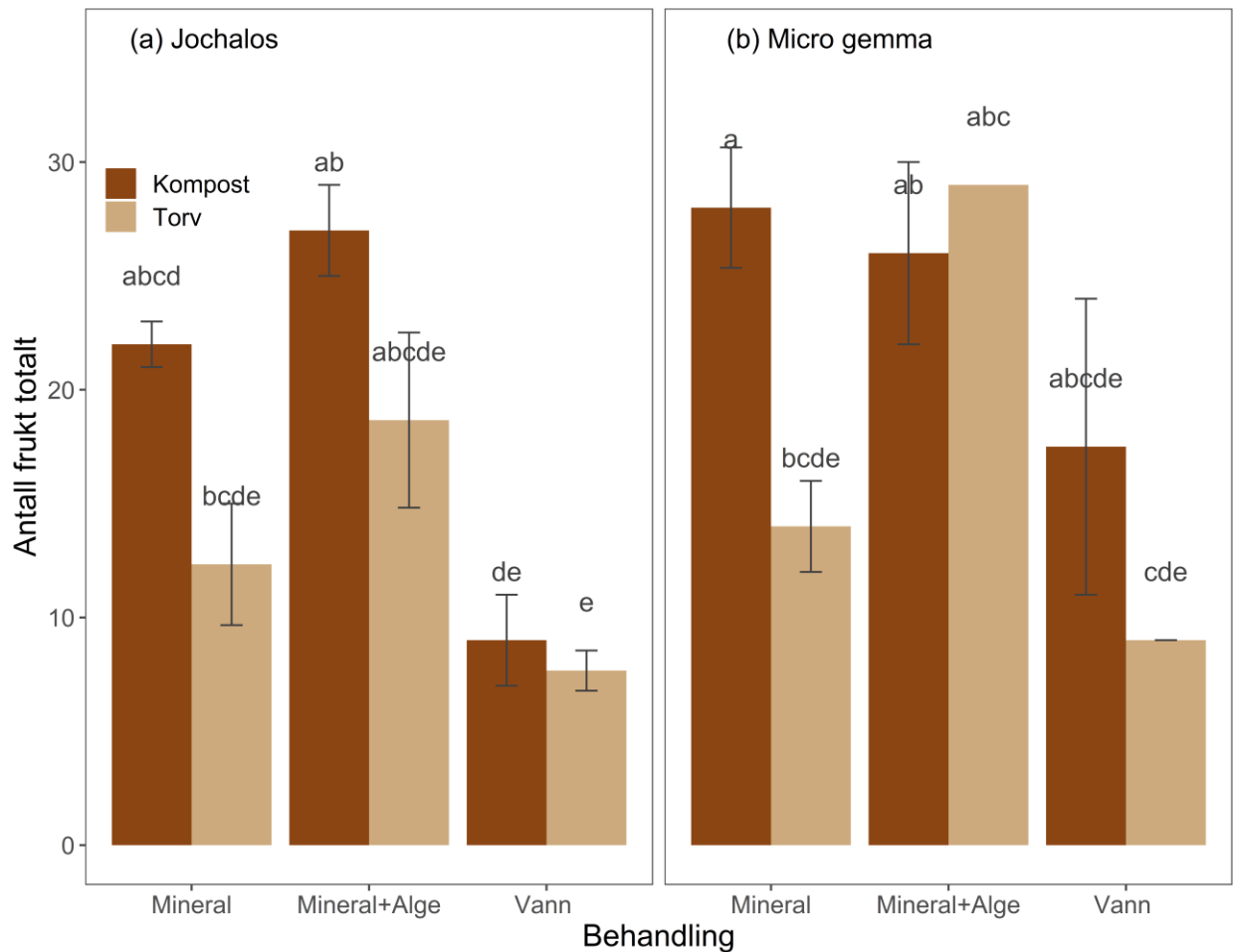
For knopper var det også antydning til forskjeller mellom behandlingene. Figur 7 viser oversikt over resultatene. Behandlingene med alger ga en tendens til høyere antall knopper for både 'Jochalos' og 'Micro Gemma'. Plantene som kun hadde fått vann produserte signifikant mindre knopper. Antall knopper kan ses i sammenheng med antall sideskudd i Figur 6. Det vil være større potensiale for knopper hos plantene som også produserte flere sideskudd.



**Figur 7.** Antall knopper på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt ± SE, n=1-3 planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.

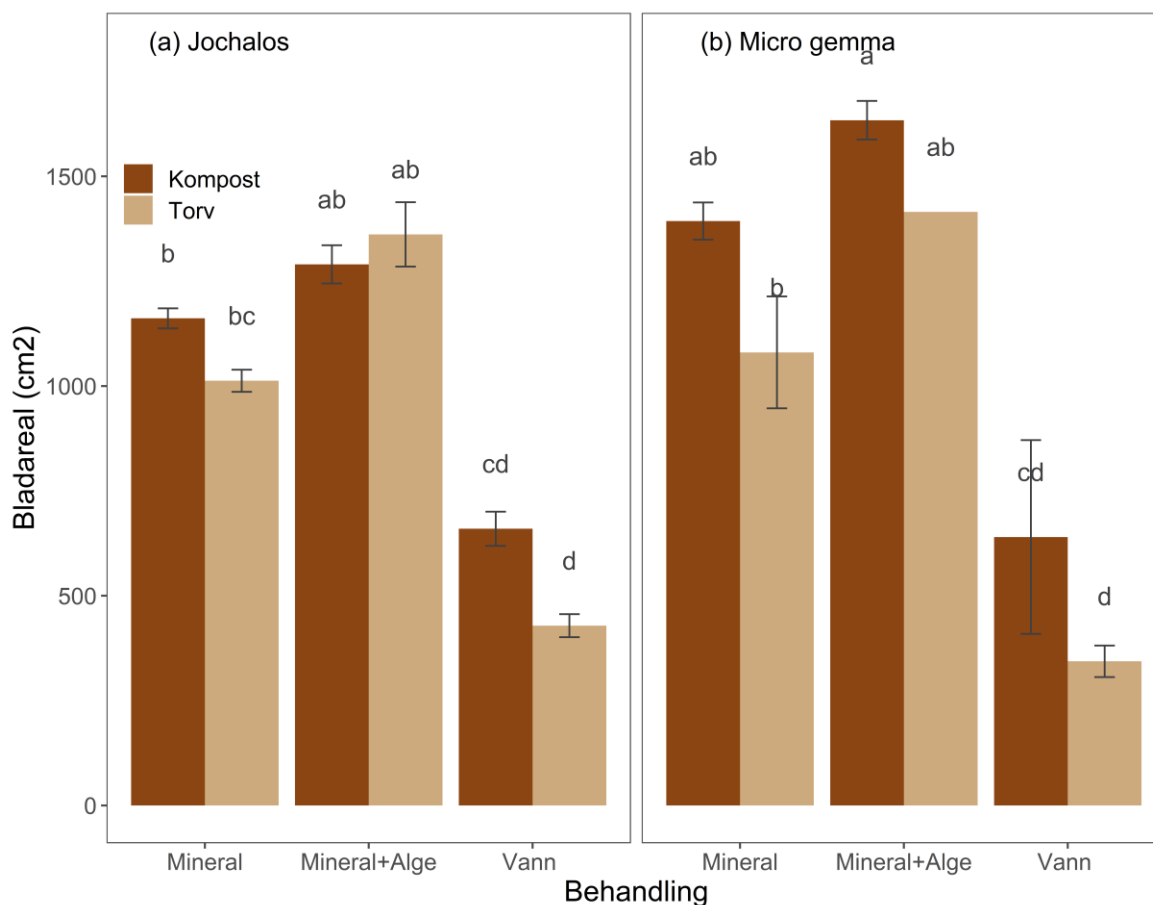


Antall frukt i Figur 8 viser store varianser. Man kan observere tendenser til at vann produserte færre frukter mens behandlingen med algene produserte flere frukter i forhold til behandlingen med kun gjødning. Det er også tendenser til at plantene i kompost produserte flere frukter enn plantene i torv.



**Figur 8.** Antall frukt på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt  $\pm$  SE,  $n=1-3$  planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.

På bladarealet er det signifikante forskjeller mellom plantene som bare fikk vann og plantene med både gjødsel alene og gjødsel med alger. Det er tendenser til at plantene med gjødsel og alger hadde et større bladareal. Det er ingen signifikante forskjeller mellom kultivarene eller vekstmediene. Figur 9 viser oversikten.



**Figur 9.** Bladareal målt i kvadratcentimeter på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt  $\pm$  SE, n=1-3 planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.

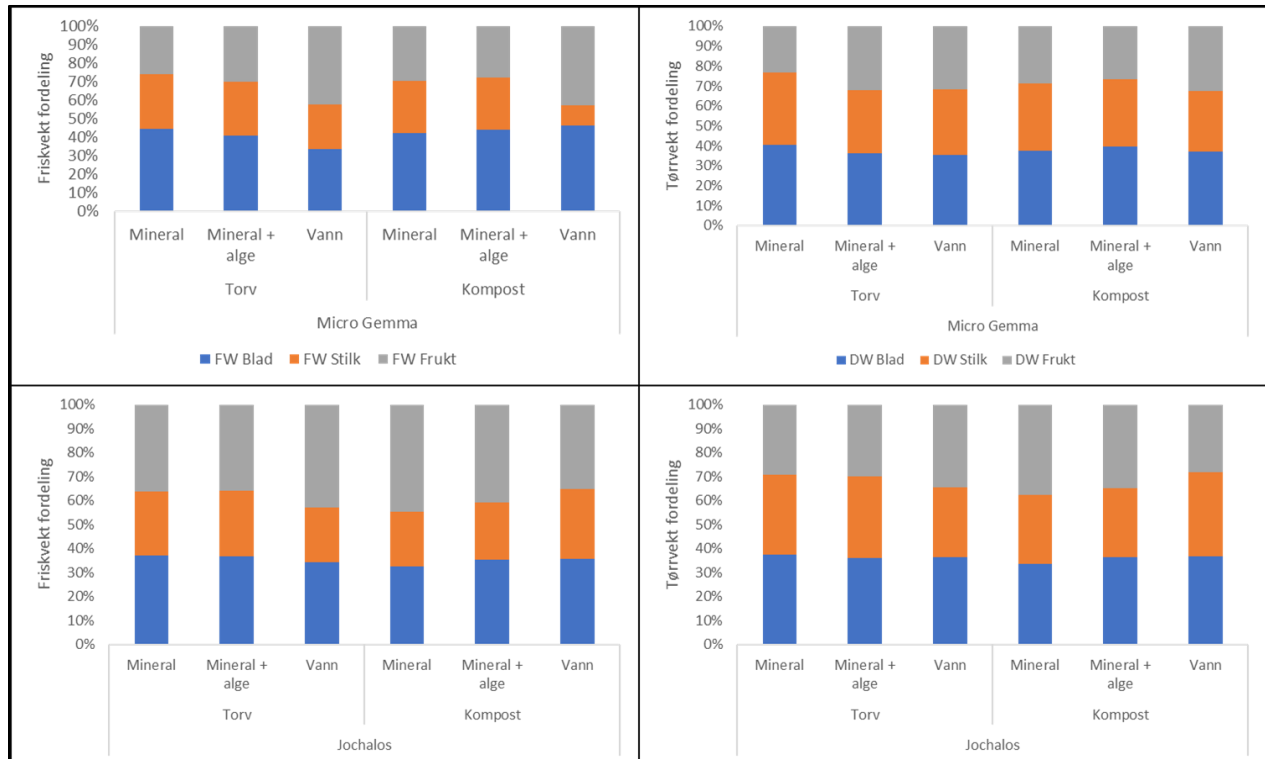
Tabell 4 viser oversikt over resterende morfologiske parametere. Det er her tendenser til mineral+alge har høyere DW, FW og antall blader uavhengig av kultivar. FW og DW har tendens til høyere vekt hos kompost uavhengig av kultivar. Lengden er jevnere hos 'Micro Gemma', mens det hos 'Jochalos' har høy varans.

**Tabell 4.** Oversikt over lengde, antall blad, antall klaser, FW og DW fordelt på kultivar, behandling og vekstmedium.

Data basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.

Kultivar	Vekst-medium	Behandling	Lengde (cm)	Total blad	Total klaser	FW Total	DW Total
Micro Gemma	Torv	Mineral	21,5 ± 3,3 (a)	66,0 ± 7,5 (abcd)	16,0 ± 2,9 (ab)	109,3 ± 1,7 (cd)	14,6 ± 0,9 (bcd)
		Mineral + alge	22,5 ± 0 (a)	76,0 ± 0 (abcd)	20,0 ± 0 (ab)	151,0 ± 0 (abc)	19,7 ± 0 (abc)
		Vann	17,5 ± 0,8 (a)	14,0 ± 1,0 (d)	4,5 ± 0,5 (c)	47,5 ± 1,5 (f)	6,9 ± 0,4 (f)
	Kompost	Mineral	23,6 ± 2,7 (a)	92,0 ± 21,0 (a)	19,0 ± 1,5 (a)	155,0 ± 1,5 (a)	19,5 ± 0,4 (ab)
		Mineral + alge	23,9 ± 0,3 (a)	96,0 ± 6 (a)	22,0 ± 1,0 (a)	167,5 ± 2,5 (a)	21,2 ± 0,1 (a)
		Vann	17,3 ± 0,6 (a)	36,0 ± 10,0 (bcd)	6,5 ± 1,5 (c)	73,0 ± 16,0 (ef)	11,0 ± 3,6 (def)
Jochalos	Torv	Mineral	13,8 ± 3,7 (a)	64,3 ± 3,5 (abcd)	21,0 ± 1,2 (a)	117,7 ± 5,5 (bcd)	14,6 ± 0,4 (bcd)
		Mineral + alge	16,2 ± 2,3 (a)	86,0 ± 10,1 (ab)	22,7 ± 0,9 (a)	159,0 ± 13,2 (a)	19,9 ± 1,4 (a)
		Vann	10,4 ± 1,2 (a)	26,7 ± 6,9 (d)	5,7 ± 0,7 (c)	57,3 ± 1,2 (f)	8,0 ± 0,1 (ef)
	Kompost	Mineral	14,9 ± 3,4 (a)	66,3 ± 1,5 (abcd)	16,3 ± 1,7 (ab)	148,3 ± 3,5 (ab)	17,4 ± 0,6 (abc)
		Mineral + alge	16,5 ± 4,5 (a)	87,0 ± 0 (abc)	24,0 ± 4,0 (a)	167,0 ± 7,0 (a)	20,7 ± 0,7 (a)
		Vann	17,8 ± 2,3 (a)	37,3 ± 3,8 (cd)	9,7 ± 0,9 (bc)	90,0 ± 1,0 (de)	12,7 ± 0,2 (cde)

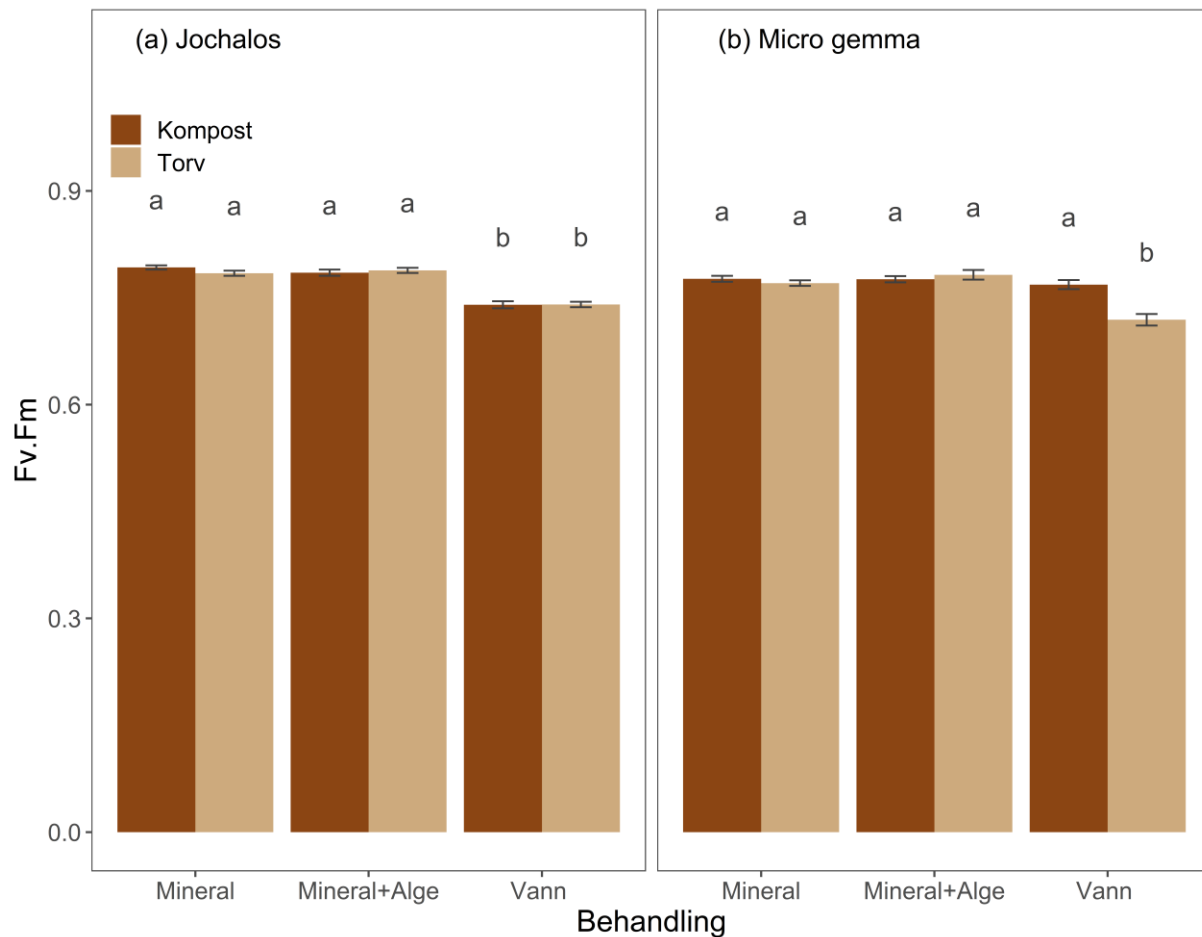
Figur 10 viser oversikt over friskvektfordeling. Her observeres det at plantene som kun fikk vann som behandling har noe høyere andel FW hos frukt sammenliknet med de andre behandlingene.



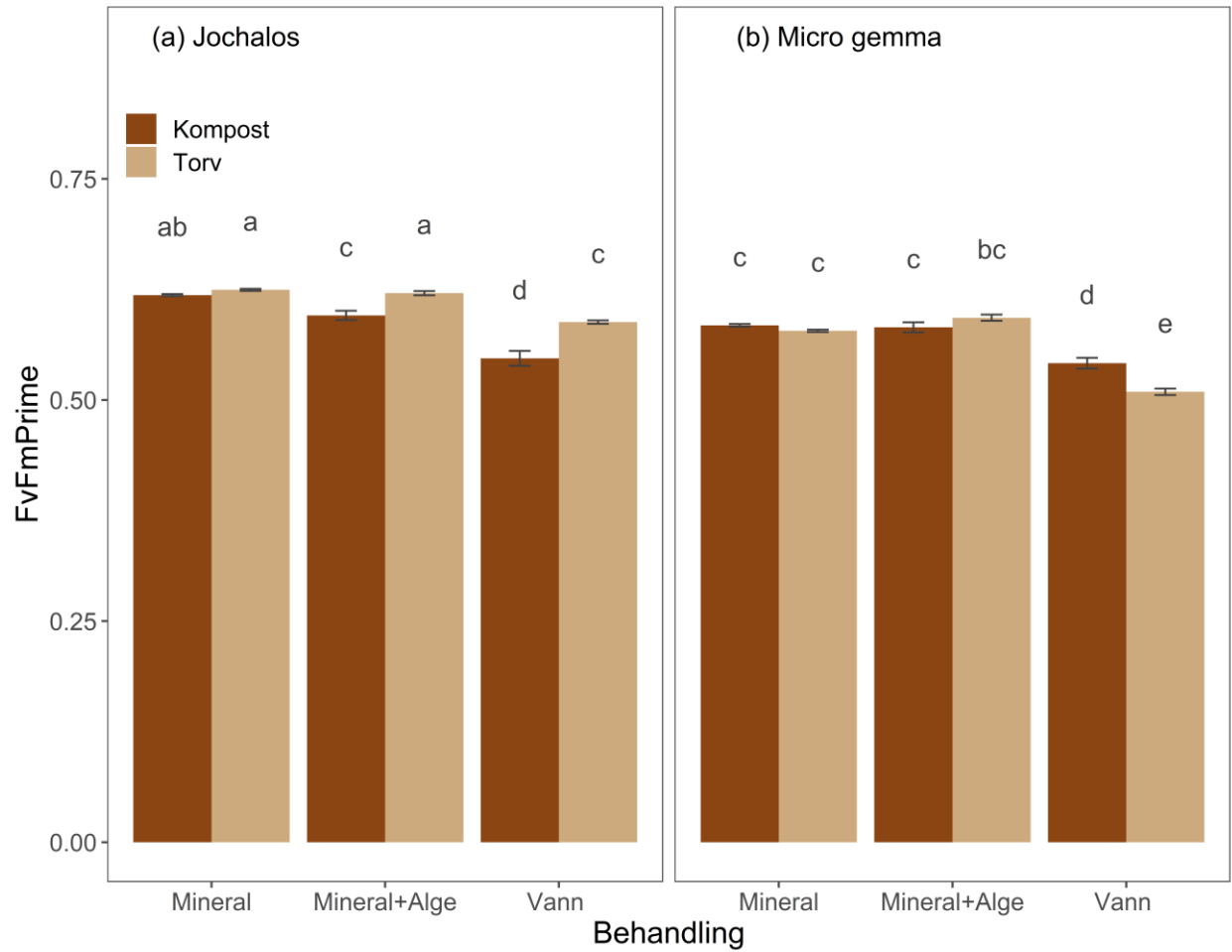
Figur 10. Samlefigur over friskvektfordeling mellom blad, frukt og stengel fordelt på kultivar, vekstmedium og behandling

## Fluorescens

Innenfor fluorescens ble det ikke funnet vesentlige forskjeller mellom behandlingene. Dette gjelder både  $F_v/F_m$  vist i Figur 11 og  $F_v'/F_m'$  vist i Figur 12.  $F_v/F_m$  har et spenn på 0.74 og 0.79, og  $F_v'/F_m'$  har et spenn på 0.50 og 0.62. Hos 'Jochalos' viste plantene som fikk vann lavere  $F_v/F_m$  enn plantene med mineral og mineral + alge i begge vekstmediene, mens i 'Micro Gemma' var dette kun sett i torv. Hos 'Jochalos' hadde torv høyere  $F_v'/F_m'$  verdier enn kompost, men dette gjaldt ikke hos 'Micro Gemma'.

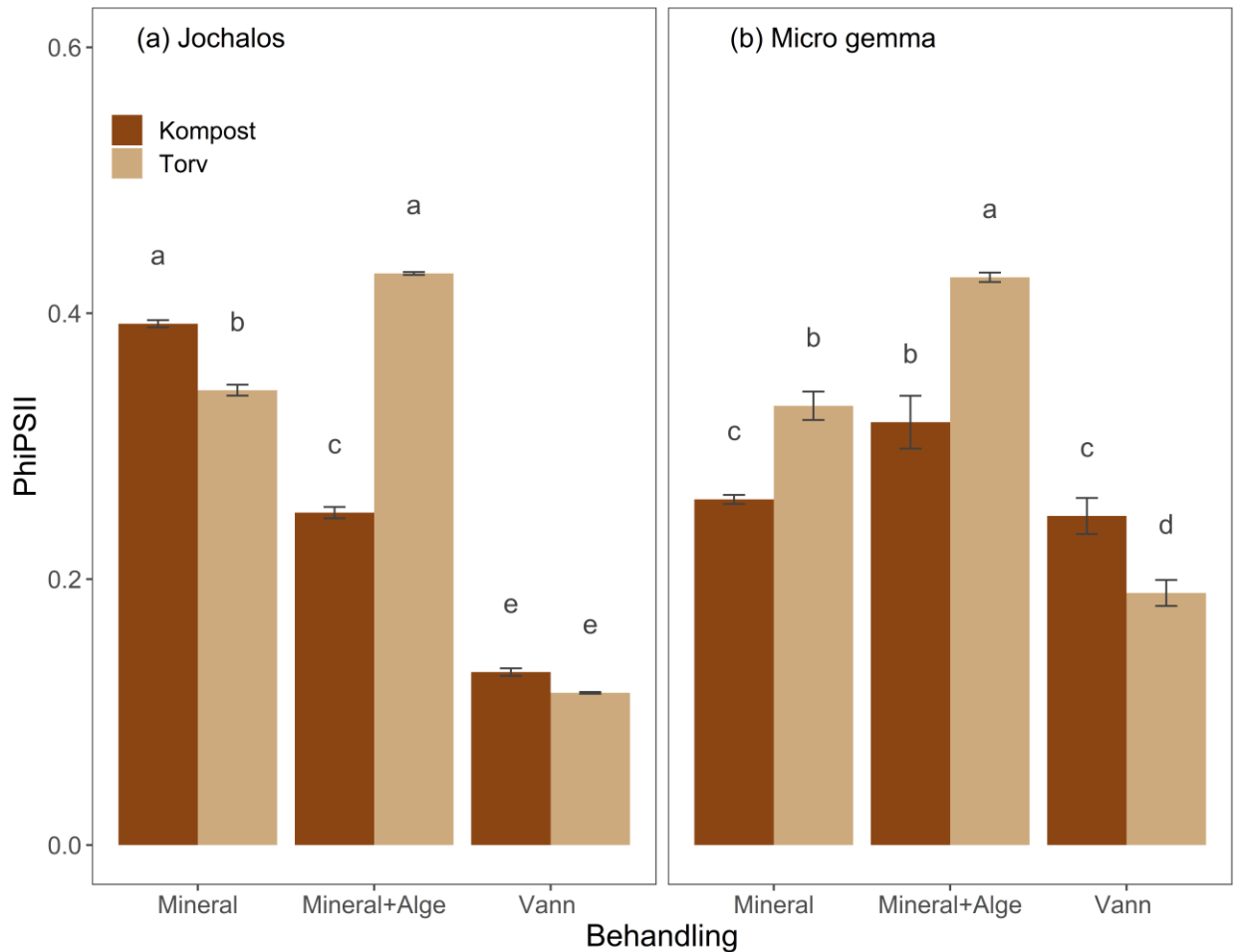


**Figur 11.** Fotosyntetisk kapasitet ( $F_v/F_m$ ) på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt  $\pm$  SE,  $n=1-3$  planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.



**Figur 12.** Fotosyntetisk kapasitet ( $F_v/F_m$ ) på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt  $\pm$  SE,  $n=1-3$  planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.

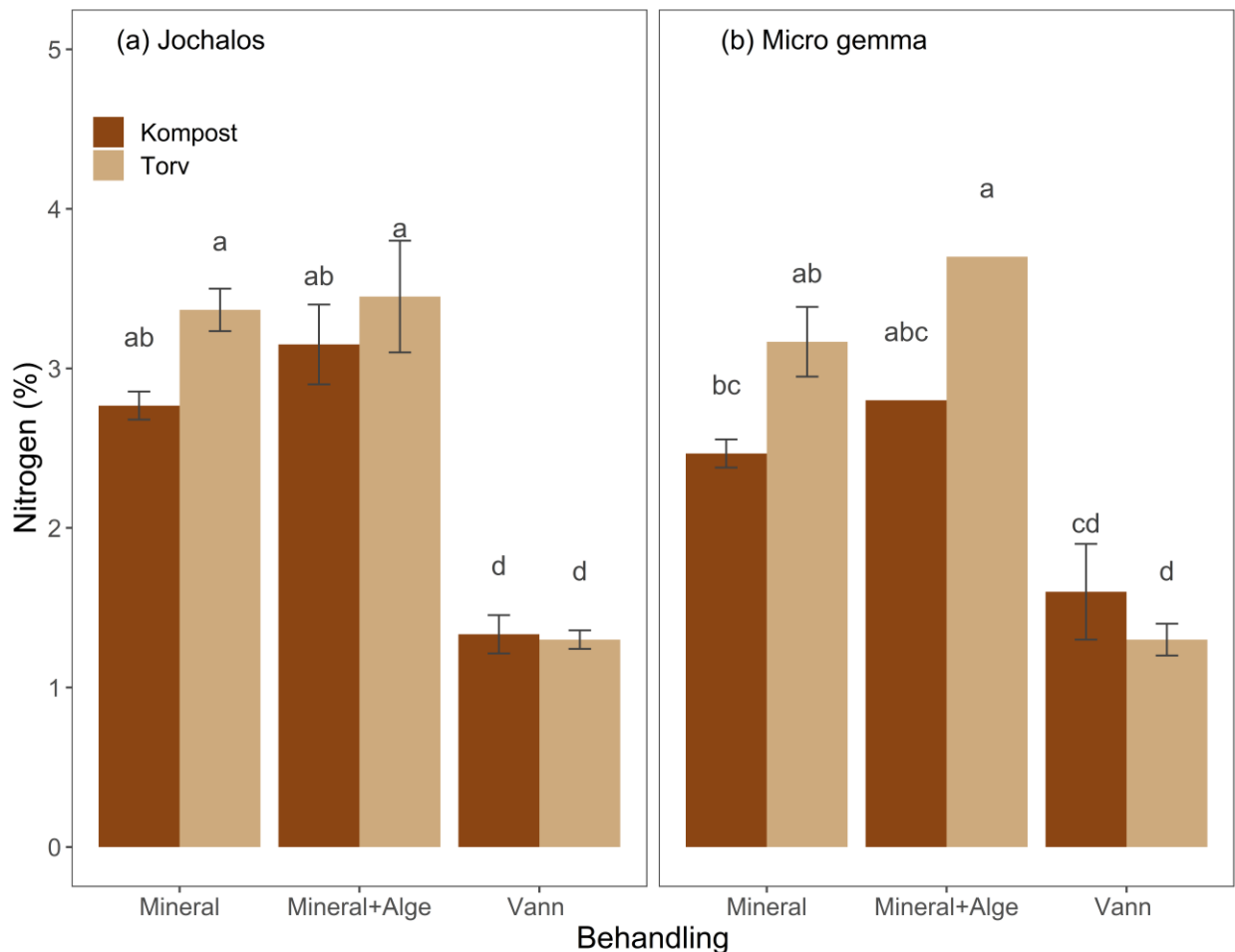
Fotosyntetisk effektivitet (PhiPS2) vist i Figur 13. Her er det en tendens til lavere fotosyntetisk effektivitet hos plantene som kun fikk vann. Hos 'Jochalos' er det signifikante forskjeller. Signifikante forskjeller er det også hos plantene som fikk gjødselvann og alger, men kun i torv.



**Figur 13.** Fotosyntetisk effektivitet (PhiPSII) på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt  $\pm$  SE,  $n=1-3$  planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.

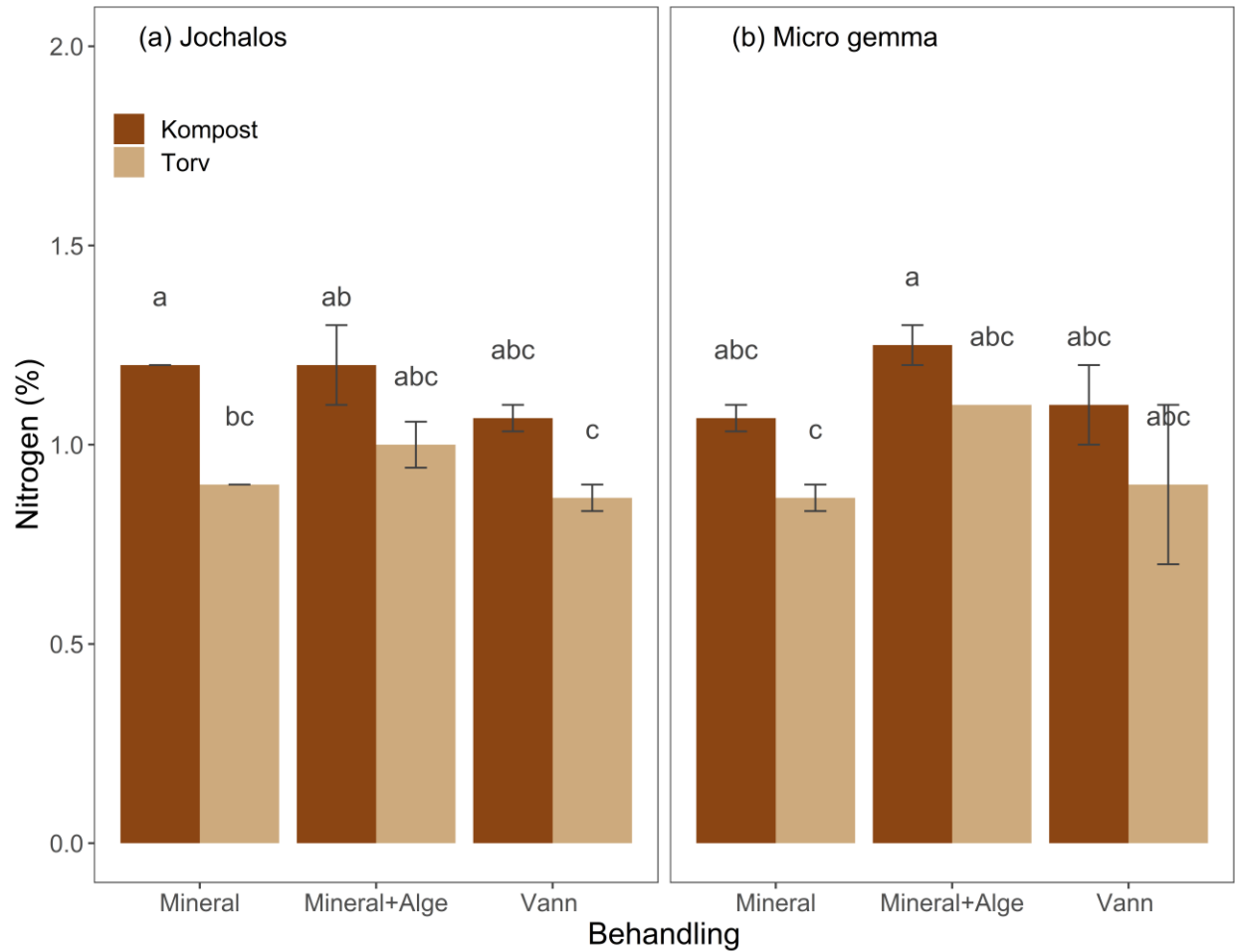
## Næringsinnhold

Når det kommer til næringsinnhold, kan vi se på ulikhetene i nitrogen i blad og nitrogen i vekstmedie. Figur 14 er en oversikt over prosentandel nitrogen målt i blad. Lite skiller behandlingene mineral og mineral+alge, men det er en tendens til at plantene i torv hadde mer N enn plantene i kompost for begge kultivarene. Det er vesentlig mindre nitrogenandel i plantene som kun fikk springvann. Figur 15 viser samme oversikt bare at nitrogenandelen er målt i vekstmedium. Her er det en tendens til mer N i kompost enn torv i alle behandlingene.



**Figur 14.** Prosentandel nitrogen i blad på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt  $\pm$  SE,  $n=1-3$  planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse.





**Figur 15.** Prosentandel nitrogen i vekstmedium på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) dyrket i torv eller kompost med forskjellige behandlinger. Gjennomsnitt  $\pm$  SE,  $n=1-3$  planter per behandling per vekstmedie per kultivar. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller mellom målinger ( $p < 0.05$ ), basert på en 3-veis ANOVA og post-hoc Tukey HSD analyse

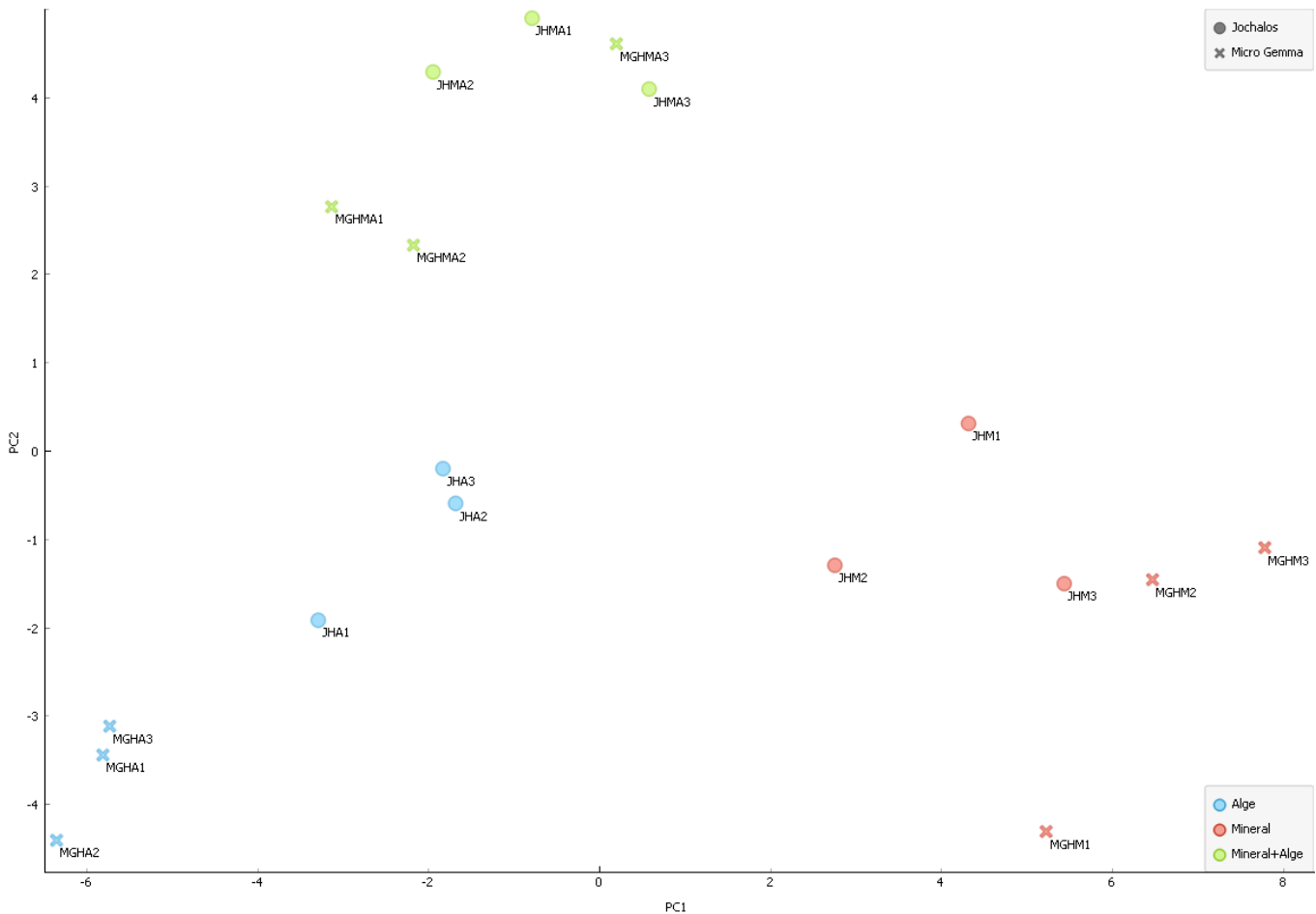
Tabell 5 viser oversikt over målt næringsinnhold i vekstmediene.

*Tabell 5. Gjennomsnitt av næringsinnhold vekstmedium. Fordelt på kultivar, vekstmedium og behandling*

			<b>N</b>	<b>C</b>	<b>S</b>	<b>Ca</b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>P</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
			<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mg/kg)</b>	<b>(mg/kg)</b>	<b>(mg/kg)</b>	<b>(mg/kg)</b>
<b>Micro gemma</b>	torv	Mineral	0,85	48,83	0,13	1,20	0,10	0,10	0,02	0,00	1434,09	49,12	17,15	27,41
		Vann	0,91	48,67	0,13	1,05	0,09	0,09	0,01	0,00	1374,28	42,72	18,28	23,03
		Mineral + Alge	0,88	47,63	0,16	1,10	0,10	0,10	0,02	0,00	1748,77	59,11	18,23	21,67
	Kompost	Mineral	0,97	42,29	0,22	1,19	0,10	0,27	0,29	0,12	8175,43	418,71	26,51	150,03
		Vann	0,97	37,13	0,10	1,14	0,10	0,09	0,02	0,00	1640,99	44,73	16,20	21,53
		Mineral + Alge	1,06	32,94	0,21	1,26	0,12	0,27	0,33	0,17	8284,30	416,98	27,58	158,88
<b>Jochalos</b>	torv	Mineral	1,08	34,61	0,13	1,17	0,12	0,10	0,03	0,00	1753,26	44,06	17,21	24,46
		Vann	1,04	34,44	0,10	1,14	0,10	0,09	0,02	0,00	1640,99	44,73	16,20	21,53
		Mineral + Alge	1,00	39,73	0,25	1,22	0,15	0,11	0,03	0,00	1494,43	49,81	19,20	22,85
	Kompost	Mineral	0,90	43,18	0,25	1,20	0,14	0,28	0,38	0,17	9606,89	443,09	25,52	161,97
		Vann	0,88	48,62	0,19	1,13	0,11	0,26	0,33	0,16	8750,66	418,18	25,64	152,31
		Mineral + Alge	0,87	48,60	0,25	1,36	0,13	0,27	0,40	0,18	8345,03	397,00	29,76	160,48

### Sideforsøk: Hydroponisk del

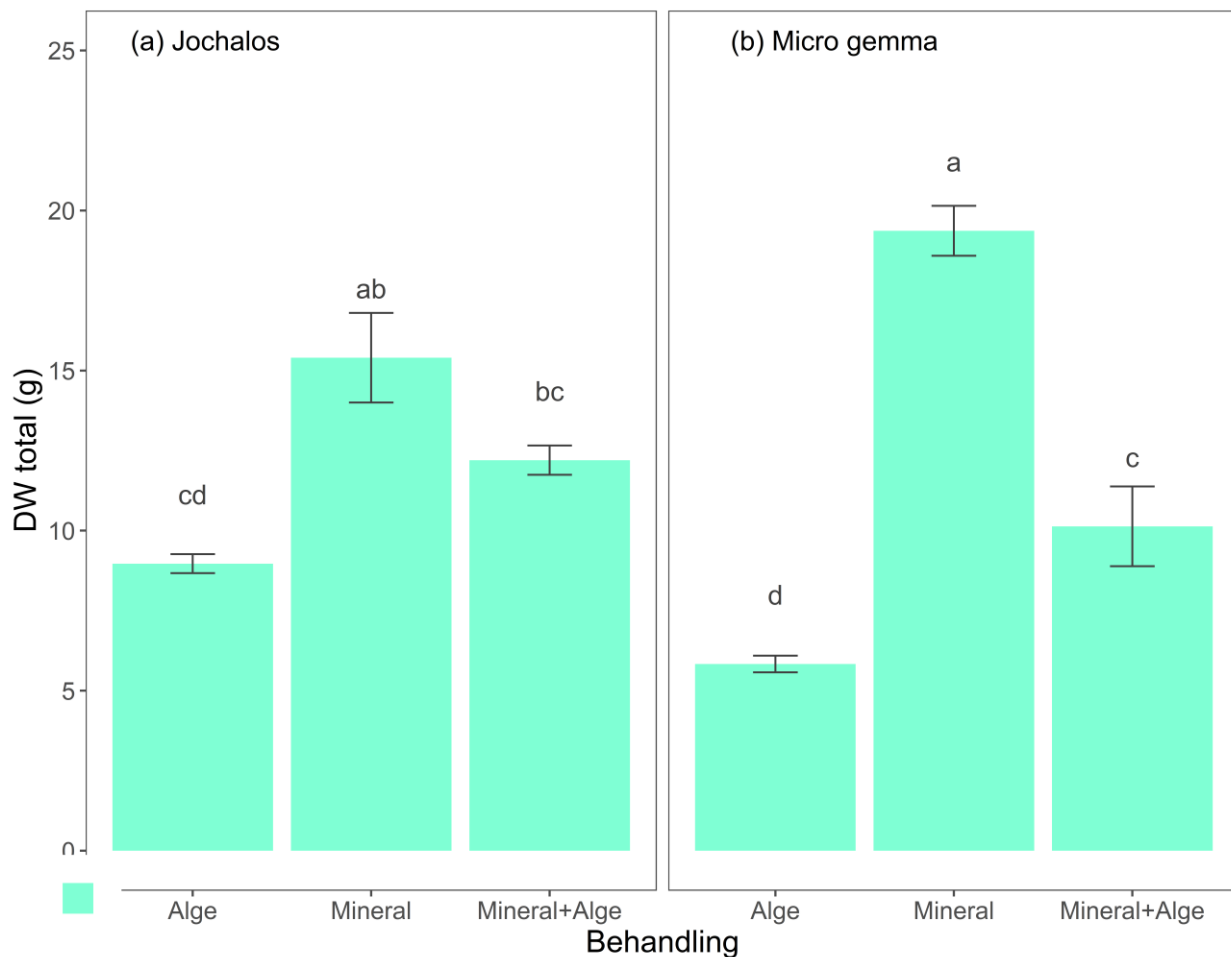
PCA-analyse ble i likhet med hovedforsøket også utført på plantene dyrket hydroponisk. Med disse dataene ble det størst gruppering når alle parameterne lå inne og ble benyttet i analysen. Figur 16 viser grupperingene på behandling, men man kan også se antydning til grupperinger av kultivar. Pearson correlation viser her sterk korrelasjon mellom PC1 og tørrvekt hos plantene. PC2 har korrelasjon til frukt, klaser og knopper.



Figur 16. Punktdiagram av resultat av PCA analyse på parametere fra alle målinger utført på plantene i hydroponisk del

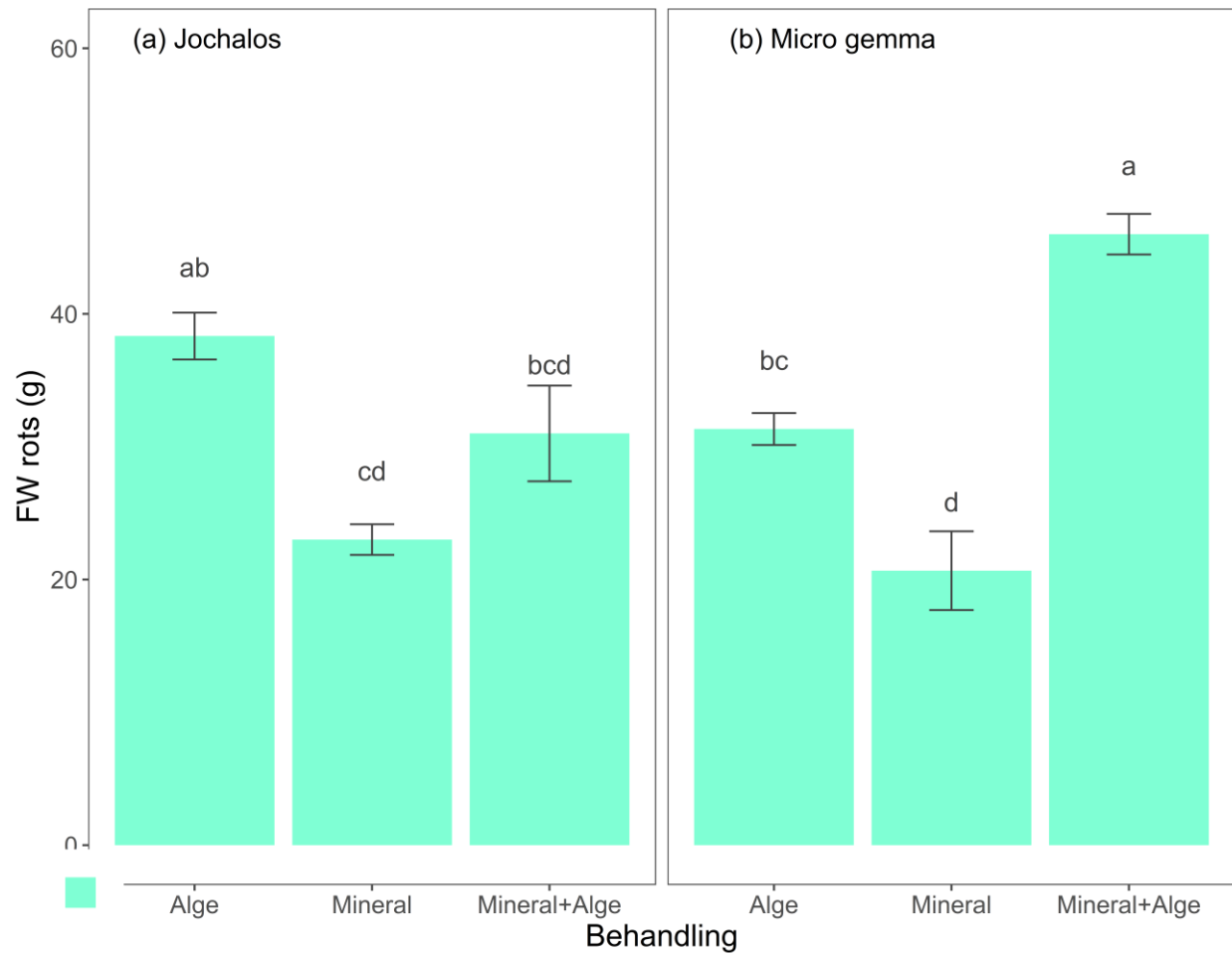
Tørrvekt (DW) av plantene vist i Figur 17 viser at algene har en negativ påvirkning i vann. Forskjellen i DW er signifikant hos 'Micro Gemma', men det er også tydelige tendenser hos 'Jochalos'

Plantene som kun hadde fått mineralgjødning produserte signifikant mer biomasse sammenliknet med mineral+alge i 'Micro Gemma', og viser den samme tendensen i 'Jochalos'.



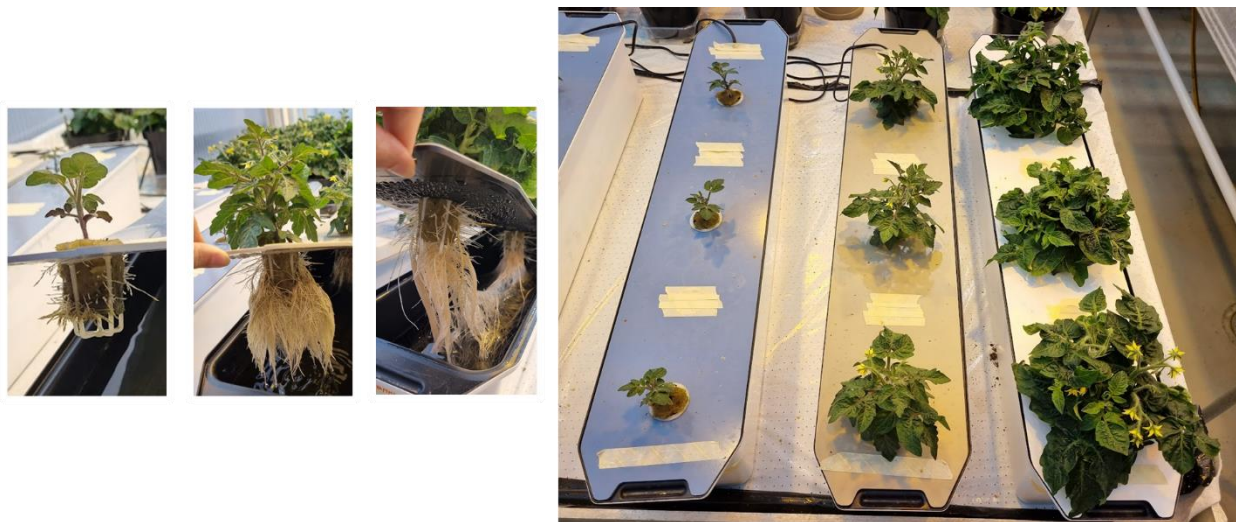
**Figur 17.** Total tørrvekt på 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) tomatplanter dyrket i torv eller kompost under forskjellige gjødslingsregimer. Gjennomsnitt  $\pm$  SE,  $n=2-3$  planter per gjødslingsregime per kultivar. Forskjellige bokstaver indikere statistisk

Figur 18 viser oversikt over friskvekt av røttene.

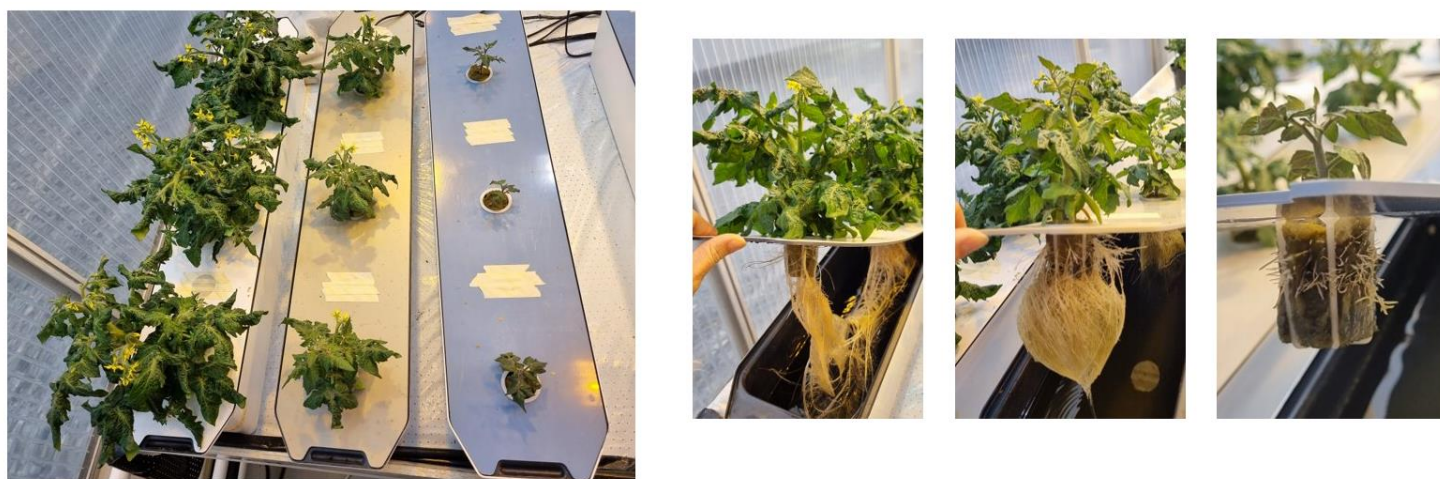


**Figur 18.** Total friskvekt av røttene 'Jochalos' (a) og 'Micro Gemma' (b) tomatplanter dyrket i torv eller kompost under forskjellige gjødslingsregimer. Gjennomsnitt  $\pm$  SE,  $n=2-3$  planter per gjødslingsregime per kultivar. Forskjellige bokstaver indikere statistisk

Figur 19 viser bilder av 'Jochalos' og Figur 20 viser bilder av 'Micro Gemma. Alle bilder tatt 03.10.2023, 42 dager inn i prosjektet. På dette tidspunktet var det forskjell i vegetativ vekst og størrelse på røttene store. Plantene og røttene med størst vekst (hvit kasse) har kun fått hydroponisk gjødsel, de minste plantene og røttene (blå kasse) har kun fått alge, midterste planter og røtter (grå kasse) har fått både gjødsel og alger. I tillegg er plantene på helt forskjellige vekststadier, selv om alle var sådd sammen dagen.



Figur 19. Bilder av 'Jochalos' tatt 03.10.2023 av Sheona Innes. Fra venstre: JHA, JHMA, JHM



Figur 20. Bilder av 'Micro Gemma' tatt 03.10.2023 av Sheona Innes. Fra venstre: MGHA, MGHMA, MGHM

Figur 21 viser bilder av røttene til 'Micro Gemma' tatt 08.11.2023 (dag 78). Her har røttene til planten som kun har fått gjødsel fått en rødlig farge. Sammenliknet med Figur 20 likner røttene som har fått gjødsel og alge, mye mer på røttene til planten som kun har fått gjødsel størrelsesmessig. Røttene til planten som kun hadde fått alger er fortsatt vesentlig mindre sammenliknet med de andre. Det samme var tilfelle hos 'Jochalos' (bilde ikke vist).



MGHM

MGHMA

MGHA

*Figur 21. Bilder av røtter fra 'Micro Gemma' tatt 08.10.23 av Fredrik Skistad*



## Diskusjon

### Hovedprosjektet

I hovedprosjektet kommer det frem at plantene som hadde fått algeprodukt hadde forbedret vekst og økt produksjon av biomasse enn plantene som ikke hadde alge inkludert i vekstmediet (Figur 6-9, Tabell 4). Den største påvirkningen ligger i produksjonen av sideskudd da dette påvirker potensiale for utvikling av både blader, klaser, knopper, og frukt. På denne måten påvirker dette også den oppnåelige avlingen i vekstforholdene.

Modningsgraden på frukten observert ved sluttdato kombinert med tydelige forskjeller i fotosyntetisk effektivitet (PhiPSII, Figur 13) og fordeling av friskvekt (Figur 10) viser at plantene med vann som behandling har opplevd stress-symptomer og fokusert energien sin på å fullføre eksisterende fruktproduksjon fremfor å vokse vegetativt.

Plantene som hadde fått alger hadde produsert flere blad (Tabell 4) og hadde høyere bladareal (Figur 9). Dette øker mulighetene for lysopptak og dermed biomasse produksjon. Dette reflekteres i den fotosyntetiske effektiviteten. Fokuset på vegetativ vekst kan tyde på at plantene hadde mer næringsstoffer tilgjengelig.

Til tross for at vekstmediene i alle behandlingene ikke hadde forskjell i N-innhold (Figur 15), ble signifikant mer N tatt opp i plantene gjødslet med enten kun mineralgjødsel eller tilført alge i tillegg (Figur 14). I tillegg, selv om det ikke var signifikant, var det en tendens til økt N-innhold i bladene i plantene som fikk alger i forhold til de som hadde kun mineralgjødsel. Plantene som kun fikk mineralgjødsel har ikke fått noe vesentlig mindre næringsstoffer da algene ikke var spesielt næringsrike, eller tilført i store mengder. Dette betyr at algene har påvirket opptak av næring, enten via endring i rotstrukturen, eller i tilgjengeliggjøring av næringsstoffer for plantene. Enten i omdanning eller løsrivelse fra porer. Det er også mulig at algene inneholder plantevekstregulatorer - hormoner som påvirker plantenes vekst (Rademacher, 2015). Ettersom dette ikke ble målt i dette prosjektet er det ikke mulig å peke på akkurat hva som har skjedd, men at algene kan påvirke næringsopptak er et viktig område for videre forskning.



Forskjellen mellom de to kultivarene er små. Verken 'Jochalos' eller 'Micro Gemma' viser tydelige forskjeller på tvers av behandlingene og det virker som de forskjellige behandlingene har truffet jevnt. 'Jochalos' produserte flere sideskudd og i vektfordelingen ligger en større andel av vekten i frukten.

Det er også vanskelig å vise til noen vesentlige forskjeller i vekstmediene. Selv om det ble signifikante forskjeller mellom noen parametere målt i de forskjellige behandlingene, var det ikke noen overordnede forskjeller mellom kompost og torv. Noter bart er at kompostjorden hadde ved endt forsøk noen høye verdier av sink og mangan. Dette kan ha påvirket opptak av P (Lv et al., 2022).

I hovedforsøket er det observert at algene benyttet promoterer vegetativ vekst som legger grunnlag for et høyere fruktutbytte. Kultivar og vekstmedium hadde lite innvirkning på den vegetative veksten påvist hos plantene som fikk alge. Algene påvirker næringsopptaket hos plantene, men mekanismen bak er fortsatt ukjent etter dette prosjektet. Det bør undersøkes videre hvordan algene påvirker plantene og vekstmediet, som gjør at næringsopptaket øker.

#### Sideprosjektet

Plantene som fikk hydroponisk gjødsel vokste som forventet gjennom perioden, men produserte en liten avling. Dette har nok noe med mengden næringsstoffene tilført var lave. Plantene som fikk både hydroponisk gjødsel og alger ble vesentlig mindre. I motsetning til i hovedforsøket, virker det som algene har stått til hinder for næringsopptak. Plantene hadde tregere vekst sammenliknet med plantene som kun fikk gjødsel, dette til tross for at det var like mye gjødsel tilført i begge behandlingene. Plantene som kun hadde fått alge hadde lenge en lilla-grønn farge og utviklet seg nesten ikke morfologisk.

Mot slutten av prosjektet snudde trenden. Etter ca seks uker hadde plantene med mineralgjødsel trolig brukt opp næringen. Frukt modnet, og bladene begynte å vise tegn til klorose, og noen fikk en tydelig lilla farge, som ifølge Yara er tegn på P-mangel (Yara, u.å). Plantene som kun hadde fått alger fikk tilbake grønnfargen og begynte å produsere flere blader. Plantene med både mineralgjødsel og alge hadde også bedre

vekst. Dette medfører at data fra sluttmålingene ikke gir et godt bilde over utviklingen gjennom forsøket. Ved endt forsøk hadde plantene med alger akkurat begynt å få knopper. Plantene med hydroponisk gjødsel og alger hadde begynt å få frukt og planten med bare hydroponisk gjødsel hadde modne frukt og begynt å dø.

Her er det altså noen ukjente interaksjoner som forsøket ikke har plukket opp og må undersøkes videre. Rotsystemet var interessant å se på da det var store forskjeller her ved endt prosjekt. Plantene med alger hadde veldig korte røtter som lå tett. Plantene med gjødsel og alger hadde lange røtter. Dette reflekteres ikke i FW (Tabell 5). Plantene med kun gjødsel hadde også lange røtter, men disse hadde en rødlig farge. Denne fargen ble synlig i løpet av den siste perioden av prosjektet.

Det er tydelig at algene hadde en negativ virkning i vann hos både plantene med og uten gjødsel. En mulig grunn for dette er dannelsen av biofilm som hindrer både rotutvikling og næringsopptak (Lee et al., 2015). Videre kan være påvirkning hormonelt (ikke undersøkt) eller i mineraliseringsrate av næringen fra algene. At både plantene som fikk kun alge og alge pluss mineralgjødsel hadde eksplosivt vekst mot slutten av forsøket tyder på en endring i systemet med alge og dette kan ligge i tilgjengeliggjøring av næringsstoffer fra algene. På bakgrunn av dette kan man ikke avskrive algeproduktet for bruk i vann, men interaksjonen må undersøkes nærmere.

For kultivarene i vann er det ingen vesentlige forskjeller. 'Jochalos' hadde bedre vekst i behandlingen med kun alger, og kommer derfor litt bedre ut i DW grafen (Figur 17).

#### [Biostimulant som begrep](#)

Biostimulant som begrep har i løpet av denne gradsoppgaven vært en utfordring. Det finnes flere definisjoner som setter begrensninger for hva som kan kalles en biostimulant og hvilke påvirkninger som faller innenfor begrepet. Det har også vært utfordrende å finne ut av hvordan produktet på markedet fungerer og hvordan disse påvirker plantene konkret. Det er derfor en utfordring å si noe om algene i prosjektet funker som en biostimulant eller ikke.

### Feilkilder

Prosjektet hadde også noen feilkilder. Noen planter ble ikke tatt med i målingene da disse hadde unormal vekst og ikke liknet på kultivaren de skulle være. Dette gjorde at enkelte grupperinger hadde færre planter, som igjen svekker datagrunnlaget.

Måling av morfologiske parametere er gjennomført manuelt og er subjektive. Det vil være variasjon på hva som ble telt med på de forskjellige plantene. Dette er mest problematisk på grupperingene som hadde en eller to planter og ikke for et gjennomsnitt av flere resultater. Dette er mest gjeldene på antall sideskudd, antall knopper og antall blader.

Grunnet tilgang på måleutstyr ble det ikke benyttet samme måleapparater på plantene i jord og vann. Det gjør også at å sammenlikne disse tallene ikke nødvendigvis er nøyaktig.

### Potensiale for produktet

Etter dette prosjektet kan det virke som produktet både har potensiale og at det kan ha en verdi. Etter hvert som forskningen kommer på plass blir det viktig å finne ut av hvordan man skal bruke dette, og hva som skal bli målgruppen. Blir dette et produkt Veas bruker innad for å forbedre sin egen jord? Skal den selges til privatkunder? Skal produktet utvikles mot matprodusenter? Det blir spennende å se hvordan dette produktet utvikler seg, og om algene kommer til nytte. Dette kan bli et produkt som følger prinsippene innenfor sirkulær økonomi.

### Videre forskning

På dette feltet er det lite forskning som foreligger og det er flere punkter oppdaget i dette prosjektet som det er relevant å se videre på. Det kanskje mest nærliggende blir å forske konkret på hvordan algene påvirker plantene, og hva slags interaksjon som foreligger. Etter resultatene fra dette forsøket så er det nærliggende å se mot fysiologien, tilgjengelighet av næring og hormoner. Mineraliseringsforsøk og mikrobiom-undersøkelse er allerede påstartet i et annet masterprosjekt ved NMBU.

For bruk av alger i hydroponisk dyrking er det også viktig å finne ut av interaksjonen og hvorfor forskjellen mellom jord og vann er så stor. Det kan også undersøkes om algene bør gjennomgå en forbehandling før de benyttes i vann.

Videre kan det være relevant å gjennomføre flere liknende forsøk med flere replikanter. Data innhentet fra dette forsøket hadde flere grupperinger med en eller to planter. Flere like tester med ulik dosering av alger kan finne ut av påvirkningsgrad og kan også gi nyttig informasjon om hvor mye produkt som kreves for å gi effekt og om effekten øker i takt med dosering. Det vil også være relevant å teste produktet på flere arter og kultivarer for å undersøke hvordan algene påvirker disse. I tillegg kan det også være hensiktsmessig å sammenlikne algeproduktet mot andre produktet som gir liknende resultater.

Siste punkt i ALGECO arbeidspakke fire er også viktig å redegjøre for. Dette er jo et produkt som kommer fra avløpsvann og det er viktig at patogener, medisinerester og andre uønskede stoffer ikke kommer seg tilbake i kretsløpet via algene. Dette spesielt viktig dersom algene blir benyttet i forbindelse med matproduksjon.

## Konklusjon

Å tilføre frysetørkede alger i et vekstmedium ser ut til å gi positive virkninger for mikrotomater. Morfologisk vekst var noe høyere hos plantene som hadde fått alger sammenliknet med plantene som ikke hadde fått algene. Algene ser ikke ut til å påvirke andre parametere negativt. Det var ingen vesentlige forskjeller på effekten mellom kultivarer og vekstmedium.

For bruk av liknende algeprodukt i vann kreves det flere undersøkelser, men i dette prosjektet hemmet det vekst i en lengre periode før denne effekten avtok. Denne delen har ikke gitt konkrete resultater, men har funnet ut at interaksjonen er ulik i vann sammenliknet med jord.

Denne oppgaven har vært et undersøkende prosjekt for å finne ut av om algene påvirker planter i mindre dosering, men har ikke undersøkt konkret hvilke interaksjoner om foreligger.

## Referanser

- ALGECO. (u.å-a). *Cost-effective algea technology to promote circular economy development of Norwegian wastewater treatment plant*.
- ALGECO. (u.å-b). *Project structure*. ALGECO. Retrieved 02.12.23 from <https://www.alg.eco/project-structure>
- Aurdal, S. M., Foereid, B., Sogn, T., Børresen, T., Hvoslef-Eide, T., & Fagertun Remberg, S. (2022). Growth, yield and fruit quality of tomato *Solanum lycopersicum* L grown in sewage-based compost in a semi-hydroponic cultivation system. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 72(1), 902-912. <https://doi.org/10.1080/09064710.2022.2117079>
- Barrett, G. E., Alexander, P. D., Robinson, J. S., & Bragg, N. C. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review. *Scientia Horticulturae*, 212, 220-234. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.030>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1-2), 3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Departementene. (2021). *Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi*. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nasjonal-strategi-for-ein-gron-sirkular-okonomi/id2861253/>
- du Jardin, P. (2012). The science of plant biostimulants - a bibliographic analysis. *Final Report*, 27-30. [https://www.researchgate.net/publication/288264889\\_The\\_science\\_of\\_plant\\_biostimulants\\_-\\_a\\_bibliographic\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/288264889_The_science_of_plant_biostimulants_-_a_bibliographic_analysis)
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). Circular economy systems diagram. In. Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). *Recycling and the circular economy: What's the difference?* Ellen MacArthur Foundation. Retrieved 14.12.23 from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/recycling-and-the-circular-economy-whats-the-difference>
- European (2023). Circular economy: definition, importance and benefits. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>
- Forskrift om begrensning av forurensning, (2004). 14-2
- Forskrift om begrensning av forurensning, (2007). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/>
- Godt Vann. (u.p). Avløp. Retrieved 14.12.23, from <https://www.godtvann.no/vann-og-avlop/avlop/>
- Jacob-Lopes, E., Maroneze, M. M., Queiroz, M. I., & Zepka, L. Q. (Eds.). (2020). *Handbook of Microalgea-Based Processes and Products*. Elsevier.
- Kjensmo, J., & Hongve, D. (2022). eutrofiering. Retrieved 06.12.2023, from <https://snl.no/eutrofiering>

- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Kratky, B. A. (2009). Three Non-Circulating Hydroponic Methods for Growing Lettuce. *Acta Horticulturae*(843), 65-72. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.843.6>
- Lagenfeld, N., & Bugbee, B. (2023). Evaluation of Micro-Dwarf Tomato Cultivars for Controlled Environment Research. *Dwarf Crops*(Paper 16). [https://digitalcommons.usu.edu/cpl\\_dwarf crops/16](https://digitalcommons.usu.edu/cpl_dwarf crops/16)
- Lee, S., Ge, C., Bohrerova, Z., Grewal, P. S., & Lee, J. (2015). Enhancing plant productivity while suppressing biofilm growth in a windowfarm system using beneficial bacteria and ultraviolet irradiation. *Can J Microbiol*, 61(7), 457-466. <https://doi.org/10.1139/cjm-2015-0024>
- Lillesund, V. F., Hansen, R. V., Maria Malene Kvalevåg, Else Marte Vold, V. H., Bråten, K. G., Opsahl, J., & Økstad, E. (2018). *Utfasing av uttak og bruk av torv – Kunnskapsutredning om konsekvenser for naturmangfold, klima, næring og forbrukere*. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m951/m951.pdf>
- Liu, J., Danneels, B., Vanormelingen, P., & Vyverman, W. (2016). Nutrient removal from horticultural wastewater by benthic filamentous algae *Klebsormidium* sp., *Stigeoclonium* spp. and their communities: From laboratory flask to outdoor Algal Turf Scrubber (ATS). *Water Res*, 92, 61-68. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.049>
- Lv, H., Ji, C., Ding, J., Yu, L., & Cai, H. (2022). High Levels of Zinc Affect Nitrogen and Phosphorus Transformation in Rice Rhizosphere Soil by Modifying Microbial Communities. *Plants (Basel)*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/plants11172271>
- Michel, J.-C. (2010). The physical properties of peat: a key factor for modern growing media. *Mires and Peat*, 6(2), non paginé. <https://institut-agro-rennes-angers.hal.science/hal-00729716>
- Neveux, N., Magnusson, M., Mata, L., Whelan, A., de Nys, R., & Paul, N. A. (2016). The treatment of municipal wastewater by the macroalga *Oedogonium* sp. and its potential for the production of biocrude. *Algal Research*, 13, 284-292. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.12.010>
- NIBIO. (u.å). Kildeseparerende løsninger. <https://www.nibio.no/tema/miljo/mindre-avlop/rense-losninger/kildeseparerende-losninger>
- Paulin, R., & O'Malley, P. (2008). *Compost production and use in horticulture*. Department of Agriculture and Food Government of Western Australia. [http://www.ausvegvic.com.au/pdf/r&d\\_VG99016\\_Compost\\_discussion\\_paper.pdf](http://www.ausvegvic.com.au/pdf/r&d_VG99016_Compost_discussion_paper.pdf)
- Pedersen, S. F. (2011a). Dyrking av økologiske tomater. (23), 1-5. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2506195/Bioforsk-TEMA-2011-06-23.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pedersen, S. F. (2011b). Populære økologiske tomater. (vol 6 nr 22), 6. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2506196/Bioforsk-TEMA-2011-06-22.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rademacher, W. (2015). Plant Growth Regulators: Backgrounds and Uses in Plant Production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34(4), 845-872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>

- Randall, D. G., & Naidoo, V. (2018). Urine: The liquid gold of wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2627-2635.  
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.04.012>
- Schilstra, A. J. (2001). How sustainable is the use of peat for commercial energy production? *Ecological Economics*, 39(2), 285-293. [https://doi.org/10.1016/s0921-8009\(01\)00216-6](https://doi.org/10.1016/s0921-8009(01)00216-6)
- Statistisk sentralbyrå. (2018, 05.12.23). *Avløpsvann fra stadig flere av oss blir renset i tråd med kravene*. Statistisk sentralbyrå. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/avlopsvann-fra-stadig-flere-av-oss-blir-renset-i-trad-med-kravene>
- Statistisk sentralbyrå. (2022a). *05251: Kommunale avløpsanlegg, etter renseprinsipp, statistikkvariabel, år og region*. Retrieved 07.12.23 from <https://www.ssb.no/statbank/sq/10090261>
- Statistisk sentralbyrå. (2022b). *05280: Totale utslipp av fosfor og nitrogen fra avløpssektoren, etter region, utslipp, statistikkvariabel og år*. <https://www.ssb.no/statbank/sq/10090263>
- Staalstrøm, A., Gomes, T. C., Gitmark, J., Engesmo, A., Borgersen, G., & Andersen, G. S. (2023). *Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord*
- Årsrapport 2022. NIVA. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/3082850>
- Tharpe, A. E. D. (2023). *Dwarf Tomatoes in an Indoor Vertical System* Virginia Polytechnic Institute and State University]. <http://hdl.handle.net/10919/115322>
- Thaulow, H., & Faafeng, B. (2014). *Indre Oslofjord 2013 – status, trusler og tiltak*. NIVA. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/194149>
- Thronsen, J., & Egeland, E. S. (2022). *Alger*. Retrieved 11.12.23, from <https://snl.no/alger>
- Veas. (2019). Styrets beretning, nøkkeltall og økonomi. Retrieved 11.12.23, from [https://veas.nu/uploads/2023/11/5544-VEAS-aarsrapport-2019\\_Web.pdf](https://veas.nu/uploads/2023/11/5544-VEAS-aarsrapport-2019_Web.pdf)
- Yara. (u.å). *Phosphorus deficiency-Tomato*. Yara. Retrieved 14.12 from <https://www.yara.us/crop-nutrition/tomato/nutrient-deficiencies/phosphorus-deficiency-tomato/?activeSlide=10501>

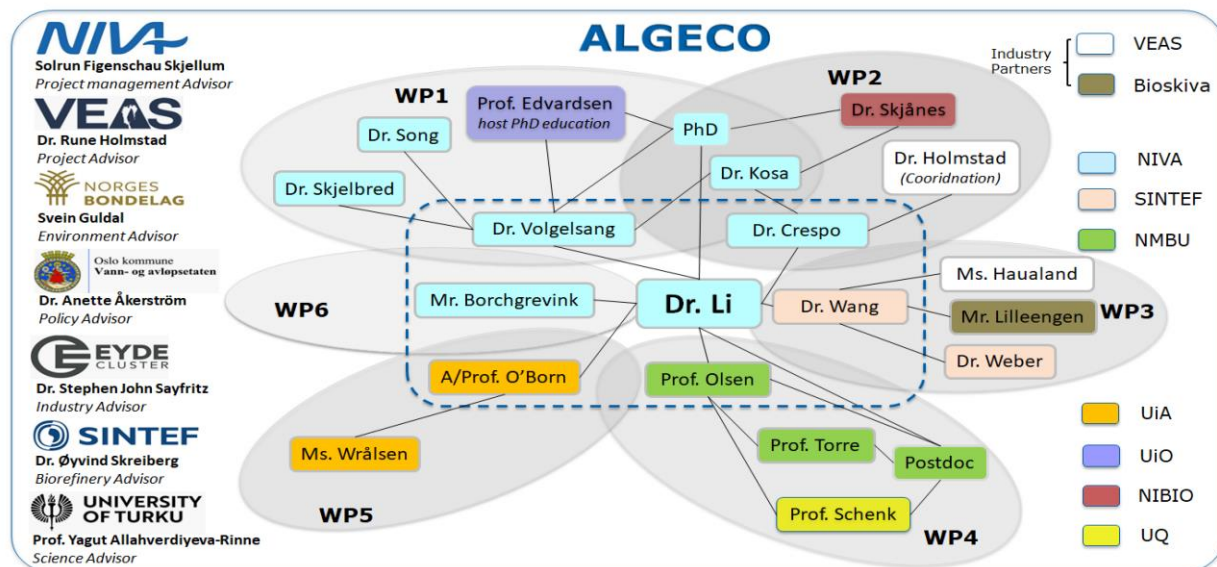


## Vedlegg 1 – ALGECO arbeidspakke 4

«Norwegian University of Life Sciences (NMBU) is responsible to the efficacy study of algae products on soil and plants based on the state of art greenhouse plant systems and well-equipped labs for biochemical, molecular analyses and microscopy-techniques. NMBU will host the Postdoctoral researcher in WP4. Prof. Jorunn Olsen has extensive research experience (>25 yrs experience as project/WP leader) in studies of plant-environment interactions, including stress physiology in horticultural and agricultural crops and various lab ALGECO KSP20PD 10 analyses. She is the WP4 leader. Prof. Sissel Torre has extensive research experience in production physiology of greenhouse-grown crops.»

«University of Queensland (Australia, UQ) performs plant physiology research support and relevant innovative bioassays study training for the Postdoc. Prof. Peer Schenk has professional knowledge and skills on environmental transcriptomics and algae biotechnology. Peer will be hosting the postdoc during training in the area of plant root and soil microbe research.»

«H4) Derived algae-based products can increase the soil fertility, plant health and growth performance»



Figur vedlegg 1 1. Oversikt over ansvarsområder ALGECO prosjektet. Skjermdump fra forslagsdokument

#### **WP 4 Algae based fertilizers efficacy investigation (NMBU with support of UQ)**

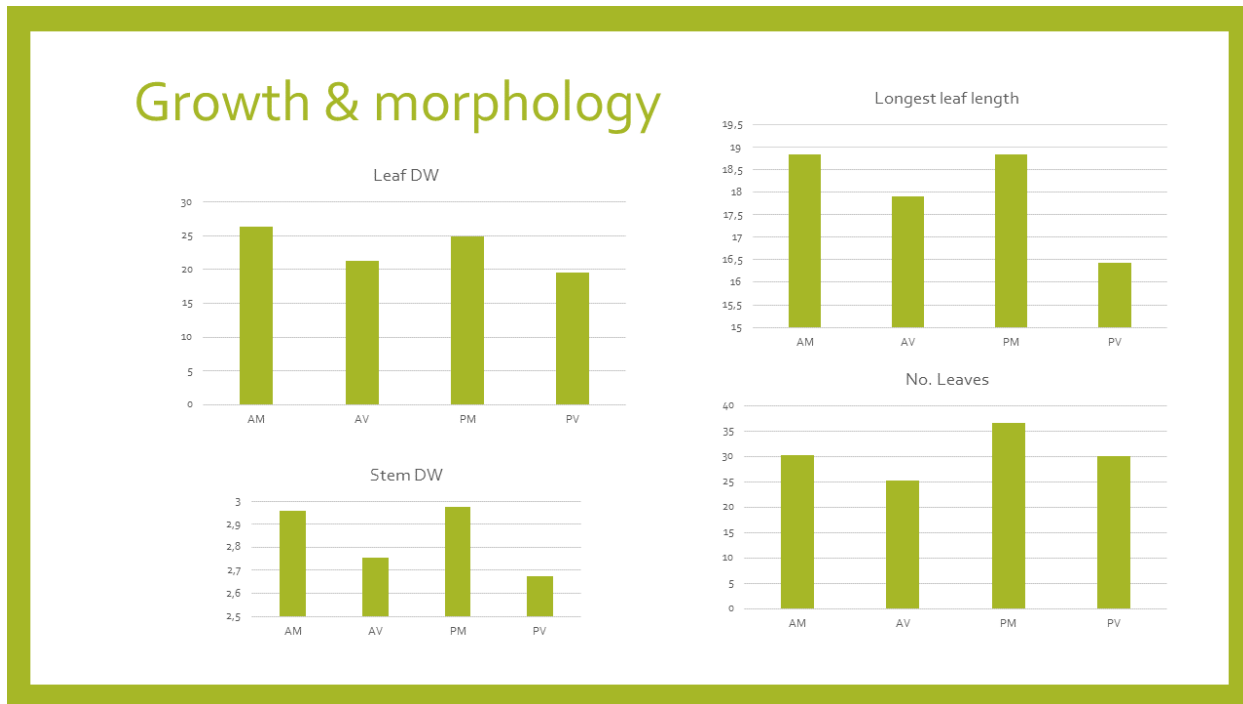
This WP is to evaluate the impact of algae products from **WP3** on the health condition of soil and plants, as the important output of algae valorization (**WP5**). This WP aims to achieve **O4** and verify **H4**.

**Task 4.1 Effect on soil health condition. Task 4.2 Effect on plant's health and growth performance** The efficacy of algae products as growth stimulant for selected horticultural crops (e.g., tomato and lettuce) will be studied and plant health conditions are evaluated (e.g., phenotype, the content of nutrients and carbohydrates, photosynthesis, transpiration, stress-related parameters and compounds, antioxidants and secondary metabolites). The interaction of plant root and soil microbial community will be addressed. Chemical fertilizers will be used as reference. **Task 4.3 Quality control and safety assessment** Exploring product standard regulations and recommendation for safe use of algae-based products.

Figur vedlegg 1 2. Skjermdump fra ALGECO proposal. Beskrivelse av WP 4

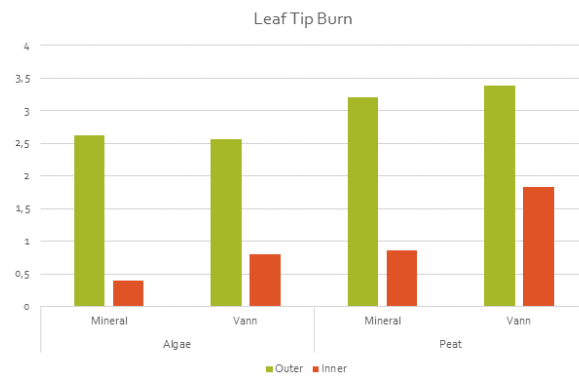
## Vedlegg 2 – Resultater fra prosjekt V23

Figur V2-1 til 7 viser foreløpige resultater fra prosjektet. Produsert av Sheona Innes.



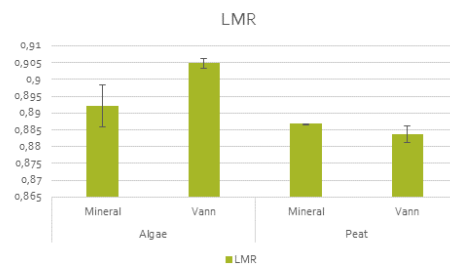
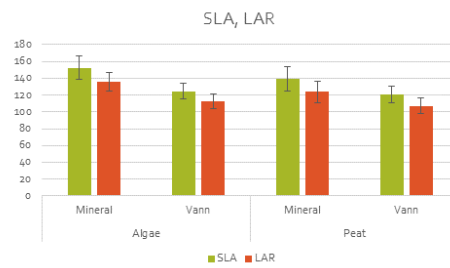
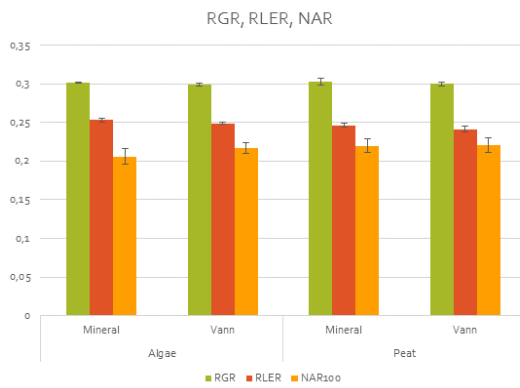
Figur vedlegg 2 1. Samlefigur over vekst og morfologi. Produsert av Sheona Innes

# Leaf tip burn



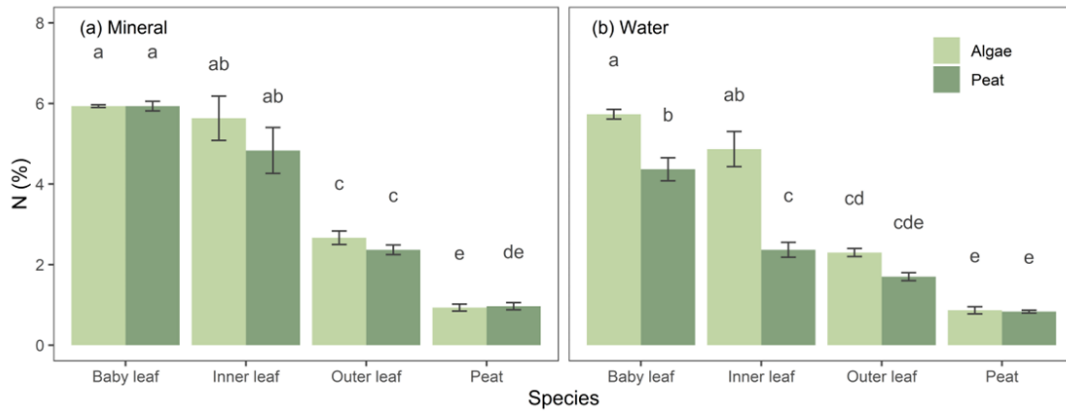
Figur vedlegg 2 2. Figur som viser bladrand prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes

# RGR



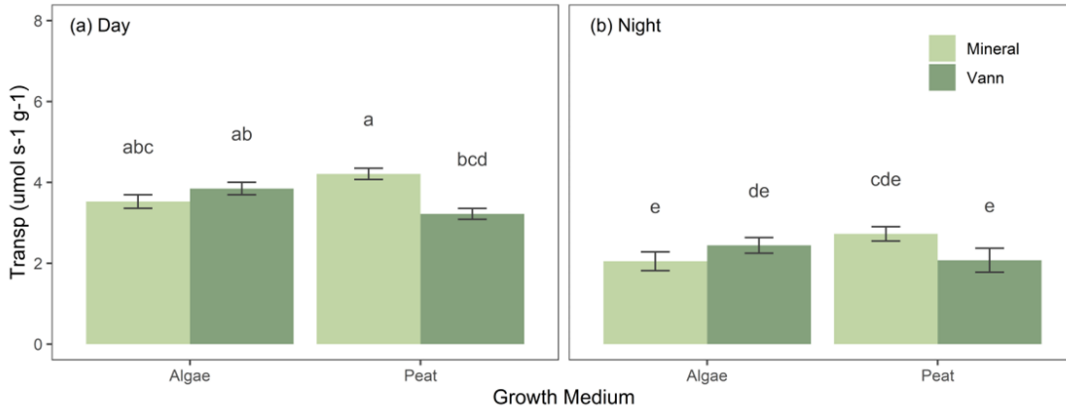
Figur vedlegg 2 3. Samlefigur over relativ vekst rate. Produsert av Sheona Innes

## Nitrogen



Figur vedlegg 2 4. Oversikt over nitrogenandel prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes

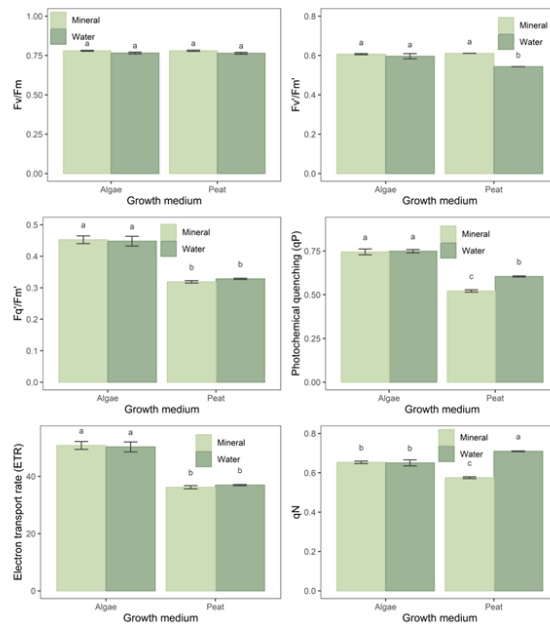
## Transpiration



Figur vedlegg 2 5. Oversikt over transpirasjon prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes

# Fluorescence

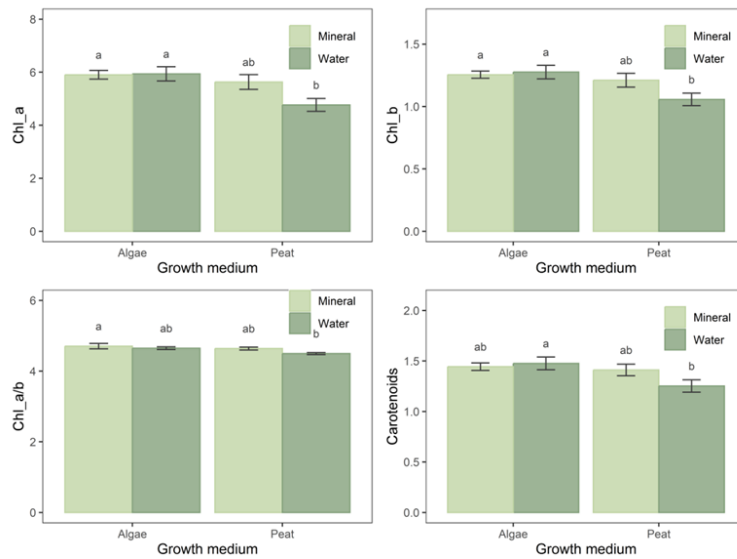
- Same  $F_v/F_m$  (maximum potential photosynthetic capacity)
- Lower  $F_q'/F_m'$  (operating efficiency of PSII) in peat than algae
- Lower ETR (electron transport rate) in peat than algae



Figur vedlegg 2 6. Samlefigur av fluorescense prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes

# Chlorophyll

- Watering with only RO vann in peat medium gave
  - Lower chl a
  - Lower chl b
  - Lower chl a/b ratio
  - Lower carotenoids
- No diffs between algae and peat with mineral fertiliser



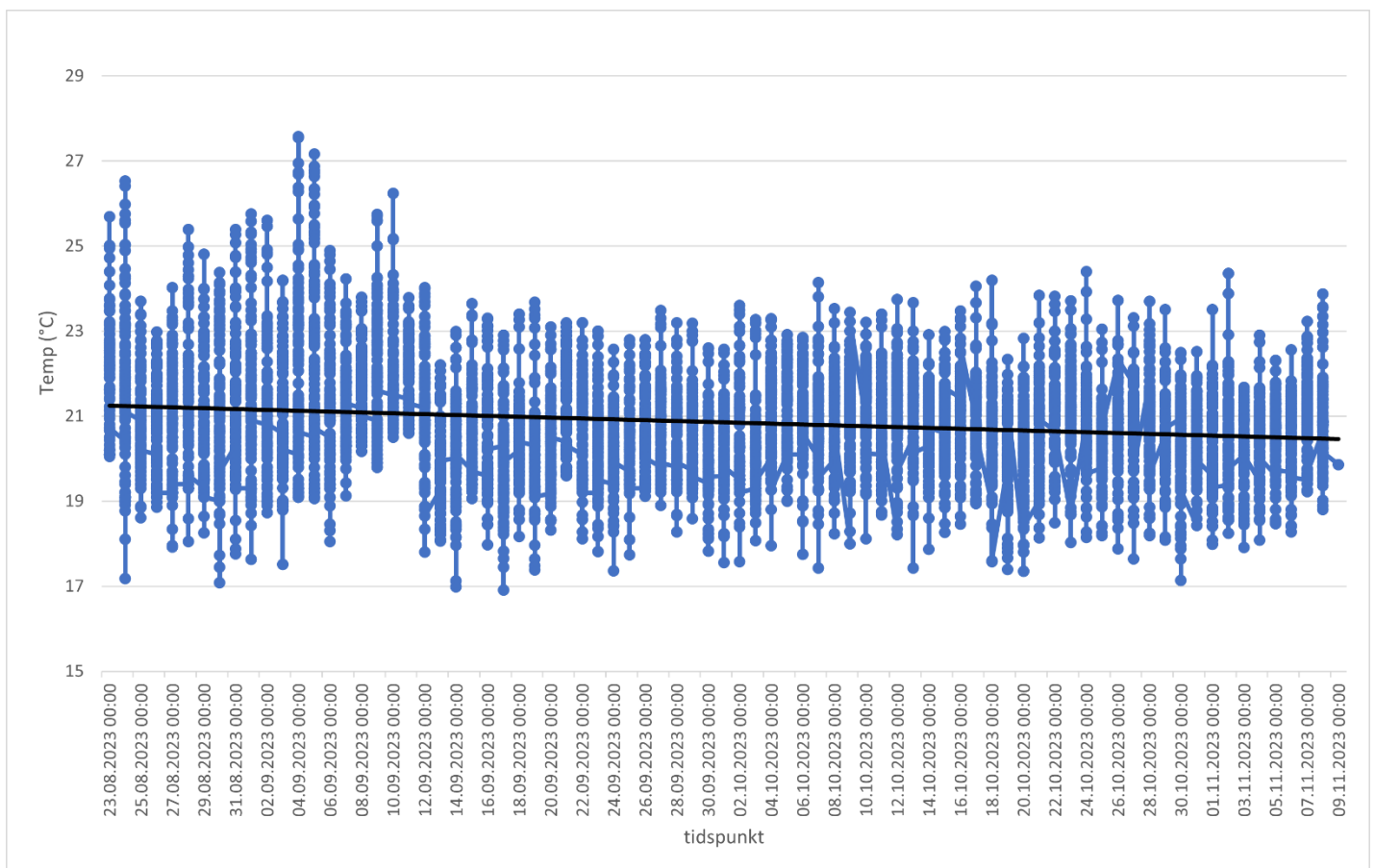
Figur vedlegg 2 7. Samlefigur av klorofyll prosjekt v23. Produsert av Sheona Innes

### Vedlegg 3 – Priva klimarapport

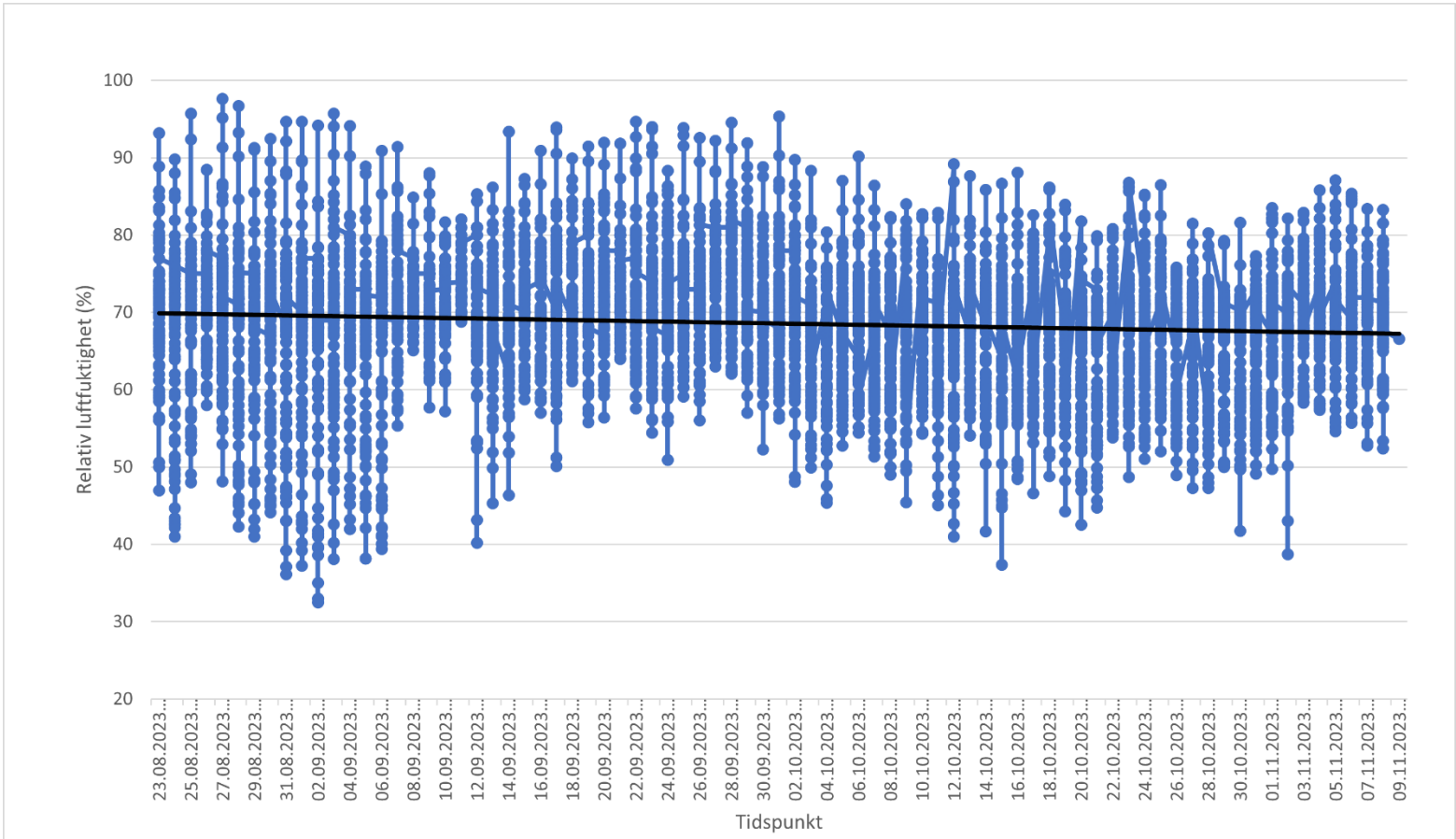
Priva klimastyring ble under perioden 23.08.2023 – 09.11.2023 benyttet for å styre og logge temperatur og relativ luftfuktighet i vekststrømmet benyttet under masterprosjektet.

Systemet logger temperatur og luftfuktighet hvert 15 minutt 24 timer i døgnet.

Gjennomsnittstemperatur var 20,83 grader celsius og gjennomsnitt av relativ luftfuktighet var 68,59%. Medianen i samme periode var 20,80 grader celsius og 69,34% relativ luftfuktighet. Figur vedlegg 3 1 og Figur vedlegg 3 2 viser linjediagram med trendlinje av rapportert data fra perioden prosjektet var aktivt.



Figur vedlegg 3 1. Temperatur i vekststrømmet under prosjektperioden med trendlinje



Figur vedlegg 3.2. Relativ luftfuktighet i vekstområdet under prosjektperioden med trendlinje





**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway