

# Sluttrapport KarbonVekst

Redusert klimagassutslipp og bedre agronomi med bruk av biokull ved gjødsling og kompostering

Forskningsmidler over jordbruksavtalen, tilsagnsnummer 159160

Utarbeidet av Alice Budai, Adam O'Toole, Simon Weldon, og Pierre-Adrien Rivier

## 1. Bakgrunn for prosjektet

Utslipp av klimagasser fra jordbruk har vært relativt konstant siden 1990 og blir utfordret av et ambisiøst politisk mål om 50 % kutt i klimagassutslipp fra den ikke-kvotepliktige sektoren innen 2030 [1]. Mesteparten av utslippene i landbruk skyldes biologiske prosesser som er vanskelige å redusere, for eksempel metan fra drøvtyggere. Tiltak for å redusere konsum av rødt kjøtt er vurdert å ha stort reduksjonspotensial innen landbrukssektoren med lav kostnadsinnsats [2], men er kontroversiell og kan komme i konflikt med andre landbrukspolitiske mål som «matsikkerhet», «landbruk over hele landet» og «økt verdiskapning» [3]. Andre lovende tiltak inkluderer tilsetning av biokull til jordbruksjord; et tiltak som øker karbonbinding til en lav kostnad, og diverse gjødseltiltak rettet mot forbedret produksjon og ressursutnyttelse [2]. Disse tiltakene kan ivareta både agronomiske og miljømessige hensyn, spesielt når de anvendes sammen.

Biokull er et svart, finkornet materiale med høyt karboninnhold som produseres når biomasse varmes opp uten oksygen ved  $>350\text{ }^{\circ}\text{C}$  [4]. Under oppvarming endres karbonet i biomassen til en form som gjør det svært resistent mot biologisk nedbryting [5]. Når biokull er laget ved temperaturer over  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , er karbonet resistent mot nedbrytning i et 100-års perspektiv [5, 6] og på den måten kan nedpløying av biokull føre til en langvarig økning av karbon i jord. Samtidig produseres det bioenergi gjennom pyrolyseprosessen som kan brukes til oppvarming av bolig eller driftsbygninger, og dermed erstatte fossilt brensel.

En rekke studier viser at biokull minsker utslipp av metan og lystgass fra jord [7, 8], skjønt langtidsvirkningen er mer usikker [9]. Vi vet med relativ sikkerhet at biokull, som er laget av rent råstoff ved bruk av moderne teknologi, er trygt å bruke i matjord i relativt store mengder uten at det har uheldig effekter for plantevekst og/eller mikrolivet i jorda [9]. Samtidig må ikke biokull brukes uten diskresjon. For eksempel, bruk av biokull i jord med lavt innhold av nitrogen kan føre til noe lavere avling. Dette skyldes ofte nitrogenmangel som oppstår fordi nitrogen som binder seg til biokull blir mindre plantetilgjengelig. Til gjengjeld viser en nylig metastudie at biokull reduserer lystgassutslippene med 38% i gjennomsnitt, med størst effekt i hagebruk der bruk av N-gjødsel er høy [10].

Bioest fra biogassanlegg er en ny, stadig mer populær gjødselvarer som flere bønder melder at de får god N-gjødslingseffekt av, og som på sikt kan bidra til betydelig reduksjon i behov for mineralisk N-gjødsel [11]. Egenskaper som gjør bioest til en passende gjødsel er tilgjengeligheten av næringsstoffer; viktigst av alt N i form av ammonium og P. Bioest kan separeres i en fast og en flytende fraksjon som er igjen etter utvinning av metan som biodrivstoff fra husdyrgjødsel eller avfallskilder som matavfall. Biogassanlegg gir en god løsning for produksjon av biodrivstoff, men

kommersiell levedyktighet på lang sikt er betinget av at biorest blir akseptert og anvendt som gjødsel av bønder.

Anvendelse av biorest som erstatning for kunstgjødsel har tidligere blitt demonstrert i flere studier. For eksempel har Sogn, Dragicevic [12] vist tilsvarende avling av hvete ved bruk av biorest basert på forskjellige avfallskilder (møkk, mat, og slam), sammenlignet med bruk av mineralgjødsel. Men få studier har testet biorest i grønnsaksproduksjon hvor risiko for tap av næringsstoffer er høy. Med høy tilgjengelig N kan bruk av biorest føre til store lystgassutslipp [13]. Grønnsaksdyrking krever ofte en betydelig mengde gjødsel for å produsere store avlinger med ønsket kvalitet på produktet. I tillegg er sandjord ofte benyttet for å dyrke grønnsaker fordi den drenerer godt, blir raskere varm om våren enn leirjord, og er derved mer egnet til å dyrke grønnsaker tidlig i sesongen [14]. Imidlertid er risikoen for næringsutlutning høyere på sandjord sammenlignet med leirjord på grunn av den lavere kationutvekslingskapasiteten [15], og dette betyr at også ammoniumrik biorest er utsatt for tap fra disse jordtypene. Haraldsen, Andersen [16] observerte 3600% høyere ammoniumutvasking fra flytende biorest sammenlignet med Yara Fullgjødsel® ved 160 kg N ha<sup>-1</sup> påført av hvert til bygg dyrket i sandjord under en simulert regneepisode. Siden vannholdningskapasiteten til sand er mindre enn leire, kan dyrking på sand kreve hyppig vanning, noe som kan øke risikoen for nitratutvasking dersom N-mengder overstiger planteopptaket [17]. Derfor er det spesielt viktig å øke retensjonstiden av næringsstoffer i rotsonen, og kombinasjon av flytende biorest med porøse materialer som biokull kan være en måte å absorbere næringsstoffer i biorest.

Vi har sett økt interesse fra landbruket, forvaltning og politikere om temaet biokull, og dette er i samsvar med vår egen mening om potensialet ved bruk av biokull i landbruksjord. Biokull har fått betydelig forskningsoppmerksomhet det siste tiåret som et middel til å lagre karbon i jorda og forbedre jordens fysiske og kjemiske egenskaper, samtidig som det reduserer utslipp av klimagasser fra jord [18]. En metastudie viste at biokull øker avlingene i sure tropiske jordarter, men har liten effekt i tempererte jordarter [19]. Et ringforsøk i Europa viste stort sett uendret kornavling, hvor 20 t ha<sup>-1</sup> av umodifisert eller ren biokull ble påført [20]. Selv om fordelene med karbonsekvistrering tidligere er bekreftet i Norge [6], viste biokull av *Miscanthus* begrensede effekter på jordens fysiske egenskaper, mikrobiell biomasse og kornavling i et 4-årig feltforsøk [9]. For å forbedre den agronomiske effekten av biokull er det anbefalt å kombinere det med andre materialer som gjødsel, mineraler og leire [21]. Noen studier viser større avling ved bruk av blandinger med biokull og biorest sammenlignet med biorest uten biokull [22], mens andre viser ingen signifikant avlingseffekt ved samtidig bruk av biorest og biokull [23]. De som finner forskjeller tilskriver den positive effekten til forbedret næringsstoffretensjon i rotsonen [24].

Det har også blitt anbefalt å tilsette biokull ved kompostering [25], der produktet har vist seg å adsorbere næringsstoffer [26] og øke N-tilgjengeligheten ved å stimulere veksten av nitrifiserende bakterier [27]. Kompostering av grønnsaksavfall er en alternativ metode for karbon og plantenæringsstoffer til jord, men med økende utbygging av biogassanlegg rundt omkring i landet spør mange seg om de nå kan slutte med tidskrevende kompostering og heller levere grønnsaksavfall til biogassanlegg og få biorest i retur som gjødsel. Samtidig pågår det diskusjon for eksempel i Tyskland, som har benyttet biorest på landbruksarealer i flere år, om hvor gunstig det er for jordkvaliteten å tilføre biorest (med sin anaerobe mikroflora og høyt innhold av ammonium) til landbruksjord år etter år. Kompost er tenkt å bidra til jordhelse, med innhold av organiske materialer

som bidrar til bedre jordstruktur og rikelig mengde næringsstoffer til mikroliv som støtter plantevekst.

Vi mener at den nåværende fasen av biokullforskning i Norge handler om å finne optimale anvendelser av biokull for å oppnå en optimal balanse mellom gode avlinger og minst mulig klimagassutslipp. En tidlig studie viste forbedringer i kompostering av fjærfegjødsel og bygghalm ved tilsetning av relativt små mengder biokull (3%). Den termofile fasen ble raskere oppnådd og varte lengre, noe som kan redusere komposteringstiden med 20% [28]. Lavere klimagassutslipp under kompostering har også blitt omtalt [29], og redusert tap av gass kan være en indikasjon på mer effektiv kompostering med mer N- og C-oppbevaring. I tillegg har det blitt vist at kompostering med biokull kan resultere i et mer næringsrikt sluttprodukt og bedre agronomiske effekter fra kompost med biokull sammenlignet med enten biokull eller kompost alene [30].

Hovedmålet med KarbonVekst-prosjektet var å undersøke samspillet mellom biorest, kompost og biokull for å komme frem til gode løsninger som ivaretar både jordkvalitet og klimahensyn. Delmålene inkluderte å: i) utforske hvilke kombinasjoner av biokull, biorest og kompost som kan gi forbedret plantevekst og økt mengde salgbare produkter, ii), undersøke under hvilke forhold biokull kan redusere lystgassutslipp fra kompostering og ved spredning av biorest, og iii) estimere netto klimanytte ved bruk av biokull når man tar i betraktning både karbonlagring og effekter på klimagassutslipp. Ved planlegging av forsøkene siktet vi mot produksjonssystemer som har behov for store mengder nitrogengjødsel for å sikre gode avlinger (f.eks. grønnsaker), men som i dag kan ha store lystgassutslipp under ugunstige vær- og dyrkingsforhold. Vi forventet at biorest kunne være en erstatning for kunstgjødsel og at biokull kombinert med biorest ville forbedre retensjonen og brukseffektiviteten av N i biorest, noe som skal føre til økt planteutbytte og en reduksjon i lystgassutslipp fra jord. Vi forventet også at biokull tilsatt kompost ville føre til lavere utslipp av klimagasser og et mer næringsrikt kompostprodukt som fører til bedre plantevekst og næringsopptak under forhold hvor næringsstoffer kan bli tapt som ved overvanning.

## 2. Prosjektets viktigste leveranser

To feltforsøk ble gjennomført på en kommersiell gård i Vestfold fylke, Skjærgaarden Gartneri AS, drevet av Bjørge Madsen og Kristin Stenersen. Gårdbrukere har som mål å være mer bærekraftig i grønnsaksdyrkingen, særlig ved å erstatte kjemisk gjødsel med organiske alternativer som biorest, kompost, og biokull. Feltforsøk 1 beskrevet under punkt 2.1 ble utført i 2018, med mål å undersøke om blanding av biokull og biorest kan være en bærekraftig erstatning til kunstgjødsel ved grunnjødsling for vårløksproduksjon i sandjord i Norge. Forsøket testet kunstgjødsel og biorest behandlinger med og uten biokull for å kunne kvantifisere nytte av biokull i forhold til avling og lystgass utslipp. Feltforsøk 1 fokuserte på bruk av biorest i form av grunnjødsling, og feltforsøk 2 tok arbeidet videre for å teste om biorest egner seg også i form av toppgjødsel til grønnsaker, slik at fremgang kan fortsette med å lukke næringscykluser og redusere avhengigheten av mindre bærekraftig mineralgjødsel. Feltforsøk 2 er beskrevet under punkt 2.2.

Et komposteringsforsøk ble gjennomført for å teste om biokull bidrar til lavere klimagassutslipp ved kompostering av biorest og hageavfall. Analyse av sluttproduktene ble gjennomført for å vurdere om biokull bidro til høyere næringsinnhold i kompost. Dette arbeidet, inkludert metodeutvikling, er beskrevet under punkt 2.3.

Kompostproduktene fra komposteringsforsøket ble utprøvd i et pottforsøk med vårløk for å teste deres gjødslingseffekt. Siden informasjon mangler om næringsstoffer bundet til biokull er plantetilgjengelig, utførte vi en regnsimulering på halvparten av pottene for alle behandlinger. Gjennom regnsimuleringen testet vi utlekkingssevnen av næringsstoffer og resulterende effekter på avling. Forsøket var utviklet for å kunne belyse om interaksjonen mellom biokull og næringsstoffer resulterer i en passende bindingsstyrke for å oppnå en nyttig biokullgjødsel, og er beskrevet under punkt 2.4.

En givende del av arbeidet var å oppleve en økt interesse for formidling av våre forskningsresultater fra bønder, rådgivere og industri. Biokull har blitt et mer og mer populært tema de siste ti årene, og dette forskningstemaet har høy relevans for landbruk ved at vi utprøvde to lovende materialer sammen. Faglig og vitenskapelig formidling av resultater fra KarbonVekst- prosjektet er beskrevet under punkt 2.5, og en prosjektsøknad som var et resultat av samarbeidsinteresse fra industri er beskrevet under punkt 2.6. To vitenskapelige publikasjoner, en under arbeid og en under behandling, er oppført under punkt 2.7.

### 2.1 Feltforsøk 1 (utført i 2018)

En mer detaljert beskrivelse av forsøket vil være tilgjengelig etter publisering i form av en vitenskapelig artikkel.

#### 2.1.1 Metodebeskrivelse

Et feltforsøk ble satt opp 13.05.2018 med en randomisert komplett blokkdesign (1,5 x 10 m arealer) på siltig sand Arensol (90% sand, 8% silt og 2% leire) med følgende fire behandlinger ordnet i fire blokker:

1. Kontroll-NPK: Standard grunnjødsling med 400 kg ha<sup>-1</sup> av 12: 4: 18 NPK YaraMila Fullgjødsel micro™. N til stede som 5% NO<sub>3</sub>-N og 7% NH<sub>4</sub>-N.
2. NPK med biokull: behandling 1. med 30 ton ha<sup>-1</sup> biokull i øverste 15 cm jord (2% av jordmasse)
3. Biorest: Dosert for å tilføre tilsvarende mengde av N grunnjødsling i kontrollbehandlingen

4. Biorest + BC-Lav: som behandling 3. med biokull (20% volum, eller 6,25% vekt/vekt biokull i biorest) blandet med biorest
5. Biorest + BC-Høy: som behandling 3. med biokull (40% volum, eller 12,5% vekt/vekt av biokull i biorest) blandet med biorest

Da biorest inneholder organisk N som ikke er umiddelbart tilgjengelig for planter, ble  $\text{NH}_4$ -innholdet i biorest brukt for å beregne tilsvarende mengde N i de forskjellige behandlingene, i samsvar med forslag fra Sogn, Dragicevic [12]. Alle arealer fikk ytterligere mengder toppgjødsel i form av kunstgjødsel senere i sesongen, etter at prøvetaking av lystgass og jord var fullført.

Biokullet brukt i studien ble laget av en blanding av flis av gran (*Picea abies*) og furu (*Pinus sylvestris*) i en Pyreg 500 pyrolyseaktor drevet av NovoCarbo GmbH (DE), hvor reaktortemperaturene er estimert til 500-600 °C. Flytende fraksjon av biorest ble hentet fra Greve Biogas AS biogassanlegg i Tønsberg, Vestfold fylke, hvor råstoffet til biogassanlegget er en blanding av kommunalt matavfall og husdyrgjødsel fra den omkringliggende regionen. Detaljert beskrivelse av egenskaper til jord, biokull, og biorest er beskrevet nærmere andre steder.

For å forberede flytende gjødsel av biokull og biorest, ble biokull tilsatt biorest i en plasttank og blandet mekanisk ved bruk av en FBSX-110 elektrisk omrører (Bilde 1).



**Bilde 1.** Blanding av biokull og biorest

Blandingen fortsatte i 7,5 timer, noe som ytterligere reduserte partikkelstørrelsen av biokull. Blandingens viskositet var dermed tilstrekkelig lav til å tillate ubegrenset strømming av blandingen fra en vannkanne.

Blandingene av biorest og biokull ble båndlagt manuelt ved bruk av vannkanner i 7 cm dype furer (bilde 2). En rake ble brukt til å umiddelbart dekke væsken med jord for å minimere tap av ammoniakk. Etter en uke ble vårløskfrø sådd i 4 linjer per plantebed (1,5 m i diameter) plassert direkte over de båndede gjødsel-behandlingene.



**Bilde 2.** Tilførsel av biokull-biorest blandingen i felt

For kontrollbehandlingen ble NPK-gjødsel påført i granulatform og spredt på jordoverflaten, i henhold til gjeldende dyrkingspraksis. Biokull ble spredt ut manuelt og blandet i øverste jordsikt med freser (bilde 3).



**Bilde 3.** biokullbehandling på felt

Biokull, biorest, og blandingene ble analysert for blant annet plantetilgjengelig P, Ca, K og Mg, tungmetaller, PAH, pH, konduktivitet, karbon og N-innhold. Materialene ble også analysert ved hjelp av forskjellige mikroskopiske og spektroskopiske metoder for å undersøke mikrostruktur og den kjemiske sammensetningen av prøvene. Denne detaljerte analysen ble utført av samarbeidspartnere ved University of New South Wales (UNSW Sydney).

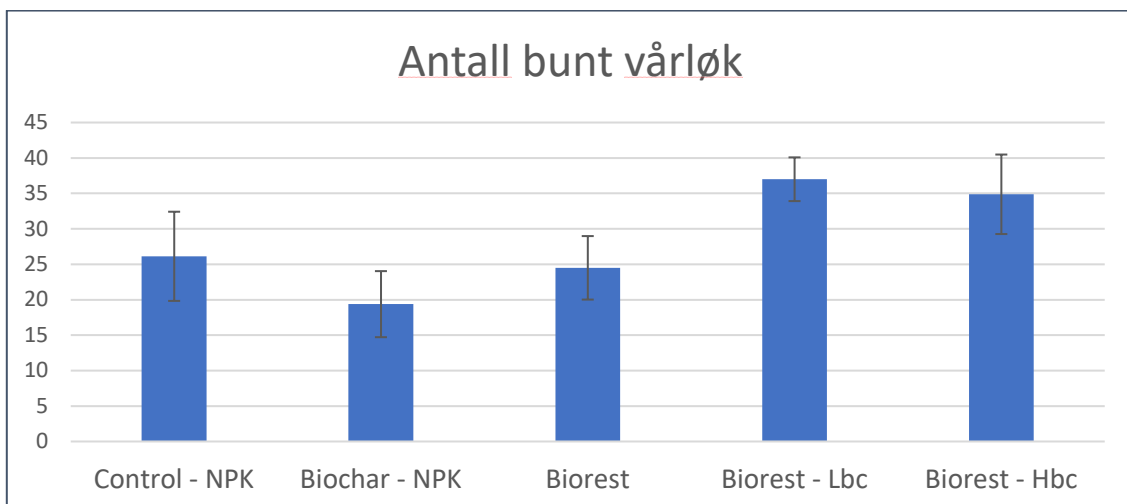
Jordprøvetaking, høsting av planter og plantesaftanalyse, samt metode brukt i måling av lystgassutslipp og statistisk analyse er beskrevet nærmere i artikkelen.



**Bilde 4.** Høsting av vårløk

### 2.1.2 Resultater

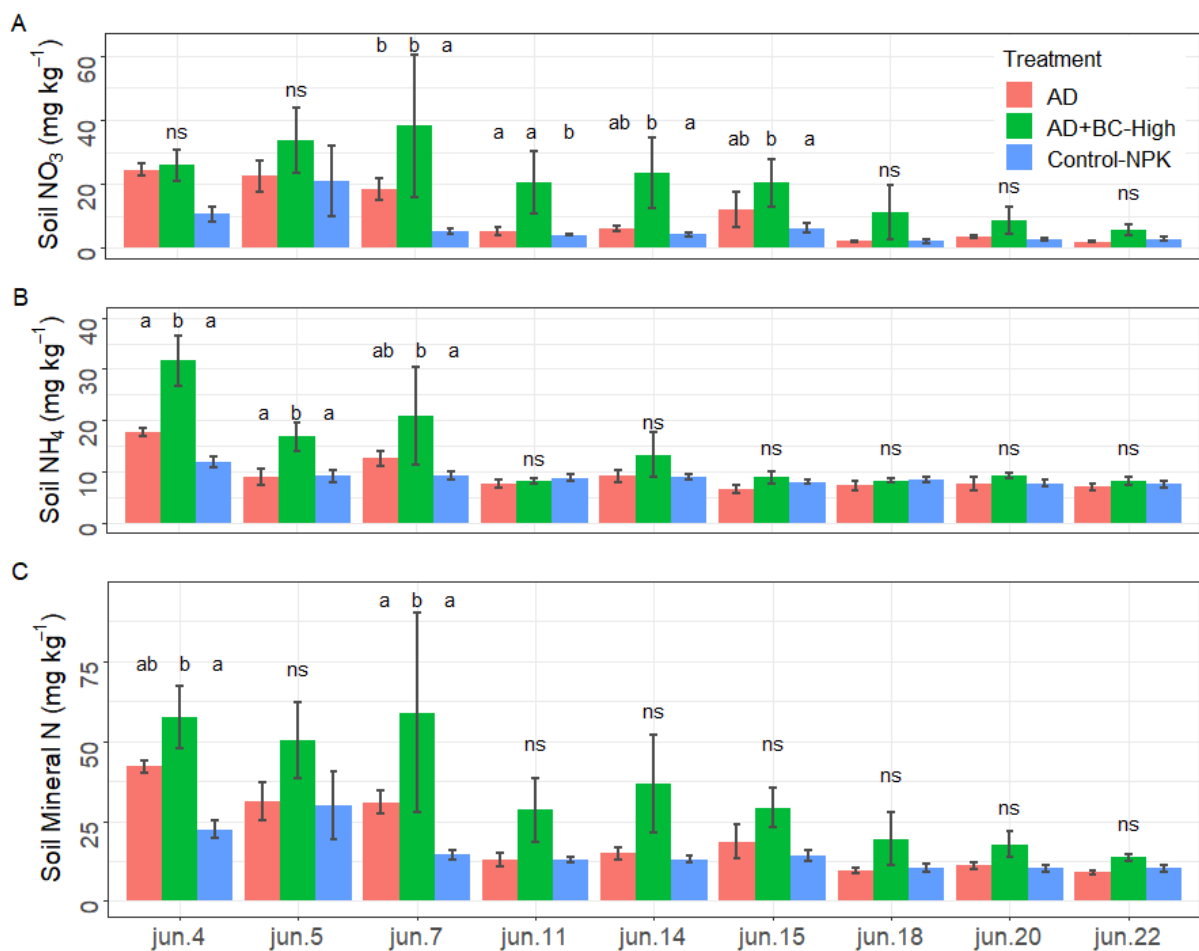
Ingen av behandlingsforskjellene i avling var statistisk signifikante. Gjennomsnittlig avling var 13, 24 og 37% høyere i biorest, biorest + BC-Høy og biorest + BC-Lav, sammenlignet med kontroll (kunstgjødselbehandling) mens avling ved bruk av biokull sammen med kunstgjødsel resulterte i lavest avling (Fig. 1). Gjennomsnittlig markedsførbar avling var 42% og 33% høyere i biorest + BC-Lav og biorest + BC-Høy, sammenlignet med kontrollbehandlingen, mens biorest alene hadde lavere avling med 6%.



**Figur 1:** Antall bunt vårløk med salgbar størrelse per begrenset areal (Lbc er biokull blanding med 20% volum, Hbc er biokull blanding med 40% volum i biorest)

At avlingen ikke var redusert i behandlingene som mottok biorest som grunnjødssel sammenlignet med NPK-kontrollen er en indikasjon for at biorest kan være en passende erstatning for NPK grunnjødssel i vårløkproduksjon. Tilførsel av biokull sammen med biorest ga bedre resultater enn tilførsel av biorest alene. Å øke biokullmengden i blandingen med biorest fra 20% til 40% hadde ingen ytterligere effekt på avling, og vi har for øyeblikket ikke nok data til å anbefale et optimalt blandingsforhold for biokull og biorest. Biokullet som tilsettes jorda via biorest + BC-blandingene tilsvarer 0,05% vekt/vekt jord i biorest + BC-Lav og 0,10% vekt/vekt jord i biorest + BC-Høy. Dette er en størrelsesorden under det som vanligvis testes i forsøk med biokull i pottes og i feltforsøk.

Nitrat og ammoniuminnhold i jord var høyere ved noen av prøvetakingene (Fig. 2). I noen tilfeller var konsentrasjonen av nitrat høyere ved 200-600% i biorest + BC-Høy behandlingen sammenlignet med kontroll behandling. Ammonium var i noen tilfeller 80-170% høyere i biorest + BC-Høy enn Kontroll-NPK, og 66-88% høyere enn biorest alene. Forskjeller i nitrat dukket opp en uke senere i sesongen sammenlignet med forskjeller i innhold av ammonium.

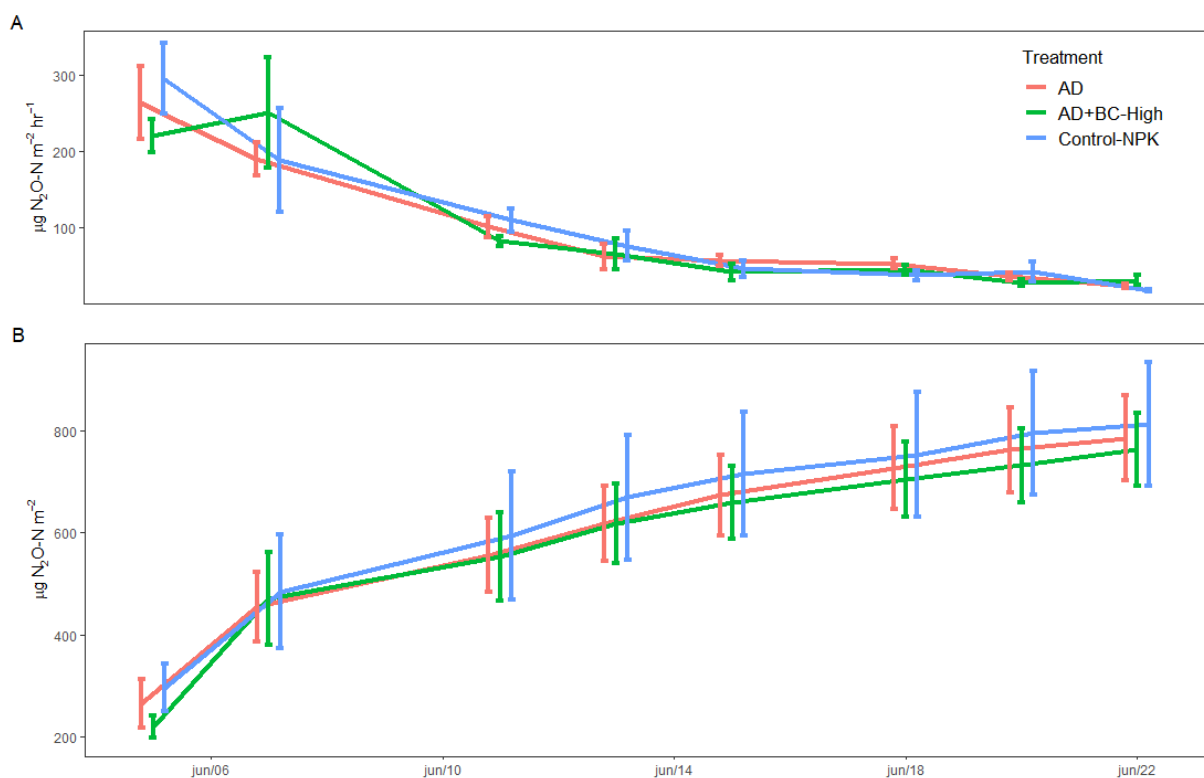


**Figur 2.** A.) nitratinnhold i jord B.) ammoniuminnhold i jord og C.) mineral-N nivåer ved begynnelsen av vekstsesongen de dagene da lystgassmålinger ble tatt. Standardfeil er vist for gjennomsnittsverdier.



Den økte konsentrasjonen av nitrat i jord, på grunn av tilsetning av biokull til biorest, er en positiv utvikling for bruk av biorest som gjødsel. Trenden mot høyere nitrat i biorest + BC-Høy sammenlignet med biorest alene kan antyde at stimulering av nitrifisering fant sted fordi den eneste kilden til N i disse behandlingene var fra det ammonium-rike biorest. Planterøtter av løk vil fortrinnsvis ta opp nitrat selv når ammonium er den dominerende N-arten [31]. Biorest + BC-Høy behandlingen viser derfor et mer balansert ammonium og nitrat gjødsling. Resultatene tyder også på at biokull bidro til å kompensere for utvasking av næringsstoffer ved vanning. De utarmede nivåene av nitrat og ammonium i kontroll og biorest sammenlignet med biorest + BC-Høy antyder at uten biokull ble næringsstoffer lettere utvasket fra rotsonen under vanning tidlig i vekstsesongen.

Forskjeller i lystgassproduksjon og kumulative lystgassutslipp var ikke signifikant mellom behandlingene (Fig. 3). Størst utslipp var i samsvar med vanning og nedbørshendelser. Lystgassproduksjon økte med jordtemperatur og ammoniuminnhold i jord, mens nitrat og vannfylt porevolum hadde ingen korrelasjon med lystgassproduksjon.



**Figur 3.** A.) Lystgass fluks og B.) kumulative lystgassutslipp i den første måneden av vekstsesongen for gjennomsnittsverdier med standardfeilfelt. Ingen signifikant forskjell mellom behandlinger.

Lystgassutslipp var mest påvirket av jordtemperatur og fuktighetsinnhold og var relativt upåvirket av behandlingene, med litt lavere utslipp ved biorest-behandlingen (-3,4%) og i biorest + BC-Høy behandlingen (-6,1%) sammenlignet med kontrollen, til tross for mye høyere nivåer av nitrat og ammonium i biorest + BC-Høy-behandlingen. Oppsummert gir de kombinerte resultatene av studien vår et positivt signal om at biokull kan bidra til å gjøre nitrogen tilgjengelig for plantevekst og

mikrobielle prosesser, samtidig som det ikke stimulerer mer tap av lystgass, og i beste fall til og med reduserer det.

## 2.2 Feltforsøk 2 (utført i 2019)

Basert på lovende resultater i 2018, ble et nytt feltforsøk etablert i 2019 som hadde som mål å bruke biorest til både grunn gjødsling og delgjødsling. Målene var 1) å finne ut om filtrert og utvannet biorest var effektivt som flytende delgjødsling gjennom vekstsesongen, og 2) å finne ut om tilstedeværelse av biokull i jorda forbedret delgjødslingseffekt fra biorest. Hypotesene var at biorest har nok tilgjengelig NPK som kan erstatte mineralsk NPK i vårløkkproduksjon, og at biokull øker nitrifikasjon av  $\text{NH}_4$  til  $\text{NO}_3$  og sørge for mer optimalt N opptak i vårløk sammenlignet med biorest alene.

### 2.2.1. Metodebeskrivelse

**Tabell. 1.** Forsøksdesign

Behandling	Grunngjødsling	Delgjødsling/Dryppvanning
Kontroll	Biorest (5.8 kg N daa <sup>-1</sup> )	NPK (7.65 kg N daa <sup>-1</sup> )
Biorest	Biorest (5.8 kg N daa <sup>-1</sup> )	Biorest (2.4 kg N daa <sup>-1</sup> )*
Biorest+BK	Biorest + Biokull (5.8 kg N daa <sup>-1</sup> )	Biorest (2.4 kg N daa <sup>-1</sup> )*

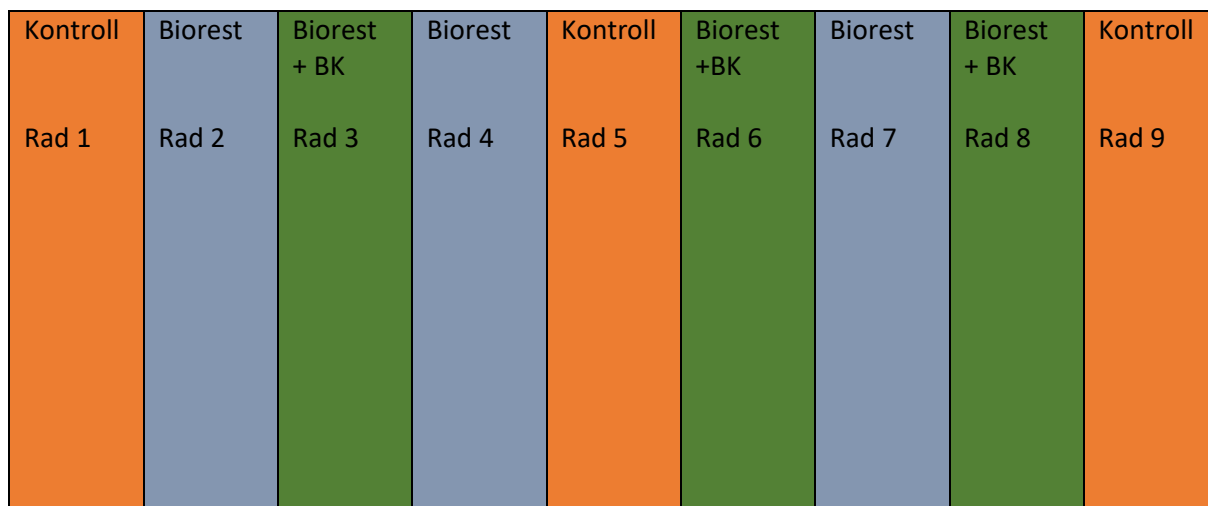
\*Det var planlagt å påføre samme mengde N i både biorest og mineralgjødsel til delgjødsling, men vi fant ut til slutt at det var ikke utført som avtalt av gårdens agronom (se forklaring under)

Gjødslingsnorm for vårløk er 12 kg N daa<sup>-1</sup>. Original plan til gjødsling var da 5.8 kg for grunn gjødsling og 6.2 kg N for delgjødsling. Grunn gjødsling for alle ledd i form av biorest var 5.8 kg N daa<sup>-1</sup>. Biorest var dosert ut basert på  $\text{NH}_4$  innhold. I kontroll var delgjødsling i form av kombinasjoner av to granulerte gjødseltyper (YaraMilla 12:4:18 NPK Fullgjødsel 25 kg over 3 uker i juli/aug og Yara Tropicote 15:26 N-CaO over 5 uker i juli/aug). Det var planlagt å påføre 6.2 kg N daa<sup>-1</sup> i NPK men til slutt var 7.65 kg N daa<sup>-1</sup> påført. Men kun 6.1 kg N daa<sup>-1</sup> var påført 2 dager før høsting, og vi regner med at plantene hadde ikke tatt opp så mye N fra den siste delgjødsling før de blir høstet.

Til delgjødsling for biorest leddene, var det planlagt å påføre 6.2 kg N, men det blir til slutt kun påført 2.4 kg N. Dette var en avgjørelse som gården sin agronom tok fordi ledningsevnen var for høy i biorest som han mente kunne hemme vekst.

#### Feltoppsett

Feltområder var ved siden av felt fra 2018 på den samme åkeren og i samme jordtype. I 2018 brukte vi 50 m langt forsøksfelt med ruteoppsett som i Fig. 4.

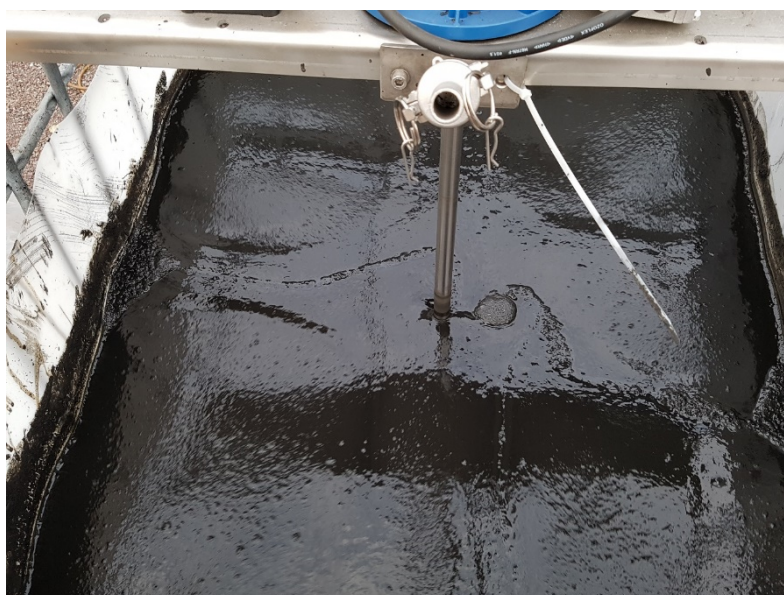


**Figur 4.** Feltforsøk oppsett i 2019. 50 m L x 1.5 m B.

Feltet ble sådd 18. mai med vårløk etter at biorest og biokull var påført 7 cm under planteradene. Det var dårlig spiring ved 4.juni, og feltet ble sådd igjen 6.juni. Feltet var høstet 23.august.

#### *Forberedelser av biokull-biorest blanding*

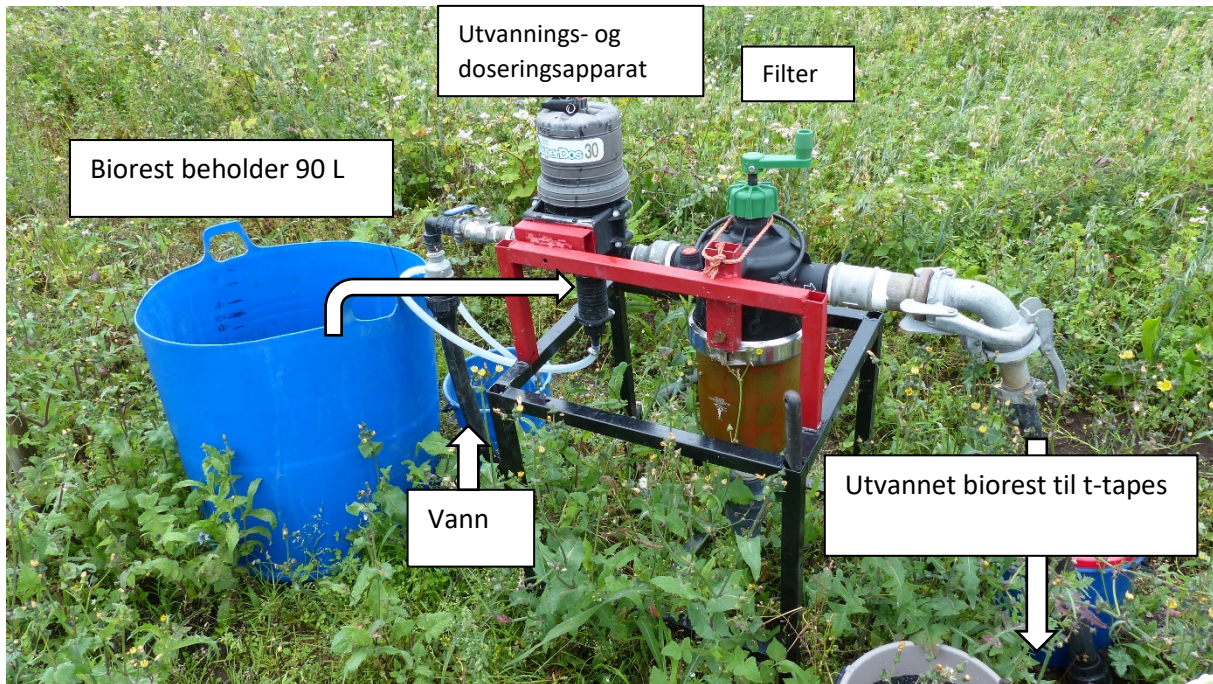
Biokull var tilsatt til biorest som 40% løs bøtte volum eller 17% vekt (i biorest blanding). Biokull var blandet med biorest for 8 timer med en IBC mekaniskblander (Frank Berg Industrial Supplies, NL) (Bilde 5).



**Bilde 5.** Konsistens av biorest og 40% volum tilsatt biokull etter 8 timers mekanisk blanding

#### *Delgjødning med biorest i dryppvanningsrør (t-tapes)*

Utblandingsutstyr var rigget opp ved siden av feltet (Bilde 6) for å blande biorest med en passelig mengde vann og ble deretter filtrert før det var tilført inn i t-tapes dryppvanningsrør (Bilde 7). Det var planlagt å bruke 1080 l biorest til overgjødning av 6 rader i løpet av 6 uker, men til slutt var kun 630 l brukt på grunn av høyt saltinnhold i biorest, som forklart tidligere. Datoene for delgjødning med biorest og NPK finnes i Appendix 1.



**Bilde 6.** Utstyr til utvanning av biorest i dryppvanningsystem.

I kontrollledet, delgjødsling var i form av YaraMila 12-4-18 NPK, og YaraLiva Tropicote 15.5% N + 26.3% CaO.



**Bilde 7.** T-tapes dryppvannings rør var lagd ut for overgjødsling av de 4 planteradene.

#### *Jordprøver*

Jordprøver var tatt i 0-20cm på 9 dager mellom 29-Mai og 16.Aug, og tørrvekt,  $\text{NH}_4$ , og  $\text{NO}_3$  var målt for bestemme nitrifikasjonshastighet i biorest og vurdere om biokull akselerert nitrifikasjon slik som var tendens i 2018.

### Bladanalyse

På samme dagen som høsting, ble 25 eldre og yngre blader prøvetatt fra hver rute, og sendt til plantesaftanalyse hos Nova Crop Control ([www.novacropcontrol.nl](http://www.novacropcontrol.nl)). Bladsaft ble analysert for sukker%, pH, EC, K, Ca, K / Ca, Mg, Na, Total-N, Cl, S, P, Si, Fe, Mn, Zn, B, Cu, og Mo. Plantsaftanalyse ble valgt fremfor tørre bladanalyser på grunn av at denne sapanalysemetoden allerede ble brukt som et diagnostisk verktøy for plantekvalitet på gården.

### Høsting av planter og dokumentering av avling

Den 23.aug alle rutene var høstet. Alle planter var opptalt i hver rad, og veid etter at sanda var ristet bort fra de gjenværende røttene. På gården sitt pakkerom var alle vårløk vasket, snittet og klargjort i 150 g bunter, som utgjør de «salgbare bunter».

### 2.2.2 Resultater

Bonden meldte den 4.juni at det hadde begynt å spire, men med delvis dårlig spiring over hele feltet. Han meldte at det var en våt og kald periode. Feltet ble sådd igjen 7.juni.

Ved høsting, den 23.aug, hadde kontrolledet høyest avling med 2,76 t daa<sup>-1</sup>, etterfulgt av Biorest+BK (2,45 t daa<sup>-1</sup>) og biorest (2,04 t daa<sup>-1</sup>), men forskjellene var ikke statistisk signifikant. Antall planter per daa var høyest i Biorest+Biokull, men ikke statistisk signifikant. Biorest+Biokull hadde 6% redusert salgbare bunter enn kontrolledet, mens biorest var 17% lavere enn kontrolledet (ikke signifikant).

**Tabell 2.** Avlingsdata for 2019

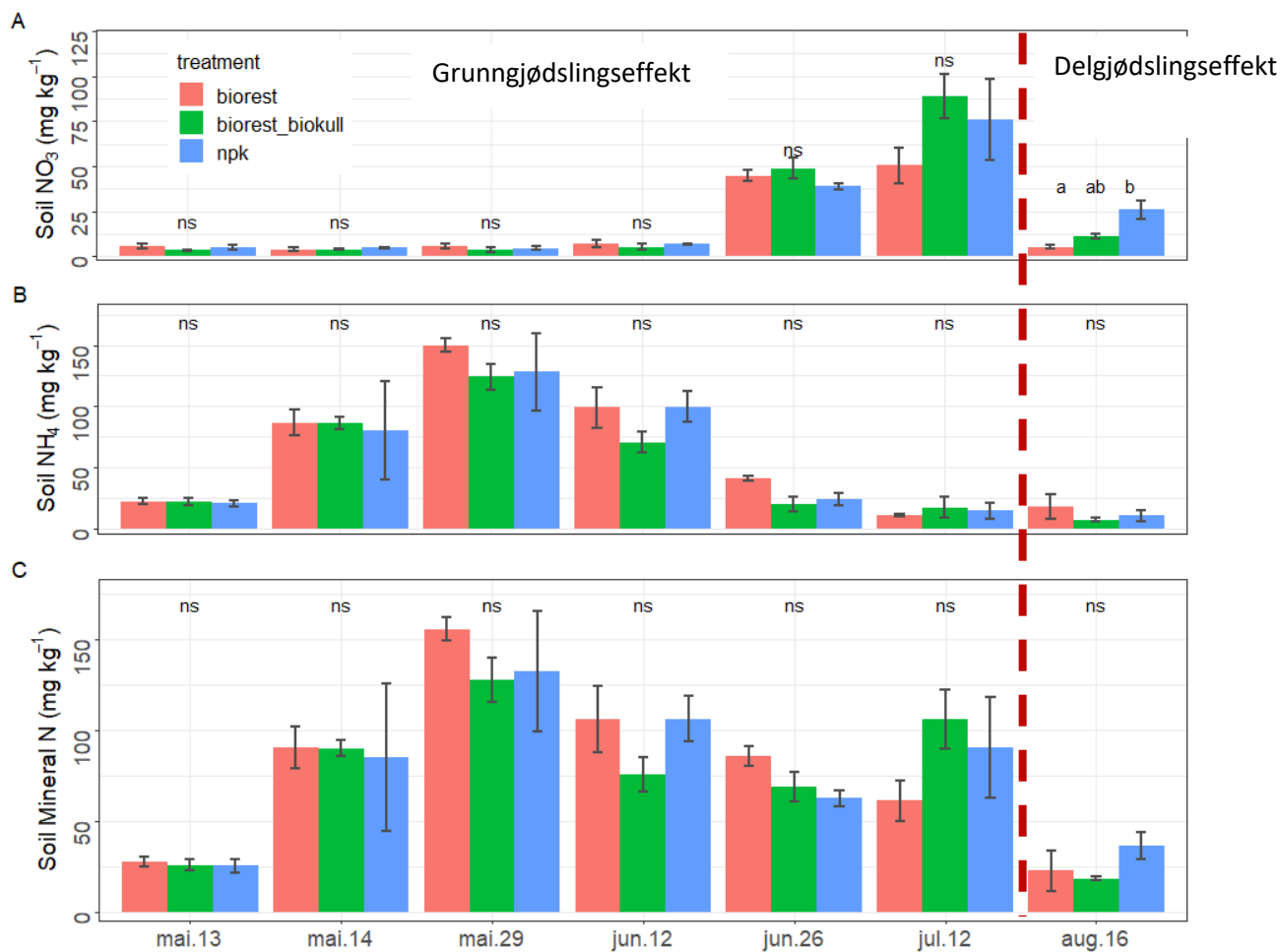
	Antall planter daa <sup>-1</sup>	±SE	Avling t daa <sup>-1</sup>	±SE	Salgbar bunter daa <sup>-1*</sup>	±SE
<b>Kontroll</b>	49702	1700	2.76	0.34	10726	940
<b>Biorest</b>	45491	3793	2.04	0.29	8884	1172
<b>Biorest+Biokull</b>	50120	5123	2.45	0.48	10031	2004

\*En bunt er 150 g vårløk med jevn størrelse hvor toppene og røttene er snittet

<sup>†</sup>Ingen statistisk signifikant forskjell mellom behandlinger for avlingsdata i Tabell 2.

### Nitrogenstatus i jord

I løpet av vekstsesongen mellom mai og august så vi ingen statistisk forskjell i Nitrogennivå i jord, bortsett fra den siste målingen i august rett før høsting, som viste en økt konsentrasjon av nitrat i kontrolledet (Fig. 5).



**Figur 5.** Nitrat (NO<sub>3</sub>), Ammonium (NH<sub>4</sub>), og summen av de to (Mineral N) i jord i løpet av vekst sesong i 2019. NS = Ingen statistisk forskjell. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk forskjell mellom ledd når alpha er <0.05. Den stiplede linjen i rødt viser datoen når delgjødsling startet.

#### *Optak av elementer i bladmasse*

Hovedfunn fra analyse av bladsaft var at det var nesten dobbelt så mye nitrogen i blader tilsatt NPK delgjødsel enn i bladene tilsatt biorest. I motsetning var kloridnivå i biorest delgjødslede blader nesten dobbelt så høyt enn i NPK delgjødslede blader. Vi så også at svovelinnhold i bladergjødslet med biorest var redusert.

**Tabell 3.** Innhold av elementer i bladsaft til *yngre* løkblad tatt ved høstetidspunkt

		<b>Biorest</b>		<b>Biorest_Biokull</b>		<b>Kontroll</b>	
		Mean	SD±	Mean	SD±	Mean	SD±
<b>Sukker</b>		0.9	0.2	0.8	0.2	0.6	0.3
<b>pH</b>		5.1	0.3	5.0	0.9	5.0	0.9
<b>EC</b>	mS/cm	8.2	1.6	7.5	2.2	7.8	2.0
<b>K</b>	ppm	2038	316	2060	367	1910	251
<b>Ca</b>	ppm	392	134	381	355	214	167
<b>Mg</b>	ppm	135	23	131		109	
<b>Na</b>	ppm	<b>20a</b>	<b>2</b>	<b>22a</b>	<b>4</b>	<b>33b</b>	<b>2</b>
<b>Tot N</b>	ppm	646	192	586	73	918	202
<b>Cl</b>	ppm	699	110	617	311	257	64
<b>S</b>	ppm	<b>182a</b>	<b>37</b>	<b>154a</b>	<b>21</b>	<b>313b</b>	<b>45</b>
<b>P</b>	ppm	225	3	212	38	254	5
<b>Si</b>	ppm	2.3	0.7	2.1	1.1	1.0	0.7
<b>Fe</b>	ppm	1.0	0.3	0.8	0.2	0.9	0.3
<b>Mn</b>	ppm	3.1	0.8	2.1	1.3	2.5	1.4
<b>Zn</b>	ppm	0.9	0.2	0.8	0.2	1.3	0.3
<b>B</b>	ppm	0.5	0.1	0.6	0.3	0.5	0.2
<b>Cu</b>	ppm	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Mo</b>	ppm	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0

**Tabell 4.** Innhold av elementer i bladsaft til *eldre* løkblad tatt ved høstetidspunkt

	<b>Biorest</b>		<b>Biorest+ Biokull</b>		<b>Kontroll</b>	
	Mean	SD±	Mean	SD±	Mean	SD±
<b>Sukker</b>	0.9	0.6	0.5	0.3	0.4	0.0
<b>pH</b>	4.8	0.3	4.8	0.3	5.2	0.4
<b>EC</b>	<b>8a</b>	<b>2.1</b>	<b>9a</b>	<b>1.0</b>	<b>12b</b>	<b>1.7</b>
<b>K</b>	2130	431	2490	19	2375	275
<b>Ca</b>	479	262	663	34	909	397
<b>Mg</b>	124	51	158	6	159	37
<b>Na</b>	23	6	20	7	24	2
<b>Tot N</b>	<b>568a</b>	<b>137</b>	<b>775a</b>	<b>147</b>	<b>1116b</b>	<b>77</b>
<b>Cl</b>	<b>570ab</b>	<b>138</b>	<b>674b</b>	<b>37</b>	<b>342a</b>	<b>86</b>
<b>S</b>	<b>159a</b>	<b>44</b>	<b>155a</b>	<b>29</b>	<b>267b</b>	<b>12</b>
<b>P</b>	193	12	210	53	185	44
<b>Si</b>	1.7	0.5	2.1	0.4	1.4	0.6
<b>Fe</b>	0.8	0.3	1.0	0.1	0.9	0.4
<b>Mn</b>	<b>1.6a</b>	<b>0.9</b>	<b>2.5ab</b>	<b>0.3</b>	<b>2.8b</b>	<b>0.8</b>
<b>Zn</b>	0.8	0.3	1.0	0.2	0.9	0.1
<b>B</b>	0.6	0.3	0.6	0.2	0.8	0.2
<b>Cu</b>	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
<b>Mo</b>	<b>0.3b</b>	<b>0.1</b>	<b>0.5b</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0a</b>	<b>0.0</b>

### 2.2.3 Diskusjon

#### *Etablering og spiring etter gjødsling med biorest*

Bonden meldte at dårlig spiring trolig var forårsaket av våte og kalde forhold. Men dårlig spiring kunne også være forårsaket av hemming fra  $\text{NH}_3$  fra biorest. Feltet var sådd kun noen dager etter biorest var tilført og vi kan ikke utelukke at det var medvirkende årsak. Det er kjent at biokull kan ta opp  $\text{NH}_3$  [32], og dermed kan innblanding av biokull i biorest mulig redusere noe av fri  $\text{NH}_3$  i jord, noe som kan redusere spirehemmende effekt av biorest. Antall planter i leddene med biorest og biokull var høyere enn for biorest alene, men variasjonen var også betydelig og forskjellene var derfor ikke signifikante (Tabell 2).

#### *Avling*

Avlingen var mye høyere i 2019 enn i 2018, trolig på grunn av tørkeperioden i 2018. Reduksjon i avlingstallene (Tabell 2) i leddene med biorest var trolig forårsaket av den reduserte mengden delgjødsling rutene med biorest fikk sammenlignet med kontrollen (7,65 vs 2,4 kg N daa<sup>-1</sup>). Gården sin agronom, som var ansvarlig for delgjødsling, mente at den planlagte mengden var ikke forsvarlig å anvende på grunn av for høy ledningsevne målt i filtrert biorest. Det kan diskuteres i etterpåklokskapens lys at høyere ledningsevne ikke burde ha blitt benyttet til dosering av delgjødsling. Bruk av ledningsevne gjøres vanligvis ved dosering av gjødsel til småplanter i drivhus som kan ta skade av for mye salt i gjødsel. Etablert vårløk på friland derimot, burde ha større toleranser til høyere ledningsevne i gjødselvannet. Høy ledningsevne i biorest kan skyldes summen av ulike salter som forekommer i det ( $\text{NH}_4$ , Na, K. Natrium var 7% av tørrstoff innholdet og er nok høy i biorest fra biogassanlegg hvor matavfall tas inn som råstoff).

#### *Nitrogen i jord og N- opptak i bladmasse*

I første måned av forsøket var  $\text{NH}_4$  dominant N form i jord, og fra sent i juni, observerte vi en reduksjon av  $\text{NH}_4$  og økning av  $\text{NO}_3$ , som er tegn til en økt nitrifikasjonshastighet når temperaturen er høyest og mikrobiell aktivitet i full gang. En uke før høsting var det målt en signifikant økning i  $\text{NO}_3$  i jord i kontrolleddet sammenlignet med biorest, mens leddene gjødslet med biorest+biokull ikke var statistisk forskjellige fra kontrollen. Ved høsting så var konsentrasjonen av Total N i eldre løkblader signifikant høyere i kontroll med NPK enn i leddene med biorest. Konsentrasjonen av klorid var nesten dobbelt så høy i leddene med biorest enn i kontrolledd med NPK. Klorid som er negativt ladet og som transporteres lett i jordvæske kan konkurrere med  $\text{NO}_3$  for opptak i planterøtter. Det er en mulig forklaring for redusert N- innhold i opptaket av N fra leddene med biorest.

#### *Konklusjon og anbefalinger for videre arbeid*

På grunn av uforutsett feil i utførelse av forsøket så var det ikke mulig å teste hypotesene som var planlagt for 2019. Men selv om delgjødslingsmengde var ulik i 2019 og dermed ikke gir korrekt sammenligningsgrunnlag mellom NPK og biorest, er det noen erfaringspunkter vi kan trekke ut for videre arbeid.

- Salgbar avling med biorest+biokull og biorest alene var kun 6% og 17% under ledd delgjødslet med NPK selv om det fikk under halvparten av delgjødslingsmengde. Det kan bety at grunngjødsling med biorest forskynte planter med nok næring eller at dagens nivå av standard NPK delgjødsling er for høy.
- Det er viktig at grunngjødsling med biorest først skjer en uke etter såing. Dette for å redusere nivå av  $\text{NH}_3$  i jorden, ettersom visse høye av  $\text{NH}_3$  kan virke spirehemmende.
- I 2018 og 2019 var blandinger av biokull+biorest lagt ut 7 cm under såraden. Det burde testes videre om det er mer fordelaktig å legge ut biorest mellom radene heller enn rett under.



Dette vil bety at grunnkjødsel og dryppvanningsrør (t tapes) ligger rett over hverandre, noe som gjør det enklere for utvannet biorest å komme i direkte kontakt med biokull.

## 2.3 Komposteringsforsøk med biokull

Målet med komposteringsforsøket var å måle effekten av biokull på drivhusgasser og næringstilstand i produktet.

### 2.3.1 Utvikling av utstyr og metode

Vi utviklet forskningsutstyr og metode for å kunne fullføre et kontrollert komposteringsforsøk i binger. Vi hadde tidligere gjennomført et komposteringsforsøk på Skjærgaarden Gartneri, hvor gassmåling på komposthauger viste seg å være vanskelig med luftbevegelse som forhindret representativ prøvetaking. Inkubasjonsforsøk derimot, vil ikke kunne vise den naturlige temperaturutviklingen under komposteringsprosessen, siden varmen tapes raskt fra små flasker og det er vanskelig å simulere varmeutviklingen ved å tilføre varme utenfra. Flere mellomstore, roterende kompostriste ble derfor innkjøpt (Joraform 270, Sverige). Hver komposttrommel bestod av to 135 L kamre med isolerte vegger. Hvert kammer hadde på sin side to arealer på 10 cm<sup>2</sup> med luftingshull. Tromlene ble utstyrt med pakninger for å kunne overvåke gassutvikling under komposteringsprosessen.

Et foreksperiment ble utført i November 2018 for å teste forskjellige blandinger av biorest og hageavfall. Foreksperimentet var også nødvendig for å etablere metode med prøvetakingshyppighet tilpasset kompostering av materialet brukt. Følgende behandlinger ble testet i komposteringstromlene:

1. 20 liter biorest / 40 liter hageavfall
2. 15 liter biorest / 45 liter hageavfall
3. 25 liter biorest / 35 liter hageavfall

Første behandling med 20/40- forhold fungerte best og ble brukt videre.

### 2.3.2 Metodebeskrivelse

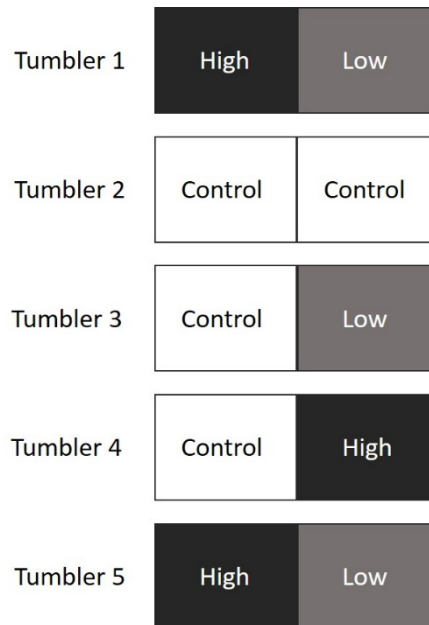
Biorest, hageavfall og biokull ble brukt i komposteringsforsøket. Avvannet biorest basert på matavfall som substrat for biogassproduksjon, med tørrstoffinnhold på 29%, ble levert av et biogassanlegg nord for Oslo. Grovmalt hageavfall ble samlet inn på et komposteringsanlegg i Sør-Norge, hvor grener og store kvister ble fjernet. Materialene ble brukt umiddelbart etter oppsamling, slik at de ikke begynte å kompostere eller råtne på egen hånd. Hageavfallet hadde et tørrstoffinnhold på 50%. Biokull ble laget av GROT i Tyskland hos Novo Carbo med en Pyreg pyrolyseovn. Tørrstoffinnhold av biokull var 58% ved bruk.

Fem komposttromler med to kammer hver ble brukt. Hvert kompostkammer ble tilsatt en blanding av hageavfall, biorest og biokull, i følgende proporsjoner: 40 L nykvernet hageavfall (9 kg ferskvekt (fw), tilsvarende 4,5 kg tørrvekt (dw)), 20 L biorest (12,5 kg fw, tilsvarende 3,6 kg dw), og enten 5% (0,70 kg fw, tilsvarende 0,41 kg dw) eller 20% (2,79 kg fw, tilsvarende 1,62 kg dw) biokull etter tørrvekt. En kontrollbehandling uten biokull ble også inkludert i eksperimentet.

- Kontroll: hageavfall med biorest
- Lav: hageavfall med biorest + 5% biokull

- Høy: hageavfall med biorest + 20% biokull

Tre gjentak ble brukt, med unntak av et fjerde kontrollkammer for å unngå potensielle bivirkninger fra et tomt kammer (Fig. 6).



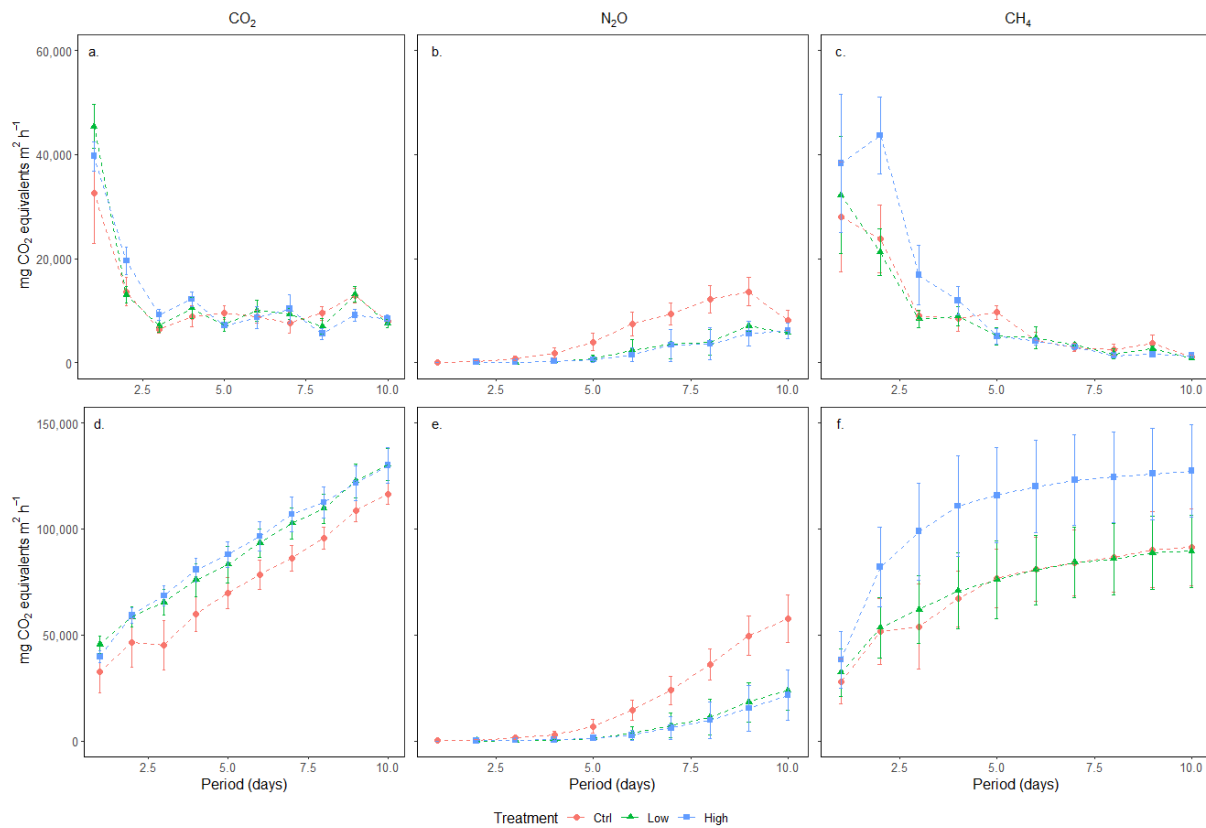
**Figur 6.** Behandlinger fordelt i komposttromler. Control=biorest med biokull, Low=kontrollbehandlingen tilsatt 5% biokull, High=kontrollbehandlingen tilsatt 20% biokull

Eksperimentet ble startet 20. juni 2019 og klimagasser ble overvåket daglig i 10 dager. Gassmåling var utført med en sprøyte og innholdet i sprøyte ble overført med en gang til et 10 ml hetteglass. Konsentrasjoner av karbondioksid, lystgass og metan i prøvene ble bestemt ved gasskromatografi. Temperaturen i kamrene ble kontinuerlig registrert ved bruk av dataloggere.

Etter at den termofile komposteringsfasen var over (tidlig i juli 2019), ble kompostene modnet i fire måneder i bingene ved snuing en gang annenhver uke gjennom hele perioden. På slutten av modningsfasen ble materialene fra hvert kammer homogenisert og siktet til 4 mm for å fjerne eventuelle gjenværende kvister. Kompostmaterialene ble sendt til analyse hos Eurofins.

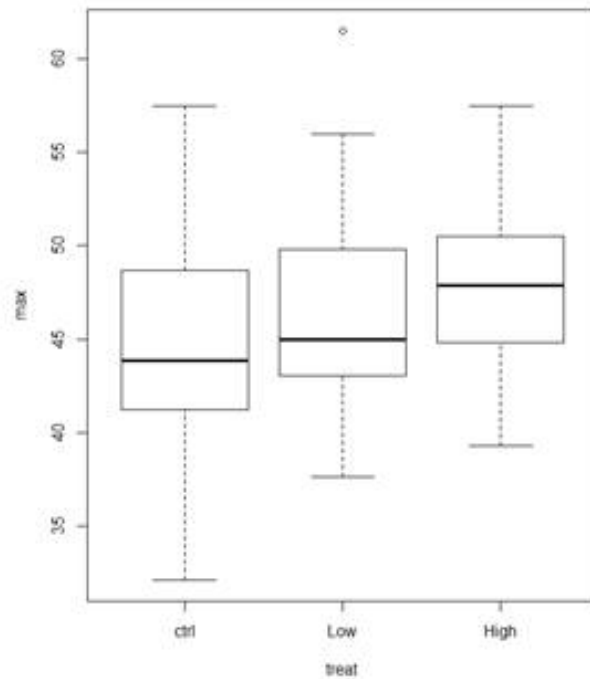
### 2.3.3 Resultater

Forskjeller i de kumulative drivhusgassutslippene mellom behandlingene var ikke signifikante, til tross for noen synlige forskjeller i gjennomsnittsverdier (Fig. 7). Både karbondioksid og metan nådde høye verdier tidlig i komposteringsprosessen. Behandlingen med 20% biokull hadde høyere produksjon av metan de første dagene i noen av gjentakene, noe som resulterte i en høyere, men ikke signifikant kumulativ gjennomsnittlig metanutslipp.



**Figur 7.** Drivhusmålinger over 10 dager under komposteringsprosessen. Øverst: (a, b, c) Gjennomsnittlig gasekvivalenter som viser dynamikken i produksjon av klimagasser. Nederst: (d, e, f) Gjennomsnittlige kumulative klimagassutslipp. Alle verdier er presentert i mg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter m<sup>-2</sup> time<sup>-1</sup> basert på 100 år ved bruk av utslippsfaktorer på 298x for N<sub>2</sub>O og 28x for CH<sub>4</sub>. Standardfeil er angitt ved stolper.

Verken temperatur eller fuktighetsnivå viste signifikante forskjeller mellom behandlingene, men effekten av biokull på temperatur var tydelig, selv om variasjonen var stor. Variasjonen var lavest for behandlingen med 20% biokull, hvor gjentakene var mer like enn i de andre behandlingene (Fig. 8).



**Figur 8.** Maksimal oppnådd temperatur av kontrollbehandlingen (ctrl), kontrollbehandlingen tilsatt 5% biokull (Low) og kontrollbehandlingen tilsatt 20% biokull (High).

Biokull stabiliserte temperaturutviklingen i komposten ved at den biokullbehandlede komposten nådde en høyere temperatur tidligere i komposteringsprosessen, og at kontrollbehandlingene noen ganger ikke økte temperaturen etter blanding og lufting, slik alle biokullbehandlingene gjorde.

Produksjon av karbondioksid og metan var korrelert med temperatur, men ikke behandling, mens lystgassproduksjon er korrelert med behandling, men ikke temperatur. Dette betyr at høyere utslipp av karbondioksid og metan kan forklares med effekt fra biokull på temperaturutviklingen, mens lystgassutslipp følger en annen mekanisme. Mengde biokull i kompostblandingen var også korrelert med mengde lystgassutslipp, og dette kan blant annet tyde på en direkte interaksjon mellom gassen og biokull.

Analyse av kompostprodukter viser små forskjeller mellom kontrollbehandlingen og kompost tilsatt 5% biokull. Totalt nitrogennivå er likt og C/N-forholdet er rundt 8 for alle produktene, mens nitrat- og nitritnivået er litt høyere i kontroll enn i 5% biokullproduktet. Forskjellene er større for komposten med 20% biokull enn med 5% biokull (Tabell 5).

**Tabell 5.** Analyse av sluttproduktene fra kompostering av biorest med hageavfall. Biokull ble tilsatt i 5% og 20% før komposteringen. Standardfeil er vist i parentes og bokstaver indikerer signifikante forskjeller mellom behandlingene.

	Kontroll	5% biokull	20% biokull
pH	8.07 (0.18)a	8 (0.29)a	8.54 (0.26)a
C/N	7.77 (0.3)a	8.3 (0.48)a	13.4 (0.43)b
Total Nitrogen (g/100 g TS)	3.4 (0.1)b	3.4 (0.14)b	2.63 (0.14)a
Total Nitrogen, korrigert for biokullinnholdet (g/100 g TS)	3.4 (0.11)a	3.58 (0.15)a	3.17 (0.15)a
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N (mg/kg TS)	9.87 (2.22)a	12.74 (3.14)a	7.9 (3.14)a
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/kg TS)	2233.33 (365.53)a	1733.33 (516.94)a	983.33 (516.94)a
TOC (% DM)	26.33 (1)a	27.33 (1.41)a	35.33 (1.41)b
Fosfor, P-AL (mg/100 g)	550 (19.34)b	503.33 (27.35)ab	443.33 (27.35)a
Fosfor, total (g/100 g)	1.2 (0.04)b	1.06 (0.06)b	0.8 (0.06)a
Kalium, K-AL (mg /100 g)	393.33 (17)a	386.66 (24.04)a	403.33 (24.04)a
Kalsium, Mg-AL (mg/100 g)	193.33 (5.77)b	173.33 (8.16)b	146.66 (8.16)a
Kalsium, Ca-AL (mg/100 g)	4600 (193.41)b	3933.33 (273.52)ab	3666.67 (273.52)a
Natrium, Na-AL (mg/100 g)	160 (3.85)c	140 (5.44)b	113.33 (5.44)a
Tørrstoffinnhold (g/l)	171 (4.24)a	173.33 (5.99)a	162.67 (5.99)a
Aske (%TS)	39.53 (0.85)b	37.06 (1.2)ab	34.5 (1.2)a
Glødetap (%TS)	60.47 (0.85)a	62.94 (1.2)ab	65.5 (1.2)b
Volumvekt (g/l)	460 (18.66)a	450 (26.39)a	486.67 (26.39)a

Denne analysen viser at totalt karbonnivå er litt høyere og lett tilgjengelig N er lavere for kompost som ble behandlet med 20% biokull.

## 2.4 Potteforsøk med kompost fra komposteringsforsøk

### 2.4.1 Metodebeskrivelse

Jord ble tatt fra Skjærgaarden Gartneri, lufttørket, siktet til 4 mm og homogenisert før bruk i pottekspesimentet. Vårløkfrø ble sådd i frøplanteletter ved hjelp av en potteblanding og ble transplantert til eksperimentelle pottes etter 5 uker. Hver potte fikk 2,7 kg dw ekvivalent jord og tre små planter.

Jord ble gjødslet med en av fire følgende behandlinger:

- NPK kontroll
- Kompostkontroll
- Kompost med 5% biokull
- kompost med 20% biokull

Kompost fra komposteringsforsøket ble tilsatt jord for å oppnå 300 mg totalt N per kg tørr jord. En behandling med mineralgjødsel (NPK 18-3-15), tilsatt med 200 totalt N per kg tørr jord, ble inkludert som kontrollbehandling. Et høyere gjødslingsnivå ble brukt i pottes tilsatt kompost istedenfor mineralgjødsel på grunn av antatt lavere nitrogen tilgjengelighet av organisk nitrogen i kompost

sammenlignet med mineralgjødning. Tilsammen ble seks gjentak brukt for hver behandling, hvorav tre mottok regnsimuleringsbehandlinger.

Vekstforhold i drivhuset etterlignet norske sommerforhold med temperatur satt til 22 ° C om dagen og 15 ° C om natten. Potter ble vannet med 65% av jordens maksimale vannholdningskapasitet, som tilsvarte 410 ml per kg tørr jord. Vanning ble utført hver tredje dag de første tre ukene, og annenhver dag de neste tre ukene etter hvert som plantene ble større.

Regnsimuleringen tilsvarte en ekstra 400 ml vanning, tilsvarende en regneepisode på 10 mm nedbør. Potter som ikke mottok regnsimulering ble vannet samme dag til 95% vannholdningskapasitet for at plantene skulle få et lignende stress. Regnsimuleringen ble utført på morgenen en solskinnsdag for å hjelpe uttørking og redusere potensielt stress på planter som følge av behandlingen. Sivevann fra regnsimuleringen ble analysert for nitrat og nitritt. Ved høsting ble vekten av plantens spiselige del registrert, både i frisk og våt tilstand.

#### 2.4.2 Resultater

Forskjeller i nitrat- og ammoniuminnhold i sivevann var ikke signifikante mellom kompostbehandlingene uten biokull og med biokull, mens store forskjeller oppstod mellom NPK-behandlingen og kompostbehandlingene (Tabell 6).

**Tabell 6.** Nitrat- og ammoniuminnhold i sivevann ved regnsimuleringene og avling av vårløk etter vekstforsøk.

	Behandling	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)		NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	
Regnsimulering 1	NPK kontroll	231	±77	0.12	±0.09
	Kompostkontroll	10	±5	0.04	±0.03
	Kompost med 5% biokull	25	±7	0.09	±0.07
	Kompost med 20% biokull	14	±9	0.03	±0.02
Regnsimulering 2	NPK kontroll	430	±65	7.17	±4.09
	Kompostkontroll	125	±5	0.03	±0.02
	Kompost med 5% biokull	124	±27	0.03	±0.02
	Kompost med 20% biokull	101	±40	0.01	±0.01

Avling varierte også mest mellom NPK-behandlingen og kompostbehandlingene (Tabell 7). Regnsimulering bidro ikke til redusert avling da avlingene var litt større med regnsimulering for alle behandlinger.

**Tabell 7.** Avling av vårløk med forskjellig kilder til nitrogen, uten og med regnsimulering (n = 3 for alle behandlingene).

	Behandling	Avling (g, tørr)	
Uten regnsimulering	NPK kontroll	2,9	±0,3
	Kompostkontroll	6	±0,7
	Kompost med 5% biokull	6,1	±0,4
	Kompost med 20% biokull	5,3	±0,4
Med regnsimulering	NPK kontroll	3,4	±0,5
	Kompostkontroll	8,3	±0,2
	Kompost med 5% biokull	6,9	±0,3
	Kompost med 20% biokull	7,1	±0,8

Kompost- og biokullbehandlingene gav sammenlignbar høy avling og lavt tap av nitrat (og ammonium), mens kontrollbehandlingen resulterte i lav avling og mye større tap av nitrat.

Resultatene indikerer at biokullet ikke bidro vesentlig til oppbevaring av næringsstoffer utover kompostens bindingskapasitet. Begrensningen i dette forsøket er at den var kortvarig, og biokulleffekten kan være lettere å observere over lengre tidsrammer. De store forskjeller i utvasking av næring i sigevann, mellom kunstgjødsel og kompostbasert gjødsel, viser at organiske avfallsprodukter har et betydelig potensial for å erstatte konvensjonell mineralgjødsel i grønnsaksproduksjon.

## 2.5 Faglig og vitenskapelig formidling knyttet til KarbonVekst-prosjektet

- *Potensialet med Biokull i Grønnsaksproduksjonen.* Vitenskapelig foredrag av Alice Budai ved Landbrukets Økologikongress, Øko2020 den 22. februar 2020
- *Biokull som Gjødsel og Jordforbedringsmiddel.* Faglig foredrag av Alice Budai ved Biokull-fagseminar for Jordbrukssektoren arrangert av Norsk Biokullnettverk og Norges Bondelag den 3. desember 2019
- *Biochar in Agriculture.* Vitenskapelig foredrag av Alice Budai ved Nordic Biochar Conference 2019 i Stockholm den 16. oktober 2019
- *Biokull sin rolle i gjødsling: Feltforsøk ved Skjærsgaarden Gartneri.* Faglig foredrag av Alice Budai ved Biokull Studietur arrangert av Norsk Biokullnettverk den 10. september 2019
- *Klimaeffekten ved bruk av biokull og NIBIO sitt arbeid med Biokull.* Faglig foredrag av Alice Budai ved fagseminar om biokull arrangert av Strand Unikorn den 29. mai 2019
- *Biokull til Karbonlagring og Jordforbedring.* Faglig foredrag av Alice Budai ved NLR Fagdag til Rådgivere den 22. mai 2019
- Klimasmart biogjødsling for grønnsaksproduksjon. Poster av Adam ved Gårdsbesøk av landbruksminister den 20. mai 2019
- *Biokull til karbonlagring og jordforbedring.* Faglig foredrag av Daniel Rasse og Alice Budai ved fagdag om biokull arrangert av NLR den 25. mars 2019

- *Biochar for Stabilizing Nutrients in Digestate for an Improved Fertilizer*. Vitenskapelig foredrag av Alice Budai ved International Soils Meeting, Soils Across Latitudes i San Diego, USA den 6. januar 2019
- *KarbonVekst project*. Faglig foredrag av Adam O'Toole ved IBI Biokull studietur til Østerrike den 17. juni 2018
- *Forskere leter etter biokullgjødning som kan bremse klimagassutslipp*. Populærvitenskapelig artikkel skrevet av Anette Tjomsland i Forskning.no den 5. august 2018

## 2.6 Innleverte søknader som resultat av prosjektet og samarbeid med Bjørge Madsen

- «Biogjødsling og biokull i samhandling for riktigere gjødsling, mindre avrenning og økt bærekraft i norsk grønnsaksproduksjon», et innovasjonsprosjekt levert til Innovasjonsprosjekt i næringslivet i 2018, sammen med følgende samarbeidspartnere: Lindum AS, Skjærgaarden Gartneri, Grønt Skifte AS, Grenland Vestfold Biogass, Vestfold Avfall og Ressurs AS, og No Waste!.

## 2.7 Vitenskapelige publikasjoner

- O'Toole, A., Weldon, S., Rasse, D.P., Joseph, S., Taherymoosavi, S., Budai, A. Biochar improves the nitrogen fertilization effect of 2 anaerobic digestate in spring onions. (under vurdering, innsendt til Agriculture, Ecosystems and Environment, 29.10.2020)
- Rivier, P.A., Weldon, S., Coutris, C., Joner, E., Budai, A., Use of biochar during biogas digestate and garden waste composting: effect on greenhouse gas production and fertilizer value of the matured compost (in prep)



### 3. Oppnåelse av prosjektets mål

Av alle aktivitetene planlagt og beskrevet i søknadsteksten ble to inkubasjonsforsøk ikke fullført: et inkubasjonsforsøk hvor klimagasser skulle måles fra blandinger av biorest og biokull, og et inkubasjonsforsøk hvor N mineralisering skulle følges. Begrunnelse for avviket ble forklart til Landbruksdirektoratet underveis, og de resterende forsøkene ble justert for å kompensere for mangel i datainnsamling for å kunne oppnå prosjektets mål. En aktivitet som ikke var beskrevet i søknadstekst og som ble utført er pottforsøket. Forsøket erstattet utlekkingsforsøk og kunne besvare de samme forskningsspørsmålene da vi utførte regnsimuleringstesten med måling av sigevannet.

Prosjektets hovedmål, *å undersøke samspillet mellom biorest, kompost og biokull for å komme frem til gode løsninger som ivaretar både jordkvalitet og klimahensyn*, er oppnådd. En hovedkonklusjon fra studiene i prosjektet er at disse avfallsproduktene har et betydelig potensial for å erstatte konvensjonell mineralgjødning i grønnsaksproduksjon. Blanding av biokull med biorest i en beholder, før tilførsel til jord, viste seg å være en lovende metode for å øke gjødseffekten av biorest. Feltforsøk viste at blandingen så ut til å ha større evne til å gi næringsstoffer til vårløk og blir mindre lett utvasket under vanning, sammenlignet med biorest alene eller mineralgjødning. Både feltforsøk og komposteringsforsøk viste at mindre lystgassutslipp var oppnådd for hver enhet mineralisk N tilsatt jord, når biokull ble blandet med næringsrik organisk gjødning.

## 4. Evaluering av prosjektet

### 4.1 Suksessfaktorer

Vi hadde et godt samarbeid med bondeparet og gårdbrukere på Skjærgaarden Gartneri AS. Etter prosjektets utløp har produsenten valgt å fortsette bruk av biorest og biokull i grønnaksdyrkingen. Blanding, eller biokullgjødning, vil bli brukt fremover til å erstatte kunstgjødning, både i form av grunnkjødning og ved vanning på felt og i drivhus. Teknikken har også vekket interesse blant andre grønnaksprodusenter i områder og vi antar at praksisen vil spre seg blant bønder.

Resultatene fra et av feltforsøkene (fra 2018) er samlet i en vitenskapelig artikkel og ble levert til et vitenskapelig tidsskrift for vurdering. Publikasjonen blir en del av doktorgradsavhandlingen til Adam O'Toole.

I løpet av prosjektet ble vi bedre kjent med aktører i biogass- og biokull-industrien gjennom samarbeidet med Skjærgaarden Gartneri. Bedriftene tilknyttet *Lindum AS* og *den Magiske Fabrikken* som leverte biorest til Skjærgaarden inkluderer *Grønt Skifte AS*, *Grenland Vestfold Biogass*, *Vestfold Avfall og Ressurs AS*, og *No Waste!*. Vi ble invitert til å delta i søknadsskriving av et innovasjonsprosjekt til *Innovasjonsprosjekt i næringslivet* og delte ideer om utvikling av to forskjellige gjødselprodukter basert på biokull og biorest: et flytende produkt til vanning i nærområdet og et tørt produkt som kan transporteres som tørrgjødning. Slik som i dette prosjektet, ligger innovasjonen i å kombinere to komplementære avfallsstrømmer: Biorest fra biogassproduksjon som er rik på plantetilgjengelige næringsstoffer, og biokull fra hageavfall som inneholder mye karbon. Prosjektet ble ikke innvilget, men vi har fremdeles kontakt med våre partnere.

Vi fikk videreutvikle vår kompetanse på kompostering og bygget utstyr egnet til kontrollert komposteringsforsøk med flere gjentak hvor gassmåling kan utføres. Utstyret har blitt brukt på andre prosjekter etter at forsøkene for KarbonVekst ble gjennomført. Utstyret og kompetanse rundt måling av drivhusgasser fra kompost skal videreføres i andre prosjekter.

### 4.2 utfordringer og usikkerhet

Det var opprinnelig tiltenkt å bruke biokull produsert med en pilot pyrolyse reaktor lokalisert på Skjærgaarden Gartneri som var satt i gang via et tidligere NFR forskningsprosjekt: «Capture+». I løpet av KarbonVekst- prosjektet var pyrolyseovnen ute av stand og vi måtte derfor importere egnet biokull fra utlandet. Det har kun i de siste årene vært mulig å få kjøpt biokull i Norge.

Selv om forsøk på kommersiell gård kan være givende for utveksling av kunnskap og demonstrering av nye metoder i praksis kan det også oppstå utfordringer som skaper problemer for gjennomføring av vitenskapelig forsøk og publisering av data. Forskerne i prosjektene ga klar instruks for hvor mye biorest skulle tilføres, men underveis tok gården sin agronom egne initiativ til å endre gjødslingsmengde, basert på hans faglige bekymringer. Det handlet om hans tolkning av biorest sin effekt på ledningsevnen i gjødselvannet som han mente kunne være ufordelaktig til videre vekst. På slutten av eksperimentet oppdaget vi derfor at mengde delgjødslings nitrogen var svært annerledes i biorestleddet sammenlignet med NPK mengde. Forskerne misforstod også begrepet «Hydroboks» og antok at NPK gjødning var tilført som flytende gjødning, når det etterpå ble oppdaget at Hydro refererte til Yara sitt tidligere firmanavn. Derfor var NPK påført som tørt granulat og biorest som flytende

gjødsel. Det har også en betydning når man skal sammenligne effekter. Selv om det var mye nyttige resultater å ta lærdom fra i feltforsøk 2, er ikke disse av god nok kvalitet til vitenskapelig publisering.

Vi hadde en ambisiøs plan og noen forsinkelser gjorde at vi måtte utsette noen av aktivitetene. For eksempel hadde vi valgt å utsette inkubasjonsforsøk fra 2018 til 2019 med den hensikt å gjøre utlekkingsforsøk tidlig 2018 istedenfor. Vi transporterte jord fra forsøksfeltet ved Skjærgaarden Gartneri til Ås, men denne jorden viste seg å være kontaminert med diesel og vi måtte skaffe og bearbeide ny jord. Vi kom ikke i gang med utlekkingsforsøk da feltforsøk trengte mye planlegging tidlig i 2018, og utlekkingsforsøk ble derfor utsatt. Dette bidro til forsinkelser i prosjektet.

### 4.3 Viktige læringspunkter

Vi hadde ambisiøse planer nevnt i søknaden, og noen av de planlagte forsøkene måtte forlates/droppes. Suksess på de mange områder forutsatte ekstra innsats fra flere sider, for eksempel støttetimer fra interne PhD midler brukt av en stipendiat til ekstra tid med feltforsøk og opparbeiding av data.

Å samarbeide med en grønnsaksprodusent eller bedrift gir mange muligheter for utbytte av kunnskap og er en lærerik prosess. Fordeler dette gav i vårt prosjekt inkluderte å kunne fullføre et feltforsøk med minimal innsats fra forskere selv og mulighet for å prøve ut feltforsøk på større skala med bruk av utstyr tilpasset produksjonsmålene. Ulempen var at en liten kommunikasjonsfeil medførte store konsekvenser som beskrevet i avsnitt 4.2.

## 5. Regnskap

Tabell 8: Personalkostnader

Personal- og indirekte kostnader	Sats, kr/t	Timer	2018, kr	2019, kr	2020, kr
O'Toole, Adam Thomas	1113,92	335,5	207645	48562	117512
Budai, Alice Erzsebet	1112,97	352	202467	64050	125247
Rasse, Daniel P.	1414,33	7,5	7507	3100	
Havranek, Ivo	945	47,7	45123		
Økland, Inghild	1015	10	10150		
Rivier, Pierre-Adrien	1026,24	362,2	155548	82692	133650
Weldon, Simon Mark	1080,24	253	178215	55125	39960
Alstad, Thor-Erik Vatne	770	7,5	5775		
Coutris, Claire	1263,57	14		3390	14300
Jacobsen, Jan Erik	1062,24	24,5		15225	10800
Tubio, Pablo Rios	400	1		400	
Lange, Christine Julia	400	15,5			6200
Aas, Anders	1190	1			1190
Personalkostnader, sum			812432	272545	448860

Tabell 9: Totale kostnader

	2018, kr	2019, kr	2020, kr	Sum, kr
Personalkostnader, sum	812432	272545	448860	1533837
Innkjøp av FoU-tjenester				
Utstyr	0	0	0	0
Andre driftskostnader	138967,99	65000,80	13315,48	217284,27
Kostnadsoverslag, sum	951399,99	337545,80	462175,48	<b>1751121,27</b>

## 6. Finansiering

Sett opp faktisk finansiering av prosjektet. Finansiering kan også være egeninnsats som skal beskrives og tallfestes. Det kan være kontanter, arbeidstid eller bruk av utstyr. Bruk tabellen hvis ønskelig.

Tabell 10. Finansiering

Finansieringskilder	2018, kr	2019, kr	2020, kr	Sum
<i>Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri</i>	1137000	600000	15000	1752000
Egenfinansiering	0	0	0	0
Annen finansiering	0	0	0	0
Sum finansiering	1137000	600000	15000	<b>1752000</b>

Sted, dato: Ås, 04. juli, 2021

Prosjektleder: Alice Budai

## Referanser

1. *Klimagassutslipp fra jordbruk*. Norske utslipp og opptak av klimagasser [cited 2021; Available from: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-jordbruk/>].
2. *Klimakur 2030. Tiltak og Virkemidler mot 2030*. 2020, Rapport M-1625.
3. *Meld. St. 41. Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*. 2016-2017, Det Kongelige Klima- og Miljødepartement.
4. O'Toole, A. and D. Rasse, *Biochar: Soil Carbon and Fertility*, in *Encyclopedia of Soil Science, Third Edition*. 2016, CRC Press. p. 193-197.
5. Budai, A., et al., *Biochar persistence, priming and microbial responses to pyrolysis temperature series*. *Biology and Fertility of Soils*, 2016: p. 1-13.
6. Rasse, D.P., et al., *Persistence in soil of Miscanthus biochar in laboratory and field conditions*. *PLOS ONE*, 2017. **12**(9): p. e0184383.
7. Jeffery, S., et al., *Biochar effects on methane emissions from soils: A meta-analysis*. *Soil Biology and Biochemistry*, 2016. **101**(Supplement C): p. 251-258.
8. Thangarajan, R., et al., *The potential value of biochar in the mitigation of gaseous emission of nitrogen*. *Science of The Total Environment*, 2018. **612**(Supplement C): p. 257-268.
9. O'Toole, A., et al., *Miscanthus Biochar had Limited Effects on Soil Physical Properties, Microbial Biomass, and Grain Yield in a Four-Year Field Experiment in Norway*. *Agriculture*, 2018. **8**(11): p. 171.
10. Borchard, N., et al., *Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N<sub>2</sub>O emissions: A meta-analysis*. *Science of The Total Environment*, 2019. **651**: p. 2354-2364.
11. Hegg, M. *Biogas i en Bioøkonomi Perspektiv*. in *Foredrag til landbruksdirektoratet*. 2017. Oslo.
12. Sogn, T.A., et al., *Recycling of biogas digestates in plant production: NPK fertilizer value and risk of leaching*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2018. **7**(1): p. 49-58.
13. Wolf, U., et al., *Contribution of N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> to total greenhouse gas emission from fertilization: results from a sandy soil fertilized with nitrate and biogas digestate with and without nitrification inhibitor*. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2014. **100**(1): p. 121-134.
14. Ulfeng, H. *Nye kart viser hvor det kan dyrkes mer korn og gras*. 2020 [cited 2021; Available from: <https://forskning.no/kart-landbruk-nibio/nye-kart-viser-hvor-det-kan-dyrkes-mer-korn-og-gras/1765788>].
15. Gaines, T.P. and S.T. Gaines, *Soil texture effect on nitrate leaching in soil percolates*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1994. **25**(13-14): p. 2561-2570.
16. Haraldsen, T.K., et al., *Liquid digestate from anaerobic treatment of source-separated household waste as fertilizer to barley*. *Waste Management & Research*, 2011. **29**(12): p. 1271-1276.
17. Quemada, M., et al., *Meta-analysis of strategies to control nitrate leaching in irrigated agricultural systems and their effects on crop yield*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2013. **174**: p. 1-10.
18. Lehmann, J. and S. Joseph, *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*. 2015: Taylor & Francis.
19. Jeffery, S., et al., *Initial biochar effects on plant productivity derive from N fertilization*. *Plant and Soil*, 2017: p. 1-14.
20. Ruyschaert, G., et al., *Field applications of pure biochar in the North Sea region and across Europe*, in *Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice*. 2016, Taylor and Francis Inc. p. 99-135.
21. Joseph, S., et al., *Shifting paradigms: development of high-efficiency biochar fertilizers based on nano-structures and soluble components*. *Carbon Management*, 2013. **4**(3): p. 323-343.

22. Glaser, B., et al., *Biochar organic fertilizers from natural resources as substitute for mineral fertilizers*. *Agronomy for Sustainable Development*, 2015. **35**(2): p. 667-678.
23. Greenberg, I., et al., *The effect of biochar with biogas digestate or mineral fertilizer on fertility, aggregation and organic carbon content of a sandy soil: Results of a temperate field experiment*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2019. **182**(5): p. 824-835.
24. Schmidt, H.-P., et al., *Biochar-Based Fertilization with Liquid Nutrient Enrichment: 21 Field Trials Covering 13 Crop Species in Nepal*. *Land Degradation & Development*, 2017: p. n/a-n/a.
25. Kammann, C., et al., *Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden – knowns, unknowns and future research needs*. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2017. **25**(2): p. 114-139.
26. Hagemann, N., et al., *Nitrate capture and slow release in biochar amended compost and soil*. *PLOS ONE*, 2017. **12**(2): p. e0171214.
27. YE, J., et al., *A combination of biochar-mineral complexes and compost improves soil bacterial processes, soil quality and plant properties*. *Frontiers in Microbiology*, 2016. **7**.
28. Sánchez-García, M., et al., *Biochar accelerates organic matter degradation and enhances N mineralisation during composting of poultry manure without a relevant impact on gas emissions*. *Bioresource Technology*, 2015. **192**: p. 272-279.
29. Sanchez-Monedero, M.A., et al., *Role of biochar as an additive in organic waste composting*. *Bioresource Technology*, 2018.
30. Kammann, C.I., et al., *Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar*. *Scientific Reports*, 2015. **5**: p. 11080.
31. Abbès, C., L.E. Parent, and J.L. Robert, *Mechanistic Modeling of Coupled Ammonium and Nitrate Uptake by Onions Using the Finite Element Method*. *Soil Science Society of America Journal*, 1996. **60**(4): p. 1160-1167.
32. Taghizadeh-Toosi, A., et al., *Biochar adsorbed ammonia is bioavailable*. *Plant and Soil*, 2012. **350**(1-2): p. 57-69.

## Appendix 1

Feltlogg for 2019 utført av agronom på garden

TEST FIELD 2019 Skjaergaarden			
For 6 weeks -total biorest 1080 liters total Npk 12-4-18 65kg/daa, total Tropicote (calcium nitrate 15.5%N, 26% CaO) 30 kg/daa			
size ROW1+5+9 0.27 daa 2+3+4+6+7+8 0.54 daa total 0.81daa			
date	row	work	
29.05.2019	all	samples	wet 30%, temp +12, time 21-00
05.06.2019	all	samples	wet 40%, temp +15, time 18-00
12.06.2019	all	samples	wet 40%, temp +13, time 18-30
19.06.2019	all	samples	wet 40%, temp +18, time 18-00
26.06.2019	all	samples	wet 30%, temp +16, time 19-00
04.07.2019	all	samples	wet 39%, temp +12, time 20-00
11.07.2019	2,3,4,6,7,8	BIOREST t-tapes 10 l (test) , ecp 0,6, water 2 hours	
12.07.2019	all	samples	wet 30%, temp +18, time 20-30
15.07.2019	1,5,9	12-4-18 10 kg/daa	hydrobox NPK
16.07.2019	2,3,4,6,7,8	BIOREST t-tapes 85l , ecp1,1+water 4 hours	
18.07.2019	2,3,4,6,7,8	BIOREST t-tapes 85l , ecp1,1+ water 4 hours	
24.07.2019	2,3,4,6,7,8	BIOREST t-tapes 90l , ecp1,1+water 4 hours	
25.07.2019	1,5,9	12-4-18 10 kg/daa + Tropicote 10 kg/daa	hydrobox NPK+ watermashine 15 mm
29.07.2019	all	karate 5cs 15ml/daa + Aminosol 40ml/daa	spray
31.07.2019	all	Agrimel VK 0,2/Fulvic 0,12/Melasse 0,3/Lebosol 50	spray
31.07.2019	2,3,4,6,7,8	BIOREST t-tapes 90l , ecp1,0+water 6 hours	
01.08.2019	all	samples	wet 30%, temp +22, time 20-00
05.08.2019	all	Agrimel VK 0,2/Fulvic 0,12/Melasse 0,3/Lebosol 50	spray
03.08.2019	2,3,4,6,7,8	BIOREST t-tapes 90l , ecp1,0+water 6 hours	
05.08.2019	1,5,9	12-4-18 , 5 kg/daa + Tropicote 10 kg/daa	hydrobox NPK
08.08.2019	all	Acroat 200 ml/daa / Aminosol 40ml/daa	spray
08.08.2019	all	BIOREST t-tapes 90l , ecp1,1+water 4 hours + Onion samples	
13.08.2019	all	Agrimel VK 0,2/Fulvic 0,12/Melasse 0,3/Lebosol 50	spray
14.08.2019	2,3,4,6,7,8	BIOREST t-tapes 90l , ecp1,1+water 4 hours	
16.08.2019	all	samples	wet 40%, temp +14, time 18-30
21.08.2019	1,5,9	Tropicote 10 kg/daa	hydrobox NPK
<b>HARVEST 23/08/2019</b>			
Total biorest 630 l			