



Biokuls persistens

Kulstoflagring med biokul
– hvordan estimeres stabiliteten af
biokul i jorden på kort og lang sigt?

Plantekongres 2024, 11-01-2024

Esben Bruun
Institut for Plante og Miljøvidenskab
Københavns Universitet

WP10. Measurements of C stability in soil incubation
study and field experiment (2023-2025-10)





Pyrolyse – mod industriel skala



Heterogent biokul



Forsknings-biokul



Kommerciel biokul



Finansieret af
Den Europæiske Union
NextGenerationEU



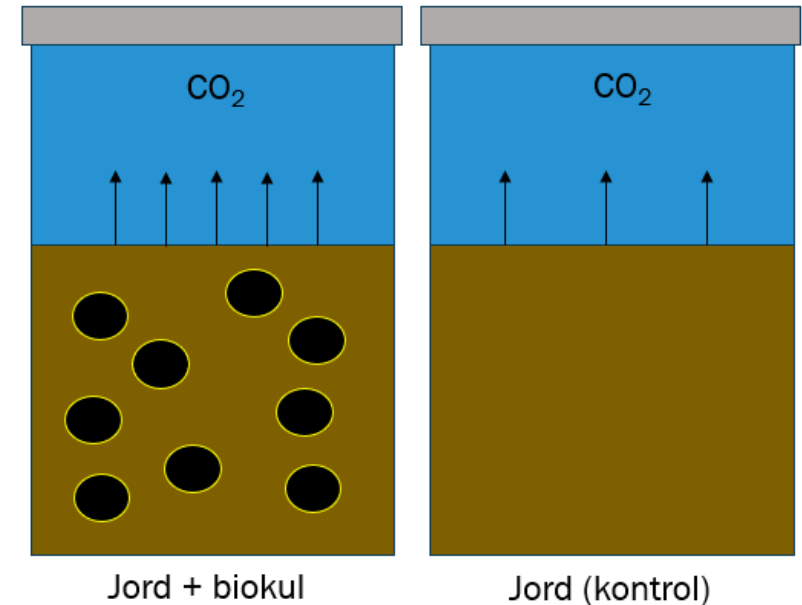
Hvordan testes biokuls persistens?

- Inkubationsforsøg med biokul og jord



Princip:

$$\text{Biokul-C tab} = [\text{CO}_2 \text{ biokul+jord}] - [\text{CO}_2 \text{ kontrol}]$$



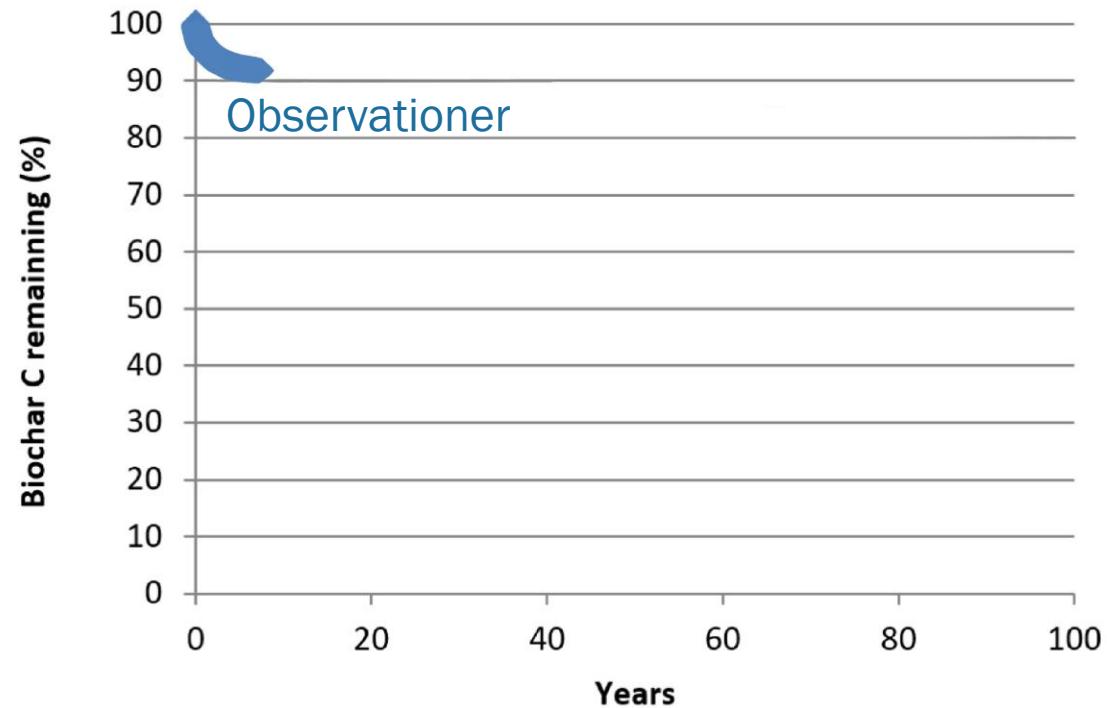
14C-mærket biokul giver mere præcise resultater, men kan ikke bruges på store anlæg



Finansieret af
Den Europæiske Union
NextGenerationEU

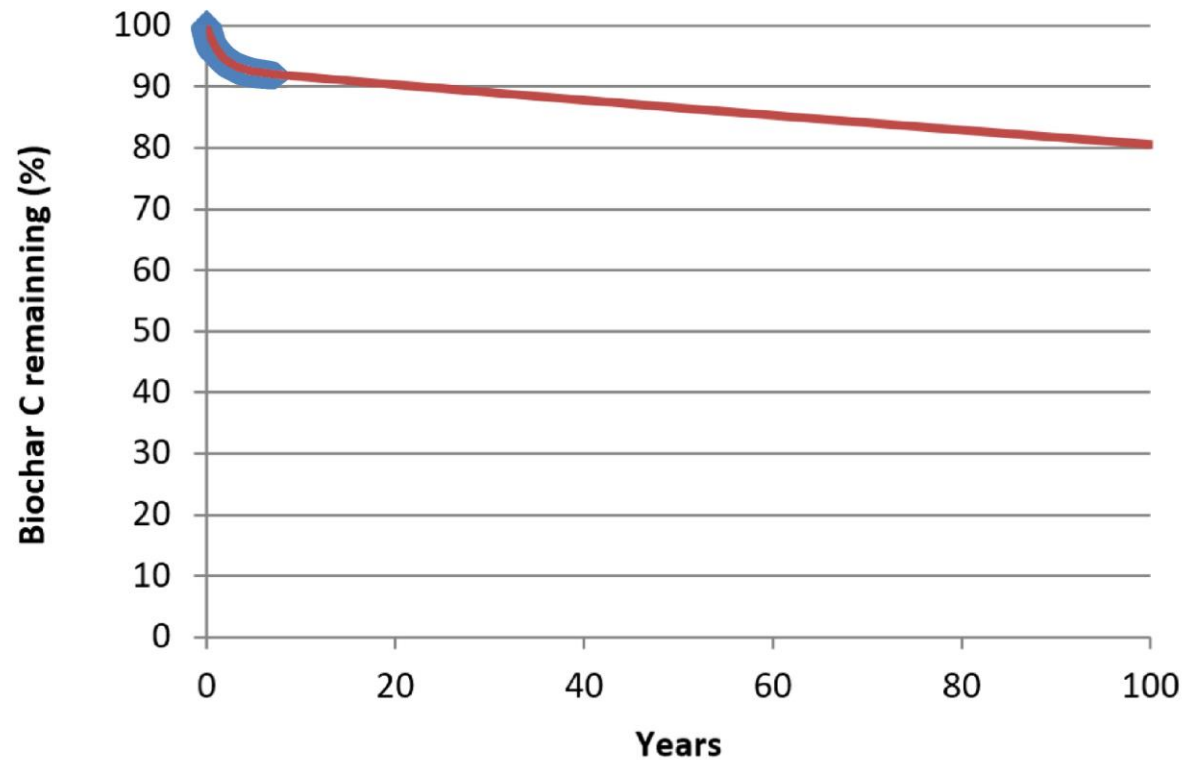


Kulstof tab kan fittes til model





To-pulje model fittes til data



Multipulje model

$$C_t = (C_1 \times e^{-k_1 t}) + \dots + (C_n \times e^{-k_n t}) \rightarrow BC_{100}$$

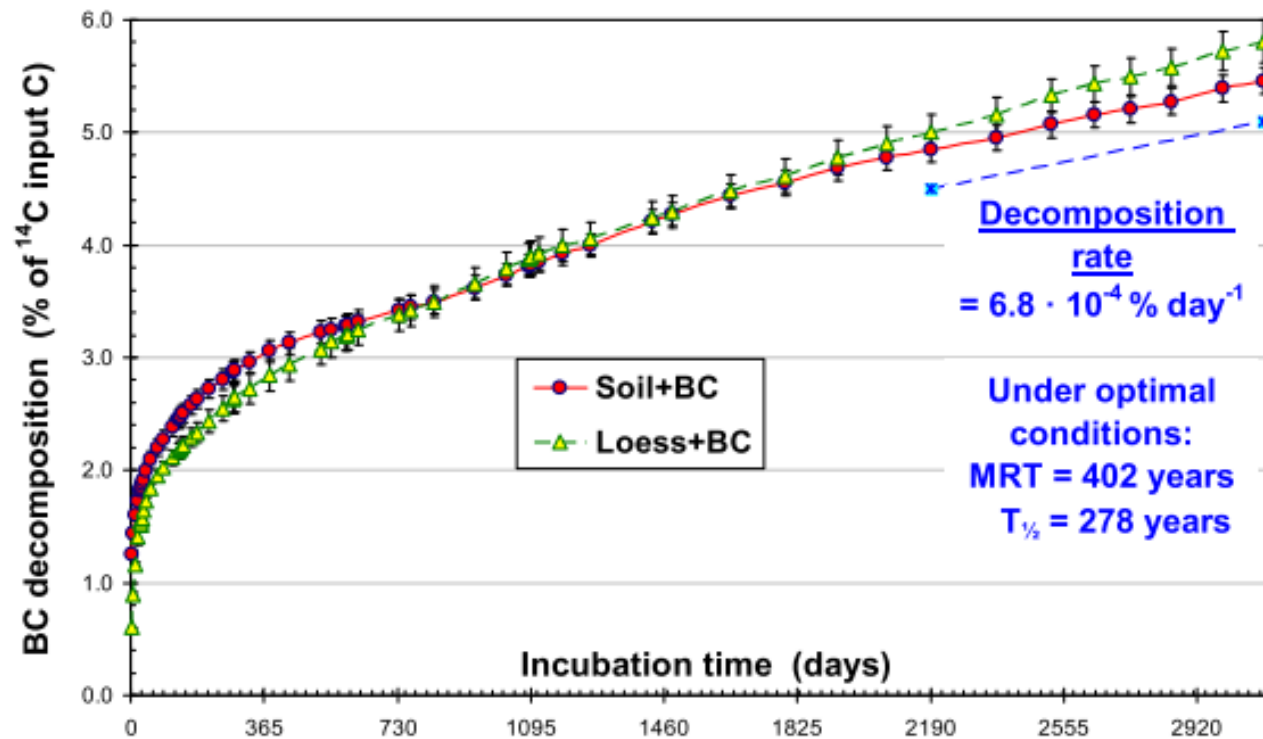
Langtidsforsøg kræves (> 2 år) for at opnå mere pålidelige estimater





8,5 års studie med ^{14}C -mærket biokul

Y. Kuzyakov et al. / *Soil Biology & Biochemistry* 70 (2014) 229–236



2,5 gange langsommere nedbrydningsrate, når der fittes efter 8 år ift. 3,5 år

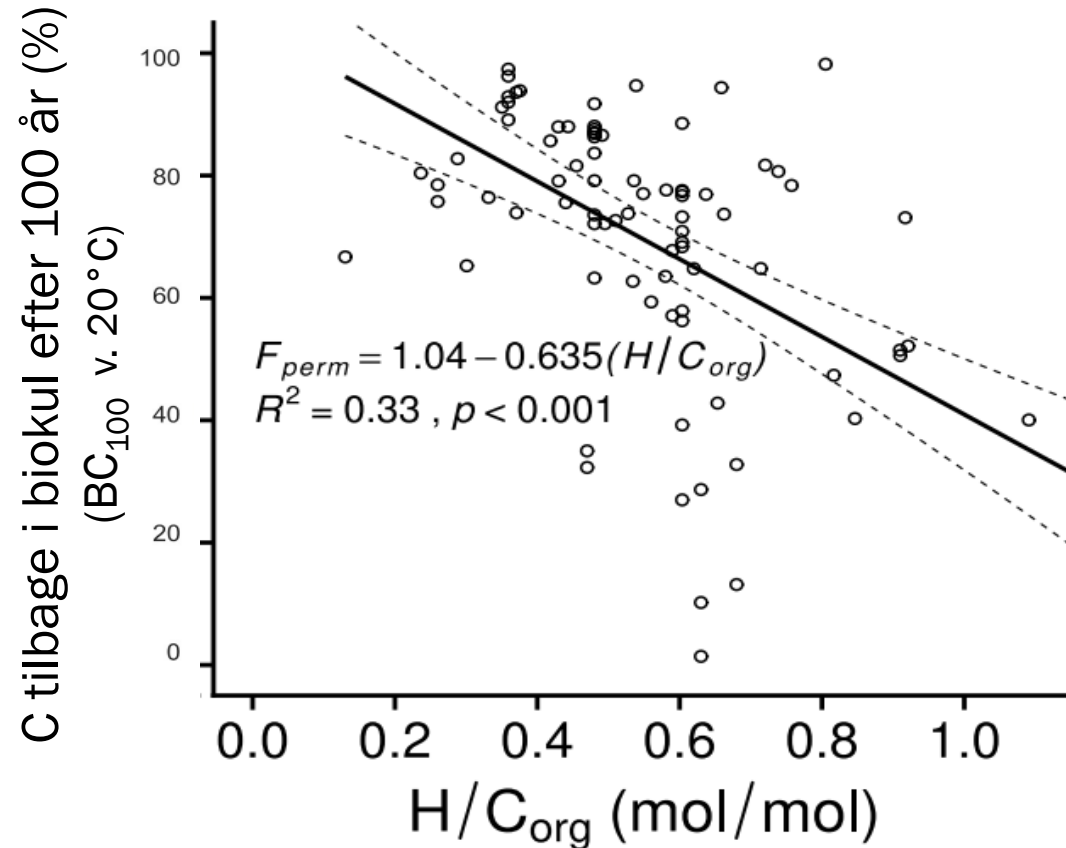
Kuzyakov et al. 2014. 8,5 års forsøg



Finansieret af
Den Europæiske Union
NextGenerationEU

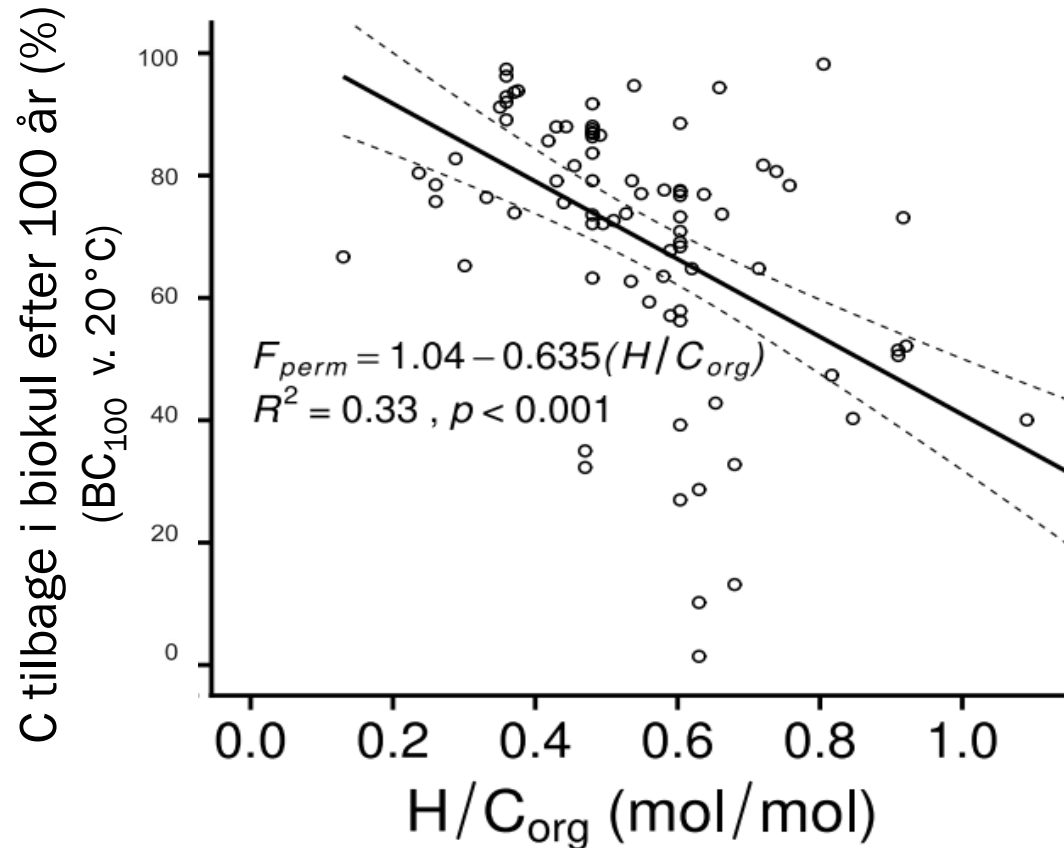


Korrelation mellem BC_{100} og biokuls H/C-ratio





Korrelation mellem BC_{100} og biokuls H/C-ratio



Research gaps

- Pyrolysis temperature over $600^{\circ}C$
- Ikke-træbaserede biomasser
- H/C under 0.2
- Jord temp. under 10°
- Udendørs forsøg

Eksempel på inkubationsforsøg (afsluttet)

(project BioAdapt og SkyClean)



H/C ratioer:

Biokul: 0,33 – 0,45

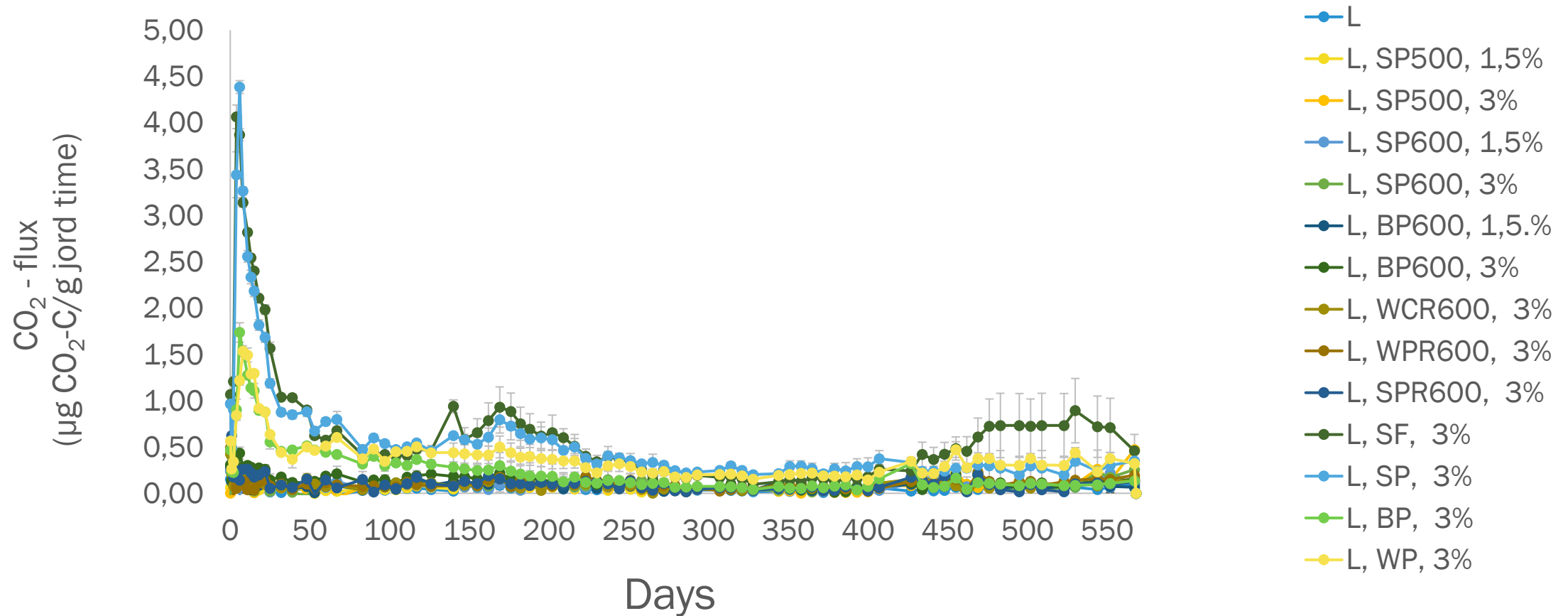
Råvarer: Halm, Biogas-fibre, Bøgepiller: 1,45-1,62



Finansieret af
Den Europæiske Union
NextGenerationEU

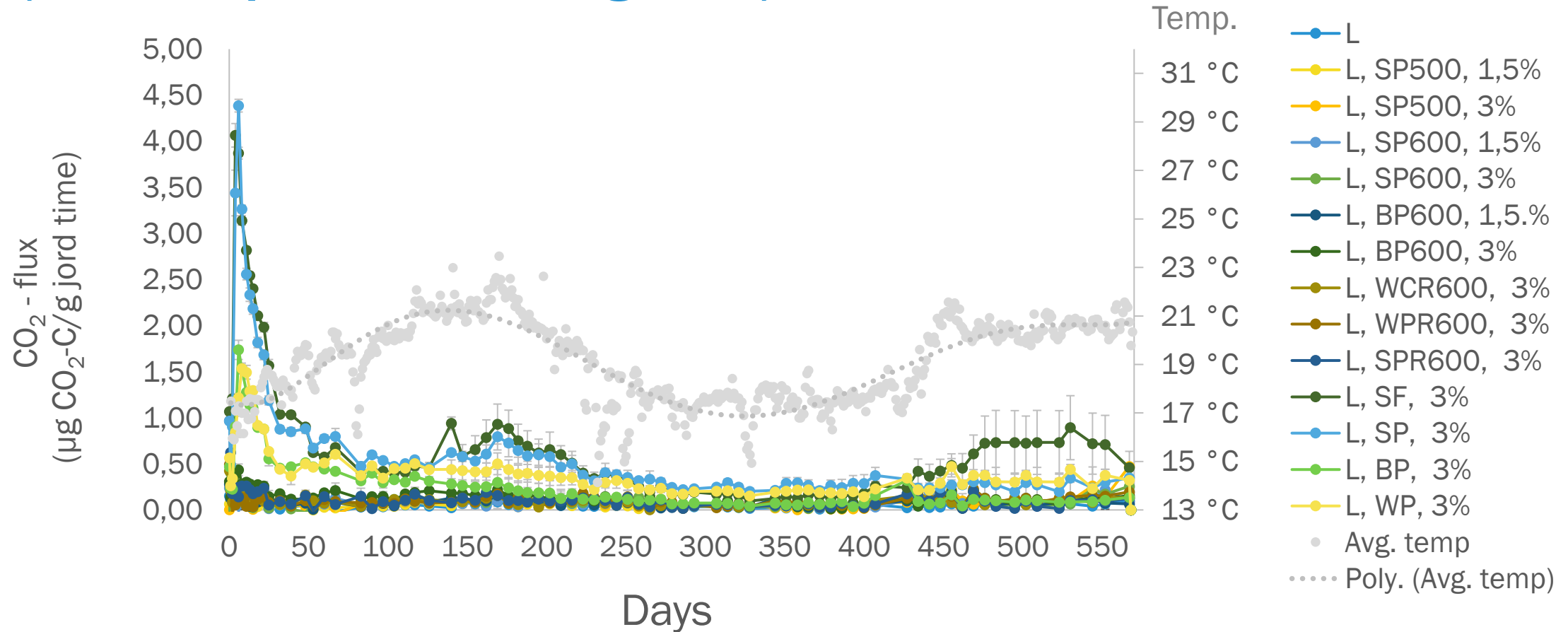


CO₂ emission fra biokul + lerjord (under 'optimale' betingelser)



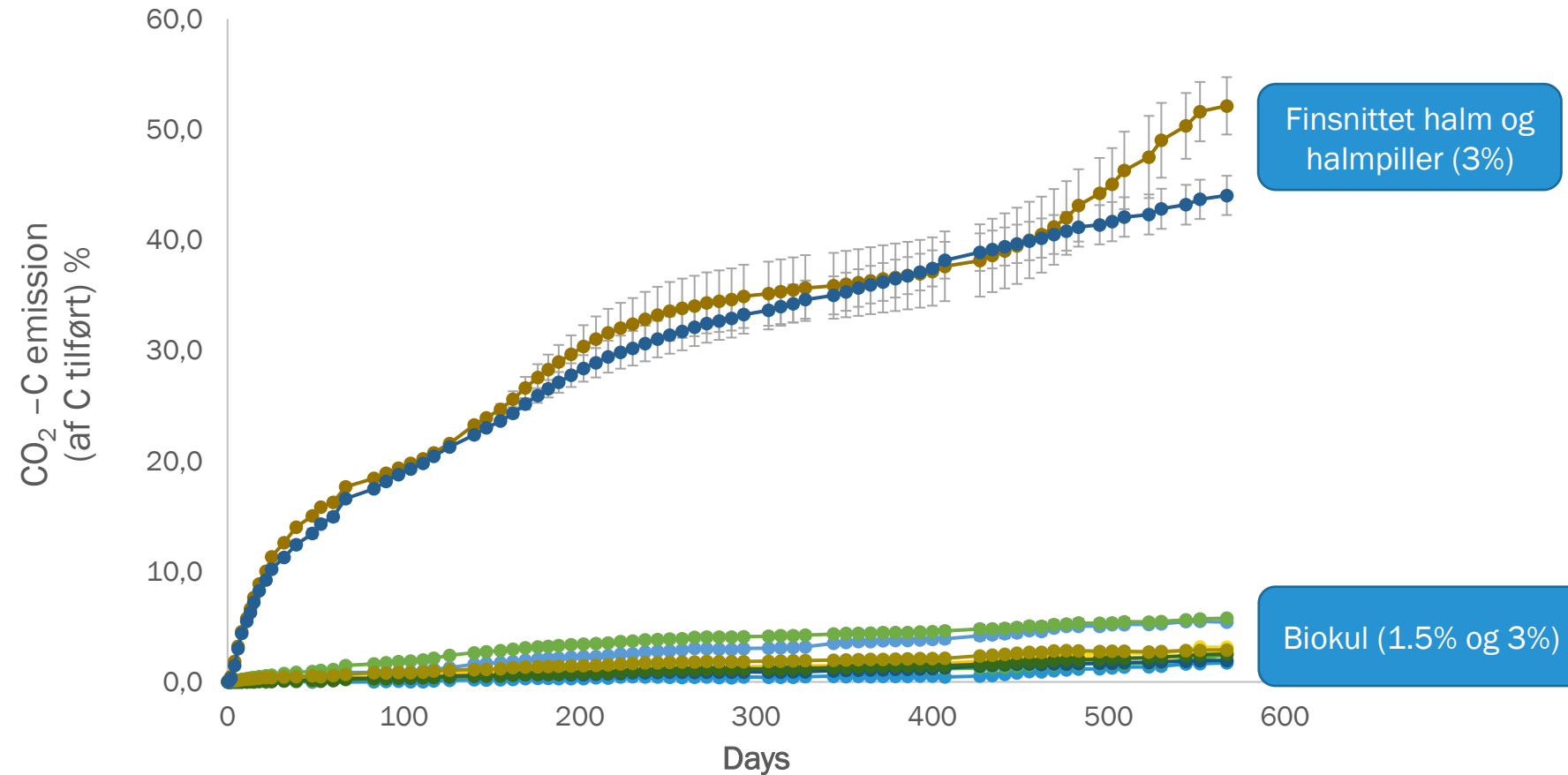


CO₂ emission fra biokul + lerjord (under 'optimale' betingelser)



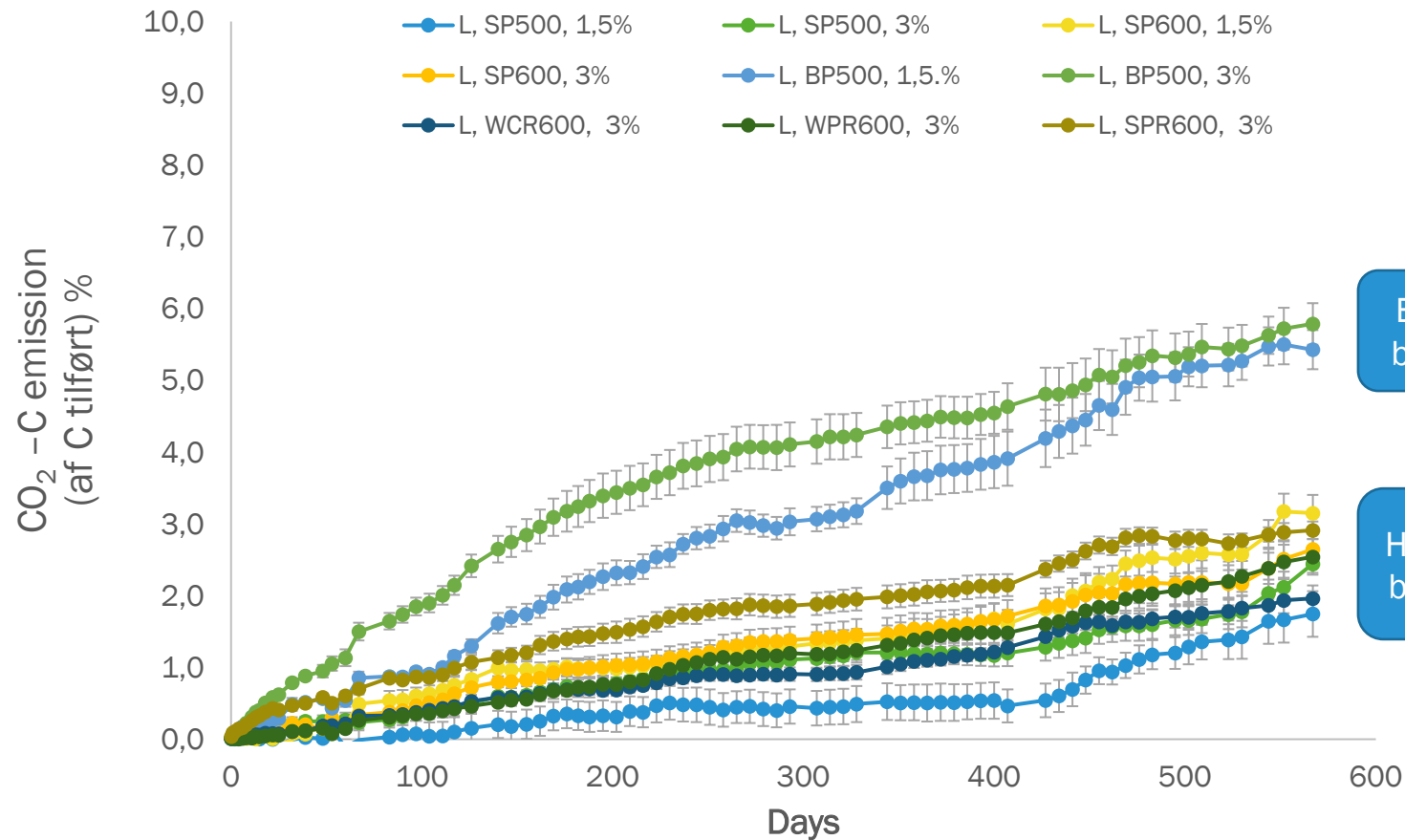


Kumuleret C emission i forhold til tilført C





Zoom-ind på biokul



Biogas-fiberpille
biokul 1,5 og 3%

Halm- og træpille
biokul 1,5 og 3%

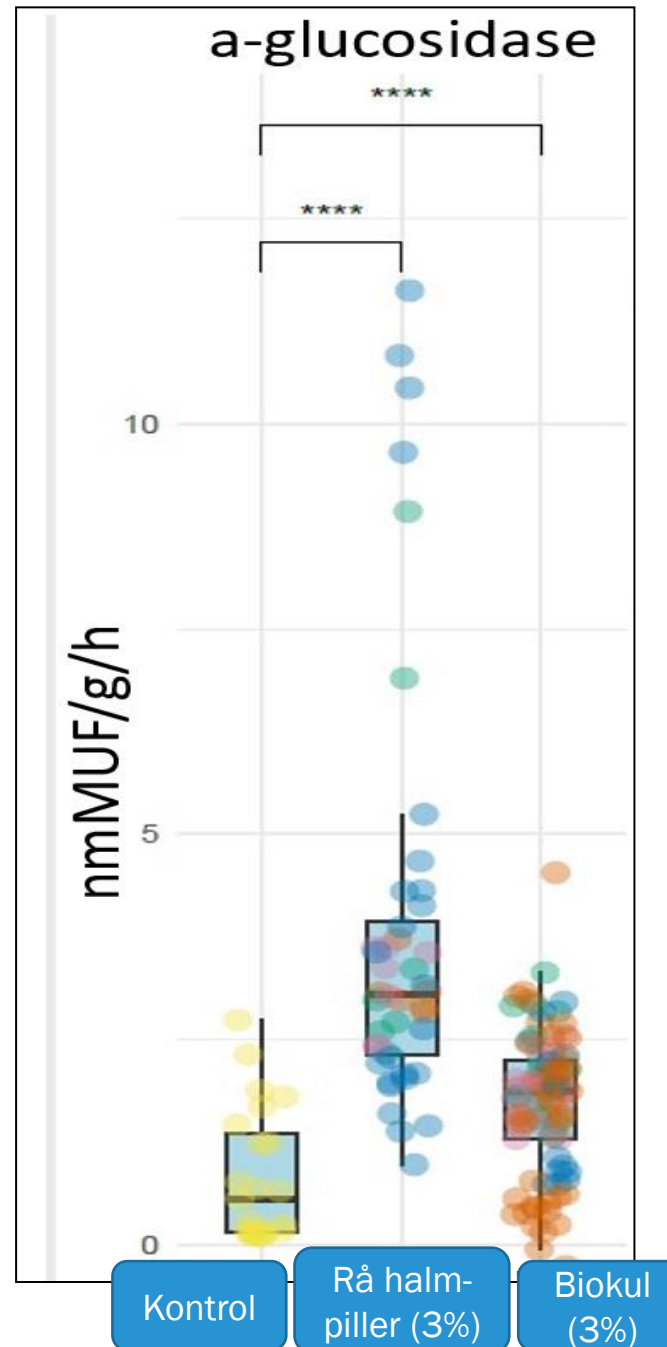
Total emission minus kontrollens emission (foreløbige data)



Finansieret af
Den Europæiske Union
NextGenerationEU

Mikrobiel enzymaktivitet

*Winding med flere – 2023, AU,
Jordprøver puljet fra tid 0, 7 og 42*



Finansieret af
Den Europæiske Union
NextGenerationEU





Tandem-forsøg med biokul (igangværende)

Lab-inkubationsstudie



I 'marken'



Betingelser:

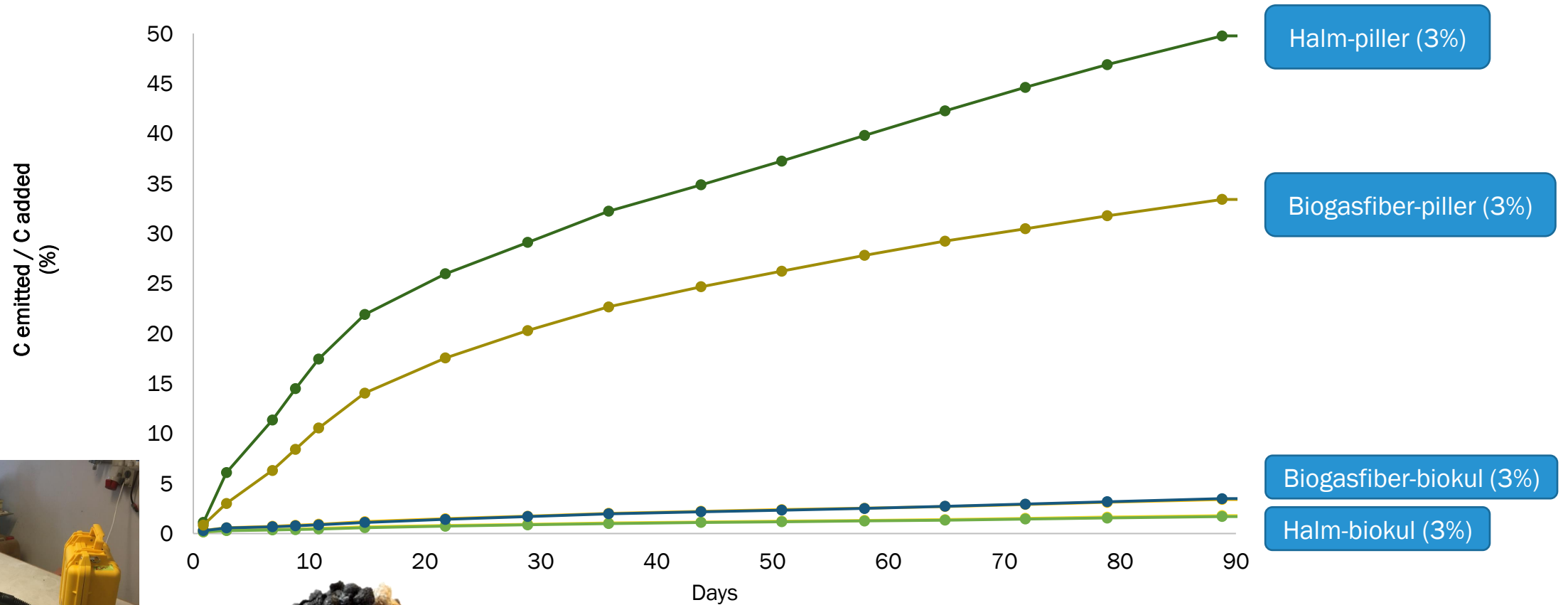
- Samme lerjord, biokul, NPK
- Forskel i klima og miljø



Finansieret af
Den Europæiske Union
NextGenerationEU

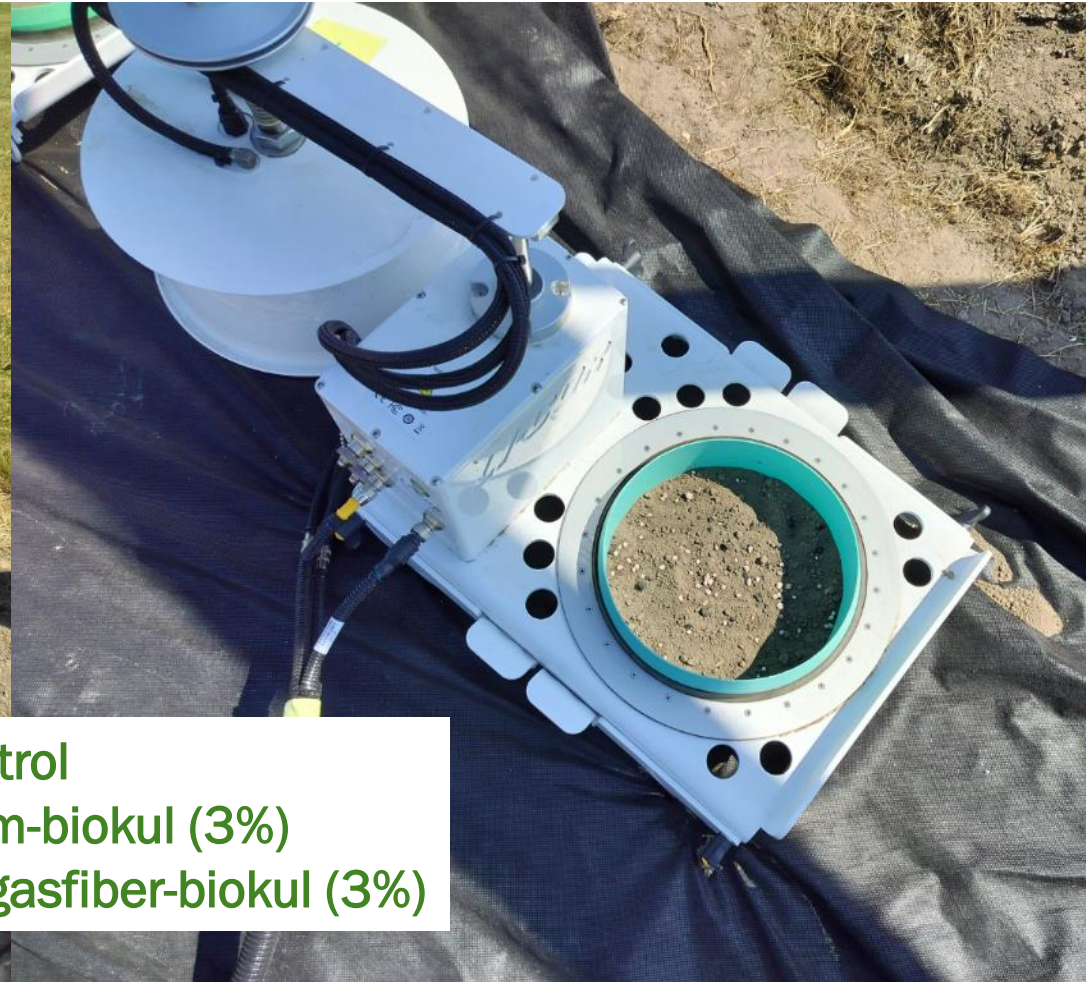


Lab-studie: Kumuleret C emission i forhold til tilført C





'Mark'-studie: Ude i 'virkeligheden'



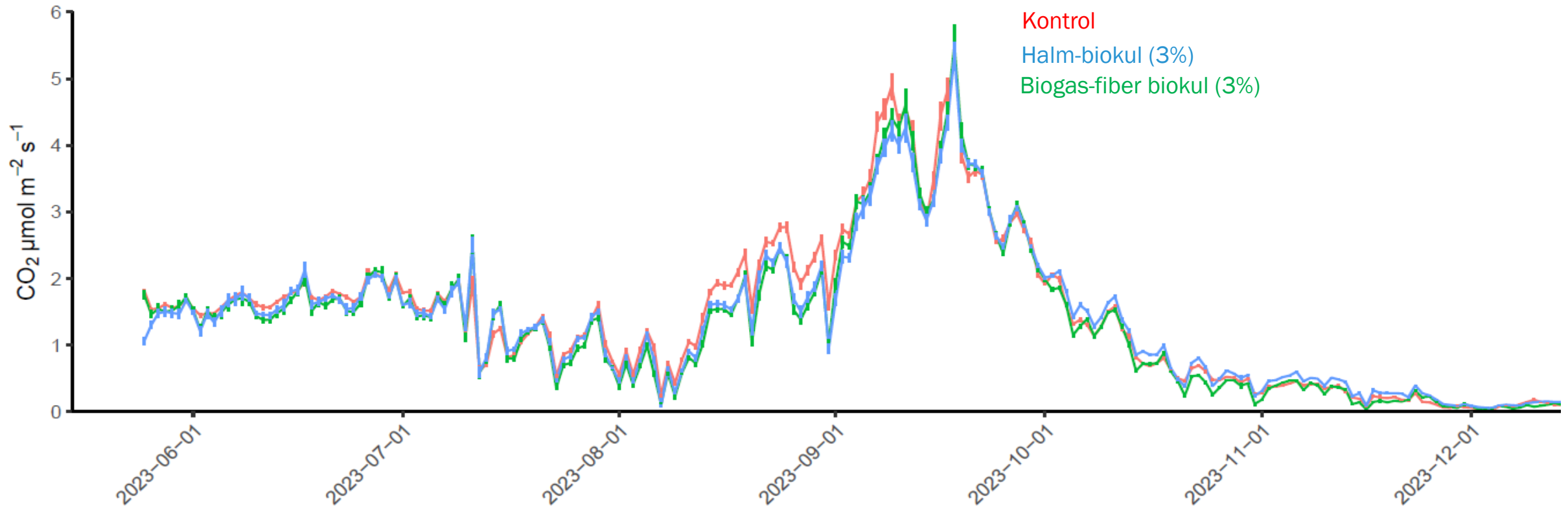
kontrol
halm-biokul (3%)
biogasfiber-biokul (3%)



Finansieret af
Den Europæiske Union
NextGenerationEU



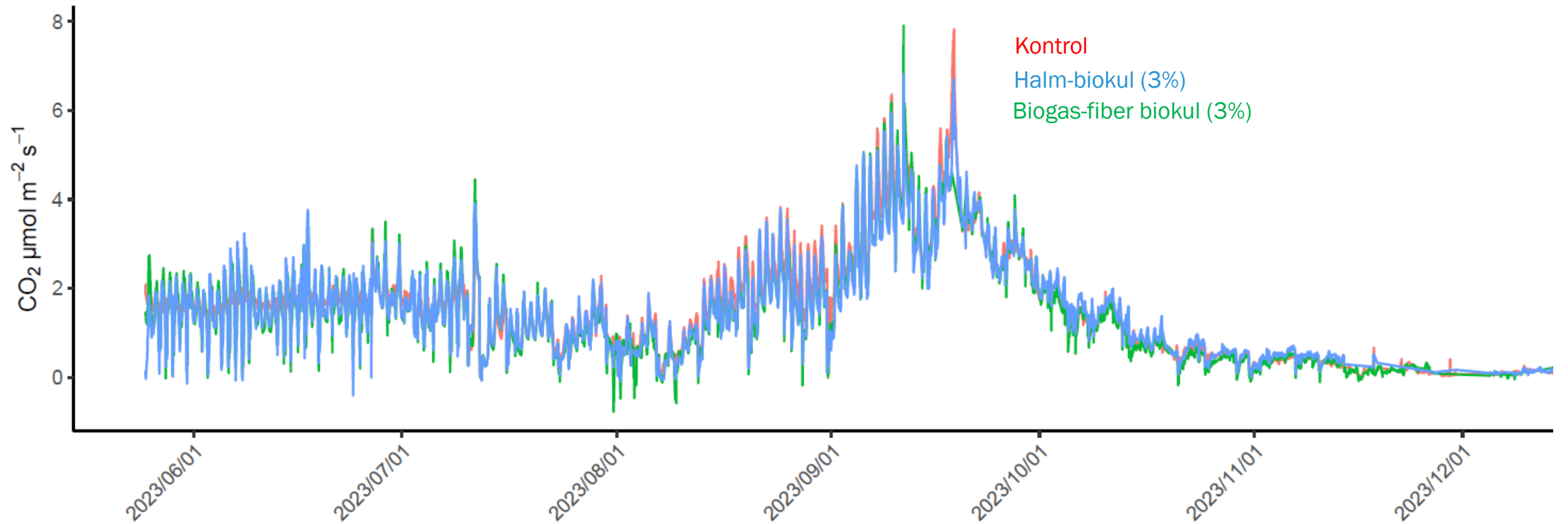
CO₂ emissions rater – dagligt gennemsnit (juni-dec 2023)





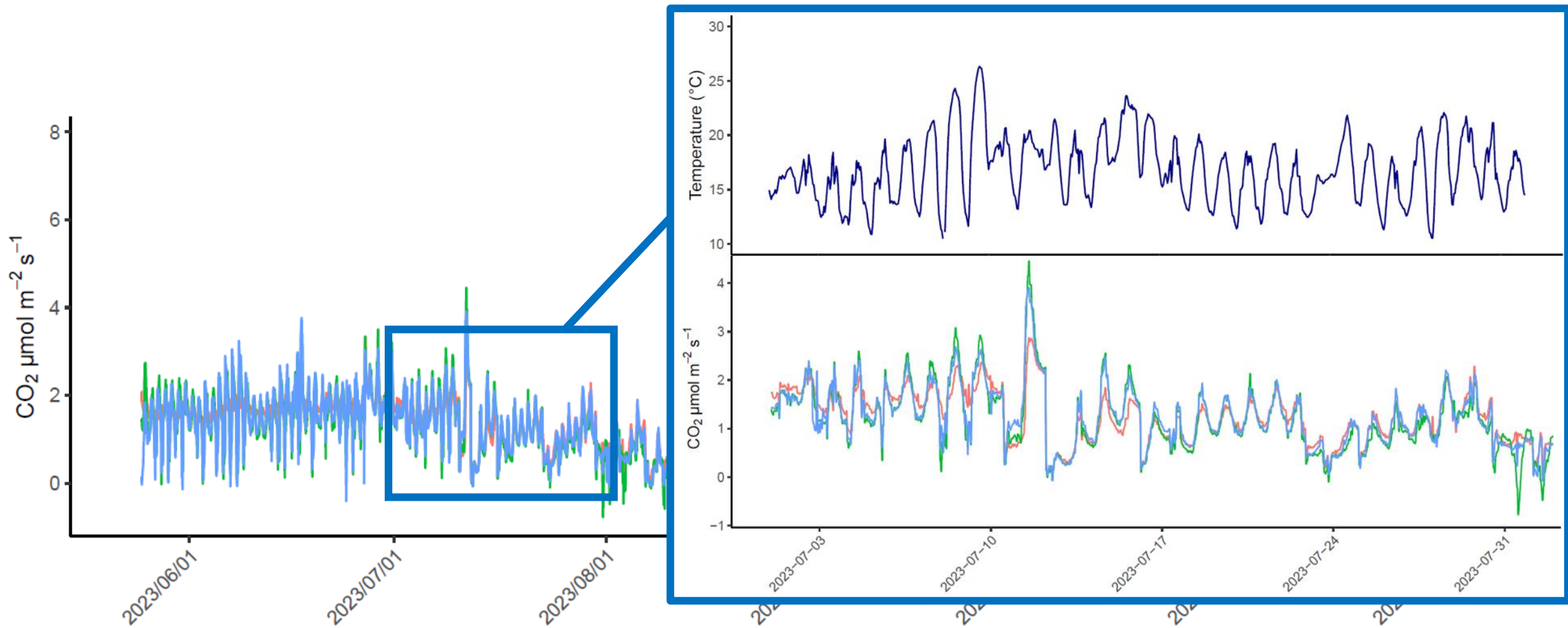
CO₂ emission

- målinger på timebasis, juni-dec 2023





Betydning af jordtemperatur



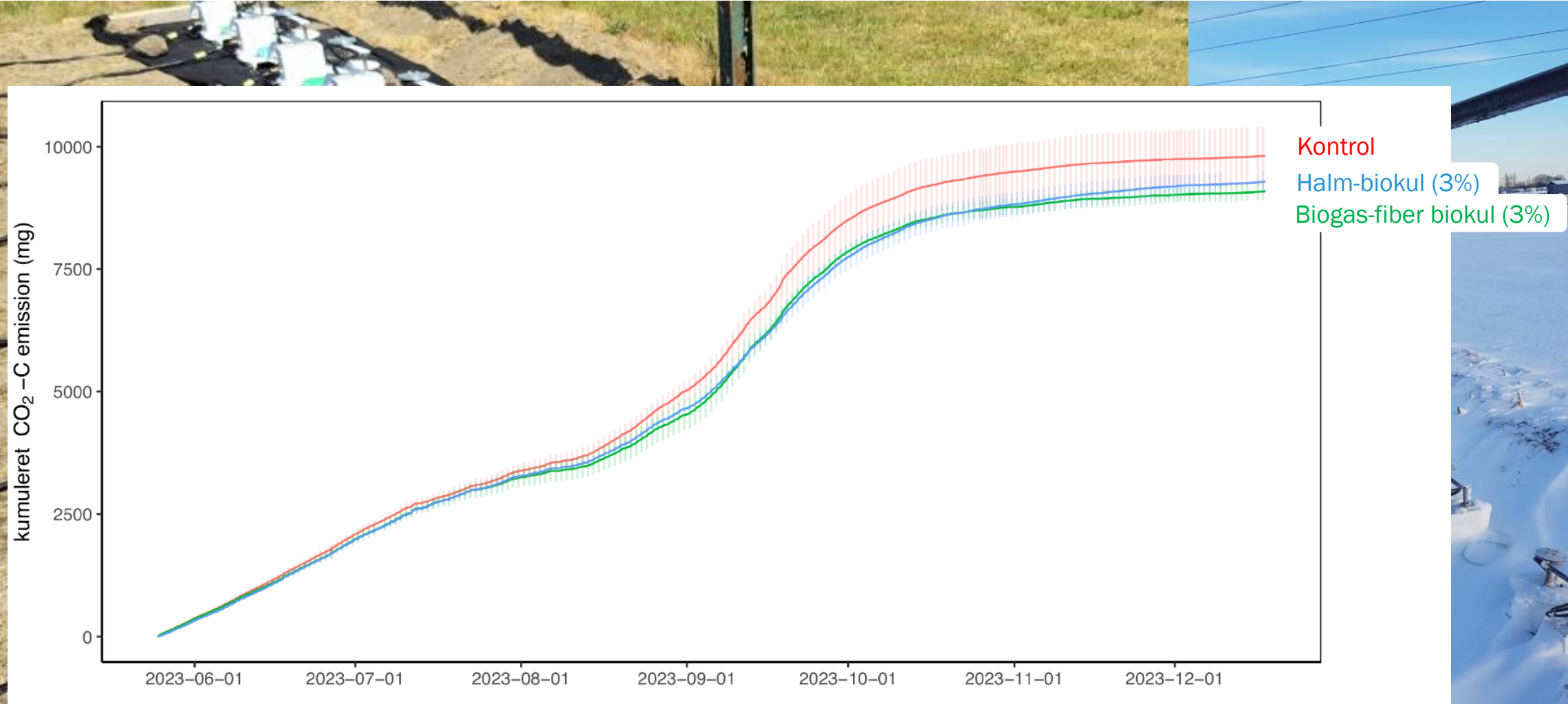


Kumuleret CO₂-emission





Kumuleret CO₂-emission





Fire pointer

- **Biokul er stabilt**

... forudsat at det produceres rigtigt

- **Samtidige forsøg i laboratoriet og udendørs styrker estimerer...**

... biokuls stabilitet øges under koldere klimatiske forhold

- **Der er usikkerhed forbundet med både inkubationsforsøg og modeller**

... forvent ikke BC_{100} estimerer med to decimaler

- **Vurdering af biokul persistens vha. H/Corg, og O/Corg ratioer er vejen frem ...**

... men datagrundlaget kan forbedres med flere inkubationsforsøg (lavere temperaturer, flere biomasser og feltstudier) og udvikling af robuste stabilitetsmodeller



Tak for opmærksomheden

Esben Bruun: ewb@plen.ku.dk
Institut for Plante og Miljøvidenskab
Københavns Universitet

KØBENHAVNS
UNIVERSITET



Finansieret af
Den Europæiske Union
NextGenerationEU

10.000 år gammelt biochar - Chauvet Pont d'Arc Cave in southern France

Hvordan bringer vi biokul i spil og hvad er potentialet?

Forudsætningerne for biokul

- Er teknologien klar?
- Biomasse til pyrolysering
- Forretning i at investere i pyrolyseanlæg
- Rammevilkår/lovgivning



Er teknologien klar?

- Biokul blev brugt til jordforbedring for 2500 år siden i Amazonas
- Flere pilotanlæg i Danmark
- Sidste skud på stammen er et fuldskala 20 MW anlæg i Nordjylland.
- Skalering og stabil drift af pyrolyseanlæg



Biomasse til pyrolysering

- Restbiomasse i tilstrækkelige mængder, kvalitet og placering
- Halm, fiber fra gylle og biogas, slam, dybstrøelse
- Motivation for at levere biomasse
- Potentiale:
 - SEGES 1,4 mio. tons CO₂-e
 - Landbrugsaftalen 2,0 mio. tons CO₂-e



Forretningen i pyrolyse

- Store investeringer
- Etablering af 20 MW anlæg
 - Godt 60 anlæg ved 1,4 mio. tons CO₂-e
 - Ca. 90 anlæg ved 2, 0 mio. tons CO₂-e
- Indtægter
 - Salg af klimakreditter
 - Salg af bioolie og gas
 - CCS tilskud
- Motivation til at udbringe biokul på markerne



Foto: Kristine Skov

Rammevilkår/lovgivning

- Miljøgodkendelse af 60 – 90 anlæg inden 2030
- Biokul indgår i Gødningsanvendelsesbekendtgørelsen og Gødskningsbekendtgørelsen.
- Biokul indgår ikke i Affald til Jord bekendtgørelsens bilag 1
 - Kræver en § 19 godkendelse fra kommunen
- EU certificering af Carbon Removals – biokul?
 - Carbon Farming?
 - Industrielt varig fjernelse af CO₂-e?



Hvordan bringer vi biokul i spil og hvad er potentialet?

- Rammevilkår
 - Affald til jordbekendtgørelsen
 - Miljøgodkendelse af 60 – 90 anlæg
 - Tilskudsordning for permanent lagring af CO₂
- EU Certificering – permanent lagring af CO₂
- Potentialet afhænger af rammevilkårene
 - Landbrugsaftalen 2,0 mio. tons
 - SEGES Innovation op til 1,4 mio. tons
- Motivation for landmænd til at levere biomasse og modtage biokul



Tak.

Hans Roust Thysen
Klimachef

HART@lf.dk
+45 30921701

www.lf.dk

Landbrug & Fødevarer

