

Indsigter og erfaringer fra Biochar Summit 2025 Projekt: 104201, Mere biokul til landbrugsjord	Ansvarlig	Rlye & Nije
	Oprettet	08-07-2025
	Side	1 af 7

Indsigter og erfaringer fra Biochar Summit 2025

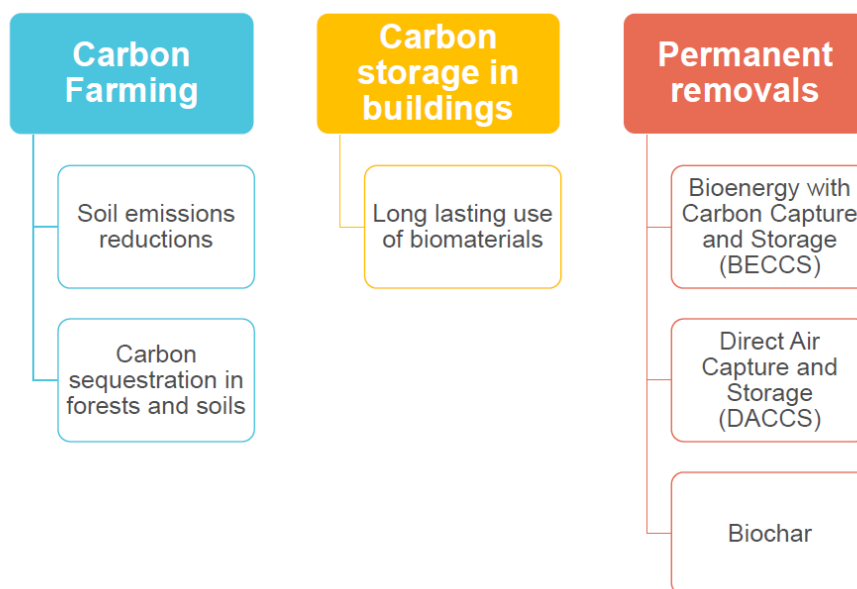
Introduktion

Biochar Summit er den primære europæiske konference, der samler forskere, virksomheder og beslutningstagere omkring den nyeste udvikling og viden inden for pyrolyseteknologier og anvendelsen af biokul. Konferencen arrangeres af European Biochar Industry Consortium (EBI), og har indtil videre været afholdt i 2023 og 2025. Biochar Summit 2025 fandt sted i Bruxelles fra 10.-11. juni og havde deltagelse af ca. 370 personer – heraf primært deltagere fra europæiske virksomheder og vidensinstitutioner, mens der var ca. 40 deltagere fra Nordamerika og Asien.

Konferencens oplæg dækkede en række forskellige temaer, som uddybes nærmere herunder. Blandt emnerne var: 1) biokuls kulstofstabilitet og dets klimaeffekter, 2) brugen af biokul og pyrolyse til at afhjælpe forurening i jord og vand, 3) anvendelse af biokul i landbruget, 4) analyse og karakterisering af biokul, og 5) biokuls anvendelse i stål- og byggeindustrien.

1) Kulstofstabilitet og klimaeffekt

Christian Holzeiter, Head of Unit for Land Economy and Carbon Removals, indledte dette års konference med sin Key Note Speak omkring nyt fra EU-Kommissionen med titlen 'Biochar in a Circular Carbon Economy'. Her fortalte han om arbejdet med Carbon Removal and Carbon Farming Reguleringen (CRCF-reguleringen). I det nuværende arbejde er biokul kategoriseret som permanent kulstoflagring, sidestillet med BECCS og DACCS (se Figur 1).

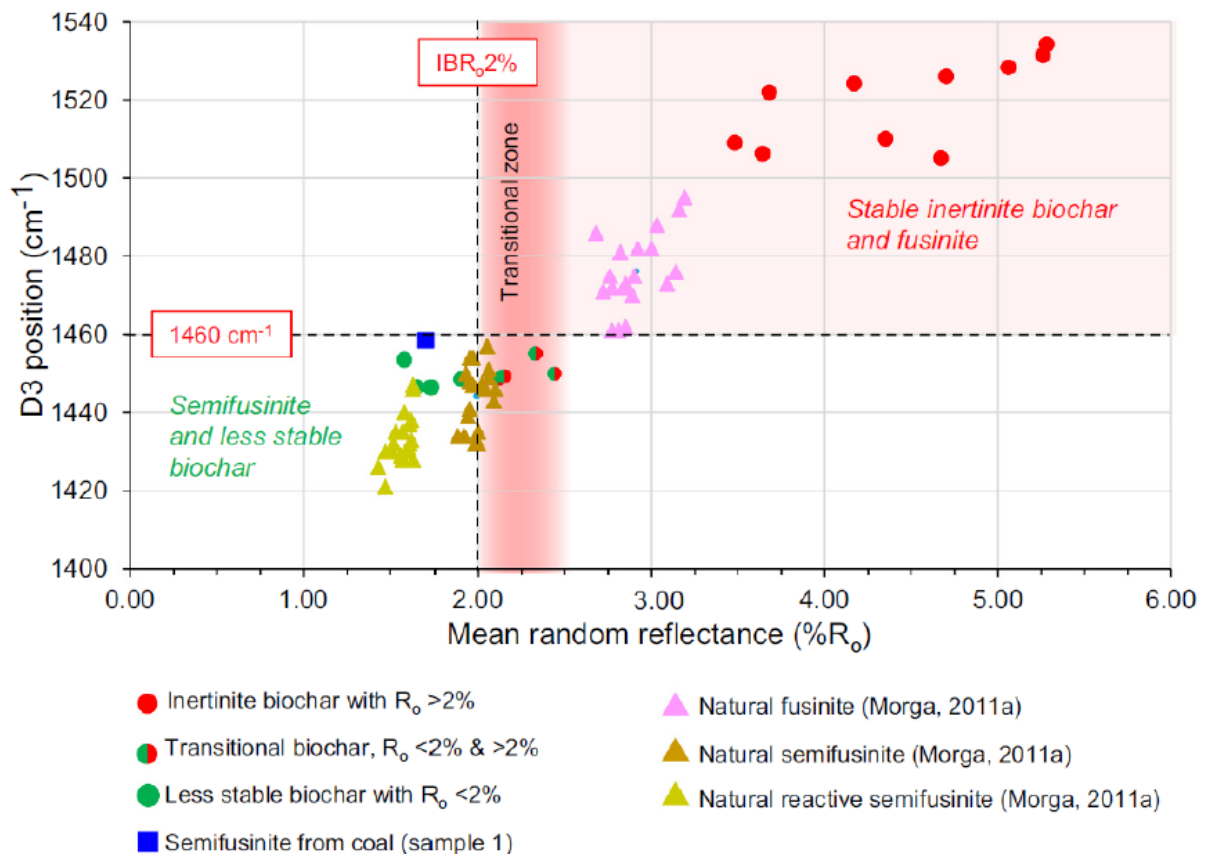


Figur 1 Slide fra Christian Holzeiters præsentation

Frem mod en reel certificeringsramme for CO₂-lagring i EU, skal der udvikles metoder og et EU-register. Forslag til certificeringsmetode for biokul, forventes i løbet af 2025, med forventningen om at kunne tages i brug ved certificering i 2026. Et EU-register med certificerede projekter skal sikre, at der ikke sker dobbelttælling. Registret forventes klar i 2028.

Et afgørende element i, at biokul kan betragtes som permanent kulstoflagring (Carbon removal), er at kunne estimere stabiliteten af kulstoffet i biokul. Tidligere har man forsøgt at estimere kulstofstabiliteten af biokul i jord ved brug af inkubationsstudier. Man har på baggrund af metastudier af disse har vurderet at en H/C-ratioen bestemt gennem en elementaranalyse af biokullet kunne være en brugbar proxy for kulstofstabiliteten af biokul. H/C-ratio er dog en 'bulk measure', og kan derfor ikke benyttes til at sige noget om, hvorvidt dele af kulstoffet i biokul er mere stabilt end andet.

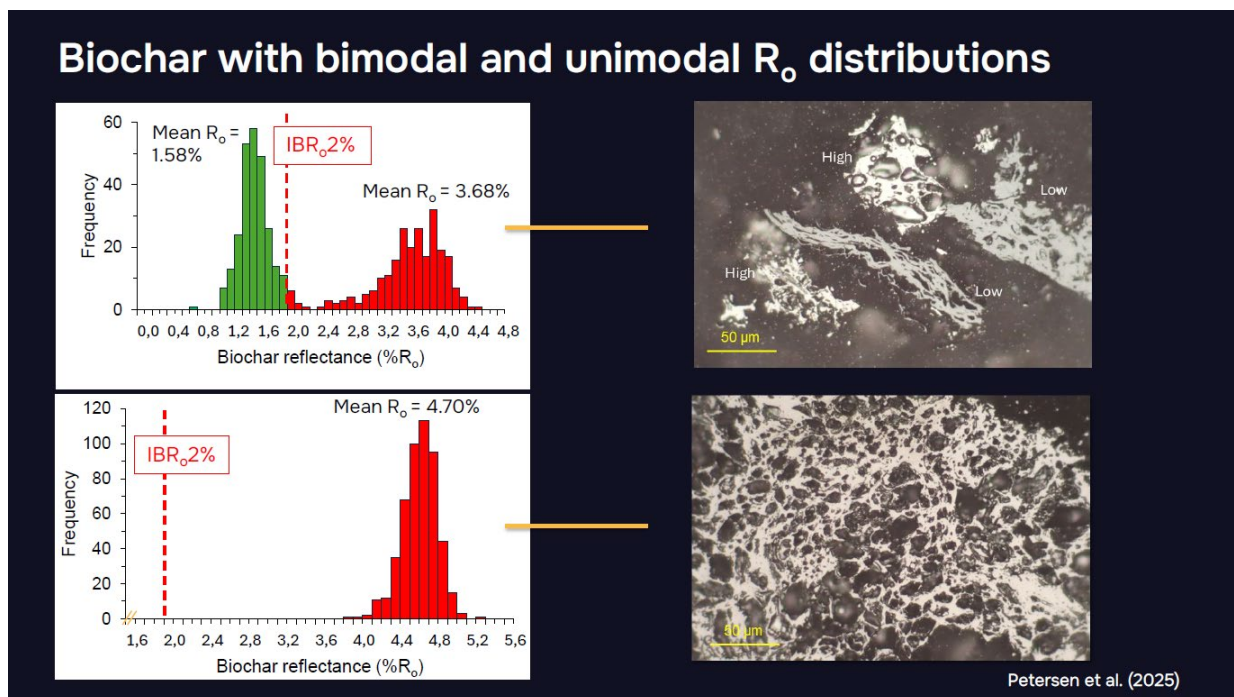
Som et alternativ til elementaranalyse af biokul har to danske forskere, Hamed Sanei (AU) og Henrik Ingeman-Petersen (GEUS) forsøgt at anvende en allerede kendt metode til vurdering af kulstofstabiliteten/sammensætningen i geologiske materialer, Random Reflectance (R_o). Ved brug af denne metode, vurderer de at hele eller dele af kulstoffet i biokul kan sidestilles med geologisk intertinit (intertinite/fusinite). De havde begge en session på konferencen, hvor de præsenterede deres teori og brugen af Random Reflectance som benchmark til vurdering af kulstoffets såkaldte permanence/stabilitet. Med denne metode vurderer de, at andelen af kulstof i biokul, hvor $R_o > 2$, betragtes som intertinit med en meget høj stabilitet i jord. Mens andelen af biokul med R_o -værdier under 2, er mindre stabilt, og dermed kun semi-intertinit. Figur 2 er fra deres nyeste publikation Petersen et al. (2025), hvor målinger fra C i biokul er sammenstillet med målinger af naturligt fusinite (intertinit), afgrænset af den foreslåede benchmark-værdi på $R_o = 2$.



Figur 2. Figur fra slide af Hamed Sanei

Henrik I. Petersen gik i sin præsentation i detaljer med analyseresultater for forskellige typer biokul. Han viste bl.a. eksempler på, hvordan forskellige typer biokul kan have enten bi- eller unimodal fordeling i målte R_o -værdier (se Figur 3). I det viste eksempel, ses det hvordan biokullet, som der er vist data for i den øverste figur, har R_o -værdier, der fordeler sig i to puljer med R_o -værdier hhv. under og over 2. Derimod har biokullet, som der er vist resultater fra i den nederste figur en unimodal fordeling af R_o -værdier, som alle ligger over 2. I praksis ved udbringelse af biokul i jord, forudses det, at biokullet for den øverste figur vil have en fraktion af kulstof, med en "hurtigere" omsætningsrate i jorden (grøn top med R_o -værdier < 2)

og en meget stabil kulstofpulje (rød top med R_o -værdier > 2), mens alt kulstoffet i biokullet for den nederste figur forventes at være meget stabilt.



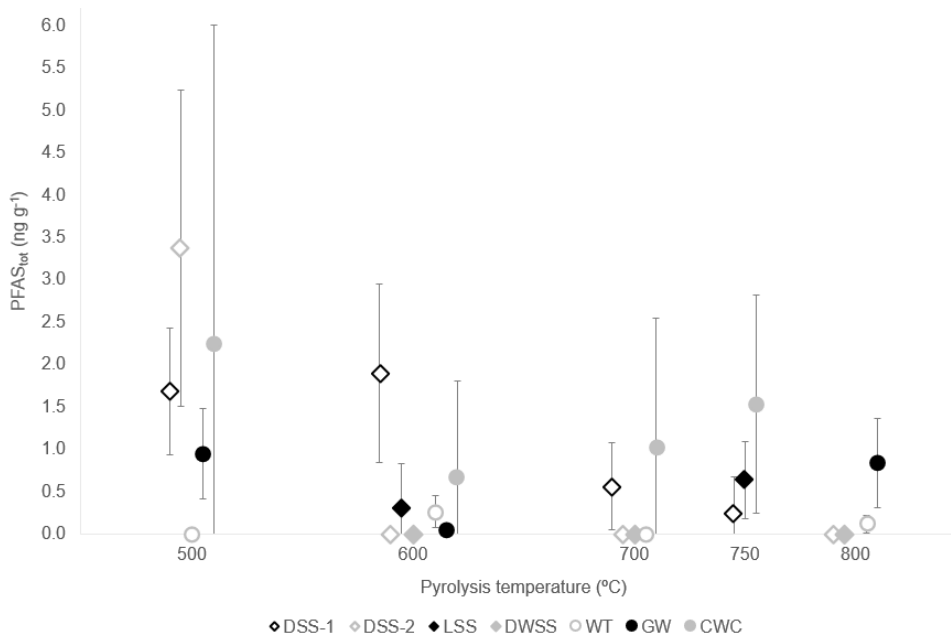
Figur 3. Slide af Henrik Petersen, som viser to typer biokul med hhv. bimodal og unimodal fordeling af R_o målinger

I samme præsentation kom Henrik ind på, hvordan de målte R_o -værdier for biokul påvirkes af pyrolyseprocessen. Der er fundet en sammenhæng mellem at R_o -værdierne for biokul stiger med en øget carboniseringstemperatur, og at biokul der er fremstillet med en carboniseringstemperatur over 600 grader primært har en unimodal fordeling af R_o -værdier over 2 (der er en forskel på pyrolysetemperatur og carboniseringstemperatur. Pyrolysetemperatur er typisk en angivelse af den maksimale temperatur, som biomassen bliver udsat for under pyrolysen. Carboniseringstemperaturen angiver temperaturen, hvor de kemiske transformationer af biomassens kulstof finder sted. Den kan være lavere end pyrolysetemperaturen for nogle dele af biomassen, hvis varmeoverførslen til biomassens indre er forsinket, eller hvis pyrolysen af biomassen afsluttes før maksimal temperatur for hele biomassen). I et andet oplæg talte Johannes Meyer zu Drewes fra Ithaka Institute om muligheden for at R_o -værdierne for biokullet kan påvirkes ved at tilsætte stenmel indeholdende Mg_2SiO_4 (forsterite) til pyrolyseprocessen. I deres resultater fandt de, at den gennemsnitlige R_o -værdi faldt ved tilsætning af stenmel ved en pyrolyseproces ved 450 grader, mens den steg ved tilsætning af 10-50% stenmel til en pyrolyseproces ved 750 grader. Indenfor samme tema præsenterede Ondřej Mašek fra University of Edinburgh resultater, der viste, at udbyttet af biokul samt biokullets stabilitet kunne øges ved at tilsætte mineraler eller aske (også indeholdende mineraler) til pyrolyseprocessen.

2) Miljøfremmede stoffer og remediering

Flere af konferencens oplæg havde fokus på sammenhængen mellem miljøfremmede stoffer i biomasse og biokul samt brugen af biokul i forbindelse med remediering af forurenede kilder, særligt jord og vand. Gerard Cornelissen fra Norges Geotekniske institut præsenterede forskellige perspektiver på, hvordan pyrolyse og udbringelse af biokul til jord kan bruges til at afhjælpe PFAS forurening. Pyrolyseteknologien kan bruges til at reducere forurening via to mekanismer. Dels vil pyrolyseprocessen af biomasse der er forurenet ødelægge PFAS og dels sørge for at PFAS går i gas eller oliefraktionen fra pyrolysen til senere afbrænding. Dermed ved det biokul, der kommer ud være "renset" for PFAS sammenlignet med den biomasse, der gik ind i processen. Dels kan biokul udbragt i jord hjælpe til at binde PFAS i jorden, så det ikke udvaskes til vandmiljøet eller optages i planter. I Figur 4 er gengivet nogle af de præsenterede resultater, hvor man har kigget på forekomsten af PFAS i biokul af forskellige typer forurenede biomasse som en

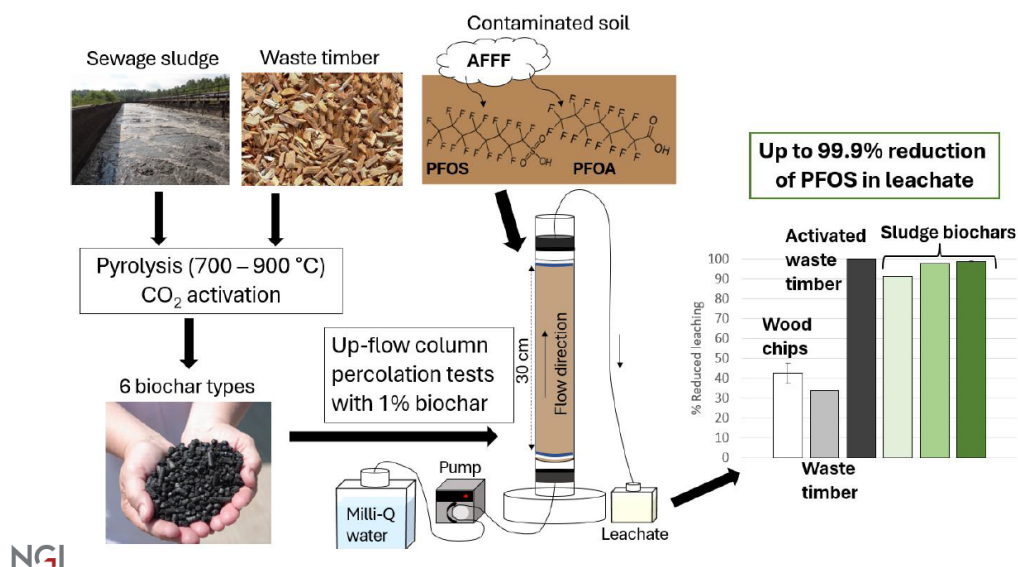
funktion af temperaturen. Det ses, at en øget pyrolysetemperatur generelt sænker det tilbageværende indhold af PFAS i biokullet.



Figur 4 indhold af PFAS i forskellige typer biokul som følge af pyrolysetemperaturen. Fra Sørmø et al. (2024)

Han præsenterede også resultater fra forsøg, hvor biokul var brugt til at remediere forurenet jord. I slidet vist i Figur 5 ses forsøgsopstilling og resultater fra et forsøg, hvor PFAS' mobilitet i en jordsøjle opblandet med forskellige typer biokul, blev undersøgt. Alle typer biokul viste sig at forbedre jordsøjle's evne til at tilbageholde PFAS fra den udvaske vandmængde. Biokul fra spildevandsslam var de mest effektive typer biokul i undersøgelsen. Et forsøg efter samme princip er gentaget i lysimetre nedgravet i jord udendørs og viser samme effekt at biokul.

Study: pyrolysing waste to make soil amendment

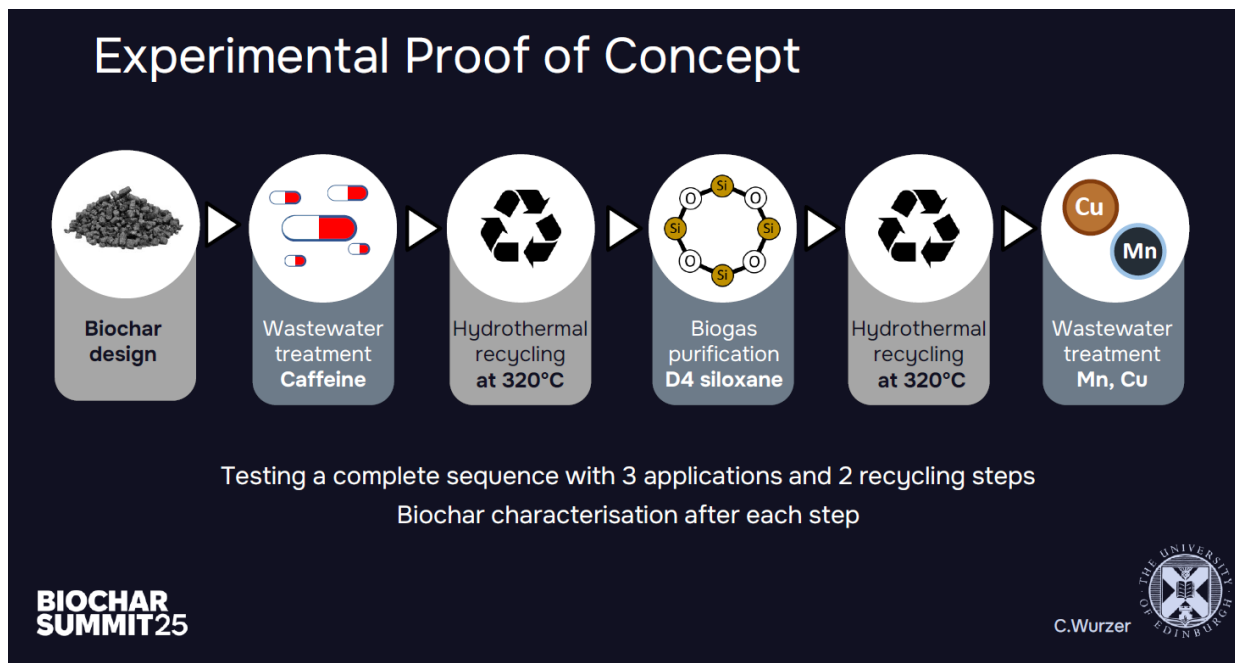


Sørmø, et al. *Science of the Total Environment*, 922, 170971.

Figur 5. Slide fra Gerard Conelissen med forsøgsopstilling og resultater fra et søjleforsøg med mobiliteten af PFAS i jord

Indenfor samme tema præsenterede Christian Wieth fra AquaGreen resultaterne fra et projekt, hvor man havde undersøgt anvendelsen af biokul fra spildevandsslam til at rense spildevand for medicinrester. Mange rensningsanlæg anvender i dag aktivt kul produceret fra træ. Deres undersøgelse viste, at biokul for nogen typer af medicinrester kunne være lige så effektivt som aktivt kul fra træ, mens det for andre typer af medicinrester var mindre effektivt end aktivt kul. For ingen af de undersøgte stoffer var biokul mere effektivt end aktivt kul. Undersøgelsen demonstrerer dog en mulig use case for biokul, der produceres fra spildevandsslam på rensningsanlæg som led i hygiejnisering af spildevandsslam.

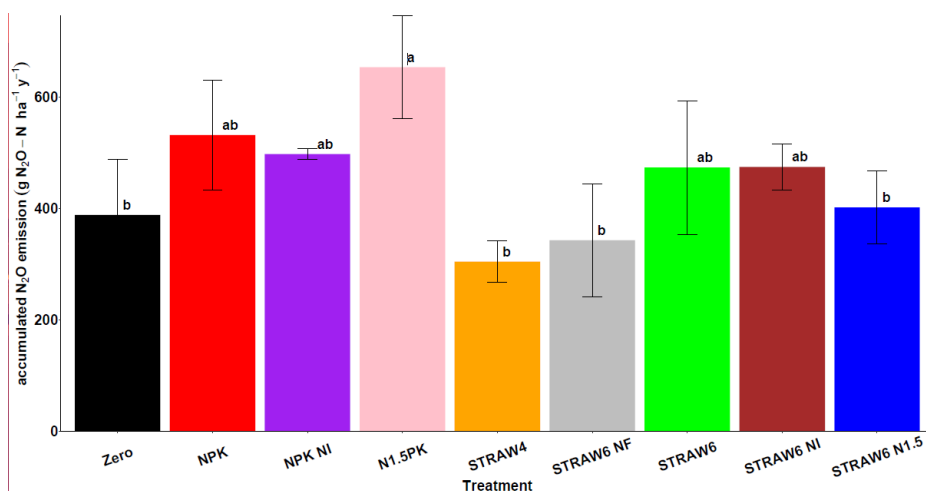
I et andet oplæg under temaet for remediering præsenterede Christian Wurzer fra University of Edinburgh en innovativ business case for biokul, hvor biokullet genbruges til remedieringsformål hos flere forskellige aktører, før det ender i jorden. I Figur 6 herunder er konceptet vist. Det går ud på at biokul skal bruges til forskellige oprensningsformål i adskilt af hydrotermiske behandlinger til rensning af biokullet.



Figur 6 Slide fra Christian Wurzer, som viser konceptet for anvendelsen af det samme biokul til flere formål.

3) Anvendelse af biokul i landbrugssammenhæng

På konferencen var der også forskellige demonstrationer af use cases for biokul i en landbrugssammenhæng. Jonathan Hessner Lindhardt fra KU præsenterede resultater fra markforsøg, hvor de har målt effekten af at bruge forskellige typer biokul som nitrifikationsinhibitor (NI). I forsøget havde de anvendt forholdsvis høje doser af biokul udbragt på overfladen i et forsøg uden jordbearbejdning. Man havde ligeledes også anvendt kombination af biokul og traditionel kemisk NI. Forsøget viste, at biokul produceret på halm ved 400 °C (STRAW4 i figuren) ikke reducerede lattergasemissioner signifikant. Derimod reducerede halmbiokul produceret ved 600 °C (STRAW6) lattergasemissionerne markant ved 1,5 gange gødningsdosis (N1.5PK og STRAW6 N1.5). Samtidig blev der observeret negative effekter af høje doser biokul på udbyttet i begge forsøgsår. Dette kan muligvis hænge sammen med, at biokullet også have en reducerende effekt på N-min i jorden. Dog opretholdt STRAW6 i kombination med 1,5 gange N-gødning stabile udbytter uden en stigning i lattergasudledning. Anvendelse af nitrifikationshæmmere blev ikke påvirket af samudbringning med STRAW6, og der blev ikke observeret nogen signifikant reduktion i N₂O-emissioner i disse behandlinger (se Figur 7).



Figur 7. Resultater præsenteret af Jonathan Hessner Lindhardt på biokuls effekt på lattergasemissionen fra mark

I en anden præsentation viste Silvia Baronti fra National Research Council, Institute of Bioeconomy i Italien resultaterne fra et forsøg, hvor biokul var brugt til jordforbedring i en vinmark. Biokullet havde tydelige positive effekter på udbytter og på en lang række jordparametre. Studiet gav dermed nogen spændende perspektiver for anvendelsen af biokul i systemer med flerårige afgrøder.

4) Analyse og karakterisering af biokul

Raissa Rossi, postdoc ved DTU, holdt et oplæg omkring deres igangværende undersøgelser af indholdsstoffer i biokul i sammenligning med den biomasse, det er produceret af. Undersøgelserne er en opgave bestilt af Miljøstyrelsen (MST), hvor data skal spille ind i udformningen af den nye danske regulering for anvendelse af biokul i jord. I undersøgelserne ser de på følgende egenskaber og indholdsstoffer i biokul:

Elemental analysis	CHNSO
Characterization	Water and Ash content / pH / BET / WHC
Characterization	C _{org} / Electrical conductivity
Reactive nonmetals	Fluorine / Chlorine
Plant nutrients	NPK
Main elements	P, Mg, Ca, K, Na, Fe, Si, S
Heavy Metals	As, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn, Sb, Co, Mn, Tl, V
PAHs	Polycyclic aromatic hydrocarbons
PFAS	Per- and Polyfluorinated Substances
PCBs	Polychlorinated biphenyls
PCDDs/PCDFs	Polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans
DEHP	Bis (2-ethylhexyl) phthalate
LAS	Linear alkylbenzene sulfonates
NPEs	Nonylphenol Ethoxylates

I oplægget præsenterede Rossi deres indledende resultater for miljøfremmede stoffer i biokul og inputmaterialer. For tungmetaller var der en tydelig tendens til, at indholdet i biokullet var højere end i den oprindelige biomasse. Indholdet af tungmetaller var generelt højere i de analyserede prøver af biokul fra spildevandsslam sammenlignet med prøver af biokul fra biogasrestfibre og halm. Det analyserede indholdet af PFAS i den oprindelige biomasse varierede mellem biomassetyper, men også indenfor biomassetyper (halm og biogasrestfibre). Der var tydeligt højere og flere fund af PCB i halm i forhold til biogasrestfibre. Sammenlignede man fundet af PFAS og PCB i biomassen med indholdet i den pyrolyserede biomasse (biokul), havde pyrolysen nedbrudt stofferne i alle tilfælde, således at der i ingen af de undersøgte biokultyper kunne måles hverken PFAS eller PCB.

I et andet oplæg præsenterede William Homilius fra Eurofins deres tilgang til analyse biokul, herunder kvalitetssikring af analyserne.

Derudover gav Elisabeth Wopienka fra BEST technology og Moritz Spranger fra Cula Technologies hver en præsentation på anvendelsen af brug af måledata fra pyrolyseprocessen sammen med kunstig intelligens til at forudsige kvalitet og egenskaber for biokullet i realtime. Den form for procesovervågning kan få en stor værdi i forbindelse med certificering af biokul. Biokul skal opfylde forskellige krav til kvalitet: I forhold til salg af klimakreditter er det vigtigt at kulstoffet i biokullet er stabilt. I forhold til udbringelse i jord, skal biokullet holde sig indenfor grænseværdier for miljøfremmede stoffer. Disse egenskaber kan bestemmes vha. en traditionel laboratorieanalyse, men laboratorieanalyser er tidskrævende og omkostningstunge. Det er der et stort anvendelsespotentiale, hvis man i stedet kunne bestemme kvaliteten ned på hver enkelt bigbag af biokul ud fra målinger direkte på parametre i pyrolyseprocessen.

5) Biokul i andre industrier: byggematerialer og stål

Der var desuden flere sessions på konferencen, som omhandlede anvendelsen af biokul i stål, cement i bygge- og stålindustrien til at reducere klimaaftrykket. Selvom det ikke er et kernefokus for SEGES at følge den teknologiske udvikling tæt i de industrier, gav det alligevel giver det et nyttigt indblik i det potentielle marked for biokul uden for landbruget, og det kan være relevant i forhold til at forstå den samlede efterspørgsel og de incitamenter, som kan drive udviklingen og opskaleringen af teknologien. I en dansk kontekst er udbringning til landbrugsjord favoriseret over anvendelse i andre sektorer, fordi det forventes, at blive et krav fra myndighederne i forbindelse med den økonomiske støtte til pyrolyse.

Planteafgiftsfonden