

# Biokul – et klimamæssigt kinderæg

Som alle der kunne se fjernsyn eller gik i biografen i 1990'erne ved, så får man hele tre ting hvis man køber et kinderæg. Det lyder jo besnærende, og det lykkedes da også reklamen, at overbevise en del forældre om at de skulle købe sådan et til deres børn. Tre-ting-på-en-gang eller tre-fluer-med-et-smæk er altså noget der appellerer til vores indre købmand, og selvom børnene fra 90'erne i dag er blevet ældre, så skal der stadig tages stilling til produkter der hævder at give adskillige fordele. Produktion og anvendelse af biokul er et højaktuelt eksempel på et nyt kinderæg, der udråbes til at rumme op til flere fordele i forhold til at løse klodens – og især landbrugets – klimaudfordringer. I denne artikel stiller vi derfor os selv følgende spørgsmål:

Er biokul et klimamæssigt kinderæg?

---

SANDER BRUUN, TOBIAS PAPE THOMSEN,  
DORETTE MÜLLER-STÖVER &  
LARS ELSGAARD

---

## Biokullets historie

Biokul er et trækulagtigt produkt, som dannes ved pyrolyse af biomasse. Der er sådan set ikke noget nyt ved trækul. Det dannes som et restprodukt i de fleste brande, fx i skovbrande og når heden blev brændt af i gamle dage. Det er også blevet produceret til industrielle formål i hundredvis af år. Det nye er, at nogle har fået den idé, at man kan producere det specifikt med det formål at putte det i landbrugsjord. Men hvorfor nu det?

Ideen om at putte biokul i jord kommer fra de så kaldte "Terra Preta do Indio" jorde som findes i Amazonasregionen. Figur 1 viser en sådan jord fra Brasilien. Terra preta betyder "sort jord" og var før 1950'erne kendt blandt lokale bønder som nogle meget frugtbare jorde, hvor man kunne opnå gode udbytter i sammenligning med de nærliggende jorde som var af ringe kvalitet. Det fik nogle forskere til at fatte interesse for jorderne og de



Figur 1. Jordprofil af en "Terra Preta" jord ved Amazonasfloden tæt på Manaus i Brasilien.



Figur 2. Tønde med biokul produceret ud fra halmpiller af Stiesdal SkyClean A/S.

fandt ud af, at de indeholdt store mængder af trækul, som var mange år gammelt. De fandt også andre ting i jordene såsom potteskår, og forskerne konkluderede, at de måtte være dannet af den præcolumbianske befolkning i området, ved at tilføre trækul og andre organiske materialer så som fiskeben. Herfra opstod ideen om at forbedre jords kvalitet ved at tilføre trækul eller biokul, som vi kalder det mere generelt, når det er lavet af forskellige slags biomasse.

I dag har vi nogle meget mere effektive måder at lave biokul på. Pyrolyse, som processen kaldes, kan udføres på forskellige anlægstyper, som alle har det til fælles, at biomasse opvarmes i en atmosfære, der indeholder meget lidt eller ingen ilt. Pyrolyseprocessen kan designes, så der samtidig med biokul også produceres gas og bio-olie, som kan bruges som

biobrændstof eventuelt efter opgradering til specifikke formål. Den del af biomassen som ikke bliver til gas eller bio-olie ender som biokul. Figur 2 viser en tønde med biokul produceret af halmpiller af Stiesdal SkyClean A/S. Stiesdal er en af flere danske virksomheder der udvikler pyrolyseteknologier til behandling af forskellige biomasser til energi og biokul.

Det er en vigtig pointe, at vi kan anvende en lang række forskellige biomasser til at producere biokul. Vi kan således bruge biomasser, som ellers ikke har de store anvendelsesmuligheder. Dette inkluderer organiske affaldsfraktioner og afgrøderester som fx spildevandsslam, græspulp fra grønne bioraffinerier, grøde fra vandløb, organiske reststrømme fra fødevarerindustrien, den faste fraktion af husdyrgødning, have-park affald,

afgasset biomasse fra biogasanlæg og halm og høstede efterafgrøder.

### Fordele ved anvendelse af biokul på landbrugsjord

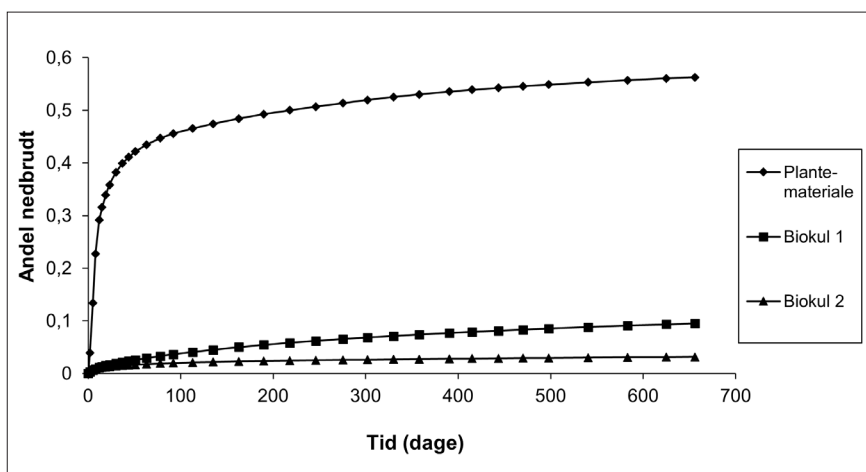
Vi har allerede indikeret, at biokul potentielt kan forbedre jordens egenskaber og produktivitet. Dette er tydeligt i tropenerne, hvor de oprindelige Terra Preta jorder findes. I de typiske udpinte og forsurede tropiske jorde hjælper biokullet med at forbedre egenskaber såsom: at øge kationbytningskapaciteten, hæve pH, og øge jordens vandholdende evne. Desuden tilføres der – afhængig af udgangsmaterialets sammensætning – også næringsstoffer såsom fosfor og kalium. Det er dog tvivlsomt om vi kan opnå de samme effekter i Danmark hvor kationbytningskapaciteten i mange jorde allerede er høj, pH løbende bliver reguleret (ved kalkning) og næringsstoffer bliver tilført efter behov. Der er dog stadig muligt, at man kan forbedre den vandholdende evne af nogle sandede jorde og dermed forbedre dyrkningssikkerheden. Det arbejdes der blandt andet med i projektet BioAdapt, hvor det bliver undersøgt og optimeret, hvordan tilførslen af finkornet biokul til grovsandede underjorde kan forbedre jordens vandholdende evne og planternes rodvækst. Der kan også være positive effekter relateret til biokuls mulige indvirkning på jordens tæthed og densitet. Endelig er det blevet fremført, at større partikler af biokul i jorden vil kunne skabe forbedret habitat for mikroliv, en slags landbrugsjordens koralrev. Disse effekter er dog ikke velundersøgte i dansk jord, og det er måske heller ikke hér, vi skal finde de største effekter af dette klimamæssige kinderæg. Det er dog noget, som det vil være interessant at få mere viden om.

Så hvis biokul ikke har de vilde effekter på udbytterne på de fleste jorde i Danmark, hvilke andre fordele kunne der så være ved at tilføre det til landbrugsjord? Jo, det kulstof som findes i biokullet er meget stabilt. Det vil sige, at biokul nedbrydes meget langsomt af mikroorganismer i jorden. Dermed kan en stor del af kulstoffet bindes i flere hundrede til tusinde år. Man betegner dette som en kulstof-negativ teknologi, fordi biomassen, som blev anvendt til at producere biokullet, har sit kulstof fra CO<sub>2</sub>, der for nyligt blev fixeret fra atmosfæren gennem fotosyntese, og dette kulstof bliver langtidsparkeret i jorden efter omdannelsen til biokul og dermed ikke frigivet som CO<sub>2</sub> igen. Figur 3 viser resultaterne af et forsøg, hvor nedbrydningen af kulstoffet i to forskellige slags biokul er sammenlignet med nedbrydningen af plantemateriale. Som det ses, nedbrydes plantematerialet meget

hurtigere end biokul, der dermed bidrager til at binde kulstof i jorden i lang tid. Biokul giver os dermed en mulighed for, at landbruget kan få et mindre klimaaftryk, hvis vi ellers kan binde nok kulstof i biokullet.

Udover lagring af kulstof, giver biokul også mulighed for at reducere andre drivhusgasser som metan og lattergas. Lattergas dannes især i marker i forbindelse med dyrkning af afgrøder og som en konsekvens af anvendelsen af kvælstofgødning. Metan udledes især i forbindelse med lagring af husdyrgødning. Så hvordan kan biokul sænke udledningerne af metan? Det kan det, hvis man laver biokul af fx fast staldgødning eller den faste fraktion af gylle eller afgasset biomasse fra biogasanlæg. Ved at fjerne den faste fraktion kan man sænke indholdet af organisk materiale i gyllen, som er det der fører til dannelse af metan. Hvis man bruger den faste fraktion til pyrolyse og produktion af biokul, så undgår man emissioner af metan fra lagringen af denne fraktion. Herudover vil tilførsel af gylle normalt fremme de processer, der danner lattergas i jorden, hvilket kan begrænses ved at fjerne noget af det tilgængelige organiske materiale i gyllen og stabilisere det i form af biokul.

Derudover er det en særlig – og ofte påvist – egenskab ved biokul, at det påvirker omsætningen af kvælstof i jorden på en måde så mikroorganismene frigiver mindre lattergas /1/. Præcist hvordan denne effekt opstår vides ikke med sikkerhed. Mulige forklaringer inkluderer at biokul faciliterer elektron-overførslerne i jorden, således at reduktionen af lattergas til frit kvælstof, som er en harmløs atmosfærisk gas, stimuleres. Det er også vist, at biokul kan binde nitrat i jorden og dermed begrænse denitrifikationen. En af de mere velunderbyggede forklaringer er, at biokul ved at hæve jordens pH øger effektiviteten af det enzym, der omdanner lattergas til frit kvælstof. Dette er i overensstemmelse med danske studier som fandt en sammenhæng mellem pH i jorde tilført forskellige mængder biokul og andelen af den totale denitrifikation, som havde lattergas som slutprodukt (figur 4). I det samme studie observeredes dog ikke nogen nedsat frigivelse af lattergas i behandlinger med biokul i et markforsøg /3/. Det kan muligvis skyldes klimaet i det pågældende år eller jordtypen, men det kan også skyldes de anvendte typer af biokul eller det undersøgte dyrkningsystem. Så længe vi mangler kendskab til de bagvedliggende mekanismer, er det svært at forudsige under hvilke forhold og med hvilke typer biokul, der kan forventes en betydelig reduktion af frigivelsen af lattergas fra dyrkede jorder efter tilførsel af biokul. Derfor under-



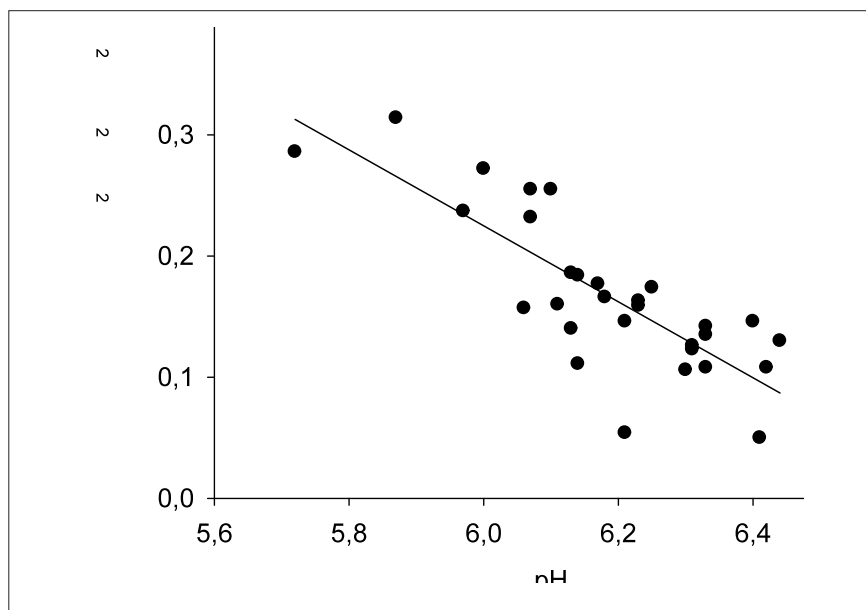
Figur 3. Frigivelse af CO<sub>2</sub> fra plantemateriale og to forskellige slags biokul produceret ved to forskellige temperaturer (Baseret på /2/).

søges disse mekanismer i det nystartede forskningsprojekt MitiChar. Ved at identificere mekanismerne er det håbet, at dette kan bruges til at finde måder at optimere produktionen af biokul, så vi opnår maksimal reduktion af lattergasudslip fra markerne.

### Er biokul så et kinderæg?

Er produktion og anvendelse af biokul så et klimamæssigt kinderæg? Ja, vi kan jo i hvert fald konkludere, at der er mindst 3 potentielle klimafordele: (i) Biokul kan binde kulstof meget lang tid i jorden og dermed forhindre at kulstoffet slipper ud som CO<sub>2</sub>, (ii) Pyrolyse af biologisk aktive biomasser kan forhindre emission af metan under lagring, og endelig kan (iii) tilførsel af biokul til landbrugsjord potentielt reducere mængden af lattergas, som dannes i forbindelse med

anvendelsen af kvælstofgødning i markerne. Derudover er der klimagevinsten ved en øget produktion af bioenergi fra anvendelse af den gas og bio-olie, der også produceres i pyrolysen. Hvordan effekterne fordeler sig i kinderæggets samlede klimaeffekt afhænger meget af omstændighederne, og det er noget af det, som der arbejdes med i forskningsprojekterne STABIL og LowHigh, som undersøger hele kæden for behandling af husdyrgødning og hvordan pyrolyse kan anvendes til at forbedre håndteringen af husdyrgødningen og afgasset biomasse. I 2021 undersøgte et studie halm-pyrolyses klimafodafttryk i Danmark, og det blev vurderet at pyrolyse af 1 ton halm ville give en klimaeffekt på omkring 1 ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter i forhold til effekten ved at nedmulde halmen direkte. Effekten var fordelt næsten ligeligt imellem effekten af at binde



Figur 4. Effekt af pH i jordprøver fra markforsøg med biokul på andelen af N<sub>2</sub>O dannet ved denitrifikation til lattergas (N<sub>2</sub>O) og frit kvælstof (N<sub>2</sub>) i laboratorie inkubationer (Baseret på /3/)

kulstof i jorden og effekten af at substituere fossil energi med bioenergi /4/. I dette studie var effekten på lattergasemissioner fra jorden ikke inkluderet, da der stadig mangler robuste data for danske forhold

### Men var der ikke også noget med en overraskelse?

Som nogle måske husker, så var den sidste ting, som man fik når man købte et kinderæg en overraskelse. Man vidste jo ikke hvad for noget legetøj, der var inde i ægget. Og det er selvfølgelig relevant at spørge, om vi også får en overraskelse, hvis vi investerer bredt i biokul og binder store mængder af kulstof på den måde? For der er helt bestemt fordele, men der er også potentielle ulemper. Som tidligere nævnt er biokul på ingen måde noget, der er nyt i miljøet, og det findes i dag overalt, men i begrænsede mængder. Vi bør derfor undersøge nøje, hvad der sker, når der tilføres store mængder, og det undersøges bl.a. i projekterne BioStore og EOM4SOIL. Vi bør være sikre på, hvad vi tilfører. Biokulet skal produceres under kontrollerede forhold, så man i meget stor udstrækning undgår dannelsen af forskellige polycykliske aromatiske hydrocarboner (tjærestoffer) og dioxin, som er meget giftigt. Man ved i dag rigtig meget om produktion og anvendelse af biokul, men mange af effekterne afhænger af komplicerede og kontekstspecifikke faktorer /5/. Derfor er det vigtigt, at alle muligheder for uheldige overraskelser såsom negative miljø- og systemeffekter undersøges grundigt og under realistiske forhold inden storskala implementering af teknologien rulles ud for alvor.

### Relevante projekter

**Stabil:** Reduktion af drivhusgasudledninger og øget kulstoflagring i jord via stabilisering af gødningsfibre som biochar. Finansieret af GUDP. Kontakt: Sander Bruun, sab@plen.ku.dk

**BioAdapt:** Biochar as a tool for climate adaptation in crop production on coarse sandy soil. Finansieret af GUDP. Kontakt: Dorette Müller-Stöver, dsst@plen.ku.dk

**LowHigh:** Low emissions and high energy production in manure handling chains. Finansieret af Innovationsfonden gennem Agri-FoodTure. Kontakt: Torkild Birkmose, tsb@seges.dk

**MitiChar:** Mitigation of climate impacts from plant production with biochar from straw and biogas digestates. Finansieret af Innovationsfonden gennem AgriFoodTure. Kontakt: Sander Bruun sab@plen.ku.dk

**BioStore:** Biochars for soil carbon storage and sustainable agriculture. Finansieret af Innovationsfonden gennem INNO-CCUS. Kontakt: Dorette Müller-Stöver, dsst@plen.ku.dk

**EOM4SOIL:** External organic matters for climate mitigation and soil health. Finansieret af EU Horizon 2020 under EJP Soil programmet. Kontakt: Lars Elsgaard, lars.elsgaard@agro.au.dk

**SkyClean Scale-up:** Finansieret af pyrolysepuljen 2022. Kontakt: Dorette Müller-Stöver, dsst@plen.ku.dk

### Referencer

/1/ Borchard, N., Schirrmann, M., Cayuela, M.L., Kammann, C., Wrage-Mönnig, N., Estavillo, J.M., Fuertes-Mendizábal, T., Sigua, G., Spokas, K., Ippolito, J.A., Novak, J., 2019. Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N<sub>2</sub>O emissions: A meta-analysis. *Sci. Total Environ.* 651, 2354–2364. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.060>

/2/ Bruun, S., Jensen, E.S., Jensen, L.S., 2008. Microbial mineralization and assimilation of black carbon: Dependency on degree of thermal alteration. *Org. Geochem.* 39, 839–845. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2008.04.020>

/3/ Thers H, Abalos D, Dörsch P, Elsgaard L., 2020. Nitrous oxide emissions from oilseed rape cultivation were unaffected by flash pyrolysis biochar of different type, rate and field ageing. *Sci Total Environ* 724, 138140. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138140.

/4/ Thomsen, T. P., 2021. Climate Footprint Analysis of Straw Pyrolysis & Straw Biogas: Assessment of the Danish climate crisis mitigation potential of two new straw management options. Roskilde Universitet. <https://forskning.ruc.dk/da/publications/klimaaftryk-fra-anvendelse-af-halm-i-pyrolyse-og-biogas-en-analyse>

SANDER BRUUN er lektor på Københavns Universitet hvor han arbejder med landbrugets påvirkninger af klimaet og teknologier der kan bruges til at reducere påvirkningerne. Adresse: Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Thorvaldsensvej 40, 1871 Frederiksberg C, e-mail: sab@plen.ku.dk

TOBIAS PAPE THOMSEN er lektor på Roskilde Universitet hvor han bl.a. arbejder med udvikling og analyse af nye klimavenlige værdikæder baseret på produktion og anvendelse af biokul. Adresse: Institut for Mennesker og Teknologi, Universitetsvej 1, Bygning 02.1, 4000 Roskilde, e-mail: tpapet@ruc.dk

DORETTE MÜLLER-STÖVER er lektor på Københavns Universitet og arbejder med organiske restprodukter med fokus på deres gødningseffekt og potentiale for kulstoflagring i jorden. Adresse: Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Thorvaldsensvej 40, 1871 Frederiksberg C, e-mail: dsst@plen.ku.dk

LARS ELSGAARD er lektor på Aarhus Universitet og undersøger mikrobielle processer i jorden, der bidrager til optagelse og frigivelse af drivhusgasser samt næringsstoffer. Adresse: Institut for Agroøkologi, Blichers Allé 20, 8830 Tjele, e-mail: lars.elsgaard@agro.au.dk