

Planter, Natur og vandmiljø

6 alternative anvendelsesmuligheder for biokul i jorden

Biokul er mere end et klimavirkemiddel. Det kan potentielt binde næringsstoffer, reducere forurening, forbedre jordens vandbalance og meget mere. Her er seks mulige sidegevinster ved anvendelsen af biokul i landbrugsjord.

Viden om

Biokuls primære funktion i landbrugsjord er at lagre stabilt, pyrolyt kulstof i jorden. Når biokullets stabile kulstof ligger i jorden, holdes det ude af atmosfæren, og dermed har biokul en klimaeffekt. Denne klimaeffekt forventes at få en værdi for landbrugssektoren, enten gennem forretningsgørelse af tilknyttede klimakreditter, sparede CO₂-skatter/-afgifter eller gennem offentlige støtteordninger for kulstoflagring med biokul som led i indfrielsen af Danmarks klimamål.

Der er store ambitioner for udbringningen af biokul til landbrugsjord i de kommende år, og den primære drivkraft bag bliver den værdi, som er knyttet til klimaeffekten. Dog kommer biokul, udover kulstoflagring, med fysiske og kemiske egenskaber, som kan påvirke de fysiske, kemiske og biologiske processer i jorden.

Der er derfor mulighed for, at anvendelsen af biokul kan få positive sideeffekter. Det kan være med til at skabe et ekstra incitament for landmænd og andre arealforvaltere til at udbringe biokul til



jorden. Denne artikel vil give en oversigt over nogle af de mest oplagte muligheder for at tænke anvendelsen af biokul ind i at forbedre processer eller afhjælpe problematikker på landbrugsarealer.

6 alternative anvendelsesmuligheder for biokul

[Fold alle ud](#)

1. Biokul som gødningsmiddel

Biokul kan have en gødningsværdi pga. af sit indhold af næringsstoffer. Næringsstofferne kommer fra den biomasse, der var inputmaterialet for pyrolyseprocessen, så inputmaterialet betyder en del for biokullets gødningsværdi. Derudover har selve pyrolyseprocessen betydning for, hvor mange næringsstoffer, der er tilbage i biokullet, samt for tilgængeligheden af næringsstofferne.

Gødningsværdien vil variere mellem forskellige typer af biokul, men i grove tal indeholder biokul ca. 4-15 kg. kvælstof (N), 1-15 kg fosfor (P) og 10-40 kg. kalium (K) pr. ton. Kvælstof er generelt lavt tilgængeligt, da det bindes i stabile forbindelser i biokullets aromatiske strukturer under pyrolysen, fosfor har en moderat og varierende tilgængelighed, afhængigt af pyrolyseprocessen, mens kalium er meget let tilgængeligt som frit, vandopløseligt kalium.

Man kan derfor umiddelbart forvente en tydelig kaliumeffekt det første år efter tildeling af biokul, mens effekten som fosforgødning kan variere mellem forskellige typer biokul. Det skyldes dels, at der er stor forskel på, hvor meget fosfor der er de biomasser, som anvendes til produktion af biokul (eks. halm, biogasrestfibre og spildevandsslam), og dels at fosfor efter pyrolysen hovedsageligt vil være i biokullet som forskellige uorganiske fosfater (calcium-, magnesium-, jern- eller aluminiumsforbindelser) med varierende opløselighed. Opløseligheden af fosfatforbindelserne er pH-afhængig, så der er perspektiver for, at man måske kan øge tilgængeligheden af fosfor ved en efterbehandling af biokul med syre.

Der er igangværende forsøgsaktiviteter, der undersøger gødningseffekten af fosfor i biokul. De foreløbige resultater peger på, at førsteårseffekten er op mod 30-40 % af tripelsuperfosfat (TSP) og ned til meget begrænset, afhængig af biokul type og forsøgsomstændigheder. De foreløbige resultater er rapporteret i Landsforsøgene.

Læs mere: [Afrapportering af Landsforsøgene](#)

2. Biokul som kalkningsmiddel

Landbrugsjord kræver løbende kalkning for at opretholde et reaktionstal, der sikrer god næringsstofftilgængelighed. Biokul kan have en kalkningseffekt, når det udbringes i jorden, grundet basiske egenskaber ved biokullet. De basiske egenskaber ved biokul er knyttet til indholdet af basiske mineraler som carbonater (eks. CaCO_3 , MgCO_3 , K_2CO_3), oxider (eks. MgO) og hydroxider (eks. $\text{Mg}(\text{OH})_2$). Indholdet heraf kan variere en del mellem forskellige typer biokul.

SEGES innovation har i 2024 gennemført laboratorieanalyser af kalkningspotentialer for forskellige typer biokul fremstillet hos danske pyrolysevirksomheder på halm, biogasrestfibre, hønsemøg og spildevandsslam.

Analysen fandt, at biokullene havde kalkningspotentiale svarende til mellem 1,6-11 % af ren calciumcarbonat (CaCO_3) – som er hovedbestanddelen af almindelig jordbrugskalk. Biokul fremstillet på halm scorede lavest, mens biokul fremstillet på hønsemøg scorede højest.

Med en typisk kalkningspraksis med almindelig jordbrugskalk tildeles jorden ca. 1 ton ren CaCO_3 pr. ha hvert 6 år. Hvis man skal erstatte denne mængde kalk 1:1 med biokul, ville det derfor kræve mellem 9-64 ton biokul pr. ha hvert 6 år, eller 1,6-11 ton pr. ha i årlige tildelingsrater. De tildelingsmængder må betegnes som meget høje i forhold til nuværende anbefalinger og lovgivning. Det kan dog være relevant at indregne den supplerende kalkningseffekt af biokul i kalkningsplanerne. Især hvis man forestiller sig et fremtidsscenario, hvor der måske vil være landmænd der udbringer det meste af deres biokul på begrænsede arealer frem for at sprede det tyndt på alle bedriftens arealer.

Det vil derfor være relevant at undersøge kalkningseffekten af biokul yderligere gennem markforsøg for at vurdere dets potentiale som kalkningsmiddel. I den forbindelse vil det være relevant at få kortlagt biokullets reaktivitet i praksis - altså hvor hurtigt det kan hæve jordens reaktionstal efter udbringning.

3. Biokul til at forbedre jordens vandbalance

Når biokul ligger i jorden, vil det påvirke det jordens fysiske egenskaber i forhold til hvordan vand og næringsstoffer kan bevæge sig i jorden. Biokul har potentiale for at ændre på jordens vandholdende evne, vandledningsevnen, dræning og infiltrationsevne afhængigt af jordtypen, biokullets egenskaber og af hvordan biokullet indarbejdes i jorden. Zoomer man helt ind på det mikroskopiske niveau, har biokul en porøs struktur med et højt overfladeareal, som i sig selv er i stand til at tilbageholde vand og næringsstoffer.

Zoomer man et niveau ud, består biokul af partikler, som alt efter størrelse vil indlejre sig mellem jordpartiklerne og påvirke jordens struktur. Alt efter biokulpartiklernes form, størrelse og fordeling i jorden, kan de skabe nye porer eller ændre på jordens eksisterende porennetværk og dermed påvirke udvekslingen af vand og luft i jorden.

I princippet har biokul potentiale for at være et meget alsidigt værktøj med hensyn til at ændre jordens vandbalance: I sandede jorde vil biokul i fine partikler af biokul potentielt kunne øge jordens vandholdende evne ved at indlejre sig mellem sandpartikler og øge jordens

vandretention. I kompakte og lerholdige jorde vil biokul i grove partikler modsat kunne virke som strukturforbedring og fremme dræning og infiltration og dermed reducere risikoen for vandmætning.

Den effekt man kan forvente af biokul på jordens vandbalance afhænger altså i høj grad af biokullets fysiske egenskaber, samt af hvordan det indarbejdes i jorden.

I en dansk sammenhæng er det relevant at undersøge om man kan forbedre jordens evne til at holde på vand og næringsstoffer for grovsandede jorde (JB 1), som udgør ca. 24 % af det danske areal. I den sammenhæng har SEGES Innovation og Københavns Universitet etableret et forsøg nær Esbjerg på grovsandet jord (JB 1) for at undersøge biokuls potentiale for at forbedre jordens vand- og næringsstofholdende evne samt afgrødernes rodudvikling.

I forsøget er overjorden gravet af, derefter er der blandet store mængder fintformalet biokul i underjorden, hvorefter overjorden er blevet lagt tilbage på. Forsøget har også kontrolbehandlinger, hvor underjorden blot er blevet gravet op og blandet med sig selv, før den er lagt tilbage. De foreløbige resultater viser en tendens til, at biokul nedbragt i underjorden på denne måde, kan øge udbytte og proteinindhold i afgrøden.

Læs mere om forsøget: [Udbytter og rodvækst i forsøg med biokul som jordforbedring ved tilførsel til underjorden](#)

4. Biokul til remediering af forurenede jord

Jordforurening er tilstedeværelsen af uønskede eller skadelige stoffer i jorden, der kan stamme fra industrielle aktiviteter, affaldsdeponering, landbrug eller spild af kemikalier. De kan udgøre en risiko for grundvandet, økosystemerne. Jordforurening i forbindelse med landbrug skyldes typisk anvendelse af pesticider, der kan ophobes i jorden og sive ned i grundvandet samt udvaskning af nitrat som følge af gødning. Derudover kan tungmetaller fra visse typer gødning og bioaske også ophobes i jorden.

Biokul kan potentielt set bruges som et værktøj til at fjerne, reducere eller stabilisere forurenende stoffer fra jorden. Det skyldes biokullets store overfladeareal og porevolumen, samt tilstedeværelsen af en række forskellige funktionelle kemiske grupper på overfladerne i biokullet. Disse fysiske og kemiske egenskaber ved biokul fremmer adsorptionen af flere forskellige typer stoffer på samme tid – herunder organiske forbindelser som pesticider og pesticidrester samt tungmetaller og næringsalte.

Biokullet kan på den måde virke som en svamp for disse stoffer, så mobiliteten af dem i jorden nedsættes og de i mindre grad spredes til grundvand eller økosystemer. Desuden vil immobiliseringen af tungmetaller eller pesticidrester eller andre miljøfremmede på overfladen i biokul, gøre dem mindre tilgængelige for planteoptag. Der er umiddelbart ikke noget der taler for, at biokullet i sig selv skulle have en katalytisk effekt til at nedbryde stoffer der bindes til biokullet. Effekten er snarere, at biokullet opsamler og binder stofferne og på den måde virker ligesom et filter.

Der mangler stadig et stort forsknings- og udviklingsarbejde med henblik på at få belyst, hvordan denne effekt af biokul kan udnyttes i praksis. En lovende potentiel anvendelse kunne være anvendelsen af biokul i minivådområder, som er konstruerede vådområder designet til at reducere næringsstofudvaskning fra landbrugsarealer. Ved forsøg i udlandet har man set, at anvendelsen af biokul som et ekstra filter i et minivådområde kan medvirke til at tilbageholde pesticidrester og andre organiske forbindelser ganske effektivt.

Der mangler dog forsøg, der belyser hvordan det eventuelt kan anvendes i en dansk sammenhæng. Der mangler blandt andet viden om effekten af forskellige typer biokul på det danske marked, og hvordan de konkret skal indarbejdes i mini-vådområdet for at opnå den bedste effekt. Derudover er det et vigtigt spørgsmål, om der med tiden kan komme en mikrobiel omsætning af f.eks. pesticidrester i biokullene, eller om der sker en ophobning, som efter noget tid i drift ville skulle håndteres for ikke at komme til at udgøre et nyt miljøproblem.

5. Biokul til reduktion af markens kvælstoftab

En del af det kvælstof, der tilføres markjorden med gødning, tabes med udvaskning af nitrat og fordampning/emission af ammoniak (NH_3) og lattergas (N_2O), hvilket er et problem for både klima og miljø.

Biokul kan potentielt indvirke på alle tre tabsveje:

- **Reduktion af udvaskning:** Biokul kan medvirke til at reducere udvaskningen af nitrat gennem de tidligere beskrevne effekter på jordens vandholdende evne, som kan medvirke til en reduktion i den nedadgående vandbevægelse i jorden. Derudover kan adsorbering af kvælstofforbindelser i biokullets overflade gøre dem mindre tilgængelige for udvaskning.
- **Reduktion af ammoniakfordampning:** Biokul kan reducere ammoniakfordampning fra marker ved at adsorbere ammoniak som følge af det høje overfladeareal og porøsitet. Derudover har mange typer af biokul også høj CEC (kationbytningskapacitet) på grund af

funktionelle grupper som carboxyl- og hydroxylgrupper på overfladen. På den måde kan biokul binde den positivt ladede ammonium-ion (NH_4^+) gennem elektrostatiske interaktioner, hvilket kan medvirke til at reducere ammoniakfordampning.

- **Reduktion af lattergasemissioner:** Lattergas er en potent klimagas, der dannes under mikrobielle processer som nitrifikation og denitrifikation i jorden, især under iltbegrænsede forhold og ved højt kvælstofindhold. Der er en lang række forsøg, der tyder på, at biokul kan have en effekt til at reducere udledningen af lattergas, om end man stadig ikke kender mekanismen for det. Forsøg tyder på, at effekten nok ikke er vedvarende, men primært ses de første 1-2 år efter tilførsel af biokul.

Når man kigger på tværs af internationale studier, er der de klareste tendenser for at biokul kan reducere tabet af kvælstof via reduktioner i nitratudvaskning og lattergasemission, mens der er mere varierende resultater for reduktioner af ammoniakfordampning fra marken. Dog er der studier, der har vist ret markante reduktioner af ammoniakfordampning fra gylle, når biokul iblandes gyllen i forbindelse med udbringning eller i gylletanken.

I et land som Danmark, hvor der er et stærkt fokus på at mindske tabet af kvælstof til miljøet, er det oplagt at tænke biokul ind som et værktøj til yderligere optimering af kvælstofudnyttelsen til gavn for både klima, vandmiljø og udbytter. Kvælstofvinklen er allerede tænkt ind i mange eksisterende forsøg og forskningsprojekter med biokul, og der forventes at komme flere resultater, der er relevante for en dansk sammenhæng, i de kommende år. F.eks. har SEGES Innovation været med til at undersøge effekten af biokul som nitrifikationshæmmer i danske markforsøg, og resultaterne heraf forventes offentliggjort i løbet af 2025.

6. Biokul til forbedring af effekten af planteværnsmidler og biostimulanter

Biokul ændrer jordens kemiske og fysiske egenskaber og kan dermed påvirke effekten af kemiske og biologiske jordmidler. Biokul kan påvirke effekten af jordmidler på flere måder. Som beskrevet i tidligere afsnit har biokul en høj adsorptionskapacitet og kan derfor binde de kemiske forbindelser i planteværnsmidler og reducere deres tilgængelighed.

Det kan være en fordel ved at mindske risikoen for udvaskning til grundvand økosystemer. Dog kan bindingen også omvendt føre til lavere biotilgængelighed for ukrudtsplanter og dermed medføre, at jordmidler skal anvendes i større doser af for at opnå den samme ønskede effekt. Det kan medføre øgede omkostninger og miljømæssige udfordringer.

En innovativ måde at udnytte denne effekt på, kunne være en praksis, hvor biokul udbringes omkring afgrøden i forbindelse med etablering, så effekten af jordmidlerne sænkes lige omkring afgrøden, men til gengæld ikke på resten af arealet.

Biokuls effekter på plantebeskyttelsesmidler er beskrevet detaljeret i artiklen: [Effekten af plantebeskyttelsesmidler i samspil med biochar](#).

Et andet eksempel, hvor biokul kan have en positiv effekt, er i forbindelse med biostimulanter baseret på mikroorganismer. En udfordring for denne type biostimulanter er at få de tilførte mikroorganismer til at etablere sig i jorden, da de udsættes for konkurrence fra eksisterende mikroflora og ugunstige miljøforhold.

Hvis biostimulanterne tilføres sammen med biokul, kan biokullet i teorien designes fungere som en beskyttende niche, der giver mikroorganismene ly i biokullets porøse struktur. Det kan være med til at sikre et beskyttet mikroklima, hvor de tilførte mikroorganismer er favoriserede og har mulighed for at sikre sig et udgangspunkt og starte kolonisering af jorden, før de udkonkurreres.

Ovenstående effekter er demonstreret gennem potte- og søjleforsøg, som viser lovende resultater. Dog mangler der stadig forsøg under danske markforhold, der belyser potentialet for anvendelsen i praksis.

Referencer

Baral, K. R., McIlroy, J., Lyons, G., & Johnston, C. (2023). [The effect of biochar and acid activated biochar on ammonia emissions during manure storage](#). *Environmental Pollution*, 317.

Bolan, N., Sarmah, A. K., Bordoloi, S., Bolan, S., Padhye, L. P., Van Zwieten, L., Sooriyakumar, P., Khan, B. A., Ahmad, M., Solaiman, Z. M., Rinklebe, J., Wang, H., Singh, B. P., & Siddique, K. H. M. (2023). [Soil acidification and the liming potential of biochar](#). *Environmental Pollution*, 317.

Bolan, S., Hou, D., Wang, L., Hale, L., Egamberdieva, D., Tammeorg, P., Li, R., Wang, B., Xu, J., Wang, T., Sun, H., Padhye, L. P., Wang, H., Siddique, K. H. M., Rinklebe, J., Kirkham, M. B., & Bolan, N. (2023). [The potential of biochar as a microbial carrier for agricultural and environmental applications](#). In *Science of the Total Environment* (Vol. 886). Elsevier B.V.

Ndoug, O. C. N., Figueiredo, C. C. de, & Ramos, M. L. G. (2021). [A scoping review on biochar-based fertilizers: enrichment techniques and agro-environmental application](#). In *Heliyon* (Vol. 7, Issue 12). Elsevier Ltd.

Pandey, D., Singh, S. V., Savio, N., Bhutto, J. K., Srivastava, R. K., Yadav, K. K., Sharma, R., Nandipamu, T. M. K., & Sarkar, B. (2025). **Biochar application in constructed wetlands for wastewater treatment: A critical review**. Journal of Water Process Engineering, 69.

Schmidt, H., Kammann, C., Hagemann, N., Leifeld, J., Bucheli, T. D., Sánchez Monedero, M. A., & Cayuela, M. L. (2021). **Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses**. GCB Bioenergy, 13(11), 1708–1730.

Viaene, J., Peiren, N., Vandamme, D., Lataf, A., Cuypers, A., Jozefczak, M., & Vandecasteele, B. (2023). **Biochar amendment to cattle slurry reduces NH₃ emissions during storage without risk of higher NH₃ emissions after soil application of the solid fraction**. Waste Management, 167, 39–45.

Emneord

Jordbund

Kalk

Klima

+1

Publiceret: 19. december 2024

Opdateret: 19. december 2024

Vil du vide mere?



Nikolaj Jensen

Jord & Dyrkningssystemer

SEGES Innovation P/S

nije@seges.dk

Støttet af

Planteafgiftsfonden

SEGES Innovation P/S Tlf. 8740 5000
Agro Food Park 15 Fax. 8740 5010
8200 Aarhus N Email info@seges.dk