

Planter, Økonomi og ledelse

Udbringningsteknik til biokul

Anvendelse af biokul kan ske ud fra meget forskellige formål. Set fra et teknisk perspektiv er vi nødt til at definere formålet med udbringning af biokul, før vi vælger teknik til udbringning på eller i landbrugsjorden.

Viden om

Formålene kan f.eks. være:

- Som klimavirkemiddel til lagring af CO₂ i århundreder
- Som jordforbedrende tiltag for at øge jordens evne til at holde på nedbør
- Som middel til at reducere næringsstofftab og pesticidudvaskning.
- Som gødning for tilførsel af næringsstoffer

Ved anvendelse som gødning og til jordforbedrende tiltag er god fordeling meget vigtigt. Hvis formålet derimod blot er lagring af CO₂, er det ikke nødvendigt at fokusere på nøjagtig spredning eller 100 % homogen indarbejdelse i jorden.

Biokul er ikke ét produkt

Biokul fremstilles i Danmark oftest af halm eller gyllerestfiber, men kan fremstilles af al biologisk materiale. Halm er en begrænset og efterspurgt resurse i Danmark. Derfor er forventningen, at



produktion af biokul vil blive koblet på biogasanlæg, så gyllefiberfraktionen pyrolyseres til biokul, gas og olie.



Billede 1. Pilleret biokul. Foto: Henning Sjørsløv Lyngvig, SEGES Innovation.

Oftest pilleteres det biologiske materiale før pyrolysering, så det færdige biokul stadig har en pillestruktur. En anden metode er flash-pyrolyse, hvor det færdige produkt er i pulverform.

Valg af den maskintekniske løsning til udbringning er altså afhængig af, hvad formålet med udbringningen er, samt om biokullet er i pille- eller pulverform. Modsat skal der ved valg af biokul stilles krav til kvalitet og type alt efter formålet.

Spredning af biokul

SEGES Innovation spredetests i 2022

SEGES Innovation udførte i 2022 spredetests, for at undersøge hvor stor arbejdsbredde det er realistisk at fordele biokul på i pilleteret form. Et udgangspunkt kunne være at tilbageføre den halmmængde der produceres på marken efter pyrolyse.

Vi forudsætter et halmudbytte på 3.800 kg/ha. Ved pyrolyse bliver ca. 29 % af halmen til biokul. Med en tørstofindhold på 85 %, giver det ca. 940 kg biokul/ha. Biokul indeholder 69 % kulstof. 89 % vil

være tilbage efter 100 år, svarende til ca. 580 kg kulstof/ha eller 2.100 kg CO₂-ækvivalenter/ha.

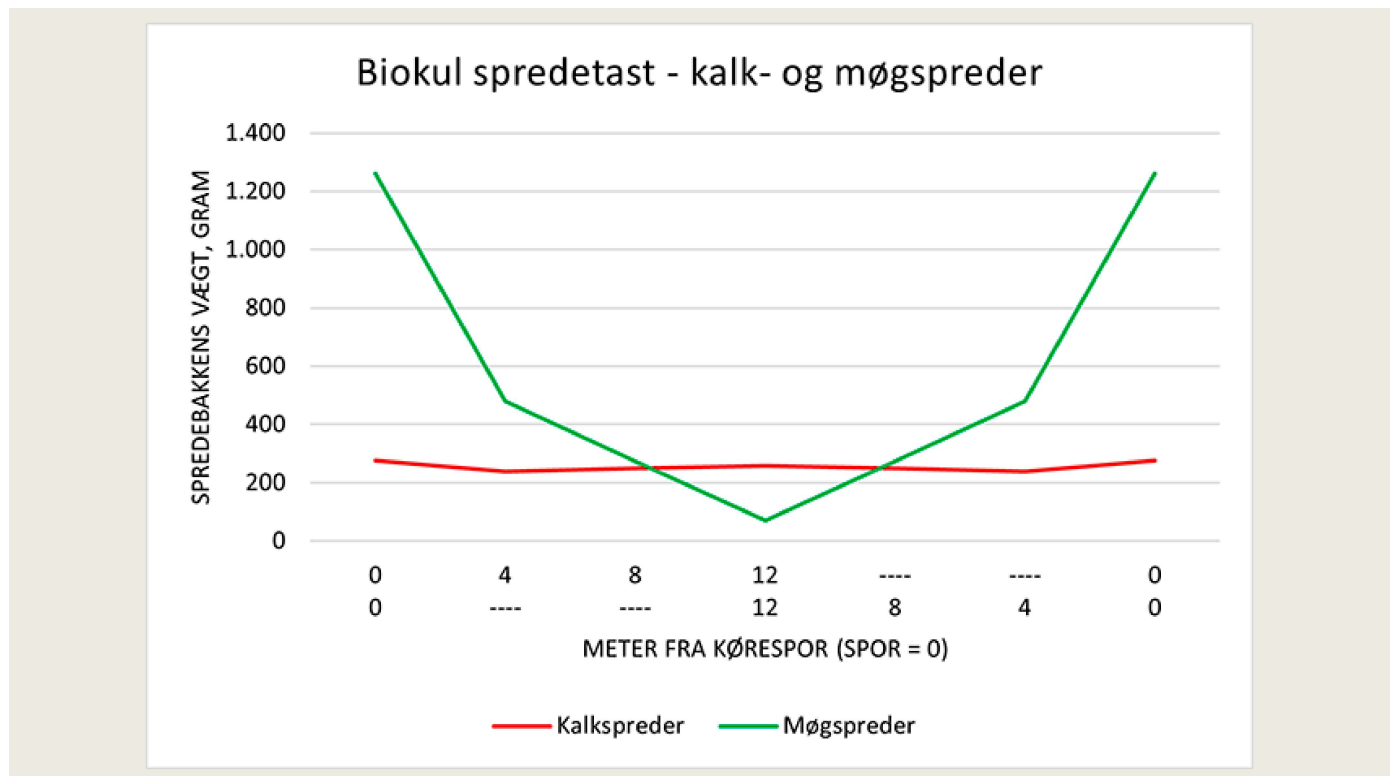
Et andet udgangspunkt kunne være at tilbageføre biokul i større mængder for at minimere udbringningsomkostningerne. Ved udbringning af biokul fra gyllefiberfraktion er det et mere sandsynligt scenarie. Der blev anvendt to maskintyper ud fra to scenarier:

- Hvis opgaven er spredning af biokul i moderat mængde på 3-6 ton pr. ha, for at opnå en gødningseffekt, er god fordeling vigtigt: Til den opgave valgte vi en Bredal K-XE kalkspreader til spredning af moderate mængder, fordi den med sin unikke opbygning med fem meter mellem spredetallerknerne har de bedste muligheder for at sprede så bredt som muligt. Spredetesten blev udført med kalkspredninger. Den anden grund til valget er stor tankkapacitet og dermed større udbringningskapacitet, hvilket vil resultere i en mindre udbringningsomkostning.
- Hvis opgaven er udbringning af biokul i stor mængde på mere end 10 ton pr. ha, med det mål at lagre CO₂, er god fordeling mindre vigtigt. Til den opgave valgte vi en Samson SPE-21 møgspreader. Til spredning af stor mængde biokul har kalkspreaderen for lille udmaderkapacitet, hvilket vil nødvendiggøre meget lille fremkørselshastighed. Og lav fart vil være lig med stor udbringningsomkostning.

Begge udbringningsteknikker findes i stort omfang hos landbrug og maskinstationer. En rationel løsning for spredning kunne være, at en lastbil aflæsser biokul i marken, hvorefter en læsemaskine og den valgte spredeløsning sørger for udbringningen på marken, ligesom ved kalkspredning.



Biokullene anvendt i spredetesten var opfugtet til 25 % vand, havde en densitet på 470 kg/m³ og en kornstyrke på kun 1-2 kg, hvor en god handelsgødning har en kornstyrke på 3-5 kg. Der blev placeret Yara-spredebakker 20 m på hver side af køresporet med en individuel afstand på fire meter. Efter spredetesten er spredebillederne opgjort, og den realistiske spredebredde vurderet, ved at sammenlægge spredebilledet til der opnås en acceptabel spredebredde.



Figur 1. Fordelingen med kalksprederen og møgsprederen på 24 m. Henning Sjørslev Lyngvig, SEGES Innovation.

Kalksprederen leverede en overraskende god spredning op til 24 m bredde med en variationskoefficient på kun 6%. Det er et rigtigt godt sprederesultat (skalaen er 0-100%, hvor 0% er bedst). Der var næsten ingen overlap mellem trækkene – kun på de yderste fire meter.

Møgsprederen leverede en mindre god fordeling. Spredebredden skulle reduceres til 8 m for at opnå en acceptabel variationskoefficient, og det var meget svært at dosere mængden.

Variationskoefficienten ved 8 m var 16 %. Men ved udbringning af store mængder biokul vil udbringningen sandsynligvis ske på stub. I den situation er den lille afstand mellem sporene ikke et problem.

SEGES Innovation følger op med nye spredetests i 2025. Her vil vi undersøge spredbarheden af biokul fra gyllefiberfraktion. Biokuls sprederegenskaber er optimeret siden 2022, så spredbarheden

forventes at være markant bedre end i 2022. Desuden forventes mindre støvafgivelse.

Samson spredetest i 2024

Samson Agro har i 2024 gennemført en spredetest med en US-universalspreder. En mere avanceret spreder end SPE-møgsprederen der blev anvendt i 2022 SEGES Innovation spredetesten. En væsentlig forbedring på US-sprederen, sammenlignet med SPE-sprederen, er at US-sprederen har spredetallerkener med spredevinger monteret, så hele tallerkenen drejer med rundt.

Herved kan sprederen bedre tilføre materialet energi, og spredevingernes vinkling kan justeres i forhold til det materiale der skal spredes. Der kan monteres 2, 3, 4 eller 6 spredevinger pr. tallerken. SPE-møgsprederen har en fast bundplade, som spredevingerne roterer på.

En anden forbedring er en justerbar spredeklap på US-sprederen, der kan indstilles helt ned til spredevingerne, for yderligere optimering af spredetallet.

Der er sket en stor udvikling af biokuls kvalitet og spredbarhed siden 2022. De spredte biokulpiller oplyses en densitet på 750 kg/m^3 (imod 475 kg/m^3 i 2022) og en kornstyrke på 5-7 kg (imod 1-2 kg i 2022). Det øger spredbarheden markant. Desuden bliver biokul nu nedsænket i vand efter pyrolyse, for at minimere risikoen for selvantændelse. Vandindholdet oplyses til 20-30 %.



Billede 3. Spredetest af biokul med Samson US-universalspreder. Foto: Gabriel Lund, Samson Agro.

Spredetesten er udført med forbillede i den metode Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft (DLG) anvender. Der er placeret spredebakker helt op ad hinanden. DLG interpolerer normalt i sporene. Samson anvendte gummispredebakker i sporene. De vil kun kunne opsamle materialet delvist.

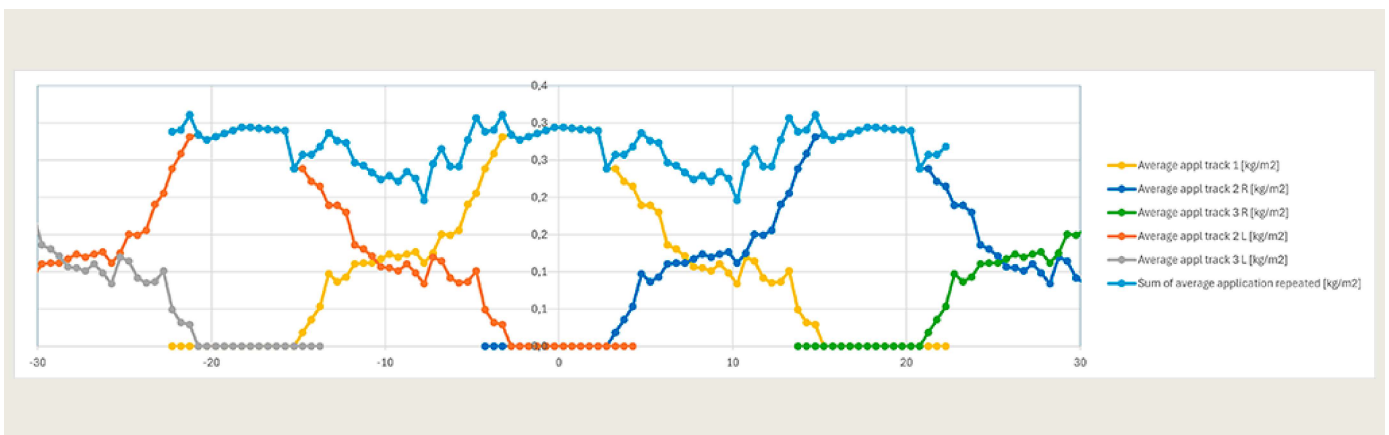
Der var opstillet tre rækker bakker med 5-10 m mellemrum. Bakkerne i de 3 rækker med ens afstand fra midten blev hældt sammen før vejning. I 2022 SEGES spredetesten havde vi 4 m mellem bakkerne og interpolerede. Vi anvendte én række bakker, men overkørte ad flere omgange.

Tabel 1. Undersøgte indstillinger på Samson US

Indstilling (nr.)	Dosering (ton/ha)	Åbning af baglågen (afstand til tallerken, mm)	Vinkling af spredevinger (grader)
1	3	150	-10
2	6	150	-10
3	3	180	-10
4	6	180	-10
5	3	150	0
6	6	150	0
7	3	180	0
8	6	180	0
9	3	150	10
10	6	150	10
11	3	180	10

Indstilling (nr.)	Dosering (ton/ha)	Åbning af baglågen (afstand til tallerken, mm)	Vinkling af spredevinger (grader)
12	6	180	10

Figur 2 nedenfor viser fordelingen når spredebilledet beregnes for 18 m spredebredde. Fordelingen gælder indstilling nr. 6 i tabel 1. Den blå kurve øverst viser en pæn ens fordeling med en variationskoefficient (CV) på kun 10,7 % (0-100, hvor 0 er bedst). Den opnåede variationskoefficient er meget positivt.



Figur 2. Den blå kurve øverst viser fordelingen på 18 m spredebredde, med en CV på kun 10,7 %.

Den tilførte mængde er lavere end de indstillede 6 ton/ha, fordi den indstillede spredebredde var 12 m. Figur 2 er beregnet på 18 m, hvilket medfører reduceret uddosering. En anden grund til den mindre mængde var, at der fordampede meget fugt fra spredebakkerne, i tiden mellem spredning og vejning, på grund af gode vejrforhold.

Opsummering:

- Ved spredning på 14-19 m arbejdsbredde er variationskoefficienten lavere end 15 %
- Ved spredning på 20 m arbejdsbredde er variationskoefficienten 15,2 %
- Ved spredning på 18 m arbejdsbredde er variationskoefficienten kun 10,7 %
- Samson beregner kapaciteten til 30 ton/time eller 17 ha/time inkl. læsning af biokul i marken.

Udbringning af biokul i gylle

Tilførsel af biokul i gylletanken kan overvejes, da det kan sikre ensartet fordeling og reducere støvproblemer ved udbringning. Der er risiko for at biokul bundfælder i tanken. Modsat kan let biokul måske lægge sig som et flydelag ovenpå gyllen. Derfor skal der være fokus på grundig og vedvarende omrøring af gylletanken under hele udbringningen.

Opblanding i gylle er undersøgt i 2022, ved en markdemonstration der viste, at tilførsel af en mængde svarende til 1,1 ton biokul/ha øger gyllens tørstofindhold med ca. 3,7 procentpoint. Forøgelsen betyder, at der kun kan tilsættes begrænsede mængder biokul til gylletyper, der i forvejen er tørstofrige.



Billede 4. Test af udbringning af biokul med gyllevogn på slætgræs. Foto: Henning Sjørsløv Lyngvig, SEGES Innovation.

Ved markdemonstrationen blev der tilsat op til 74 kg biokul pr. ton kvæggylle, svarende til at der ca. blev udbragt 2,2 ton biokul pr. ha. Denne dosering påvirkede gyllevognens udbringningskapacitet. Det vurderes derfor, at der maksimalt kan udbringes 2 ton biokul pr. ha, hvis opblandingen sker i tørstofrige gylletyper som kvæggylle og afgasset biomasse. Ved større mængde er der risiko for tilstopning i gyllevognens fordeler.

Ved opblanding i f.eks. svinegylle, der har lavere tørstofindhold, kan der tilføres større mængde.



Billede 5. Gyllestreng uden biokul t.v. Gyllestreng med biokul t.h. Foto: Martin Nørregaard Hansen, SEGES Innovation.

Da biokul har en stor volumen, skal gylletanken have tilstrækkelig merkapacitet ift. det normale opbevaringsbehov. Desuden vil tilsætning af biokul i gylle øge gyllens tørstofindhold og overflade efter udbringning (se billede 4), hvilket kan øge ammoniaktabet fra den udbragte gylle.

Udsåning ved såning gennem gødningsskær

Der blev i 2023 forsøgt at anlægge et forsøg med anvendelse af biokul som startgødning ved såning af majs. Det mislykkedes, fordi uddoseringsvalsen slemmede helt til med biokulmasse, fordi biokullet var porøst og vandmættet.



Billede 6. Sammenslemmet biokulmasse i gødnings-uddoseringsvalse. Foto: Martin Mikkelsen, SEGES Innovation.

Kvaliteten af biokul er blevet bedre siden 2022-2023. I dag har pillerne en meget større kornstyrke. Det taler for, at biokul måske kan bruges i en såmaskines gødningstank i 2024-2025. Det der taler imod, er at biokulpiller i dag har et større vandindhold end i 2022-2023, da biokul nu sænkes ned i vand efter produktion for at eliminere faren for selvantændelse.

Nedbringning af biokul i jordlaget 30-80 cm

Københavns Universitet udførte i 2014 søjleforsøg, der påviste en udbytteforøgelse på op til 22 % i vårbyg ved indarbejdning af hhv. 1 % og 2 % halmbiokul i jordlaget 25-100 cm. For at undersøge effekten i markforsøg etablerede SEGES Innovation i samarbejde med Københavns Universitet parcellforsøg i foråret 2023 på grovsandet jord (JB1) ved Agerbæk, Vestjylland. Formålet var at undersøge biokuls jordforbedrende egenskaber på grovsandet jord.



Billede 7. Opblanding af underjorden med tvangsblender. Foto: Henning Sjørsløv Lyngvig, SEGES Innovation.

Etablering af forsøget

Forsøget er etableret i jordlaget 30-80 cm dybde og i felter af 5 x 5 m. Overjorden (30 cm) blev afrømmet i alle forsøgsled med gravemaskine, hvorefter ét felt ad gangen blev gravet op i 80 cm dybde og lagt i en bunke. Der blev anvendt en tvangsblender til at opblende den opgravede underjord med den ønskede mængde biokul.

Der er fire forsøgsled med fire gentagelser:

1. Ingen opgravning
2. Opgravet uden tilsætning af biokul
3. Opgravet og blandet med 1,5 % biokul
4. Opgravet og blandet med 3,0 % biokul



Billede 8. Forsøgspareller efter iblanding, men før pålægning af overjord. Foto: Rikke Lykke Eriksen, SEGES Innovation.

Udbytteopgørelse 2024

En af de potentielle udbytter af iblanding af biokul i underjorden på sandjord er øgning af jordens vandretention – jordens evne til at holde på nedbør. Der er opgjort udbytter efter høsten 2024, hvor der ikke var mangel på vand på forsøgslokaliteten. Derfor var vandretention ikke en væsentlig faktor i 2024 udbytteopgørelsen:

Table 2. Forsøgsresultater 2024. Merudbytter ved tilførsel af biokul i underjorden på JB1.

Vinterrug	Pct. råprotein	Udb. og merudb., kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
2024. 1 forsøg			
1. Ubehandlet	7,9	113 ab	89,8
2. Opgravet underjord	7,7	0 b	1,9

Vinterrug	Pct. råprotein	Udb. og merudb., kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha
3. Opgravet underjord iblandet 1,5 pct. biokul	8,5	15 ab	5,5
4. Opgravet underjord iblandet 3,0 pct. biokul	8,5	17 a	6,9
LSD		13	ns

Forsøgsresultaterne i tabel 2 viser kraftig tendens til merudbytter, ved iblanding af biokul i underjorden, på op til 6,9 hkg kerne/ha (ikke signifikant) samt op til 17 kg N i kerne/ha (signifikant). Det har haft en lille effekt i sig selv, at jorden er gravet op og lagt tilbage igen. Ved maltbyg er værdien af merudbyttet i niveauet 1.200 kr./ha.

Økonomi ved iblanding af biokul i underjorden

Hvis iblanding af biokul i underjorden skal foretages i stor skala, og hvis vi fastholder forudsætningen om, at der skal tilstræbes 100 % homogen opblanding, kendes der kun én metode:

- Jordoverfladens koter registreres før afrømning, så jordoverfladen kan reetableres
- 30 cm overjorden afrømmes med en bulldozer med GPS dybdestyring til miler
- Biokul blandes med en kalkstabiliseringsfræser i de 50 cm underjord, der er blotlagt
- De 30 cm overjord tilbageføres med bulldozer, så koterne reetableres – eller overfladenivelleres.

Jordarbejdet estimeres at koste mindst 150.000 kr./ha. Med 4 % rente giver det en årlig omkostning på ca. 6.000 kr./ha. Der bør udvikles en ny maskine, der kan reducere etableringsomkostningerne.

Biokul og reduceret jordbearbejdning

De Landsforsøg SEGES Innovation har gennemført, påviser ikke foreløbigt en signifikant gødningseffekt. Formålet er altså lagring af CO₂, hvorfor spredning ovenpå jorden umiddelbart er tilstrækkeligt. Biokul forventes fremadrettet primært at komme fra gyllefiberfraktionen, hvor biokul indeholder en relativ stor mængde fosfor, der kan frigives ad åre.

Derfor bør der vurderes, om der er risiko for partikeltransport ved spredning på jordoverfladen. Biokul kan bl.a. flyttes af nedbør, hvis man bor på en kuperet lokalitet. Hvis det udgør en risiko, bør det overvejes, om biokul skal nedbringes ved øverlig harvning for at fiksere det.

Der kan også argumenteres for øverlig nedarbejdning ud fra det potentiale med reduktion af næringsstoffab, pesticidudvaskning og klimagasser fra jorden som nævnes i "Vejledning i anvendelse af biokul på landbrugsjord". Desuden kan der være potentiale for en strukturforbedring ved nedarbejdning i overjorden på lerjord.

Andre artikler om biokul

[Vidensyntese om biokul i dansk landbrug \(AU\)](#)

[Vejledning i anvendelse af biokul på landbrugsjord](#)

[Hvordan spreder vi biochar på marken?](#)

[Udbringning af biochar til landbrugsjord via opblanding i gylle](#)

[Kan biokul tilført underjorden øge både udbytte og kulstoflagring på grovsandet jord?](#)

[Prisniveau for opblanding af biokul i 30-80 cm dybde](#)

[Samson spreading trails with biochar](#)

Emneord

Biogas

Klima

Landsforsøg

+4

Planter

Tema: Maskiner og Markteknik - dyrkning og håndtering af landbrugets afgrøder

På denne side samles artikler og undersøgelser om bl.a. tørring og opbevaring af salgsafgrøder, FarmTest, lovgivning om landbrugets køretøjer, maskinøkonomi og meget mere. Siden er målrettet landbrugskonsulenter i DLBR systemet, landmændene og i nogen gr...

Publiceret: 11. november 2024

Opdateret: 11. november 2024

Vil du vide mere?



Henning Sjørsløv Lyngvig

Landskonsulent, Markteknik

SEGES Innovation P/S

hsl@seges.dk

+45 9117 7620



Michael Højholdt

Landskonsulent, cand. agro.MBA

SEGES Innovation P/S

mih@seges.dk

+45 2171 7781

Støttet af

Planteafgiftsfonden

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