

Planter

## Ny vidensyntese om brug af biokul i dansk landbrug

En ny rapport fra Aarhus Universitet samler den tilgængelige viden om biokul i dansk landbrug. Du får et overblik over, hvor langt forskningen er i dag og et bud på, hvilke videnshuller og forskningsbehov, der stadig er på området.

Viden om

### Stigende fokus på biokul

Der har de seneste år været en stigende opmærksomhed på biokul, bl.a. på grund af dennes effekt til at holde på kulstoffet i jorden og derved mindske CO<sub>2</sub>-udledningen fra landbruget, men også fordi biokul i nogle tilfælde kan anvendes som jordforbedringsmiddel. Derfor har Landbrugsstyrelsen ønsket at samle den tilgængelige viden om biokul, og det har resulteret i den nyligt udgivne vidensyntese af Aarhus Universitet.

#### Kort om ny vidensyntese

- Muligheder for produktion af biokul fra biomasserne halm, biogasfibre og spildevandsslam
- Nuværende og fremtidige biomassepotentialer for pyrolyse i Danmark
- Biokuls indflydelse på jordens fysiske og kemiske egenskaber i forskellige jordtyper
- Biokuls påvirkning af levende organismer i jorden
- Potentialet for langvarig kulstofbinding
- Hvordan biokul påvirker jordens udledning af drivhusgasser
- Næringsstofindhold i biokul og effekten på næringsstofferne i jorden
- Mulige effekter på udbyttet i marken ved brug af biokul.

Læs eller hent rapport om vidensyntesen: [Knowledge Synthesis on Biochar in Danish Agriculture \(au.dk\)](#)

### Reference-scenarier

Der er i vidensyntesen lavet en analyse af potentielle råmaterialer til produktion af biokul under danske forhold. En af de primære faktorer i forhold til valg af biomasse til pyrolyseprocessen er, at tørstofindholdet skal være højt, for at der kan drives en hurtig proces i industriel skala. Derudover skal biomasserne være tilgængelige lokalt og til en fornuftig pris.



Man har i vidensyntesen, ud fra disse kriterier, valgt at fokusere på spildevandsslam, halm og afgassede fibre fra biogasanlæg. For at kunne analysere klimapåvirkningen af produktion og anvendelse af biokul i landbruget, er der anvendt tre reference-scenarier, som er brugt til sammenligning med scenarierne, hvor biomasserne pyrolyseres. Referencescenarierne ses i tabel 1.

I referencescenarierne estimeres det, at for henholdsvis nedmuldet halm, biogasfibre og spildevandsslam vil ca. 3, 10 og 12,5 % af det tilførte kulstof være tilbage i jorden efter 100 år.

## Tabel 1. Beskrivelse af referencescenarierne hvor biomasserne ikke pyrolyseres

Biomasse	Reference-scenarie
Halm	Halmen efterlades på marken efter høst og inkorporeres i jorden
Afgassede fibre fra biogasanlæg	Den separerede fiberfraktion lagres og udbredes på landbrugsjorden
Spildevandsslam	Spildevandsslammet separeres og den faste fraktion undergår en anaerob nedbrydningsproces, hvorefter det udbringes på landbrugsjorden

Forholdet mellem brint (H) og kulstof (C) i biomassen er en væsentlig parameter, der karakteriserer den langsigtede kulstofstabilitet i biokullet. Et lavt forhold er ønskeligt, da en lavere H/C ratio giver et mere stabilt biokul, som kan bindes længere tid i jorden. Vidensyntesen lægger op til, at man fastsætter en tærskelværdi på 0,7, som det foreslås af European Biochar Certificate (EBC). Det betyder, at biomasser med et H/C forhold højere end 0,7 ikke bør karakteriseres som biokul.

### Opsummering:

- I vidensyntesen fokuseres der på biomasserne halm, afgassede fibre fra biogasanlæg samt spildevandsslam.
- Det estimeres at der uden pyrolyse vil være hhv. 3%, 10% og 12,5% af det tilførte kulstof tilbage i jorden efter 100 år ved udbringning af halm, afgassede fibre fra biogasanlæg og spildevandsslam
- H/C-forholdet i biokullet skal være mindre end 0,7 for at det kan karakteriseres som biokul.

## Produktion af biokul

Produkterne af pyrolyseprocessen er biokul, bio-olie og gas. Det organiske materiale begynder at blive nedbrudt ved 350-550 grader og nedbrydningen kan fortsætte op til 700-800 grader, uden at der er ilt til stede. Hvor stor en andel af biomassen der ender som hhv. biokul, bio-olie og gas afhænger af flere parametre, bl.a. temperaturen, opholdstiden i reaktoren, tryk mm. Egenskaberne for den producerede biokul afhænger desuden af, hvilken biomasse den er produceret af samt procesbetingelserne. Generelt vil en højere pyrolysetemperatur give et lavere udbytte af biokul. Til gengæld giver det en biokul med højere pH-værdi, hvilket gør at kalkvirkningen stiger, når biokullet tilsættes i jorden. Derudover giver en højere temperatur også mere organisk kulstof (dvs. en lavere  $H/C_{org}$  ratio) og et højere askeindhold.

Firmaet AquaGreen markedsfører en proces der kombinerer tørring og pyrolyse til behandling af spildevandsslam. Her forventer de at kunne producere 500 kg biokul fra 1000 kg spildevandsslam (på tørvægtsbasis). Stiesdal SkyClean A/S, som for nyligt har bygget et nyt anlæg i GreenLab Skive, er den primære aktør i Danmark indenfor pyrolyse af halm. De forventer at kunne producere 290 kg biokul ud fra 1000 kg halm (på tørvægtsbasis). Det antages desuden, at der ved produktion af biokul fra afgassede biogasfibre kan produceres 430 kg biokul fra 1000 kg biogasfibre (på tørvægtsbasis).

I vidensyntesen har AU beregnet, at der i alle tre scenarier med brug af biokul fra hhv. halm, biogasfibre og spildevandsslam vil være 63% af kulstoffet i biokullet tilbage i jorden efter 100 år. Disse tal kan dog ikke direkte sammenlignes med tallene i referencescenarierne, hvor hhv. 3, 10 og 12,5% af kulstoffet i halm, biogasfibre og spildevandsslam vil være tilbage efter 100 år. Dette skyldes at en stor del af det oprindelige kulstof i biomassen tabes ved pyrolyseprocessen.

### Opsummering:



- Procesparametre som temperatur, opholdstid i reaktor og tryk har betydning for hvor stor en andel af biomassen der ender som biokul
- Generelt vil en højere pyrolysetemperatur give et lavere udbytte af biokul, men en højere pH-værdi og en lavere H/C-ratio
- Ved pyrolyse af halm, afgassede fibre fra biogasanlæg og spildevandsslam samt efterfølgende udbringning af biokul herfra, estimeres det, at der efter 100 år vil være 63% af kulstoffet i biokullet tilbage i jorden.

## Biomassepotentialer

I videnssynthesen er der ud fra estimater af de nuværende og fremtidige ressourcer lavet en analyse af biomassepotentialerne for halm, biogasfibre og spildevandsslam til pyrolyse. Halm er den største ressource, men også den ressource der er mest i konkurrence med andre anvendelsesmuligheder.

I dag estimeres den uudnyttede ressource af halm (korn, raps og græsfrøhalm), som potentielt vil kunne bruges til pyrolyse, til 1,99 mio. ton tørstof. I dette tages der højde for, at nogle landmænd ønsker at beholde halmen på ejendommen som kilde til organisk stof til forbedring af jordens struktur mm.

Udover den del af halmen der ikke udnyttes i dag, er der også potentiale for at pyrolyse i fremtiden kan konkurrere om den mængde halm der i dag bruges til energiformål (1,38 mio. ton tørstof). Hvis det viser sig at være favorabelt, vil det øge det samlede potentiale til 3,37 mio. ton tørstof.

Videnssynthesen peger derudover på, at det i fremtiden vil være muligt at vælge kornarter og -sorter med en højere mængde halm, såfremt landmændene kan se en forretning i øget salg af halm. På den anden side vil det være sandsynligt, at det samlede landbrugsareal mindskes pga. ønsket om flere naturarealer, vådlægning af landbrugsarealer mm. Det estimeres derfor, at der i et optimeret scenarie for 2030 vil være 3,09-3,85 mio. ton tørstof halm tilgængeligt til bioenergi og bioraffinering.

For biogasfibre tages der udgangspunkt i anvendelsen af husdyrgødning til biogas (+25 % tilførsel af andre råvarer). Det antages, at det i 2022 vil være 25 % af husdyrgødningen der udnyttes til biogasproduktion, hvilket giver en potentiel tilgængelighed af biogasfibre på 0,46 mio. ton tørstof. Siden videnssynthesen blev udgivet, har SEGES Innovation beregnet, at det i 2022 er 30 % af husdyrgødningen der afgasses i biogasanlæg, hvilket øger den potentielle tilgængelighed af biogasfibre til pyrolyse.

I scenarieberegninger for 2030, antages det, at 50 % af al fast gødning og 90% af den totale mængde gylle udnyttes til biogas. Derudover medregnes der en ændring i husdyrproduktionen på ± 20 %. Samlet anslås det, at der potentielt vil være 1,14-1,71 mio. ton tørstof fra biogasfibre tilgængelige til pyrolyse.

Der er stor usikkerhed forbundet med beregningerne af den tilgængelige mængde af spildevandsslam, da forskellige opgørelser har vist en forskel på op til 30 % i tilgængeligheden af slam. I videnssynthesen er det estimeret, at der i dag udbringes 0,08-0,09 mio. ton spildevandsslam (i tørstofmængde) på landbrugsjord, og som potentielt ville kunne være blevet pyrolyseret inden udbringning.

Hertil kommer 0,02 mio. ton slam som i dag forbrændes, og som muligvis vil kunne pyrolyseres i stedet for. Der forventes ikke nogen væsentlig ændring i slammængden over tid, hvorfor der både i et nuværende og et 2030-scenarie estimeres en tilgængelig mængde på 0,10-0,11 mio. ton tørstof spildevandsslam.

### Tabel 2. Estimering af mængde af halm, biogasfibre og spildevandsslam tilgængelig til pyrolyse i dag og i 2030.

Biomassetype	Ressource i dag (mio. tons tørstof)	Potentiel ressource i 2030 (mio. tons tørstof)
Halm (korn, raps, frøgræs)	1,99-3,37	3,09-3,85
Biogasfibre	0,46	1,14-1,71
Spildevandsslam	0,08-0,09	0,10-0,11

#### Opsummering:



- Halm er den største ressource, men også den ressource der er mest i konkurrence med andre anvendelsesmuligheder.
- Ved brug af biogasfibre til produktion af biokul antages det, at det i 2022 vil være 25 % af husdyrgødningen der udnyttes til biogasproduktion.
- Der er stor usikkerhed ift. beregningerne af den tilgængelige mængde af spildevandsslam, da forskellige opgørelser har vist en forskel på op til 30 % i tilgængeligheden af slam.

## Jordfysiske og -kemiske effekter af biokul

De jordfysiske egenskaber handler om samspillet mellem faste partikler, væske og gas i jorden. Dette samspil har betydning for, hvor godt jorden f.eks. kan understøtte plantevækst. I videnssynthesen har forfatterne derfor kigget på biokuls indflydelse på jordens fysiske egenskaber i forskellige jordtyper.

Udover at medvirke til at binde kulstof i jorden, er tilsætning af biokul til jorden også blevet rapporteret til at kunne medvirke til ændringer og ofte forbedringer af jordens fysiske og kemiske egenskaber. Disse ændringer af de jordfysiske egenskaber varierer dog meget og afhænger af, hvilken biomasse biokullet stammer fra samt pyrolysetemperaturen.

Derudover har det også betydning, hvilken type jord biokullet udbredes på. Forfatterne har gennemgået 31 videnskabelige artikler og peger på, at nogle af de jordfysiske parametre som generelt påvirkes af biokul er volumenvægten af jorden og tilbageholdelsen af vand i jorden. Analysen af artiklerne viser, at på tværs af jordtype og type af biokul medførte tilførsel af biokul et gennemsnitligt fald i volumenvægt på 9,7 % og en stigning på ca. 35 % i det plantetilgængelige vandindhold i planten. Den gennemsnitlige tilførsel af biokul for at opnå denne effekt var 2,48 %.

I gennemsnit var pløjelaget 20 cm dybt med en volumenvægt på 1,45 ton/m<sup>3</sup>, og omregnet svarer det til tilførsel af ca. 72 tons biokul/hektar. Den største effekt sås på sandjorde, men det ser ikke ud til at tilførsel af biokul på sandjord kan erstatte vanding af afgrøderne.

De kemiske egenskaber af biokul er mere forudsigelige, og to afgørende egenskaber som påvirker tilgængeligheden af både næringsstoffer og vand til afgrøderne er pH og CEC-værdi. Der er i videnssynthesen desuden lavet en gennemgang af diverse litteratur, som viser at biokul fra halm har en evne til at øge jordens pH, hvilket indikerer, at biokul i et vist omfang vil kunne erstatte tilsætning af kalk i jorden.

Det vil ikke kun have en økonomisk værdi, men også en klimaeffekt pga. undgået CO<sub>2</sub>-udledning fra tilsætning af kalken. Litteraturen angiver generelt meget forskellige værdier for CEC i biokul, men for sandjord er der rapporteret op til 30% forøgelse af jordens CEC-værdi ved tilførsel af biokul.

### Opsummering:

- Biokuls evne til at ændre jordens fysiske og kemiske egenskaber varierer meget og afhænger af hvilken type biomasse biokullet stammer fra samt pyrolysetemperaturen.
- De jordfysiske parametre som generelt påvirkes, er volumenvægten af jorden og tilbageholdelsen af vand i jorden.
- Biokul fra halm har en evne til at øge jordens pH og tilsætning af biokul på sandjord kan øge jordens CEC-værdi.


## Biokuls virkninger på jordbiologi

Biokul kan påvirke jordens biologi både positivt og negativt. Biokullets kemiske og fysiske egenskaber har stor indflydelse på, hvorvidt det er en positiv eller negativ effekt, og disse egenskaber bestemmes i høj grad af, hvilken biomasse biokullet stammer fra. Ligeledes har temperaturen og opholdstiden i pyrolyseprocessen betydning.

Derudover afhænger det i høj grad af jordbundens egenskaber, dyrkningspraksis og klimatiske forhold. Pyrolyseforholdene såsom temperatur og opholdstid samt hvilket materiale biokullet er produceret af, har desuden betydning for mængden af forurenende stoffer i biokul som f.eks. polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH'er) og tungmetaller.

Forfatterne har gennemgået litteratur, der beskriver effekterne af biokul på jordbiologien, og de har fundet, at virkningerne er afhængige af de specifikke egenskaber ved den pågældende type biokul og den mængde, der er udbragt. Forskellighederne i biokullet består blandt andet i andelen af let nedbrydeligt kulstof, partikelstørrelsen, porestrukturen og adsorptionskapaciteten i forhold til næringsstoffer i jorden. Desuden er biokullets virkninger på jordbundens biologi stærkt afhængige af jordbundsegenskaberne.

Undersøgelser af mikroorganismer har vist, at biokul kan ændre det mikrobielle samfund i jorden, men som tidligere nævnt er det ofte usikkert, om dette har en positiv eller negativ indvirkning på jordkvaliteten, om ændringerne er større end den, der ses med den normale påvirkning fra

 lbrugsdrift, samt hvor langvarige ændringerne er.

Videnssynthesen lægger derfor op til, at biokullets virkninger på jordens mikrobiologi bør opdeles i kort- og langsigtede virkninger, men indtil videre er der kun begrænsede data om langtidseffekterne. Det beskrives, at positive effekter af biokul kan skyldes faktorer, som at let nedbrydeligt organisk materiale frigives fra biokul lige efter udbringning på jorden, at biokullet modvirker forsuring ved at øge pH, eller at bedre porestrukturer og adgang til ilt giver forbedrede betingelser for mikrobiel aktivitet i jorden.

Negative virkninger kan skyldes forurenende stoffer i biokul som f.eks. PAH'er, flygtige organiske forbindelser (VOC'er) eller tungmetaller.

For di biokuls indvirkning på jordbiologien både afhænger af egenskaberne af biokullet samt jordegenskaberne, har det været vanskeligt for forfatterne at nå en generel konklusion fra det litteraturstudie der er lavet.

Videnssynthesen peger derfor på, at der er behov for en standardiseret karakterisering af biokul både i forhold til kemisk og fysisk karakterisering, men også i forhold til biologiske funktioner i jorden. Det kunne f.eks. være påvirkningen af mikroorganismer, som spiller en væsentlig rolle i kredsløbet af organisk materiale og næringsstoffer.

#### **Opsummering:**

- Biokuls virkning på jordbiologien er afhængig af de specifikke egenskaber ved den pågældende type biokul, den mængde der er udbragt samt egenskaberne af den jord den er bragt ud på.
- Undersøgelser af mikroorganismer har vist, at biokul kan ændre det mikrobielle samfund i jorden, men det er usikkert, om dette har en positiv eller negativ indvirkning på jordkvaliteten.
- Der er behov for en standardiseret karakterisering af biokul i forhold til biologiske funktioner i jorden, for at kunne nå en mere generel konklusion om biokuls påvirkning af jordbiologien.

## **Kulstofbinding i jorden og drivhusgasemissioner**

Videnssynthesen peger på, at der er et stort potentiale for lagring af kulstof ved inkorporering af biokul i landbrugsjord. Det skyldes, at biokul nedbrydes langsommere i jorden, end den oprindelige biomasse der blev brugt til produktion af biokullet. Dog varierer nedbrydningshastigheden for biokullet i jorden meget alt efter biokullets egenskaber, og hvilken jord biokullet udbringes på.

Selvom biokul generelt beskrives som værende stabilt på længere sigt, beskriver videnssynthesen, at en mindre og variabel andel af biokullets kulstof er relativt let omsætteligt. Hvor stor en andel afhænger af typen af biokul, og bør bestemmes for at kunne lave en mere præcis estimering af potentialet for kulstoflagring.

Den målestok der i dag bruges til karakterisering af den langsigtede stabilitet af biokul i jorden kaldes Fperm, og angiver hvor stor en andel af det oprindelige kulstof i biokullet der forbliver i jorden efter 100 år. Der er flere internationale studier, der beskriver nye metoder til estimering af biokullets langsigtede stabilitet i jorden. Bl.a. en metode hvor pyrolysetemperaturen bruges til at forudsige stabiliteten, samt en metode hvor estimering af stabiliteten baseres på det molære forhold mellem H og organisk C i biokullet.

Af videnssynthesen fremgår det, at flere internationale studier har vist, at biokul kan reducere udledningen af lattergas fra landbrugsjord med op til 38%. Dette er dog baseret på laboratoriestudier, og hvis der kun kigges på feltstudier, er effekten betydeligt mindre. Desuden er det usikkert, om effekten af biokul på lattergasudledningen fortsætter over flere år efter udbringning, og flere resultater tyder på, at effekten er størst i det første år.

Der er kun få danske feltstudier, hvor biokuls effekt på udledning af lattergas er blevet målt, og disse undersøgelser har ikke kunnet bekræfte en reduktion i udledningen af lattergas. Generelt er det gældende, for både forsøgene omkring kulstofbindingen i jorden samt forsøgene omkring biokuls evne til at reducere udledningen af lattergas, at der er tale om korttidsforsøg af typisk ét års varighed.

Videnssynthesen slår derfor fast, at der er behov for længerevarende forsøg under markforhold, hvis man skal kunne dokumentere, hvorvidt biokul på længere sigt kan reducere udledningen af lattergas fra dyrkningsjorden.

#### **Opsummering:**

- Der er et stort potentiale for lagring af kulstof ved inkorporering af biokul i landbrugsjord
- Selvom biokul generelt er stabilt, også over længere tid, er en mindre og variabel andel af biokullets kulstof er relativt let omsætteligt.
- Biokul kan reducere udledningen af lattergas fra landbrugsjord, men det er usikkert, om effekten af biokul på lattergasudledningen fortsætter over flere år efter udbringning.



# Biokul og næringsstoffer

Forfatterne har gennemgået flere internationale studier, og i disse er der gennemsnitligt fundet en signifikant positiv effekt af biokul på jordens dyrkningsegenskaber og på udbytter. De samme resultater er dog ikke fundet på tempererede jorde, som i Danmark, hvor man oftest ikke har kunnet påvise positive effekter på udbytter fra marken.

Biokul spiller således generelt en lille rolle for udbyttet på danske landbrugsarealer, der oftest er kalkede og har et højt indhold af næringsstoffer. Der kan ikke forventes en udbyttetigning, hvis produktionen allerede er tæt på det potentielt mulige niveau, hvilket er tilfældet for de fleste danske landbrugsjorde. Enkelte forsøg i mindre skala tyder dog på, at der på grovsandet jord kan opnås højere udbytter ved anvendelse af biokul.

På grovsandet jord kan frugtbarheden af jorden være lav, hvilket hovedsageligt skyldes en lav vandholdende kapacitet og mekanisk modstand mod rodvækst. Her kan jordforbedring med biokul have et potentiale til at øge afgrødeudbyttet. Af videnssynthesen fremgår det, at man i gennemsnit af en række forsøg har opnået en forøgelse af den tilgængelige vandmængde med ca. 50 % ved tilførsel af gennemsnitlig 1,85 % biokul. Antages det at pløjelaget er 25 cm dybt og har en volumenvægt på 1,5 ton/m<sup>3</sup>, svarer det til tilførsel af ca. 70 tons biokul/hektar. I nogle undersøgelser er det desuden dokumenteret, at biokul forsinker nitratudvaskningen fra rodzonen, formentlig ved nogle endnu ukendte mekanismer, hvor nitrat fastholdes i de små porer i biokullet.

Biokul indeholder både kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K), og en del af indholdet af P og K er plantetilgængeligt på kort sigt, mens den resterende del må forventes at blive plantetilgængeligt på længere sigt. N-koncentrationen i biokul falder med stigende pyrolysetemperatur, idet en del af kvælstoffet går tabt i pyrolysegassen. Tilgængeligheden af N i biokul er generelt lav, da det meste N er bundet til stabile C-forbindelser. Det konkluderes i videnssynthesen, at der i danske undersøgelser ikke er fundet nettofrigivelse af N inden for de første måneder efter udbringning af biokul til jorden, og N i biokul anses således for at være i en meget stabil form. Derfor er det ikke relevant at fastsætte en N-udnyttelsesgrad i biokul.

Det er generelt konstateret at P-tilgængeligheden af biokul falder med stigende pyrolysetemperatur. En variabel del af P i biokul er tilgængeligt umiddelbart efter udbringning, mens en del af P først bliver tilgængeligt gennem vækstperioden. Det betyder, at biokul normalt ikke vil være velegnet som startgødning i afgrøder der har brug for en hurtig forsyning med P i starten af vækstperioden.

Biokul kan dog være velegnet til at opretholde niveauet af tilgængeligt P i jorden. I forhold til de danske gødningsregler, vil P-koncentrationen i biokul ofte være den begrænsende faktor, i forhold til hvor meget biokul der kan udbringes pr. hektar.

For biokul produceret af biogasfibre eller spildevandsslam vil det kun være muligt at udbringe ca. 0,5 ton biokul/ha/år uden at overskride P-loftet på 30 kg P/ha, mens der vil kunne udbringes op til 7-9 ton biokul/ha/år såfremt biokullet er produceret fra halm.

Kaliumkoncentrationen i biokul kan være høj afhængigt af, hvilken biomasse biokullet er produceret af. Hovedparten af K i biokul forventes at være plantetilgængeligt umiddelbart efter tilførslen, men andelen af tilgængeligt K varierer dog alt efter typen af biokul.

## Opsummering:

- Der kan ikke forventes en udbyttetigning, hvis produktionen allerede er tæt på det potentielt mulige niveau, hvilket er tilfældet for de fleste danske landbrugsjorde.
- Enkelte forsøg i mindre skala tyder på, at der på grovsandet jord kan opnås højere udbytter ved anvendelse af biokul, da der her ses lav vandholdende kapacitet og mekanisk modstand mod rodvækst.
- P-koncentrationen i biokul vil ofte være den begrænsende faktor, i forhold til hvor meget biokul der kan udbringes pr. hektar.

## Eksempler på videnshuller og forskningsbehov nævnt i videnssynthesen

- Data fra kommerciel skala om, hvordan valg af teknologi og driftsparametre (f.eks. temperatur og opholdstid) påvirker egenskaberne ved biokul, energibalancer mv.
- Forbedret viden om sammenhæng mellem pyrolyseprocesdesign, biomassetype og biokulkarakteristika i forhold til stabiliteten af kulstof og effekter på drivhusgasemissioner.
- Vurdering af forventet udvikling i national afgrødeproduktion efter nationale, regionale og globale ændringer i fødevarerbehov og klima.



- Langvarige markstudier under danske forhold, herunder undersøgelser med biokul fra gylle og spildevandsslam, som p.t. er fåtallige.
- Undersøgelser af, hvordan designer-biokul kan fremstilles med f.eks. høj CEC eller evnen til at katalysere omsætning af lattergas til frit kvælstof.
- Forståelse af, hvordan biokul påvirker de mikrobielle processer, der er involveret i omsætning af næringsstoffer, f.eks. i det mikrobielle N kredsløb.
- Betydning af biomassevalg til produktion af biokul (f.eks. spildevandsslam) i forhold til miljøpåvirkninger.
- Behov for langsigtede data om nedbrydning af biokul i jord, herunder mere viden om biokullets aldringsprocesser.
- Validering af forholdet mellem H/Corg ratio og biokul-nedbrydning for relevante danske biomasser og jordbundsforhold.
- Karakterisering af jordtemperaturens effekt på nedbrydning og stabilitet af biokul
- Eksperimenter, der undersøger potentielle udbyttefordele ved biokul gennem forbedringer i jordens vandholdningsevne, rodudvikling og tilgængelighed af næringsstoffer, såsom fosfor.
- Identifikation af den optimale mængde biokul, der skal tilføres jorden under hensyntagen til indholdet af næringsstoffer.

## Emneord

Jordbund

Klima

Kulstofopbygning

+1

Natur og vandmiljø

### Tema: Klima og landbrug

Find den nyeste viden om klima og landbrug. Og få inspiration til, hvordan du som landmand kan påvirke udslippet af drivhusgasser og arbejde hen imod et klimaneutralt landbrug.

Publiceret: 05. december 2022

Opdateret: 05. december 2022

## Vil du vide mere?



**Kira Kalsen Nissen**

Konsulent

SEGES

[kikn@seges.dk](mailto:kikn@seges.dk)

## Støttet af

Promilleafgiftsfonden for landbrug



---

SEGES Innovation P/S    Tlf.    8740 5000  
Agro Food Park 15    Fax.    8740 5010  
8200 Aarhus N    Email    [info@seges.dk](mailto:info@seges.dk)

