



NOTAT

# Pyrolyse og biokul

En klimaløsning eller en miljøudfordring?



## HOVEDANBEFALINGER

- Det er nødvendigt med reduktioner af landbrugets udledninger af klimagasser. Klimaeffekten af pyrolyse og biokul træder først i kraft efter mellem 8 og over 40 år, hvis der bruges gylle fra biogasanlæg (digestat). Hvis der bruges træ, går der omkring 30 år, og hvis der bruges halm, kan der være en positiv netto-effekt efter få år.
- Danmarks klimamål for landbruget frem mod 2030 og 2040 og den kommende CO<sub>2</sub>-afgift for landbruget bør ikke afhænge af, at pyrolyse udrulles i stor skala. Netto-klimaeffekten af biokul og pyrolyse bør undersøges grundigt inden teknologien udrulles i stor skala.
- Biokul bør produceres på biomasse med en kort rådnetid, der ikke har eller kan have andre og mere bæredygtige funktioner. Biomasse der har en lang rådnetid, fx træ, skal ikke i pyrolyseanlæg, men bør i stedet blive i skoven.
- Det giver god mening at investere i udvikling af klimateknologier, der kan bidrage til landbrugets klimamål. Men indtil vi ved, hvilke miljøfarlige stoffer, der kan ende i biokullet og vi kender de langsigtede konsekvenser for jord og afgrøder bør staten ikke udrulle pyrolyse i større skala. Disse resultater er tidligst klar i 2033.
- Undersøgelser af de langsigtede konsekvenser ved udbringning af biokul for marker, grundvand og afgrøder er først i færdige 2033, hvor det kan vurderes om biokul kan udbringes uden konsekvenser for miljø og afgrøder.
- Import af biomasse til pyrolyse skal ikke finde sted. Vi importerer allerede store mængder biomasse, fx træ til vores energisystem. Import af fx træ eller halm til pyrolyseanlæg er ikke en holdbar måde at opnå CO<sub>2</sub>-lagring for Danmark, da det fører til CO<sub>2</sub>-udledninger i eksportlandets klimaregnskab (det såkaldte LULUCF-regnskab).
- Udbringning af biokul kræver en tilladelse fra kommunen. Men indtil vi kender de langsigtede konsekvenser for udbringning af biokul på drikkevand, afgrøder og jord, bør der indføres restriktive nationale regler for udbringning af biokul.
- Efterspørgslen på biomasse kommer til at stige globalt. Derfor er det nødvendigt, at der kun pyrolyseres biomasse, der ikke har en bedre funktion andre steder, og at der ikke bygges flere pyrolyseanlæg, end der er biomasse til i Danmark.
- Regeringen bør lave en strategi for anvendelse og prioritering af biomasse samt belyse de reelle miljø- og klimamæssige konsekvenser ved Danmarks forbrug af biomasse nationalt og globalt.
- Der bør ikke foregå handel med kulstofkreditter for ikke-permanente kulstofoptag, og kreditter der kan føre til offsetting eller greenwashing. Det er vigtigt at de nødvendige CO<sub>2</sub>-reduktioner sker i hver sektor, og at der ikke kompenseres ved at købe kreditter i andre sektorer.

## Hvad er pyrolyse?

Pyrolyse er en teknologisk klimaløsning, hvor biomasse, for eksempel halm eller gylle, opvarmes under iltfri forhold. Det gør, at der produceres en gas eller olie, der kan bruges til energiformål, ligesom der sker en forkulning af en del af biomassen, kaldet biokul. Biokul indeholder kulstof, og idéen er, at biokul kan udbringes på landbrugsjord, hvor det kan danne en form for CO<sub>2</sub>-lager på markerne. a

I 2021 indgik en bred kreds af politiske partier 'Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug'. Her er pyrolyse, også kaldet brun bioraffinering, vurderet til et potentiale på 2 mio. ton CO<sub>2</sub>-reduktioner i 2030<sup>1</sup>. Det er en stor del af de samlede reduktioner landbruget skal bidrage med. Den samlede skov- og landbrugssektor skal reducere udledningerne med 8 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030, og pyrolyse skal altså bidrage med 2 mio. af disse ton.

I 'Aftale om et grønt Danmark' fra juni 2024 indgår en pulje til lagring af biokul frembragt ved pyrolyse på 10 mia. kr. som en del af udspillet til en CO<sub>2</sub>-afgift for landbruget. Her nævnes, at pyrolyse kan bidrage med 0,3 mio. ton CO<sub>2</sub> allerede i 2030, men der afsættes midler til, at pyrolyse kan bidrage med helt op til 0,6 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030<sup>2</sup>. Det giver få år til at kunne indfri potentialet og få etableret tilstrækkeligt med pyrolyseanlæg til at kunne producere den nødvendige mængde biokul. Vi vil i det følgende belyse nogle af de udfordringer, vi ser ved pyrolyse som en klimaløsning for landbruget, og den store satsning på pyrolyse som en del af den grønne treparts aftale.

Pyrolyse kan have visse positive effekter. Men pyrolyse i sig selv kan ikke sikre, at landbruget kan leve op til sektorens klimamål. For at pyrolyse og biokul kan ses som holdbare klimaløsninger, skal der bruges bæredygtig biomasse, som ikke har andre bedre anvendelser. Det skal sikres, at pyrolyseprocessen og udbringning af biokul ikke har negative konsekvenser på kort og lang sigt, og der skal være en reel klimaeffekt ved produktion og udbringning af biokul, når udledningen fra pyrolyseprocessen og den lagring biomassen i forvejen ville have på markerne regnes med.

## Klimapotentiale ved biokulproduktion

Da vi endnu ikke har set fuldskala pyrolyseanlæg i drift i Danmark, er det svært at vurdere, hvilket klimapotentiale pyrolyse og biokul kan have. Potentialet afhænger i stor grad af, hvilken biomasse der pyrolyseres.

Biomassen er den mest begrænsende faktor for potentialet i at producere biokul. Biomassen er væsentlig både for, hvor store mængder biomasse, der kan være tilgængelig til pyrolyseprocessen, og hvor stor en reel kulstoflagring (netto lagring) biokul kan bidrage med sammenlignet med den kulstoflagring,

## Hvad er biomasse?

Biomasse er en fælles betegnelse for organisk stof, der dannes af planter med fotosyntese. Med biomasse forstås ofte træ, men biomasse dækker også alt fra halm og gylle til spildevandsslam, madaffald og sidestrømme fra industrien.

Biomasse efterspørges som erstatning for fossil olie og kul mange steder, derfor bliver biomasse en knap ressource fremover, som vi er nødt til at prioritere og sørge for at få mest muligt ud af. Vi kan ikke producere uanede mængder biomasse. Produktionen er begrænset af blandt andet næringsstoffer og de arealer, vi har tilgængelige.

som biomassen i forvejen havde bidraget med i mark eller skov.

Når biomasse pyrolyseres, vil det kun være omkring 37-50 procent af kulstoffet fra biomassen, der ender i biokullet<sup>3</sup>. Resten af kulstoffet ender enten i pyrolyseolie og -gas eller anvendes i selve pyrolyseprocessen. Der sker altså en udledning i det år, hvor biomassen pyrolyseres. Hvis biomassen var blevet udbragt på marken i stedet, ville der ske en kulstoflagring de første år, mens biomassen gradvist ville nedbrydes, og dermed udlede CO<sub>2</sub>.

Vi har i Rådet for Grøn Omstilling beregnet klimaeffekten for biokul lavet af tre forskellige typer biomasse; halm, træ og afgasset biomasse (også kaldet gyllefibre eller digestat). På linje med ekspertgruppen for en grøn skattereform forudsættes, at pyrolyseolie og -gas ikke fortrænger fossile brændsler i Danmark.

Beregningerne viser, at der kan være en lang tidshorisont før pyrolyse har en klimaeffekt. For gylle der har været i et biogasanlæg (afgasset biomasse) går der mellem 8 og godt 40 år før det har en klimaeffekt (det der kaldes netto-effekt), mens der for træ går cirka 30 år. Halm rådner relativt hurtigt på marken, derfor går der kun et par år, før halm har en netto-effekt på klimaet<sup>1</sup>.

Forklaringen bag den lange tidshorisont for klimaeffekten af pyrolyse af afgasset biomasse er, at cirka 50 - 60% af kulstoffet fra den afgassede biomasse udledes i pyrolyseprocessen, eller ender i energiproduktet som pyrolysegas eller pyrolyseolie. Kulstoffet fra energiproduktet genudledes, når det brændes af, og det udledes som CO<sub>2</sub> til atmosfæren i det år, hvor energiproduktet bruges. De cirka 40 - 50 % af kulstoffet, som bliver til biokul, skal holdes op imod, at der i forvejen var blevet lagret kulstof i marken, hvis biomassen i stedet var blevet bragt direkte ud på marken. Den biomasse rådner over en

<sup>1</sup> Datagrundlaget og de antagelser vi har brugt til beregningerne, kan ses i 'Beregningsnotat - klimaeffekten af pyrolyse og biokul.'

kortere eller længere årrække, og har derfor en CO<sub>2</sub>-lagrende effekt i en periode.

Pyrolyse giver, ud fra et klimaperspektiv, bedre mening på hurtigt nedbrydelig biomasse, hvor størstedelen af kulstoffet fra biomassen alligevel ville være udledt til atmosfæren inden for få år, hvis det havde fået lov at blive på marken eller i skoven. Et træ der vælter i skoven eller rester fra fældning af træ, har en lang rådnetid. Det vil sige, at der vil gå årtier før den CO<sub>2</sub>, der er lagret i træet, ville være udledt, hvis det havde fået lov at blive i skoven. Samtidig tager det en række år, inden nye træer begynder at optage lige så store mængder CO<sub>2</sub>, som der udledes ved fældning. Træ vil derfor være langt bedre brugt til fx byggematerialer, eller ved at få lov at blive i skoven som et kulstoflager og til gavn for biodiversitet.

Rådet for Grøn Omstilling er enig i, at det kan være nødvendigt at udvikle og afprøve nye teknologier, som kan trække CO<sub>2</sub> ud af atmosfæren - herunder også pyrolyse. Men hvis sådanne teknologier skal udbredes i stor skala, må der opbygges nødvendig viden om netto-effekterne i forhold til klimaet. For pyrolyse mangler desuden viden om, hvilke biomasser det ud fra miljø-, ressource- og klimamæssige hensyn giver mening at pyrolysere.

Halm kan inden for et par år bidrage til netto-kulstoflagring på markerne, hvis det pyrolyseres til biokul. Det kan være et problem at bruge større mængder halm direkte til pyrolyse, hvis man derved kommer til at mangle halm til biogasanlæg. Halm er der brug for, til at hæve tørstofindholdet i biogasanlæg, især hvis der skal meget gylle i anlægget. Problemet kan dog løses, hvis man stopper med at brænde halm af i kraftvarmeanlæg. **Den halm der i dag brændes i kraftvarmeanlæg kan i stedet bruges i pyrolyseanlæg, når vi har fået undersøgt miljø- og klimaeffekten af biokul og pyrolyse.**

Spildevandsslam kan der være visse miljømæssige potentialer i at pyrolysere, da en del af de miljøfarlige stoffer, der kan findes i slammet, omsættes i pyrolyseprocessen. Det betyder, at biokul lavet af spildevandsslam kan give en renere kilde til fosfor end, hvis spildevandsslammet udbringes direkte på marken. Fosfortilgængeligheden i biokul fra spildevandsslam vil dog skulle undersøges, og for spildevandsslam gælder samme forbehold som for biokul generelt, at vi stadig mangler viden om, hvilke stoffer der evt. kan dannes i pyrolyseprocessen. Derfor bør vi afvente resultaterne fra de forsøg, der er sat i gang for at undersøge dannelse og nedbrydning af miljøskadelige stoffer under pyrolyse og indhold af skadelige stoffer i biokul og pyrolysegassen. Resultaterne forventes færdige i slutningen af 2025<sup>4</sup>. I forhold til kulstoflagring fra spildevandsslam er potentialet lille, vi kommer derfor ikke nærmere ind på potentialet i dette notat.

### Fortrængning af fossil energi?

Ved pyrolyse af biomasse med lang rådnetid som biogasdigestat og træ kan Danmark kun opnå positiv

effekt på klimaregnskabet på kort eller mellemlangt sigt, hvis den producerede pyrolyseolie og -gas med sikkerhed fortrænger fossile brændsler.

Ekspertgruppen bag grøn skattereform har dog taget udgangspunkt i, at pyrolyseolie vil blive brugt i international skibsfart, hvorfor det ikke vil have en effekt i den danske emissionsopgørelse<sup>5</sup>. Derudover har ekspertgruppen taget udgangspunkt i at den overskudsvarme og pyrolysegas, der produceres, vil erstatte anden vedvarende energi. Derfor har vi i Rådet for Grøn Omstilling vurderet, at brug af pyrolyseolie-, gas og overskudsvarme ikke medfører CO<sub>2</sub>-reduktioner i den nationale emissionsopgørelse.

Umiddelbart kan der også være visse tekniske og miljømæssige udfordringer ved at bruge pyrolyseolie som brændstof. **Det er på nuværende tidspunkt uklart om det giver mening at anvende pyrolyseolie, set i lyset af den omfattende behandling der vil være nødvendig for at gøre det brugbart som transportbrændstof.** Brug af pyrolyseolie og pyrolysegas bør derfor kun foregå, hvis det kan ske på miljømæssig forsvarlig vis.

### Tidsperspektiv

Det er svært at se, at det kan være muligt at nå det potentiale på 2 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030, der nævnes i klimaaftalen for landbruget, da vi endnu ikke har fuldskala pyrolyseanlæg i drift i Danmark. Også de mellem 0,3 og 0,6 mio. ton CO<sub>2</sub> i biokul, som den grønne trepart har lagt op til, at der kan realiseres i 2030, ser ud til at blive svært at nå. Der mangler eksempelvis stadig en opgørelsesmetode for, hvordan pyrolyse tælles med i klimaopgørelser. I 'Aftalen om et Grønt Danmark' nævnes, at det forventes, at effekten af pyrolyse først kan indregnes i Klimastatus- og fremskrivning i 2027<sup>6</sup>.

De beregninger af klimaeffekten for pyrolyse, som vi i Rådet for Grøn Omstilling har lavet viser også, at der er en tidsforskydning i, hvornår vi ser effekten af pyrolyse på netto kulstoflageret i jord. Det gælder især, hvis der bruges, er afgasset biomasse eller træ i pyrolyseprocessen<sup>7</sup>.

Ekspertgruppen for en grøn skattereform har antaget, at det vil kræve, opførsel af op imod 50 pyrolyseanlæg, for at kunne nå en reduktion på 0,8 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030<sup>8</sup>. Hvis man tager udgangspunkt i ekspertgruppens tal, vil der cirka skulle opføres et sted mellem 20 og 35 pyrolyseanlæg, som skal være i drift inden 2030 for at realisere de 0,3 til 0,6 mio. ton CO<sub>2</sub> der nævnes i 'Aftale om et Grønt Danmark'.

Det tager ifølge Energistyrelsens teknologikatalog mellem 1,5 og 3 år at etablere et pyrolyseanlæg, afhængig af om der skal forarbejdes pyrolyseolie på anlægget eller ej<sup>9</sup>. Opførslen af pyrolyseanlæg vil også typisk kræve en miljøgodkendelse eller et tillæg til den eksisterende miljøgodkendelse, hvis pyrolyseanlæg fx opføres nær et biogasanlæg. Det kan yderligere forlænge tidsperspektivet for en dansk pyrolyseproduktion.

Der er også et perspektiv i, hvilke typer og mængder biomasse der bliver tilgængelig i hele pyrolyseanlæggets afskrivningsperiode. Selvom der er meget tilgængelig halm i dag, kan udbuddet og efterspørgslen ændre sig, og betyde, at der også kommer efterspørgsel på halmen til f.eks. byggematerialer, hvilket kan have en større værdi end at bruge halmen til pyrolyse. Det er også vigtigt, at udbygningen af en pyrolysesektor ikke låser os til at have en stor animalsk produktion med udfordringer for klima og miljø.

### Kulstofbinding i landbrugsjord

Når der dyrkes afgrøder i landbruget, optages der CO<sub>2</sub> i planterne. En del af dette kulstof fjernes fra markerne, når afgrøderne høstes. Men hvis biomasse, som f.eks. halm, får lov at blive på marken, vil en del af kulstoffet blive lagret i marken i kortere eller længere tid. Denne naturlige kulstoflagring er vigtig at have med, når man regner på effekten af biokul.

Forskningsresultater fra GEUS viser, at jo højere temperatur, der anvendes i pyrolyseprocessen, jo hårdere bindes kulstoffet i biokul. Pyrolyse produceret ved temperaturer på over 750 grader kan lagre kulstof i millioner af år<sup>10</sup>. Det lyder som udgangspunkt godt. Ulempen ved at pyrolysere ved høje temperaturer er dog, at næringsstoffer som fosfor og kalium også bindes hårdt, og dermed vil være svært tilgængeligt for planterne. Det betyder, at det vil blive sværere for planterne at optage fosfor og kalium, og at det tilmed vil være nødvendigt at udbringe biomasse på markerne, så jordens mikroorganismer har noget at leve af<sup>11</sup>. I Danmark taler man typisk om pyrolyse ved 5-600 grader, og ikke de højere temperaturer, der kan give tungere kulstofbinding<sup>12</sup>.

Der er visse egenskaber ved biokul, der kan forbedre dyrkningsegenskaberne for jorden. For eksempel kan biokul øge jordens evne til at holde på vand. Det kan dog, ifølge 'Videnssynthese om biokul i dansk landbrug' fra DCA på Aarhus Universitet, være svært at afgøre, om dette er positivt. Effekterne afhænger af mange faktorer såsom jordtype, klimaforhold, og næringsstofindholdet i jorden. Internationalt tyder undersøgelser på, at der kan være positive effekter af biokul, men på tempererede jorde, som dem vi har i Danmark, har man ikke kunne påvise positive effekter på udbyttet fra markerne<sup>13</sup>.

For at udbringe biokul kræves der i dag en tilladelse fra kommunen. Der er dog, som nævnt, en del punkter, hvor der stadig mangler viden om biokul, miljøfarlige stoffer, næringsstoffer, jordbiologi og påvirkning af vandmiljø. Derfor er det **Rådet for Grøn Omstillings anbefaling, at der ud fra et forsigtighedsprincip bør indføres restriktive nationale regler for udbringning af biokul**, indtil vi kender de langsigtede konsekvenser af udbringningen under danske forhold. Der bør som minimum sikres et kompetenceløft til de medarbejdere, der skal behandle tilladelser til udbringning af biokul, så de kan uddele tilladelser baseret på den nyeste viden.

### Risiko for miljøfarlige stoffer i biokul

Der er stor forskel på biokul, afhængigt af, hvilken biomasse, temperatur og teknologi, der bruges i pyrolyseprocessen<sup>14</sup>. Det er nødvendigt at tage højde for, hvis der skal sammenlignes forskningsresultater på tværs af landegrænser og produktionsmetoder.

En af de ting, vi mangler viden om, er, hvilke miljøfarlige stoffer der dannes i pyrolyseprocessen, og som kan ende i biokullet. Der kan bl.a. dannes tjærestoffer (PAH'er) eller dioxiner i selve pyrolyseprocessen, afhængig af temperatur og biomasse<sup>15</sup>. Derudover kan der ske en opkoncentration af ikke-flygtige tungmetaller, hvis disse er til stede i inputmaterialet, f.eks. i spildevandsslam eller i gylle. Hvis der er PFAS i den biomasse der pyrolyseres, er der også en risiko for, at PFAS-stofferne nedbrydes til andre skadelige stoffer, f.eks. andre potente klimagasser eller nogle af de 12.000 PFAS-forbindelser, der ikke måles for i dag<sup>16</sup>. Udfordringerne med miljøfarlige stoffer i biokul vil i stor grad kunne håndteres ved at sætte grænseværdier.

For at undersøge dannelse og nedbrydning af miljøskadelige stoffer under pyrolyse og indhold af skadelige stoffer i biokul og pyrolysegassen, blev der i 2023 afsat 15 mio. kr. til at Miljøstyrelsen kan få undersøgt dette<sup>17</sup>. Forskningsprojektet forventes først færdigt i slutningen af 2025<sup>18</sup>.

I 'Videnssynthese om biokul i dansk landbrug' nævnes, at biokul kan binde pesticider og andre forurenende stoffer<sup>19</sup>. Det kan betyde, at pesticiderne ikke virker, at der skal bruges flere pesticider, eller at biokullet på sigt afgiver de stoffer, der har været bundet. I den forbindelse kan spørgsmålet om risiko for udvaskning af biokul til vandmiljø også nævnes. Der er en teoretisk mulighed for, at næringsstoffer, tungmetaller og miljøfarlige stoffer kan udvaskes til vandmiljøet. Dette er dog ikke undersøgt under danske forhold<sup>20</sup>.

Der mangler viden om, hvilke konsekvenser biokul kan have for de afgrøder der dyrkes på markerne, vores drikkevand, biodiversitet, jordens mikroliv og andre mulige negative konsekvenser biokul kan medføre under danske forhold. Der er afsat 63 mio. kr. til Landbrugsstyrelsen til at undersøge biokuls langsigtede konsekvenser for jord og afgrøder<sup>21</sup>. Dette vil give os væsentlige resultater i forhold til, hvor stor en pyrolysesektor, der kan udbygges, og hvor stor en rolle biokul kan spille for landbrugets klimamål frem mod 2030 og på længere sigt. Studiet er dog først færdigt i 2033.

**Vi vil altså ikke vide, hvilke konsekvenser biokul har på vores miljø, marker, vandmiljø og afgrøder i 2030, hvor man forventer at kunne bringe store mængder biokul ud.** Hvis biokul viser sig at have negative konsekvenser for jord og dyrkning, vil det reelt være uopretteligt, da biokullet ikke kan fjernes igen<sup>22</sup>.

## Næringsstoffer i biokul

Næringsstoffer er af flere årsager vigtige at tage hensyn til i spørgsmålet om biokul. Det er både relevant ift. hvilket biomasseinput der anvendes, hvilken temperatur der pyrolyseres ved, og hvor meget biokul der kan anvendes på markerne.

Planter skal bruge næringsstoffer for at kunne gro, men hvis der tilføres for mange næringsstoffer, kan de ophobes i jorden og tabes fra markerne til vandmiljøet, med miljøskaeder til følge. I Danmark lider de fleste vandoplande af overgødskning på grund af det store dyrehold<sup>23</sup>.

I pyrolyseprocessen frigives det meste kvælstof, afhængigt af temperaturen. Det tabes i den gas, der produceres, mens fosfor og kalium bliver i biokullet. Den del af kvælstof, som ender i biokullet, bindes så hårdt, at planterne ikke kan udnytte den<sup>24</sup>. Dette tab af kvælstof kan betyde, at landmanden får brug for at tilføre yderligere kvælstofgødning, fx kunstgødning, selv om der nedmuldes biokul.

For at få mest muligt ud af de næringsstoffer der er i biomassen, kan pyrolyse udføres på fiberfraktionen fra biomasse, der har været i et biogasanlæg først. Den afgassede biomasse separeres i en kvælstofholdig våd del, der kan føres tilbage til markerne, og en fosforholdig fiberfraktion, der kan sendes gennem pyrolyseanlæg. Denne fremgangsmåde sikrer at næringsstofferne recirkuleres, men biokul produceret af afgasset biomasse har dog visse udfordringer ift. klimaeffekten og lagring af kulstof, som vi kommer nærmere ind på i afsnittet '*Potentiale for biokulproduktion i Danmark*'.

Fosfor er en begrænset ressource, som udvindes i miner fra ganske få lande i verden. Desuden er de største mineralske forekomster af fosfor forurenede med tungmetallet cadmium. Derfor er det nødvendigt at sikre, at vi bruger det fosfor, vi har, fornuftigt, ved at recirkulere så meget som muligt.

I Danmark har vi fosforlofter, der sætter en grænse for, hvor meget fosfor der må bringes ud på markerne<sup>25</sup>. Biokuls indhold af fosfor er begrænsende for, hvor meget biokul der kan bringes ud på markerne. Da fosfor fra biomassen opkoncentreres under pyrolyseprocessen, vil biokullets fosforindhold afhænge af, hvor meget fosfor der er i biomassen. En del af fosforen i biokullet vil være plantetilgængeligt på kort sigt, mens den resterende del forventes at blive plantetilgængeligt på længere sigt<sup>26</sup>. Det kan derfor forventes, at det vil være nødvendigt at tilføre fosforholdig gødning til markerne de første år, hvorefter biokullet de følgende år vil frigive fosfor.

Temperaturen i pyrolyseanlægget er afgørende for, hvor hårdt fosfor bindes i biokul. Ved høje temperaturer bindes fosforen hårdt, og det kan gå ud over plantetilgængeligheden. Omvendt vil der ved lavere temperaturer ske en kulstofbinding, der er mindre stabil samt en mindre stabil binding af fosfor.

I afrapporteringen fra ekspertgruppen for grøn skattereform anslås det, at der pga. fosforlofterne kan udbringes 0,8 mio. ton CO<sub>2</sub>e fra biokul, hvis der bruges afgasset biomasse fra biogasanlæg<sup>27</sup>. Det skyldes, at gylle har et højt indhold af fosfor, som dermed bliver en øvre grænse for, hvor meget biokul der kan udbringes. Disse fosforlofter er vigtige at holde fast i, da vi både skal sikre, at vi passer på den fosfor, vi har, og at der ikke sker udvaskning til vandmiljøet. For andre biomasser som halm eller træ med lavere fosforindhold vil der kunne udbringes større mængder biokul, men hvis der viser sig at være miljøfarlige stoffer i biokul, vil de negative effekter dermed blive større. Samtidig bør træ og andre biomasser med lang rådnetid ikke pyrolyseres. Det kommer vi nærmere ind på i afsnittet '*Potentiale for biokulproduktion i Danmark*'.

Biokul kan ifølge 'Videnssynthese om biokul i dansk landbrug' også optage næringsstoffer fra jorden, hvilket kan påvirke mikroorganismer negativt, da de ikke får adgang til de nødvendige næringsstoffer<sup>28</sup>. Dette er en af årsagerne til, at **Rådet for Grøn Omstilling mener, at det er nødvendigt at afvente de langsigtede markforsøg, der er igangsat**, så det sikres, at biokul ikke har negative effekter på jord og afgrøder.

Overordnet set er det væsentligt, at næringsstofferne fra biomasse, der pyrolyseres, føres tilbage til markerne. Biokul bør f.eks. ikke støbes ind i beton eller deponeres i tidligere kulminer.

## Øget efterspørgsel på biomasse

Vi har en begrænset mængde biomasse til rådighed i Danmark og globalt. Klimarådet har i deres statusrapport fra 2023 vurderet, at der er høj risiko forbundet med at nå reduktionspotentialt på 2 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030 fra pyrolyse, da det vil kræve store mængder biomasse, som der i fremtiden vil komme konkurrence om<sup>29</sup>. **Det er derfor vigtigt grundigt at overveje, hvilke typer biomasse der skal bruges i pyrolyseanlæg.**

Vi skal bruge biomasse til mange forskellige funktioner, når vi går væk fra at bruge fossil olie og gas til vores produkter og industri. Halm er for eksempel efterspurgt til foder og til biogasproduktion, det kan bruges som byggemateriale, men har også en jordforbedrende og CO<sub>2</sub>-lagrende effekt, hvis det får lov at blive på marken. Derfor er der en risiko ved at opbygge en pyrolysesektor, der er afhængig af store mængder biomasse, som kunne have udfyldt andre og måske mere værdifulde funktioner.

I 'Aftale om et Grønt Danmark' fremhæves halm, afgasset biomasse fra biogasproduktion, trærester og den træholdige del af haveaffald som det danske biomassegrundlag til pyrolyse<sup>30</sup>. Det Nationale Bioøkonomipanel vurderer, at der potentielt kan være flere restbiomasser end dem, vi udnytter i dag. Men Bioøkonomipanelet skriver også, at pyrolyse af restprodukter bør være sidste led i udnyttelsen, efter biomassen har været udnyttet som

fødevarer, i bioraffinaderier, brugt til materialer, kemikalier eller foder først<sup>31</sup>. Så selvom vi finder ud af at udnytte restbiomasser, der ikke udnyttes i dag, skal biomasse udnyttes, hvor vi som samfund kan få mest ud af ressourcen.

**Det er derfor vigtigt, at der i pyrolyseanlæg bruges restprodukter fra landbruget, der har en kort rådnetid, og hvor næringsstofferne kan føres tilbage til markerne.**

### Økologi og biokul

Økologer må indtil videre kun bruge biokul lavet af planterester, og ikke fx biokul lavet af afgasset gylle<sup>32</sup>. Økologer har i nogle dele af landet svært ved at skaffe fosfor, og mange økologer bruger i dag halm som jordforbedrende middel. Hvis der kommer konkurrence om halmen, kan det gå ud over dyrevelfærden, da halm i husdyrbrug bruges som dybstrøelse i f.eks. grisehytter og dybstrøelsesstalde hos kvægbrugere. I økologisk jordbrug får mange landmænd også deres næringsstoffer fra afgasset biomasse. Hvis dette i stedet sendes i pyrolyseanlæg, kan det gå ud over tilgængeligheden af næringsstoffer for økologerne.

Der kan dog ligge visse fordele i, at pyrolyse kan gøre det nemmere at transportere fosforressourcen via biokul mellem landsdele. I biokul er fosforen opkoncentreret. Derfor vejer og fylder det mindre sammenlignet med afgasset biomasse med samme fosforindhold. På Sjælland er der mange planteavlere, og det giver en regional mangel på fosfor, mens Jylland har mange produktionsdyr, og dermed et stort overskud af fosfor pga. gyllen. Pyrolyse kan altså potentielt gøre fosfor nemmere og billigere at transportere over afstande.

### Importeret biomasse og LULUCF-regnskab

Danmarks forbrug af biomasse til energisektoren ligger allerede i dag tre gange over det forbrug, FN's klimapanel anser for at være bæredygtigt, samtidig med at to tredjedele af træet importeres<sup>33</sup>. Som nævnt forventes efterspørgslen på biomasse at stige globalt. Øget efterspørgsel forventes også at øge priserne på biomasse, samtidig med, at der vil være omkostninger ved at transportere biomasse fra land til land.

I afrapporteringen til grøn skattereform har ekspertgruppen regnet på et potentiale fra importeret træ på 38 mio. ton CO<sub>2</sub>e<sup>34</sup>. Dette potentiale er for det første problematisk, da Danmarks import af biomasse i forvejen ligger for højt. For det andet er import af biomasse til pyrolyse, uanset om det er halm eller træ, problematisk, da det flytter klimaregningen over til eksportlandene.

Effekterne af pyrolyse i det danske klimaregnskab kan være meget forskellige afhængigt af biomassens oprindelse og hvor pyrolyseolie og -gas anvendes. Ved pyrolyse af importeret træ tilfalder klimafordelen af biokul det land, hvor biokullet lagres, og ikke det land, hvor biomassen kommer fra. Eksportlandet må i

stedet trække tabet af kulstoffet i det eksporterede træ fra i deres såkaldte LULUCF-regnskab. Det betyder, at selvom det danske klimaregnskab forbedres med det tilførte biokul, vil det forværre eksportlandets LULUCF-regnskab. Alene derfor er det vigtigt at undgå yderligere import af biomasse fra udlandet – herunder især træ.

Tilsvarende tilfalder klimafordelene ved pyrolyseolie og gas dem, der anvender den – herunder fx. international skibsfart, som iflg. UNFCCC's regler ikke skal opgøres af nationalstaterne. Danmark vil således ikke kunne medregne effekten af dansk produceret pyrolyseolie, der anvendes af danske skibe i international søfart.

Endelig er der risiko for, at staten kommer til at bære en stor del af regningen, hvis landbruget tillades at modregne biokul-tilførsel til jorden i dets udledninger en til en. Staten bærer iflg. EU's LULUCF-regler ansvaret for faldet i naturlige kulstoflagre fra den biomasse, der anvendes til pyrolyse. Dette lagertab kan i lange perioder være større end det nye lager af biokul - især hvis der anvendes biomasse med lang rådnetid som træ eller afgasset biomasse fra biogasanlæg.

### Carbon farming, kulstofcertifikater og kulstofkreditter

Der er endnu en række uafklarede spørgsmål i forbindelse med biokul og pyrolyse. I den forbindelse er det relevant at nævne kulstofcertifikater og kulstofkreditter, der også kaldes klimakreditter.

Der findes overordnet set to typer kreditter, enten undgåede udledninger, eller lagring af kulstof. Undgåede udledninger kan f.eks. være, at en skovejer betales for ikke at fælde sin skov. Lagring vil sige, at der fjernes CO<sub>2</sub> fra atmosfæren i kortere eller længere tid, f.eks. ved at rejse skov. Det er svært at bevise at salget af kreditten rent faktisk har ført til undgåede udledninger, og der er set flere eksempler på svindel<sup>35</sup>.

Markedet for klimakreditter har hidtil været ureguleret, og det er svært at sikre at den CO<sub>2</sub> effekt, man betaler for, rent faktisk finder sted. Derfor har EU forsøgt at regulere markedet ved at lave en frivillig ramme for certificering af kulstoflagring. Den såkaldte Carbon Removal Certification Framework (CRCF) blev vedtaget af Europa Parlamentet i april 2024. Der er dog stadig en række udfordringer ved certificeringen. CRCF omfatter permanent lagring af kulstof i undergrunden, men også kulstoflagrende dyrkning, såkaldt carbon farming i landbruget og lagring i produkter såsom træ i byggeri.

Det kan give god mening at standardisere certificering for permanent lagring af CO<sub>2</sub>. Men det er problematisk, hvis ikkepermanente lagringsformer som kulstoflagrende dyrkning og kulstoflagring i produkter også kommer til at indgå. Der er stor forskel på, hvor permanent kulstoflageret er, afhængigt af om

CO2 er lagret i undergrunden, eller om en landmand i en periode udøver pløjefri dyrkning for at undgå udledninger. Derfor er det også en udfordring, at carbon farming kan certificeres, da den lagring der opnås, ikke er permanent. Lagringstiden vil ofte være kort, typisk ikke længere end få år. Samtidig er lagringen reversibel, dvs. der er risiko for genudledning. Ved pløjefri dyrkning, vil det lagrede CO2 f.eks. frigives, hvis marken efterfølgende pløjes, ligesom at skov kan fældes eller der kan opstå stormfald eller skovbrande.

I CRCF er det endnu uafklaret, hvordan biokul skal kunne certificeres, men det er noget af det, der skal afklares i den efterfølgende proces<sup>36</sup>.

I Rådet for Grøn Omstilling mener vi ikke, at der bør foregå handel med kulstofkreditter for ikke-permanente kulstofoptag, da det risikerer at forhindre reel klimahandling. I stedet bør hver sektor have reduktionsmål, som ikke kan undgås ved at købe reduktioner i andre sektorer.

I næste afsnit vil vi yderligere komme ind på udfordringerne i, hvor værdien for biokullet ligger.

### Økonomisk perspektiv

Pyrolyseanlæg er dyre. Prisen for et pyrolyseanlæg er ifølge Energistyrelsens teknologikatalog 21 mio. euro for et typisk anlæg med en levetid på mellem 20 og 25 år<sup>37</sup>. Det svarer til cirka 156 mio. kroner for et anlæg. Ifølge en rapport udgivet af Seges Innovation, vil det være nødvendigt, at der betales for kulstoflagringen i biokul<sup>38</sup>. Derfor er spørgsmålet om, hvem der skal tjene pengene på biokullet også væsentligt. Er det pyrolyseanlægget, landmanden eller en mellemmand? Det er vigtigt at få afklaret de økonomiske aspekter af pyrolyse inden staten begynder at investere store beløb i teknologien.

Landmændene leverer biomasse til pyrolyseanlæg, og mister derfor noget kulstof i deres jord. Til gengæld får pyrolyseanlægget en værdi i form af energi og biokul, som kan sælges. Men skal landmændene købe biokullet? Eller modtage penge for at udbringe det? Eller skal handlen ske ud fra en andelstanke, hvor landmændene er medejere af pyrolyseanlæg? Disse spørgsmål er endnu uafklarede, men væsentlige, hvis det bliver besluttet at gå videre med støttepuljen på 10 mia. kr. til pyrolyse, som 'Aftale om et Grønt Danmark' lægger op til. **Rådet for Grøn Omstilling mener at det er nødvendigt at kende miljø- og klimakonsekvenserne ved pyrolyse og biokul inden der investeres så store beløb i en ny teknologi.**

**”Det er et stort sats at man vil hænge landbrugets klimahandling op på pyrolyse, og bruge 10 mia. kroner på en teknologi, der stadig kan stilles så mange spørgsmål til.”**

Trine Langhede  
Rådgiver for fødevarer og bioressourcer, Rådet for Grøn Omstilling



Rådet for Grøn Omstilling er en uafhængig non-profit miljøorganisation, der har rådgivet om den grønne omstilling i mere end tre årtier. Som en grøn løsningstank vil vi levere konkrete, realiserbare og ambitiøse løsningsforslag, der kan accelerere omstillingen til et absolut bæredygtigt samfund.

Rådet for Grøn Omstilling modtager støtte fra European Climate Foundation til vores arbejde for ambitiøse klimatiltag på fødevarer- og landbrugsområdet i Danmark og EU.

### Mere viden

#### Nye veje for biomasse:

[rgo.dk/projekt/nye-veje-for-biomasse](http://rgo.dk/projekt/nye-veje-for-biomasse)

#### Carbon farming – en vigtig brik i den grønne omstilling af landbruget?:

[rgo.dk/udgivelse/carbon-farming-en-vigtig-brik-i-den-groenne-omstilling-af-landbruget/](http://rgo.dk/udgivelse/carbon-farming-en-vigtig-brik-i-den-groenne-omstilling-af-landbruget/)

#### Foder til føde II – En ny vej for dansk landbrugsproduktion og fødevarerforbrug inden for planetens grænser:

[rgo.dk/udgivelse/fra-foder-til-foede-ii-rapport/](http://rgo.dk/udgivelse/fra-foder-til-foede-ii-rapport/)

#### Kontakt:

Trine Langhede, Rådgiver, Bioressourcer og Fødevarer

Telefon: 3318 1931

Mail: [trinel@rgo.dk](mailto:trinel@rgo.dk)



## Litteraturliste:

---

- <sup>1</sup> Regeringen, Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Nye Borgerlige, Liberal Alliance og Kristendemokraterne (2021) 'Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug' [https://fm.dk/media/25302/aftale-om-groen-omstilling-af-dansk-landbrug\\_a.pdf](https://fm.dk/media/25302/aftale-om-groen-omstilling-af-dansk-landbrug_a.pdf)
- <sup>2</sup> Regeringen, Landbrug & Fødevarer, Danmarks Naturfredningsforening, Fødevarerforbundet NNF, Dansk metal, Dansk Industri og Kommunernes Landsforening (2024) 'Aftale om et Grønt Danmark' <https://www.oem.dk/media/9949/aftale-om-et-groent-danmark.pdf>
- <sup>3</sup> Energistyrelsen (2024) 'Technology data - renewable fuels', Chapter 105 Slow pyrolysis, side 362. [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology\\_data\\_for\\_renewable\\_fuels.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_for_renewable_fuels.pdf)
- <sup>4</sup> Ekspertgruppen for en grøn skattereform (2024) 'Grøn skattereform endelig afrapportering', side 172 <https://skm.dk/media/ycflleas/groen-skattereform-endelig-afrapportering.pdf>
- <sup>5</sup> Ekspertgruppen for en grøn skattereform (2024) 'Grøn skattereform endelig afrapportering', side 171. <https://skm.dk/media/ycflleas/groen-skattereform-endelig-afrapportering.pdf>
- <sup>6</sup> Regeringen, Landbrug & Fødevarer, Danmarks Naturfredningsforening, Fødevarerforbundet NNF, Dansk metal, Dansk Industri og Kommunernes Landsforening (2024) 'Aftale om et Grønt Danmark', side 28 <https://www.oem.dk/media/9949/aftale-om-et-groent-danmark.pdf>
- <sup>7</sup> Rådet for Grøn Omstilling (2024) 'Beregningsnotat - klimaeffekten af pyrolyse og biokul'
- <sup>8</sup> Ekspertgruppen for en grøn skattereform (2024) 'Grøn skattereform endelig afrapportering', side 51. <https://skm.dk/media/ycflleas/groen-skattereform-endelig-afrapportering.pdf>
- <sup>9</sup> Energistyrelsen (2024) 'Technology data - renewable fuels', Chapter 105 Slow pyrolysis' [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology\\_data\\_for\\_renewable\\_fuels.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_for_renewable_fuels.pdf)
- <sup>10</sup> De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) (2024) 'Biokul kan lagre kulstof i millioner af år' <https://www.geus.dk/om-geus/nyheder/nyhedsarkiv/2024/jan/biokul-kan-lagre-kulstof-i-millioner-af-aar>
- <sup>11</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture', side 142. <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>12</sup> Thomsen, T. (2022) 'Introduction to Production and Use of Biochar 2022: working towards a more circular and bio-based Danish economy', side 9. [https://rucforsk.ruc.dk/ws/portalfiles/portal/86395473/TP\\_Thomsen\\_2022\\_Production\\_and\\_Use\\_of\\_Biochar\\_DK\\_2022.pdf](https://rucforsk.ruc.dk/ws/portalfiles/portal/86395473/TP_Thomsen_2022_Production_and_Use_of_Biochar_DK_2022.pdf)
- <sup>13</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture', side 141. <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>14</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture' <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>15</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture', side 70. <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>16</sup> Miljøstyrelsen (2023) 'Litteraturstudie om PFAS fra affaldsforbrænding', side 38 <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-552-7.pdf>
- <sup>17</sup> Folketingstidende (2023) 'Tillæg E, aktstykke 8' [https://www.folketingstidende.dk/samling/20231/aktstykke/Aktstk8/20231\\_aktstk8\\_afgjort.pdf](https://www.folketingstidende.dk/samling/20231/aktstykke/Aktstk8/20231_aktstk8_afgjort.pdf)
- <sup>18</sup> Ekspertgruppen for en grøn skattereform (2024) 'Grøn skattereform endelig afrapportering', side 172 <https://skm.dk/media/ycflleas/groen-skattereform-endelig-afrapportering.pdf>
- <sup>19</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture', side 64. <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>20</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture', side 73. <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>21</sup> Folketingstidende (2023) 'Tillæg E, aktstykke 8' [https://www.folketingstidende.dk/samling/20231/aktstykke/Aktstk8/20231\\_aktstk8\\_afgjort.pdf](https://www.folketingstidende.dk/samling/20231/aktstykke/Aktstk8/20231_aktstk8_afgjort.pdf)
- <sup>22</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture' <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>23</sup> Miljøministeriet (2023) 'Vandområdeplanerne 2021-2027' <https://edit.mst.dk/media/njvlvhax/vandomraadeplanerne-2021-2027-22-9-2023.pdf>

- <sup>24</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture', side 141. <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>25</sup> Landbrugsstyrelsen (2024) 'Fosforregulering' <https://lbst.dk/landbrug/goedning/kvaelstof-og-fosforregulering/fosforregulering#c51711>
- <sup>26</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture', side 141. <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>27</sup> Ekspertgruppen for en grøn skattereform (2024) 'Grøn skattereform endelig afrapportering', side 163. <https://skm.dk/media/ycflleas/groen-skattereform-endelig-afrapportering.pdf>
- <sup>28</sup> Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K (2022) 'Knowledge Synthesis On Biochar In Danish Agriculture', side 72. <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport208.pdf>
- <sup>29</sup> Klimarådet (2023) 'Statusrapport 2023', side 89. [https://klimaraadet.dk/sites/default/files/node/field\\_file/Klimaraadet\\_statusrapport23\\_digi\\_01.pdf](https://klimaraadet.dk/sites/default/files/node/field_file/Klimaraadet_statusrapport23_digi_01.pdf)
- <sup>30</sup> Regeringen, Landbrug & Fødevarer, Danmarks Naturfredningsforening, Fødevareforbundet NNF, Dansk metal, Dansk Industri og Kommunernes Landsforening (2024) 'Aftale om et Grønt Danmark', side 27 <https://www.oem.dk/media/9949/aftale-om-et-groent-danmark.pdf>
- <sup>31</sup> Det Nationale Bioøkonomipanel (2022) 'Anbefalinger fra Det Nationale Bioøkonomipanel - Bioressourcer til grøn omstilling' [https://fvm.dk/fileadmin/user\\_upload/FVM.dk/Dokumenter/Foedevarer/Anbefalinger\\_fra\\_Det\\_Nationale\\_Bioekonomipanel\\_28092022.pdf](https://fvm.dk/fileadmin/user_upload/FVM.dk/Dokumenter/Foedevarer/Anbefalinger_fra_Det_Nationale_Bioekonomipanel_28092022.pdf)
- <sup>32</sup> Innovationscenter for økologisk landbrug (2023) 'Biokul er godkendt som gødning, der kan udbringes hele året på landbrugsjord' <https://icoel.dk/klima/biokul-godkendt-som-goedning-der-kan-udbringes-hele-aaret/>
- <sup>33</sup> Klimarådet (2022) 'Statusrapport 2022' [https://klimaraadet.dk/sites/default/files/node/field\\_file/statusrapport\\_2022\\_webpdf\\_final.pdf](https://klimaraadet.dk/sites/default/files/node/field_file/statusrapport_2022_webpdf_final.pdf)
- <sup>34</sup> Ekspertgruppen for en grøn skattereform (2024) 'Grøn skattereform endelig afrapportering', side 172 <https://skm.dk/media/ycflleas/groen-skattereform-endelig-afrapportering.pdf>
- <sup>35</sup> Klimamonitor (2024) 'Fusk med klimakreditter fører til fire års fængsel' <https://klimamonitor.dk/nyheder/art9728502/Fusk-med-klimakreditter-f%C3%B8rer-til-fire-%C3%A5rs-f%C3%A6ngsel>
- <sup>36</sup> European Council (2024) 'Climate action: Council and Parliament agree to establish an EU carbon removals certification framework' <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/20/climate-action-council-and-parliament-agree-to-establish-an-eu-carbon-removals-certification-framework/>
- <sup>37</sup> Energistyrelsen (2024) 'Technology data - renewable fuels', Chapter 105 Slow pyrolysis, side 362. [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology\\_data\\_for\\_renewable\\_fuels.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_for_renewable_fuels.pdf)
- <sup>38</sup> SEGES Innovation (2023) 'Analyse af mulighederne for at forretningsgøre CO2-lagring i biokul' <https://cipfonden.dk/wp-content/uploads/2023/11/Analyse-af-mulighederne-for-at-forretningsgoere-CO2-lagring-i-biokul-SEGES.pdf>