

Strategi og arbejdsprogram for pyrolyse



Klima-, Energi- og
Forsyningsministeriet



Ministeriet for Fødevarer,
Landbrug og Fiskeri



Miljø- og
Ligestillingsministeriet



Ministeriet for Grøn Trepert

Oktober 2024

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet
Holmens Kanal 20, 1060 København
Tlf. : +45 33 92 28 00
E-mail: kefm@kefm.dk

ISBN 978-87-92555-29-8 (digital version)

Publikationen kan hentes på www.kefm.dk

Indhold

1.Indledning og sammenfatning	4
Klar og enkel regulering	5
Styrket incitament til udbredelse	5
Klimaeffekt og emissionsopgørelse	6
Reduktionspotentiale for biokul ved pyrolyse	6
2.Beskrivelse af pyrolyseteknologien	7
2.1.Anvendelse af biokul i landbrugsjord	8
2.2.Anvendelse af pyrolysegas og -olie	8
2.3.Eksisterende anlæg i Danmark og udlandet	8
2.4.Modenhed	10
2.5.Igangsatte tiltag for at fremme udbredelsen af pyrolyse	11
3.CO₂-effekter og omkostningskøn	12
3.1.CO ₂ -effekter ved biokul	12
3.2.Teknisk reduktionspotentiale	14
3.3.Skøn for CO ₂ -effekter i 2030 og 2035	15
3.4.Omkostninger og skyggepris	16
4.Håndtering af barrierer og risici og indsats for teknologifremme	19
4.1.Indsatsområde 1: Klar og enkel regulering	19
4.2.Indsatsområde 2: Styrket incitament til udbredelse	24
4.3.Indsatsområde 3: Klimaeffekt og emissionsopgørelse	26

1. Indledning og sammenfatning

Danmark skal være klimaneutral i 2045 og have nedbragt drivhusgasudledningerne med 110 pct. i 2050 sammenlignet med 1990. Regeringen arbejder aktivt for at fremme nye teknologier, der kan lagre kulstof, som er afgørende for at indfri klimamålene. Der er et stort potentiale i, at pyrolyse kan bidrage til lagring af CO₂. Ved pyrolyse er det muligt at omdanne forskellige typer biomasse til kulstofholdigt biokul, der kan lagres i århundreder i landbrugsjord og derved reducere udledningerne i landbrugssektoren. Derfor arbejder regeringen for, at pyrolyse hurtigst muligt kan bidrage til indfrielsen af 70 pct. målet i 2030 i forhold til 1990, herunder sektormålet for skov- og landbrugssektoren på 55-65 pct. reduktion, samt regeringens mål om klimaneutralitet i 2045 og 110 pct. reduktion i 2050.

Flere virksomheder i Danmark udvikler pyrolyseteknologi, og der er etableret en række anlæg til at afprøve teknologien. Med *Strategi og arbejdsprogram for pyrolyse* vil regeringen accelerere den udvikling, der allerede er i gang. Det er regeringens vision, at teknologien på sigt skal levere drivhusgasreduktioner på markedsvilkår. For at opnå denne vision er der behov for at nedbryde en række eksisterende barrierer, der hindrer en opskalering af pyrolyse, så pyrolyseteknologi i de kommende år kan få en vigtig rolle i den grønne omstilling. Regeringen iværksætter derfor en samlet strategi og arbejdsprogram med tiltag på tværs af tre indsatsområder, som skal gøre vision til virkelighed.

Strategi og arbejdsprogram for pyrolyse er en opfølgning på *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug* af den 4. oktober 2021 (landbrugsaftalen), hvor det blev aftalt at udarbejde strategier for indfrielsen af de tekniske reduktionspotentialer i landbruget (udviklingssporet), herunder brun bioraffinering (fx pyrolyse). Pyrolyseteknologien er sidste udestående strategi i udviklingssporet.

Boks 1

Køreplan



Indsatsområde 1: Klar og enkel regulering

- Fastsættelse af klar og enkel regulering indenfor EU-retten for udbringning af biokul fra medio 2026.
- Større klarhed over placeringsmuligheder for pyrolyseanlæg gennem ændring af planloven fra 1. januar 2025.
- Undersøgelse af dannelse, indhold og nedbrydning af miljøskadelige stoffer i forbindelse med pyrolyseprocessen og produktionen af biokul frem mod 2026.
- Afdækning af evt. miljømæssige og agronomiske effekter gennem flerårige markforsøg.
- Styrket vejledning af kommuner gennem vejledende udtalelse om § 19-tilladelser fra ultimo 2024 samt vejledning om miljøgodkendelser.
- Etablering af en pyrolyse taskforce, der koordinerer implementering af regeringens indsatser og inddrager en følgegruppe bestående af relevante aktører.



Indsatsområde 2: Styrket incitament til udbredelse

- Etablering af tilskudsordning til biokul, der lagres i landbrugsjord, fra 2027.
- Prioritering af midler til forskning, udvikling og demonstration af pyrolyseteknologien ifm. et kommende grønt forsknings- og innovationsudspil.
- Vejledning om fortrængningsfaktorer ved indberetning af pyrolysebaserede brændstoffer til opfyldelse af det nationale CO₂-fortrængningskrav.
- Støtte Europa-Kommissionens arbejde for implementering af et hensigtsmæssigt og troværdigt fælleseuropæisk certificeringssystem for kulstoffjernelse i EU.
- Analyse af muligheder for at målrette CAP-støtte til anvendelse af biokul i landbruget i den næste CAP-reformperiode.



Indsatsområde 3: Klimaeffekt og emissionsopgørelse

- Udvikling af emissionsfaktor for biokul mhp. indregning i den danske drivhusgasopgørelse fra 2027.
- Måling af metanudslip i 2024 og fastsættelse af emissionsfaktor for pyrolyseanlæg i 2025.
- Udarbejdelse af vidensyntese om alternative lagringsmuligheder for biokul senest i 2025.
- Bidrage til IPCC-metoderapport om Carbon Dioxide Removal Technologies og revision af IPCC-retningslinjer for at inkludere flere lagringsmuligheder i klimaregnskabet.

Klar og enkel regulering

En central barriere på pyrolyseområdet er, at gældende regulering ikke er indrettet med biokul for øje. I dag forudsætter udbringning af biokul på landbrugsjord ofte en tilladelse efter miljøbeskyttelseslovens § 19. Årsagen er, at biokul indeholder stoffer, der kan være skadelige for miljøet, f.eks. stoffer der dannes i pyrolyseprocessen eller er indeholdt i den anvendte biomasse, og anvendelsen skal i dag vurderes i hvert enkelt tilfælde. Kommunerne træffer lokalt afgørelse om tilladelser, og der findes ikke en standardiseret administrativ proces.

Manglen på ensartet administrativ praksis vanskeliggør såvel udbredelse af pyrolyseteknologi som anvendelse af biokul i større skala. Regeringen ønsker derfor at etablere grundlaget for en klar og enkel regulering og har derfor afsat i alt 101 mio. kr. hertil med midler fra Forskningsreserven for 2023 og 2024. På den korte bane gennemføres miljøforsøg, der skal undersøge dannelse, indhold og nedbrydning af miljøskadelige stoffer i forbindelse med produktion af biokul. Forsøgene vil tilvejebringe viden frem mod medio 2025, der vil danne grundlag for fastsættelse af klare og enkle lovgivningsmæssige rammer for anvendelse af biokul fra medio 2026, så vidt det er muligt i overensstemmelse med EU-retten. Forskningsmidlerne går også til at undersøge eventuelle langsigtede agronomiske og miljømæssige sideeffekter af lagring af biokul på landbrugsjord under danske forhold.

Regeringen vil endvidere tilpasse planloven, så kommuner fremover skal udarbejde retningslinjer for beliggenheden af pyrolyseanlæg og dermed skabe større klarhed over placeringsmuligheder for pyrolyseanlæg, ligesom det allerede er tilfældet for biogasanlæg i dag.

Det er vigtigt for regeringen, at de reguleringsmæssige rammer udvikles med inddragelse af branchen og andre relevante aktører, da et effektivt samarbejde vil understøtte kommercialiseringen af pyrolyseområdet. Regeringen etablerer derfor en tværministeriel pyrolyse taskforce, der har til formål at koordinere og sikre fremdrift i implementeringen af regeringens køreplan for pyrolyseområdet samt inddrage et NEKST-implementeringsforum for pyrolyse bestående af relevante aktører.

Styrket incitament til udbredelse

Der er i dag ikke et tilstrækkeligt økonomisk incitament til at producere og lagre biokul i landbrugsjord og derigennem reducere drivhusgasudledningen i landbruget. Med *Aftale om et Grønt Danmark* af den 24. juni 2024 lægger regeringen og parterne i den grønne trepart op til, at der fra 2027 opstilles en tilskudsordning med godt 10 mia. kr. til lagring af biokul produceret ved pyrolyse frem mod 2045.

Derudover vil regeringen prioritere midler til forskning, udvikling og demonstration af pyrolyseteknologien i forbindelse med et kommende grønt forsknings- og innovationsudspil for at understøtte en acceleration af pyrolyseteknologien frem mod 2030.

Pyrolyseteknologi kan blive mere konkurrencedygtig, når de grønne energiprodukter, der dannes ved produktion af biokul, kan afsættes. Pyrolysegas og -olie er restprodukter, som kan forarbejdes til højværdi-produkter, der udgør alternativer til andre højværdibrændsler. Grønne brændstoffer baseret på pyrolysegas og -olie vil kunne anvendes mod målopfyldelsen af eksempelvis CO₂e-fortrængningskravet i vejtransporten. Nye pyrolysebaserede brændstoffer vil skulle certificeres under en af Europa-Kommissionens godkendte frivillige ordninger. Energistyrelsen kan yde vejledning omkring de gældende anvendelsesmuligheder.

Der er i dag ikke klare retningslinjer for certificering af biokul eller potentialet for lagring af CO₂ med biokul. Regeringen vil derfor støtte Europa-Kommissionens arbejde for et hensigtsmæssigt og troværdigt fælleseuropæisk certificeringssystem for kulstoffjernelse i EU, samt den efterfølgende udvikling af metodologier.

Klimaeffekt og emissionsopgørelse

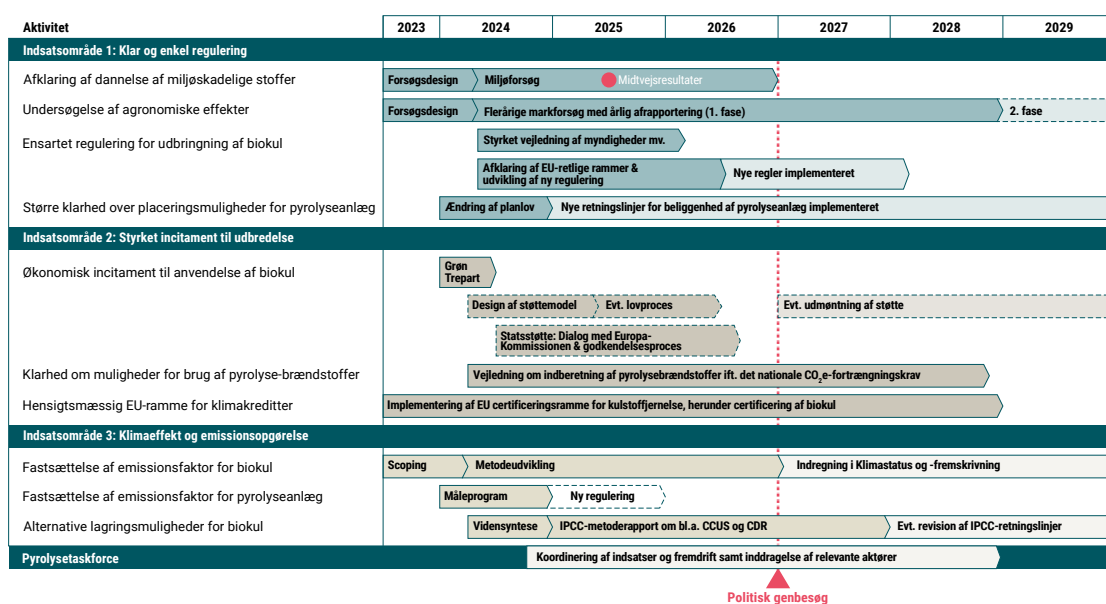
De samlede klimaeffekter ved pyrolyse afhænger af forskellige faktorer. Der er i dag ikke klarhed over klimaeffekten ved at lagre biokul i landbrugsjord. Konkret mangler der en dansk metode til at opgøre klimaeffekten forbundet med anvendelse af biokul, der lagres i landbrugsjord. Derfor kan klimaeffekterne fra lagring af biokul for nuværende ikke indregnes i den danske drivhusgasopgørelse. Regeringen har igangsat et arbejde med at udvikle en metode til at opgøre klimaeffekten for biokul lagret i landbrugsjord. Metoden forventes at være udviklet i 2026 og kunne indregnes i klimastatus og -fremskrivning fra 2027.

Der er en risiko for, at pyrolyseanlæg frigiver metan som led i produktionsprocessen. Regeringen har derfor igangsat et måleprogram i 2024, hvor eventuelle metanemissioner fra pyrolyseanlæg undersøges og dokumenteres nærmere, så der efterfølgende kan tages stilling til behovet for at fastsætte grænseværdier for metanudslip.

Regeringens initiativer skal implementeres over de kommende år, *jf. figur 1*. Der foretages et politisk genbesøg i 2026/2027 for at følge op på implementeringen.

Figur 1

Tidshorisont for implementering af initiativer



Politisk genbesøg

Reduktionspotentiale for biokul ved pyrolyse

I *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug* fra 2021 blev der skønnet et teknisk reduktionspotentiale for biokul ved pyrolyse på 2 mio. ton CO₂ i 2030. Skønnet i aftalen er baseret på en vurdering fra Klimarådet, der beror på en teknisk rapport fra DTU¹ ud fra skøn over CO₂-effekten ved at omdanne en tredjedel af det samlede danske biomassegrundlag til biokul. Det tekniske reduktionspotentiale er genbesøgt ifm. regeringens *Strategi og arbejdsprogram for pyrolyse* ud fra en betragtning om, at det primært vil være omfanget af tilgængeligt areal til udbringning og gældende miljøregulering, der udgør tekniske begrænsninger for det langsigtede potentiale. Der skønnes på den baggrund et stort teknisk potentiale for biokul ved pyrolyse på mellem 0,8 - 38 mio. ton CO₂ afhængigt af biomassetypen, *jf. afsnit 3.2*.

Som det fremgår af *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug* vil realisering af potentialet på kort sigt dog bl.a. kræve udbredelse af teknologien. Som ved andre teknologier forventes det, at udbygning af pyrolyseanlæg vil ske gradvist, i takt med at der opnås kommerciel erfaring med teknologien, hvorfor udbredelse af teknologien skønnes at være en begrænsende faktor for realisering af effekter i 2030, *jf. afsnit 3.3*. Det skønnes derfor med betydelig usikkerhed, at støtte til lagring af biokul kan medføre til en udbygning af pyrolyseanlæg fra ca. 30 MW produktionskapacitet i 2024 til 120-680 MW produktionskapacitet i 2030 og 320-3400 MW kapacitet i 2035. Den skønnede udbygning svarer til CO₂-effekter på 0,1 - 0,7 mio. ton i 2030, med et middelret skøn på 0,3 mio. ton CO₂ i 2030. Yderligere udbygning af kapaciteten frem mod 2035 skønnes at kunne lede til CO₂-effekter på 0,3 - 3,5 mio. ton med et middelret skøn på 1,2 mio. ton CO₂ i 2035.

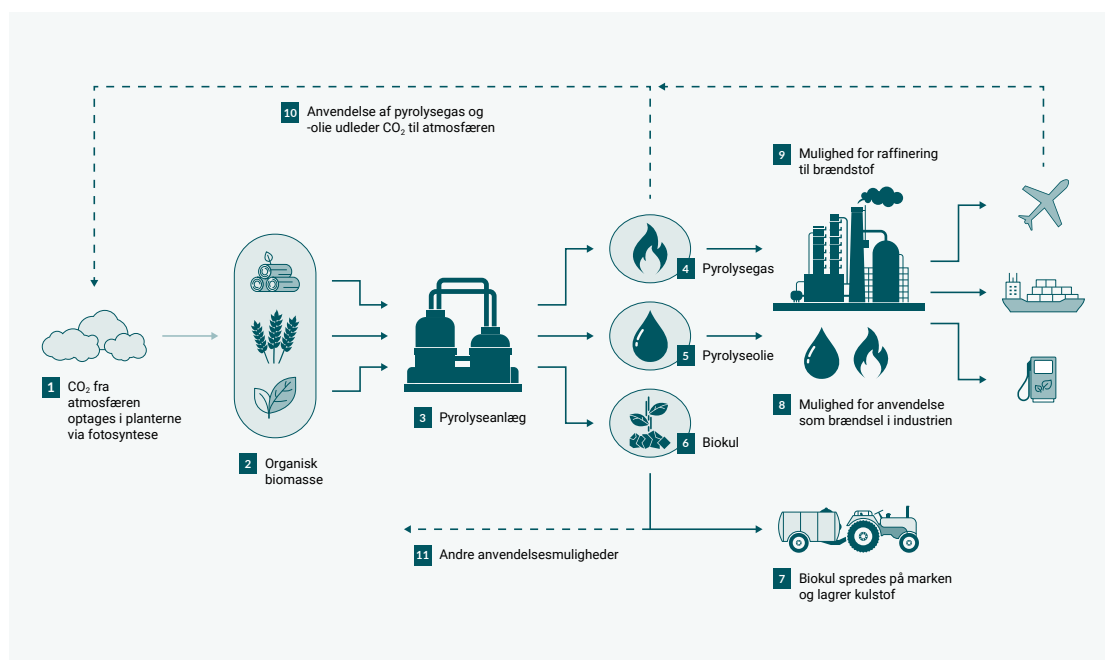
2. Beskrivelse af pyrolyseteknologien

Pyrolyse er betegnelsen for nedbrydning af materiale gennem opvarmning under iltfrie forhold. Når organisk materiale behandles ved tilstrækkelig høje temperaturer, bliver en del af biomassen omdannet til biokul, som er et fast materiale med et højt indhold af kulstof. Hertil produceres en energiholdig gas, såkaldt pyrolysegas, der ved nedkøling kan blive til pyrolyseolie. Både pyrolysegas og -olie kan karakteriseres som grønne energiprodukter og har potentiale til at erstatte fossile brændsler.

Biokul kan lagres i århundreder med meget begrænset afgivelse af CO₂, i modsætning til den oprindelige biomasse, der nedbrydes hurtigere. Ved udbringning af biokul på landbrugsjord kan kulstoffet lagres i jorden og derved reducere udledningen af CO₂ til atmosfæren, som illustreret i figur 2.

Figur 2

Illustration af værdikæden ved pyrolyse



Pyrolyse er en fleksibel teknologi, hvilket indebærer, at stort set alle typer biomasse i princippet kan bruges som råmateriale til pyrolyse. Muligt råmateriale kan bl.a. omfatte halm, afgasset biomasse fra biogasproduktion, træfraktionen fra have- og parkaffald, spildevandsslam og fiberfraktionen fra bioraffinering af græs. Fælles for disse typer af inputmateriale er, at de kan betragtes som affalds-, rest- eller biprodukter, hvoraf en del allerede bringes ud på landbrugsjord i dag.

2.1. Anvendelse af biokul i landbrugsjord

Pyrolyseprocessen varierer i praksis, afhængig af hvilken specifik teknologi der benyttes til fremstilling af biokul. Ved såkaldt langsom pyrolyse skønnes omkring 30-60 procent af biomassens kulstofindhold bundet i biokullet. En mindre del af kulstoffet i biokullet nedbrydes relativt hurtigt og frigives derved til atmosfæren igen, men størstedelen af kulstoffet nedbrydes langsomt over århundreder. Biokullets egen-skaber afhænger af mange faktorer såsom den anvendte type af biomasse, temperaturen og opholdstiden i pyrolyseanlægget.

Ved udbringning på landbrugsjord kan biokullet indarbejdes i de øvre jordlag og kulstoffet lagres langvarigt. Hvis restbiomasser anvendes til produktion af biokul, kan det potentielt bidrage til at recirkulere næringsstoffer (såsom fosfor), når biokullet udbringes på marken. Hertil har nogle undersøgelser vist, at tilførsel af biokul f.eks. kan forbedre jordens evne til at holde på vand og øge tilgængeligheden af næringsstoffer i jorden. Biokul indeholder dog også stoffer, der er miljø- og sundhedsskadelige, og som kan være begrænsende for anvendelsen, hvis koncentrationen er for høj. Det kan eksempelvis være tungmetaller, der stammer fra den anvendte biomasse eller stoffer dannet i pyrolyseprocessen. Derfor er det afgørende, at biokullet overholder relevante miljøkrav.

2.2. Anvendelse af pyrolysegas og -olie

Både pyrolysegas og -olie, der produceres på bæredygtig biomasse, karakteriseres som grønne energiprodukter i henhold til IPCC's retningslinjer. Såfremt anvendelsen af pyrolysegas og -olie erstatter afbrændingen af fossile brændsler, medfører det således CO₂-reduktioner som følge af fortrængningseffekt.

Grønne brændsler er fritaget for CO₂-afgift, hvilket øger tilskyndelsen til at anvende VE-brændstoffer frem for fossile brændsler, herunder pyrolysebaserede brændsler. Gassen og olien kan anvendes til forskellige formål, men opgradering er ofte en forudsætning for, at produkterne kan bruges til at erstatte fossile alternativer. En del af pyrolysegassen kan blive anvendt på selve pyrolyseanlægget til at producere den nødvendige procesvarme til tørring og opvarmning af biomassen. Herefter kan overskydende gas eller olie anvendes til andre formål, eksempelvis til at producere varme, der kan anvendes i fjernvarmenettet til husholdninger eller procesvarme til industrien.

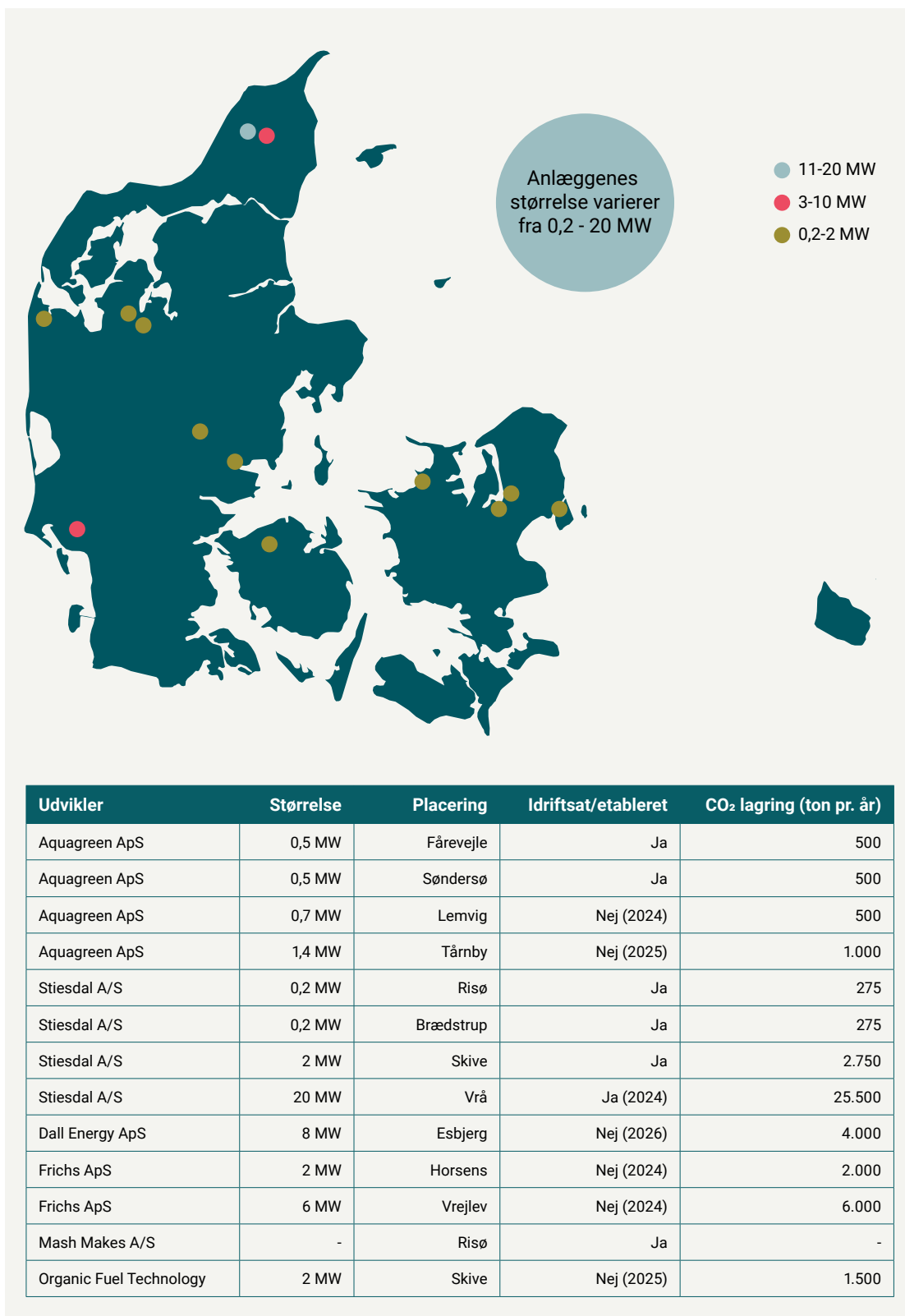
Pyrolysegas og -olie kan teknisk set også opgraderes til grønt brændstof, der kan anvendes i transportsektoren. Videreforarbejdning af pyrolyseprodukterne kræver dog stadig udvikling, demonstration og kommerialisering. Konverteringsomkostningerne og de tekniske barrierer for anvendelse af pyrolyseolie er sandsynligvis lavest i skibsfarten eller som brændsel i industrien. Markedet for anvendelse af pyrolysegas og -olie vurderes at have bedre forudsætninger for at blive udviklet i takt med, at der etableres kommercielle pyrolyseanlæg og teknologien udbredes.

2.3. Eksisterende anlæg i Danmark og udlandet

Flere virksomheder i Danmark udvikler og anvender pyrolyseteknologi, og der er etableret en række test- og demonstrationsanlæg, jf. figur 3 og tabel 1. Virksomhederne fokuserer på forskellige tekniske koncepter og procesdesign, hvilket bl.a. har betydning for typen af biomasse, der anvendes på de enkelte pyrolyseanlæg.

Figur 3

Oversigt over udvalgte pyrolyseprojekter i Danmark



I Europa er over 170 mindre biokul-producerende anlæg i dag i drift med en samlet produktionskapacitet på ca. 75.000 ton biokul om året², om end markedet for salg af biokul stadig er begrænset. Biokullet produceres dog ikke nødvendigvis med det primære formål at lagre kulstof, men som gødningsprodukt mv. Markedet er under udvikling, og produktionskapaciteten i EU steg med ca. 50 pct. fra 2020 til 2023².

2.4. Modenhed

Nye teknologier gennemgår typisk en række modenhedstrin som led i deres samlede udvikling. I Energistyrelsens Teknologikatalog, samt i Klimaprogrammet, bruges fire trin for at vurdere, hvor moden en teknologi er. Pyrolyseteknologien vurderes på nuværende tidspunkt at være i overgangsfasen fra pioner til det prækommercielle trin, *jf. boks 2*. Teknologimodenhed kan desuden vurderes ud fra IEA's Technology Readiness Level (TRL) skala, der omfatter i alt 11 trin til at vurdere, hvor moden en teknologi er. Pyrolyseteknologi vurderes at ligge på trin 7-9 på TRL-skalaen³.

Boks 2

Modenhedstrin

1 Demonstration: Der er udviklet større prototyper og teknologien er demonstreret i et relevant miljø. Reduktionseffekten er ikke nødvendigvis dokumenterbar. Omkostninger og effekt er forbundet med betydelig usikkerhed.

2 Pioner: Teknologierne er demonstreret i begrænset skala. Reduktionseffekten er ikke nødvendigvis dokumenterbar. Omkostninger og effektivitet er behæftet med nogen usikkerhed, idet teknologiens udbredelse er begrænset og idet teknologien stadig er under udvikling og tilpasning.

3 Prækommerciel: Teknologierne har en vis udbredelse og skala og reduktionseffekten er kendt og dokumenterbar. Der er stadig et væsentligt udviklingspotentiale og omkostningerne forventes at falde yderligere ved opskalering. Der er typisk usikkerhed om den fremtidige udvikling af priser og effektivitet.

4 Moden: Teknologierne har stor udbredelse og reduktionseffekten er kendt og dokumenterbar. Teknologiske forbedringer ved større udbredelse er marginale.

Kilde: [Klimaprogram 2022](#) og [Energistyrelsen](#)

2.5. Igangsatte tiltag for at fremme udbredelsen af pyrolyse

Der er allerede iværksat betydelige indsatser til at understøtte udbredelsen af pyrolyse i Danmark, *jf. boks 3*.

Boks 3

Allerede iværksatte tiltag for at fremme pyrolyse og biokul

Midler til fremme af teknologier med stort reduktionspotentiale inden for landbrugssektoren

På finansloven for 2021 er der afsat en pulje på 194 mio. kr. til udvikling og demonstration af teknologier med stort reduktionspotentiale inden for landbrugssektoren. Puljen administreres af Energistyrelsen og midlerne er tildelt til tre pyrolyseprojekter, der har fokus på den samlede værdikæde for pyrolyse, således at både energiprodukter i form af pyrolyseolie og -gas og biokul anvendes. Der vil også blive gennemført undersøgelser af biokuls miljøpåvirkning og gødningsværdi. Midlerne er finansieret af Den Europæiske Union under NextGenerationEU.

EU-midler til fremme af brun bioraffinering

Parterne bag Landbrugsaftalen har afsat 196 mio. kr. i 2023-24 til pyrolyseområdet, som tilvejebringes gennem EU-fonden Fonden for Retfærdig Omstilling, som udmøntes gennem Erhvervsstyrelsen. Knap 38 mio. kr. går til etablering af et nordjysk projekt. Gennem projektet forventes det, at 2 virksomheder og ét universitet modtager støtte til rådgivning og til opbygning af test- og demonstrationsanlæg inden for brun bioraffinering. De resterende midler er genannonceret i august 2024.

Pulje til innovative grønne energiteknologier

På finansloven for 2023 blev der reserveret 50 mio. kr. under Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) til projekter inden for pyrolyseteknologi, som har til formål at reducere udledningen af drivhusgasser i landbruget. Midlerne blev delvist udmøntet i december 2023 til et projekt, der vil demonstrere og optimere mikrobølge-cracking af biomasse til bioolie og biokul i fuldskala. Endvidere støttes et projekt til udvikling af beton med et lavere klimaaftryk gennem udnyttelse af biokul fra pyrolyse.

Tilskud til biokul-projekter gennem GUDP med forskellige formål:

- Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram (GUDP) har givet støtte til projektet Grass Biochar med 6 mio. kr. Formålet med projektet er gennem en kombineret DampTørrings- og Pyrolyseproces (DTP) at udvinde energi fra græspulp fra græsprøteinproduktion, ligesom der skal produceres aktivt kul som et højværdiprodukt. Projektet blev afsluttet i december 2023.
- Gennem tilførsel af biokul produceret af halm og træ at forbedre sandede markers evne til at tilbageholde vand til planterne, at gøre det muligt for planterødderne at trænge dybere ned og opbygge CO₂-lager i jorden (BioAdapt, 7,9 mio. kr., afsluttes 2024)
- Produktion af biokul af svinegylle med efterfølgende indarbejdning i jorden og demonstration af anvendelse, og med bestemmelse af reduktionspotentiale for klimaudledninger (STABIL, 10,5 mio. kr., afsluttes 2025)
- Udvikle teknologisk synergi mellem virksomhedens biogasanlæg og pyrolyse mhp. forbedring af energiudnyttelsen og udvikle forståelse for hvilke former for biomasse, der egner sig bedst til at tilgå pyrolysen (Udvikling af synergi mellem biogas og pyrolyse = Fordobling af gasudvindingen fra landbrugets restprodukter, 14,5 mio. kr., afsluttes 2025)
- Anvendelse af biokul produceret af husdyrgødning som fosforgødning. På denne måde ønsker man at udjævne fosforoverskuddet mellem Øst- og Vestdanmark, da biochar er billigere at transportere end gylle, og samtidig opnå CO₂-reduktioner (PiBalance, 4,2 mio. kr., afsluttes 2026)

Tilskud gennem EUDP til opgradering af pyrolyseolie og -gas

Målet med projektet er at øge modenheten ved pyrolyse ved at bringe teknologien til TRL-niveau 7 (Technology Readiness Level) og reducere de forbundne risici til pyrolyseteknologi-en. Direkte anvendelse samt opgradering af pyrolyseolie og -gas vil blive undersøgt og testet i projektet. Der er bevilliget 23 mio. kr., og projektet forventes afsluttet i 2024.

3. CO₂-effekter og omkostningskøn

3.1. CO₂-effekter ved biokul

Biokul kan medføre CO₂-reduktioner, såfremt biokullet lagres permanent. Biokul kan i princippet produceres på alle typer af biomasse, men relevante biomasser til biokulproduktion er særligt halm, biogasdigestat, trærester og den træholdige del af haveaffald. Andre biomasser som gylle eller spildevandsslam vil også kunne indgå i pyrolyseprocessen, men disse biomasser har et lavere potentiale for kulstoflagring, grundet et lavere kulstofindhold. I beregning af CO₂-effekten for dansk biomasse er der taget udgangspunkt i biomasse, der i dag anvendes til forbrænding eller udbringes på landbrugsjord.

Den danske biomasse har allerede i dag en anvendelse, der indgår i den nationale emissionsopgørelse under LULUCF-sektoren. Halm og biogasdigestat, som i dag udbringes på dansk landbrugsjord, medfører en midlertidig kulstoflagringseffekt i jorden. Hvis samme biomasse i stedet anvendes til pyrolyse, vil den nuværende kulstoflagringseffekt af biomassen annulleres og i stedet erstattes af kulstoflagringseffekten fra biokullet. Ved beregning af netto CO₂-effekten af biokul modregnes derfor effekter af den alternative anvendelse, hvor biomassen udbringes på marken.

Biomasse, der i dag anvendes til forbrænding, som træaffald, haveaffald og halm til forbrænding, indgår i opgørelsen som CO₂-neutral, da der allerede opgøres en CO₂-udledning som følge af at biomassen har forladt marken eller skoven. Derfor har biomasse til forbrænding hverken en udledning eller en kulstoflagringseffekt i udgangspunktet, og der vil ikke skulle modregnes effekter fra den alternative anvendelse.

Importeret biomasse indgår ikke i den danske emissionsopgørelse, men i emissionsopgørelsen for landet hvor biomassen importeres fra. Derfor vil der heller ikke ved beregninger på importeret biomasse skulle modregnes effekter af biomassens alternative anvendelse.

Biokullet har en markant længere nedbrydningstid i jorden end biomasse, der ikke er pyrolyseret, *jf. boks 4*. Den præcise nedbrydningstid for biokullet er genstand for igangværende forskning. Modelleringer af nedbrydningstiden spænder mellem flere hundrede år og ifølge visse modelleringer op til flere millioner år. Nogle forskningsresultater tyder på, at omkring 80 pct. af kulstoffet i biokullet fortsat er bundet i biokullet efter 100 år. Til sammenligning frigives ca. 80 pct. af kulstoffet allerede i løbet af det første år for halm, som efterlades på marken.

Som alternativ til udbringning på landbrugsjord kan biokul teoretisk set også lagres i øvrige under- eller overjordiske lagre, f.eks. i visse byggematerialer, og på den måde udgøre et kulstoflager. FN's nuværende retningslinjer for opgørelse af nationale drivhusgasudledninger understøtter imidlertid ikke, at der kan indregnes klimaeffekter fra lagring af biokul i andet end landbrugsjord.

Biokul kan ligeledes brændes til produktion af vedvarende energi, hvor biokullet således ikke vil udgøre et kulstoflager. Ved afbrænding vil biokullet dog kunne fortrænge fossile brændsler og ad den vej have klimaeffekt. Ulempen ved afbrænding er dels, at biokul ikke længere fungerer som permanent kulstoflager, og dermed bortfalder den del af klimaeffekten, dels at næringsstoffer typisk vil gå tabt i stedet for at blive recirkuleret.

Biokul kan i dag ikke tælles med i den nationale emissionsopgørelse, da der endnu ikke er udviklet en emissionsfaktor, der opgør og dokumenterer klimaeffekten ved tilførsel af biokul til landbrugsjord, *jf. afsnit 4.3*. Indeværende beregninger bygger derfor på foreløbige skøn for CO₂-effekter på baggrund af eksisterende viden om nedbrydningstider for biokul og biomasse samt gældende opgørelsesprincipper for Danmarks emissionsopgørelse, *jf. boks 4*.

Boks 4

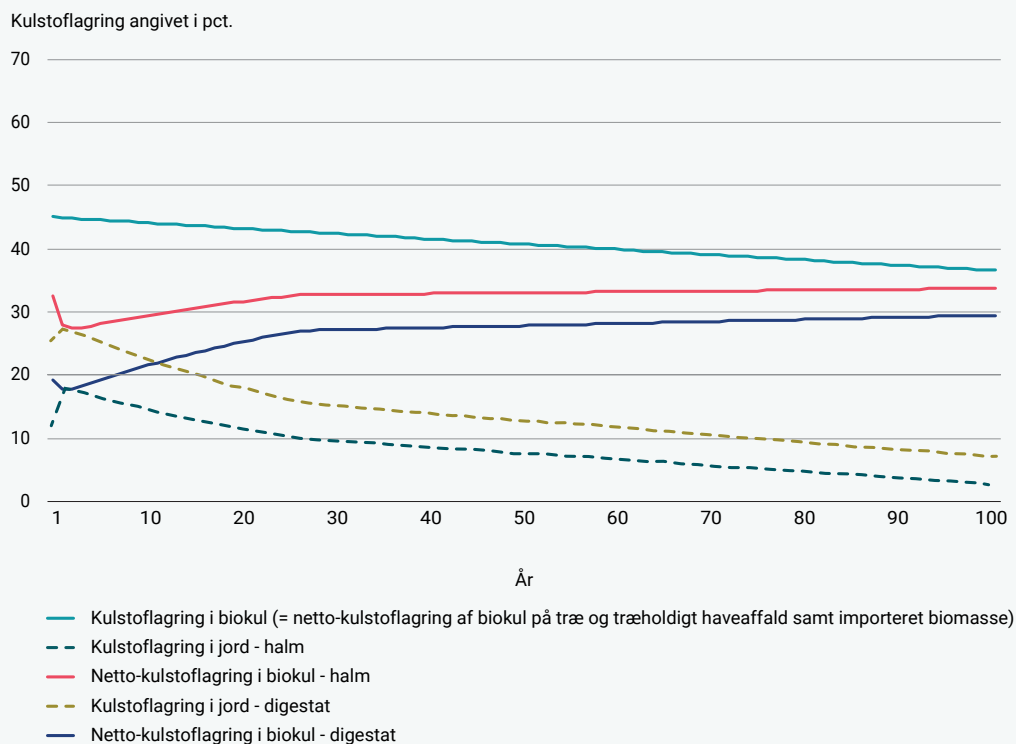
Kulstoflagring i biokul afhængigt af biomassetype

Det er lagt til grund, at 45 pct. af kulstoffet fra biomassen bindes i biokullet, mens den resterende mængde kulstof bliver til energiprodukter fra pyrolyse, og en lille andel går til spilde. Sammenlignes mængden af kulstof, der lagres i biokul med biomassens alternative anvendelse, er netto-kulstofbindingen over tid højest for træ og træholdigt haveaffald samt importeret biomasse, da der tages udgangspunkt i træ og træholdigt haveaffald som i dag anvendes til forbrænding og derfor ikke har en lagringseffekt i LULUCF-sektoren i udgangspunktet, *jf. figur 4*.

Netto-kulstofbindingen af biokul ved anvendelse af halm er lidt lavere end ved anvendelse af træ og haveaffald, da ca. 60 pct. af biomassen i dag udbringes på landbrugsjorden, hvor den bidrager til kulstoflagring. Digestat har den laveste netto-effekt, da alt digestat i dag udbringes på landbrugsjord og dermed i forvejen bidrager med en vis kulstoflagring. Den endelige CO₂-effekt vil desuden afhænge af den anvendte biomasses kulstofindhold.

Figur 4

Kulstoflagring i biokul over tid afhængigt af biomassetype



Anm.: Det lægges til grund, at 45 pct. af kulstoffet i biomassen bindes i biokullet i år 1. Ved beregning af netto-kulstofbindingen er der korrigeret for den nuværende anvendelse af biomassen, hvor biomasse udbragt på landbrugsjord bidrager til kulstoflagring i dag, mens biomasse anvendt til forbrænding ikke bidrager med lagring i dag. Variationer de første år skyldes overgange mellem kulstofpuljer i C-TOOL modellen, som er den anvendte model for jordens kulstofpuljer til Danmarks emissionsopgørelse, *jf. Notat om indregning af effekten af biomasse i C-TOOL/den nationale drivhusgasopgørelse, Steen Gyldenkerne, 2023.*

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

3.2. Teknisk reduktionspotentiale

Det tekniske reduktionspotentiale er et skøn for øvre tekniske grænser for CO₂-reduktioner, hvis der ses bort fra økonomiske og juridiske barrierer. Det tekniske potentiale for CO₂-reduktioner fra biokul skønnes at være afgrænset af, hvor meget biokul der kan udbringes på dansk landbrugsjord i henhold til gældende miljøregulering. CO₂-effekten pr. ton biokul afhænger særligt af biomassens nuværende anvendelse og kulstofindholdet i den oprindelige biomasse, *jf. afsnit 3.1*. Skønnet af det tekniske reduktionspotentiale for biokul er baseret på, at der produceres og udbringes biokul, der lever op til de til enhver tid gældende miljøregler.

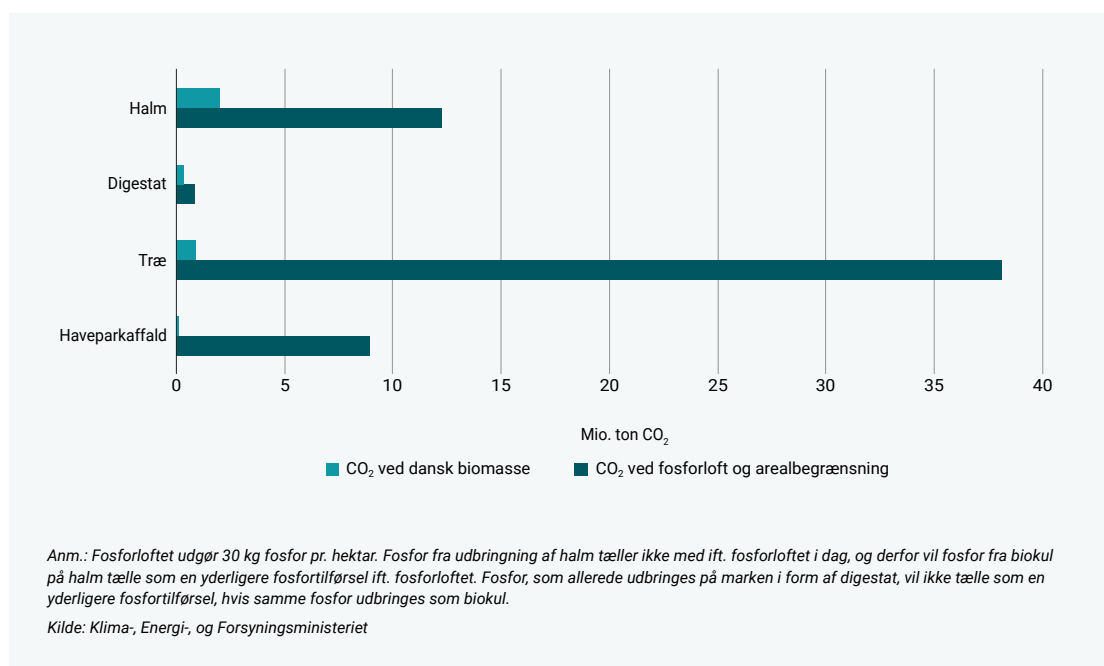
I gældende miljøregulering reguleres fosfortilførslen til marker gennem det såkaldte fosforloft, som sætter en øvre grænse for fosfortilførsel pr. hektar i gennemsnit for en given bedrift. Da biokul indeholder fosfor, gælder fosforloftet også for biokul, der bringes ud på landbrugsjord. Derfor lægges til grund, at fosforloftet på sigt udgør den øvre grænse for, hvor meget biokul der samlet set kan udbringes på dansk landbrugsjord⁴. Der tages i vurderingen udgangspunkt i mængden af fosfor, der kan tilføres på landsplan, hvilket forudsætter, at udbringningen af biokul sker der, hvor der er overskydende areal til udbringning af fosfor.

Inden for fosforloftet på landsplan skønnes det, at der årligt samlet set kan udbringes 12 mio. ton biokul, hvis biokullet er produceret på træ, der i udgangspunktet anvendes til forbrænding, svarende til en årlig CO₂-effekt på 38 mio. ton. Det er meget usikkert, om dette niveau er muligt at nå under hensyn til miljø- og agronomiske forhold. Hvis biokullet er produceret på halm, skønnes der årligt samlet set at kunne udbringes 6 mio. ton, svarende til en årlig CO₂-effekt på 12 mio. ton, *jf. figur 5*. For biokul produceret på digestat skønnes det, at der årligt kan udbringes 0,8 mio. ton biokul, svarende til en årlig CO₂-effekt på 0,9 mio. ton. Det tekniske reduktionspotentiale afhænger således i høj grad af typen af biomasse, der anvendes til at producere biokul, der påvirker biokullets kulstof- og fosforindhold. Der er tale om årlige CO₂-effekter, så længe biokullet udbringes årligt. Der er ikke taget højde for, at der på sigt kan være en grænse for den fysiske ophobning på arealerne ved udbringning af meget store mængder biokul.

Det tekniske potentiale for udbringning af biokul er således meget stort, når det alene lægges til grund, at fosforreguleringen er den begrænsende faktor, og der samtidig ikke skelnes mellem dansk og importeret biomasse. Hvis potentialet afgrænses til biokul produceret ved danske biomasseressourcer, der allerede i dag enten udbringes på landbrugsjord eller går til forbrænding, vil det medføre en væsentlig lavere mængde biokul og lavere CO₂-effekter på mellem 0,1 mio. ton CO₂ for haveaffald og op til 2 mio. ton CO₂ for halm, *jf. figur 5*. Hvis potentialet afgrænses yderligere til kun at afspejle den biomasse, der udbringes på dansk landbrugsjord, reduceres potentialet til ca. 1 mio. ton biokul pr. år og en CO₂-effekt på 1,6 mio. ton pr. år.

Figur 5

Teknisk potentiale for årlige CO₂-reduktioner fra biokul inden for fosforloftet



Der er ikke indregnet overvejelser om den optimale anvendelse af biomasse. Det er ikke muligt at skønne over, hvilken andel af den danske biomasse der med fordel kan allokeres til pyrolyse, da biomassen også kan anvendes til andre formål, f.eks. anvendelse af biomasse til bioraffinering og produktion af foder eller materialer som bioplastik eller oparbejdelse af biomassen til byggesektoren. Der kan være økonomiske såvel som forsyningsmæssige eller lovgivningsmæssige begrænsninger i at allokere alt biomasse fra landbrugsjord og forbrændingsværker til pyrolyse. Der kan f.eks. være begrænsninger i at allokere biomasse, der udbringes på landbrugsjord, da der kan være en risiko for at udpine jorden, hvis alt biomassen fjernes. Endelig kan der derudover være begrænsninger i forhold til import af biomasse. Der er hermed væsentlige usikkerheder forbundet med at skønne over potentialet for udbringning af biokul og dermed CO₂-effekter.

3.3. Skøn for CO₂-effekter i 2030 og 2035

Regeringen forventer, at der på baggrund af resultater fra igangsatte forskningsindsatser kan implementeres national regulering for anvendelse af biokul i landbrugsjord fra medio 2026. Derfor skønnes biokul at kunne udbringes i større skala fra 2027, når der er klarhed over de regulatoriske rammer.

Som ved andre teknologier forventes det, at udbygning af pyrolyseanlæg vil ske gradvist, i takt med at der opnås kommerciel erfaring med teknologien. Til at skønne over kapacitetsudviklingen frem mod 2030 og 2035 tages udgangspunkt i udviklingen af produktionskapaciteten for VE-teknologier som biogas og større solvarmeanlæg til fjernvarmeproduktion, der er sammenlignelige i forhold til tekniske egenskaber. Biogas og solvarme ligner i sin fysiske størrelse pyrolyseanlæg, og det er ligesom ved pyrolyse en relativt specifik installation, hver gang et nyt anlæg skal bygges. Det er særligt relevant at sammenligne biogasanlæg og pyrolyseanlæg, da der både i biogasproduktion og biokulproduktion behandles biomasse i stor skala, og der raffineres et ønsket slutprodukt.

For både biogas og solvarme er der historisk observeret en modningstid på 20 år, før der skete en mærkbar kapacitetsudbygning. Det lægges dog til grund, at der ikke er behov for samme langvarige modningsfase for pyrolyseteknologi, da både internationalt og nationalt klimafokus antages at bidrage til en hurtigere modningsfase. Det lægges derfor til grund, at biokulproduktionen accelererer fra 2027 pba. nuværende demonstrationsprojekter og forskning. Såfremt accelerationen påbegyndes senere, vil det medføre en tilsvarende lavere forventning til produktionskapaciteten i 2030.

Det er meget usikkert at skønne over accelerationen for nye teknologier. Til at skønne over udbygningen af pyrolyseanlæg er der derfor taget udgangspunkt i tidligere observerede acceleration og vækstrater for lignende teknologier. For biogas er der observeret en gennemsnitlig årlig vækstrate på ca. 25 pct. i teknologiens accelerationsfase. På tværs af sammenlignelige teknologier er den højeste årlige vækstrate observeret til at udgøre 60 pct. for solvarmeanlæg. Det antages, at accelerationen for kapacitetsudbygningen for pyrolyse vil ligge inden for dette spænd, *jf. figur 6*.

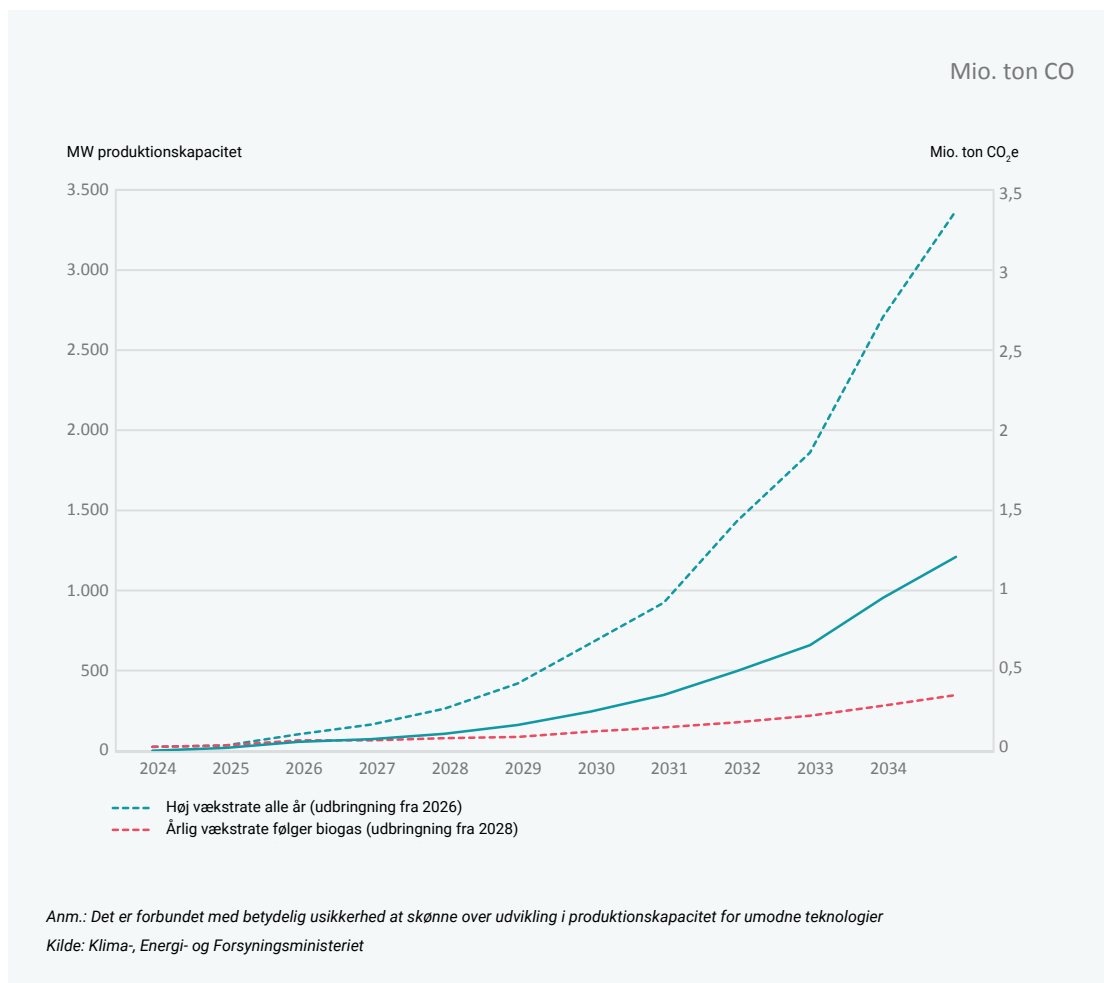
Det er lagt til grund, at der er en velvilje i markedet til udbygningen af pyrolyseanlæg og en tillid til at de identificerede barrierer er løst inden 2027, herunder klarhed om det miljøfaglige grundlag og tilhørende miljøregulering, støttemuligheder og emissionsfaktoren. På den baggrund skønnes det med betydelig usikkerhed, at der kan påbegyndes lagring af biokul fra 2027. Det kræver, at de første anlæg (udover eksisterende demonstrationsprojekter) er færdigbyggede og producerer biokul i 2027, hvorfor det er lagt til grund, at kapacitetsudbygningen påbegyndes i 2025. Det er under antagelse om, at det tager to år fra etablering af et anlæg påbegyndes, til anlægget producerer biokul i fuld skala.

Der er en række faktorer, der kan påvirke udbygningen af pyrolyseanlæg, der både kan øge eller sænke accelerationen og vækstraten frem mod 2030. Beregningerne er derfor baseret på et middelret skøn, og der kan særligt på kort sigt forventes afvigelser. Endvidere bemærkes, at indregningen i emissionsopgørelsen og fremskrivninger forudsætter, at de igangværende forskningsprojekter dokumenterer reduktionseffekterne, hvilket forventes at være klar til Klimastatus- og fremskrivning 2027. Potentialet og effekterne genbesøges ifm. indregning i Klimastatus- og fremskrivning i 2027.

Det skønnes på den baggrund med betydelig usikkerhed, at udbygningen af pyrolyseanlæg kan udvikle sig fra knap 30 MW produktionskapacitet i 2024 til 120-680 MW produktionskapacitet i 2030 og 320-3400 MW kapacitet i 2035. Den skønnede udbygning svarer til CO₂-effekter på 0,1-0,7 mio. ton i 2030 og 0,3-3,4 mio. ton i 2035, *jf. figur 6*. Det svarer til et middelret skøn for CO₂-effekter ved lagring af biokul på 0,3 mio. ton CO₂ i 2030 og 1,2 mio. ton CO₂ i 2035.

Figur 6

Udvikling i CO₂-effekter pba. skøn for produktionskapacitet



3.4. Omkostninger og skyggepris

Produktion og udbringning af biokul skønnes for nuværende at være forbundet med en netto-omkostning, som skal dækkes, før biokul ved pyrolyse kan udbredes i større skala. I indeværende afsnit redegøres for omkostningsskøn og skyggepris for biokul ved pyrolyse.

Der er på nuværende tidspunkt ikke et større marked for salg af biokul eller økonomiske incitamentter til udbringning og anvendelse af biokul på landbrugsjord. Derfor er det lagt til grund, at biokul i dag ikke har en værdi i sig selv. Biokul kan dog potentielt have en jordforbedrende effekt og en gødningseffekt, som endnu ikke er fastlagt, og som kan variere på baggrund af inputbiomasse og produktionsforhold.

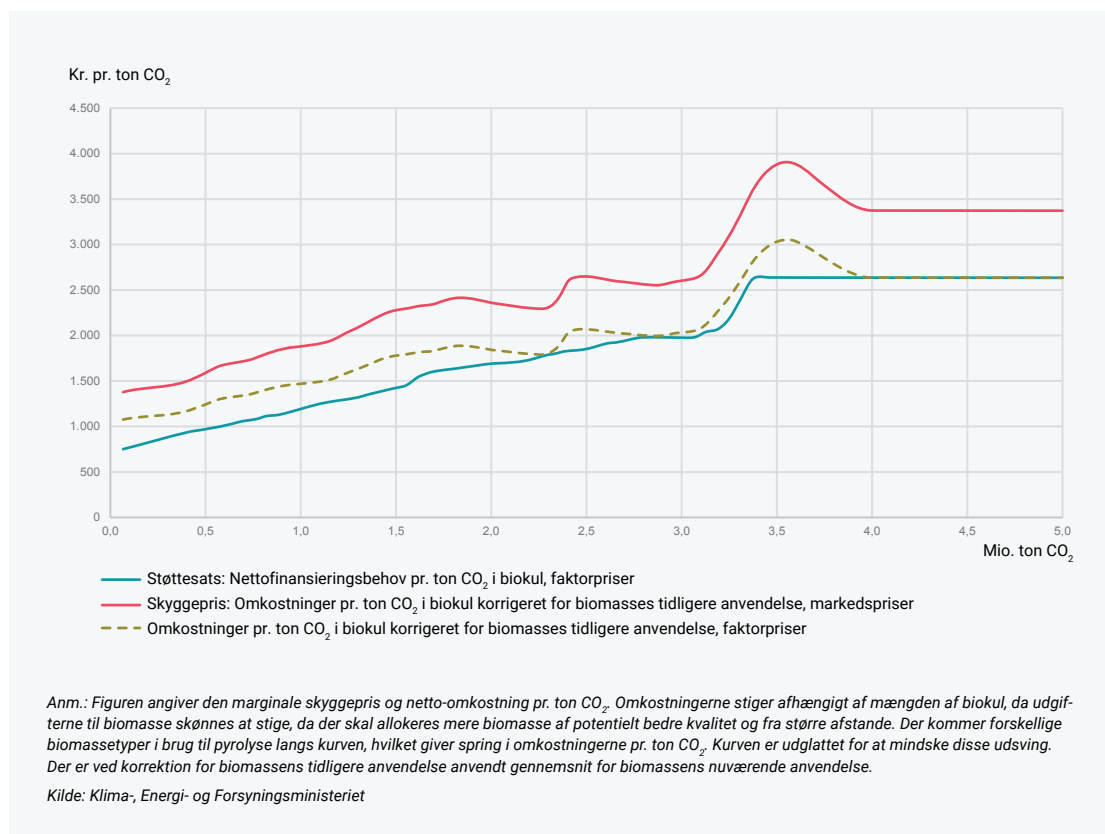
Nettofinansieringsbehovet for produktionen og udbringning af biokul er estimeret ud fra Energistyrelsens Teknologikatalog for fornybare brændstoffer, herunder ift. pyrolyseanlæggets størrelse og produktionsmæssige egenskaber og energibalance, samt en række øvrige forudsætninger for pris på biomasse og energiprodukter mv., som er beskrevet i boks 5.

Produktion og udbringning af biokul skønnes med betydelig usikkerhed på baggrund af de anvendte priser for biomasse, investerings- og driftsomkostninger til pyrolyseanlægget, omkostninger til udbringning af biokul og indtægter forbundet med afsætning af energiprodukter, for nuværende at have en marginal skyggepris på mellem ca. 1.400 og 4.000 kr. pr. ton CO₂ (2025-priser), jf. figur 7. Skyggeprisen angiver den samfundsøkonomiske omkostning pr. ton CO₂ inde for Danmarks grænser, hvor der er taget højde for den alternative CO₂-lagringseffekt ved biomassens nuværende anvendelse. Skyggeprisen varierer dermed langs kurven, afhængigt af hvilken biomasse der antages at tages i brug, hvilket fastlægges af skøn for biomassernes priser. Den gennemsnitlige skyggepris over kurven skønnes at være ca. 2.500 kr. pr. ton CO₂, (2025-priser).

Omkostningskurven er estimeret under en antagelse om, at der produceres biokul på den biomasse, der giver de laveste omkostninger pr. ton CO₂-reduktion i biokullet isoleret set, dvs. hvor der ikke medtages den alternative kulstoflagringseffekt af biomassen. Omkostningerne varierer efter transportomkostninger for biomassen, hvorfor det skønnes at være dyrest at producere biokul på importeret biomasse. Efter anvendelse af ca. 8 mio. ton biomasse, svarende til knap 4 mio. ton CO₂, skønnes biokul at blive produceret på importeret biomasse, hvorfor der sker et fald i skyggeprisen, som følge af at der ved biokul på importeret biomasse ikke skal modregnes effekten af kulstoflagring fra biomassens nuværende anvendelse.

Figur 7

Marginale omkostninger pr. ton CO₂ for biokul ved pyrolyse (kr. pr. ton CO₂, 2025-priser)



Ved støttebehovet regnes forrentningen af biokul pr. ton CO₂ i biokullet isoleret set, da det ved støtte til lagring af biokul ikke skønnes muligt at differentiere pba. biomassens tidligere anvendelse, hvorfor støttebehovet er lavere end de samfundsøkonomiske omkostninger pr. ton CO₂ (skyggepris).

Boks 5

Beregningsforudsætninger for omkostningsskøn (2025-priser)

Baseret på Energistyrelsens teknologikatalog er der taget udgangspunkt i et 20 MW pyrolyseanlæg med en kapitalomkostning på ca. 160 mio. kr. Der anvendes et afkastkrav på 7 pct. for anlægsinvesteringen baseret på estimation af det strukturelle aktieafkast.

Pyrolyseolie antages afsat i international skibsfart, hvor den kan medføre en global CO₂-fortrængningseffekt, når pyrolyseolien erstatter fossil olie. Det forudsættes i beregningerne, at pyrolyseolie umiddelbart er substituerbart med fossil fuelolie (brændselsolie). Fra 2025 reguleres skibsfarten i EU med EU's CO₂-fortrængningskrav i skibsfarten, der er fastsat i FuelEU Maritime forordningen, og som indebærer 2 pct. fortrængning i 2025, 6 pct. i 2030 og 80 pct. i 2050. Herudover er CO₂-udledningerne fra søfart over 5.000 bruttoton kvotebelagte fra 1. januar 2024, såfremt der sejles til eller fra en EU-havn.

Det er i beregningerne derfor lagt til grund, at pyrolyseolien kan prissættes som brændselsolie tillagt CO₂-kvoteprisen, som den substituerbare pris. Hertil er der fratrukket 10 pct. af prisen, som skønnes at dække konverteringsomkostninger, ligesom der fratrækkes omkostninger til transport og lagring af olien. Dette resulterer i en prissætning af pyrolyseolie på ca. 420 kr. pr. MWh i 2030 stigende til 620 kr. pr. MWh i 2050.

For pyrolysegas antages det, at den erstatter brug af ledningsgas, hvor det skønnes, at bio-gasproduktionen forventes at overstige det danske forbrug af ledningsgas fra 2030, jf. *Klimastatus og -fremskrivning 2024*, hvorfor der ikke er en fortrængningseffekt. Værdisætningen af pyrolysegas forudsættes at følge prisen på ledningsgas fratrukket 10 pct., som skønnes at dække omkostninger til etablering af separate rør og kedler. Dette resulterer i en prissætning af pyrolysegas på ca. 190 kr. pr. MWh.

Overskudsvarmen antages at erstatte varmeproduktion fra andre vedvarende energiformer, og den prissættes derfor efter varmeprisen pba. skøn fra Energistyrelsen, hvor der fratrækkes 10 pct. til konverteringsomkostninger. Dette resulterer i et prisskøn for overskudsvarme på ca. 180 kr. pr. MWh. I pyrolyseprocessen kan der dannes metan. Det lægges dog til grund, at danske pyrolyseanlæg ikke har et nævneværdigt udslip af metan som følge af nyttiggørelse af pyrolysegassen. Endelig har pyrolyseanlægget et elforbrug til drift af anlægget, som prissættes efter fremskrivninger for elprisen pba. *Klimastatus og -fremskrivning 2024* på 530 kr. pr. MWh i 2027 faldende til 430 kr. pr. MWh i 2035.

De gennemsnitlige biomassepriser følger forudsætninger til *Klimastatus og -fremskrivning 2024* og udgør gennemsnitligt 980 kr. pr. ton biomasse for halm, 170 kr. pr. ton for digestat, 1.070 kr. pr. ton for træ og 700 kr. pr. ton for haveaffald. Priser er dog varieret for at afspejle varierende transportomkostninger afhængig af afstand til pyrolyseanlægget og tidligere anvendelse. I de nedre skøn er anvendt prisestimer ved decentrale værker, som er eksklusiv transportomkostninger. For øvre skøn er anvendt prisestimer for importerede træpiller omregnet til kr. pr. MWh for den relevante biomasse, som skønnes at udgøre et øvre estimat for transportomkostninger for biomassen.

For halm er det nedre skøn estimeret til 550 kr. pr. ton, mens det øvre skøn er estimeret til 1.690 kr. pr. ton. For digestat er det nedre skøn estimeret til 0 kr. pr. ton, mens det øvre skøn er estimeret til 330 kr. pr. ton. For træ er det nedre skøn estimeret til 950 kr. pr. ton, mens det øvre skøn er estimeret til 1.300 kr. pr. ton. For haveaffald er det nedre skøn estimeret til 560 kr. pr. ton, mens det øvre skøn er estimeret til 1.000 kr. pr. ton.

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

4. Håndtering af barrierer og risici og indsats for teknologifremme

Der er i dag en række barrierer for en storskalaimplementering af pyrolyseteknologi, der skal håndteres gennem følgende indsatsområder:

- I. **Indsatsområde 1 - Klar og enkel regulering:** Der skal udvikles klare og enkle lovgivningsmæssige rammer i overensstemmelse med EU-retten for at muliggøre en miljømæssig og agronomisk forsvarlig anvendelse af biokul på landbrugsjord i stor skala.
- II. **Indsatsområde 2 - Styrket incitament til udbredelse:** Rammevilkårene skal give de rette incitamentter til drivhusgasreduktioner i land- og skovbrugssektoren, hvor pyrolyse kan spille en vigtig rolle.
- III. **Indsatsområde 3 - Klimaeffekt og emissionsopgørelse:** Der skal udvikles en dansk metode for at klimaeffekten ved lagring af biokul kan inkluderes i den danske drivhusgasopgørelse.

Strategi og arbejdsprogram for pyrolyse iværksætter tiltag på tværs af tre indsatsområder, som skal fjerne barriererne for udbredelse af pyrolyseteknologi og anvendelse af biokul på landbrugsjord.

4.1. Indsatsområde 1: Klar og enkel regulering

Biokuls miljø- og agronomiske effekter

Der findes i dag eksempler på, at biokul i andre lande anvendes som et gødningsprodukt og middel til jordforbedring. Men der er ikke kendskab til effekterne af langvarig og udbredt anvendelse af biokul som klimavirkemiddel i landbrugssektoren. I Danmark produceres biokul for nuværende primært til demonstrations- og forskningsformål og i mindre grad som kommerciel salgsvare.

Biokul kan produceres fra mange forskellige biomasser og have forskellige egenskaber, der blandt andet afhænger af biomassen samt procesbetingelserne under produktionen såsom pyrolysetemperatur og opholdstid i anlægget. Både jordens fysiske egenskaber og biologien i jorden påvirkes, når man tilføjer biokul. Nogle studier har vist, at biokul kan forbedre jordens egenskaber, f.eks. jordens evne til at holde på vand og næringsstoffer. Der mangler dog fortsat viden om og dokumentation af langsigtede miljømæssige og agronomiske effekter af biokul under praksisnære dyrkningsforhold i Danmark. Ny viden om disse forhold kan også bidrage til forståelsen af klimaeffekten af biokul samt have betydning for landbrugernes incitament til at anvende biokul på markerne.

Biokuls potentielle gødningsværdi kan have betydning for incitamentet til at anvende biokul i landbruget. Særligt indholdet af fosfor kan have betydning, da fosfor er en begrænset ressource, og samtidig er et af de essentielle næringsstoffer for planterens vækst. Når biokul anvendes på marken, kan det derfor have en positiv virkning på planterens vækst. Samtidig kan reglerne for tilførsel af fosfor til landbrugsarealer udgøre en lokalt begrænsende faktor. Der mangler også afklaring af, hvor tilgængeligt fosfor tilført i form af biokul er for optag i planterne, og om fosforen potentielt risikerer at blive udvasket til vandmiljøet. En stor del af kvælstoffet går derimod enten tabt eller omdannes til planteutilgængelige former i pyrolyseprocessen. I dag indgår hele fosforindholdet i opgørelsen af fosfor, mens kvælstoffet i opgørelsen af kvælstofforbruget anses for utilgængeligt og derfor ikke tælles med.

Biokul indeholder miljø- og sundhedsskadelige stoffer, som i for høje koncentrationer potentielt risikerer at blive udvasket til grundvandet, marine miljøer eller overfladevand, eller ophobet i jorden, hvor de muligvis kan optages i planter og mikroorganismer. Det drejer sig f.eks. om tungmetaller, som kan være tilstede i den oprindelige biomasse eller svært nedbrydelige stoffer, som dannes i pyrolyseprocessen. For at undgå dette, skal der fastsættes regler, der sikrer at biokullet overholder relevante kvalitetskrav, eller tilsvarende regulering, der sikrer miljø- og agronomiske forhold. Samtidig kan nogle forurenende stoffer, der var til stedet i inputmaterialet, f.eks. medicinrester og mikroplastik, fjernes helt eller delvist gennem pyrolyse.

Såfremt der på et senere tidspunkt igangsættes tiltag for at fremme lagring af biokul alternativt til landbrugsjord, vil det kræve en forudgående undersøgelse af de miljømæssige konsekvenser heraf. Efter reglerne kan biokul i dag ikke placeres på deponi, da det ikke er deponeringseget affald. Det kan heller ikke anvendes til efterbehandling af arealer, der har været anvendt til råstofgrave, bl.a. pga. risiko for udsivning af stoffer fra biokul til overfladevand og grundvand, og dermed en forurening, som er vanskelig at sætte ind overfor efterfølgende.

Placering og miljøgodkendelse af pyrolyseanlæg

Pyrolyseanlæg vil typisk ønskes placeret i landzoner, da nærhed til biomasseressourcer vil begrænse udgifter til transport af biomasse. Opførelse af pyrolyseanlæg i landzone kræver en landzonetilladelse fra kommunalbestyrelsen, og kræver, hvis anlægget er lokalplanpligtigt, tillige tilvejebringelse af det nødvendige plangrundlag, herunder en lokalplan. Det fremgår af planloven, at en kommuneplan skal indeholde retningslinjer for beliggenheden af tekniske anlæg, herunder arealer til fælles biogasanlæg. I modsætning til fælles biogasanlæg fremgår der i planloven ikke samme udtrykkelige krav om, at der skal fastsættes retningslinjer for beliggenheden af pyrolyseanlæg. Det kan gøre ansøgningsprocessen mere omstændig, idet projektudviklere ikke på forhånd kender retningslinjerne for beliggenheden af pyrolyseanlæg.

Opførelse af pyrolyseanlæg kræver typisk en miljøgodkendelse, hvor det enten vil være kommunen eller Miljøstyrelsen, der som miljømyndighed skal meddele miljøgodkendelsen. Afhængigt af anlæggets størrelse og en række andre miljøforhold kan der være krav om en miljøvurdering (VVM), som er en uddybende vurdering af miljøforhold på og omkring anlægget. Hvorvidt der er behov herfor afhænger bl.a. af anlæggets størrelse samt en række øvrige miljøforhold. Ved miljøgodkendelse indgår miljøvurderingen som en del af miljøgodkendelsessagsbehandlingen. Sagsbehandlingstiden for ansøgning om godkendelse til opførelse og drift kan variere fra projekt til projekt og i forhold til miljømyndigheden.

Regler for udbringning af biokul

I udgangspunktet er det i dag ikke tilladt at sprede biokul på marken. Det skyldes, at biokul er omfattet af miljøbeskyttelseslovens forureningsbegreb, da biokul indeholder stoffer, der kan forurene grundvand, jord og undergrunden, hvis stoffernes koncentration er for høj. Visse typer biokul kan dog i dag bringes ud på landbrugsjord med en tilladelse efter miljøbeskyttelseslovens § 19, som kommunerne lokalt træffer afgørelse om. Biokul, der karakteriseres som affald, kan udbringes efter reglerne i *affald til jord*-bekendtgørelsen, hvis der som input er anvendt biomasse, der er omfattet af bekendtgørelsen. Det forudsætter desuden en anmeldelse til kommunen forud for udbringningen. Hvis kommunen på baggrund af anmeldelsen ikke forbyder udbringningen, kan udbringning ske otte dage efter anmeldelsen.

Selvom det med den nuværende regulering er muligt at udbringe biokul på landbrugsjord, når produktion, markedsføring og anvendelse af biokullet lever op til gældende regler, kan det være en udfordring for både producenter og anvendere at navigere i, hvilke regler der gælder. Behovet for klare og enkle regler understreges af bl.a. de danske pyrolysevirksomheder, der efterspørger, at regulatoriske barrierer hurtigt håndteres, så markedsudviklingen for pyrolyse og biokul ikke forsinkes unødigt.

De nuværende regler risikerer desuden at øge administrationsbyrden i kommunerne, hvis biokul anvendes i større skala, da der skal foretages en individuel vurdering, hver gang kommunerne modtager en ansøgning. Det er en proces, der i dag normalt tager flere uger. Til sammenligning kan udbringning af spildevandsslam på marken anmeldes til kommunen, og herefter udbringes uden en forudgående tilladelse, hvis kommunen ikke gør indsigelse. Klare regelsæt vil derfor understøtte den administrative praksis i kommunerne, og give sikre rammer for både producenter og aftagere af biokul.

Boks 6

Screening af gældende ret for anvendelse af biokul i landbruget

I forbindelse med udarbejdelsen af strategien og arbejdsprogrammet er der foretaget en screening af gældende ret for anvendelse af biokul på landbrugsjord. Screeningen peger bl.a. på følgende udfordringer:

- Brugen af biokul på landbrugsjord forudsætter i mange tilfælde en tilladelse efter miljøbeskyttelseslovens § 19, hvor kommunerne lokalt træffer afgørelse om den konkrete anvendelse på baggrund af biokullets konkrete sammensætning og det konkrete areal. § 19-tilladelser kan trækkes tilbage, hvorfor producenter og aftagere af biokul ikke har sikkerhed for, at de kan afsætte biokullet.
- Typen af biomasse, der anvendes til at producere biokul, er i dag afgørende for, hvilke regler biokul er underlagt. Konkret medfører valget af biomasse, at biokullet enten klassificeres som et produkt eller som affald, hvilket påvirker mulighederne for anvendelse i landbruget. Derfor kan visse typer biokul i dag udbringes til jordbrugsformål efter reglerne i affald til jord-bekendtgørelsen, mens andre typer biokul ikke er omfattet, hvilket er u hensigtsmæssigt.
- Biokul, som er helt eller delvist produceret på husdyrgødning, er omfattet af definitionen på fast husdyrgødning efter husdyrgødningsbekendtgørelsen. Det indebærer, at det ved oplagring skal overdækkes med et tætsluttende og vandtæt materiale straks efter udlægning. Det kan besværliggøre håndteringen af biokul i praksis.
- Grænseværdier og nationale krav for miljø- og sundhedsskadelige stoffer er ikke samlet ét sted, men fastsat i forskellig lovgivning, der ikke er udarbejdet med biokul for øje. Dette kan vanskeliggøre en ensartet administrativ praksis på biokulområdet.

Regulering, der kan være relevant for produktion og anvendelse af biokul

Affaldsforbrændingsbekendtgørelsen
Affald til jord-bekendtgørelsen
Bekendtgørelse om indhold af cadmium i fosforholdig gødning
Biproduktforordningen
Gennemførselsforordningen
Godkendelsesbekendtgørelsen
Gødskningsbekendtgørelsen
Gødningsanvendelsesbekendtgørelsen
Gødningsforordningen
Gødningsloven (Lov om gødning og jordforbedringsmidler m.v.)
Gødningsbekendtgørelsen
Husdyrbrugloven
Husdyrgødningsbekendtgørelsen
Kviksølvbekendtgørelsen
Lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM)
Miljøbeskyttelsesloven
OGJ-bekendtgørelsen
POP-forordningen
REACH-forordningen
Økologiforordningen

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, Miljø- og Ligestillingsministeriet, Ministeriet for Landbrug, Fødevarer og Fiskeri

Både gødningsanvendelsesbekendtgørelsen og gødskningsbekendtgørelsen er i 2023 blevet tilpasset som følge af den gennemførte screening og høring af interessenter. Det har bl.a. medført, at biokul nu eksplicit er defineret som gødningstype, for så vidt angår de to bekendtgørelses anvendelsesområde. Men ændring af disse to bekendtgørelser vurderes ikke at være tilstrækkelige til at understøtte opskaleringen af et marked for kulstoflagring via biokul.

Regeringens indsats

Regeringen foreslår at skabe større klarhed over, hvor der kan etableres pyrolyseanlæg ved at ændre planloven, så der ved udarbejdelsen af kommuneplaner fremover skal fastsættes retningslinjer for beliggenheden af pyrolyseanlæg. Regeringen vil arbejde for, at den foreslåede ændring af planloven træder i kraft fra 1. januar 2025.

Endvidere er det vigtigt for regeringen, at der hurtigst muligt etableres klare og enkle regulatoriske rammer for anvendelse af biokul på landbrugsjord, der bygger på et solidt videnskabeligt grundlag.

Derfor har regeringen afsat midler til miljøforsøg, som skal undersøge dannelse, indhold og nedbrydning af miljøskadelige stoffer i forbindelse med pyrolyseprocessen og produktionen af biokul. Undersøgelsen vil også omfatte risiko for udvaskning af kvælstof, fosfor og miljøskadelige stoffer fra biokul. Resultaterne skal danne grundlag for regeringens arbejde med at fastsætte regulering for anvendelse af biokul, der implementeres medio 2026. Der er afsat 15 mio. kr. fra *Forskningsreserven 2023* og 7 mio. kr. fra *Forskningsreserven 2024* til at gennemføre undersøgelserne.

De første delresultater til brug for fastsættelse af miljøregulering for udbringning af biokul på landbrugsjord forventes at foreligge i 2025. Regeringen arbejder for at fastsætte klar og enkel regulering frem mod medio 2026. Dette kræver en tostrengt indsats over de kommende år. De EU-retlige rammer skal afklares og regelgrundlaget skal videreudvikles og forenkles, samtidig med at reguleringen skal fastsættes på baggrund af resultater fra forskningsforsøgene, der genereres i de kommende år. På den baggrund forventes, at ny biokul-regulering kan træde i kraft fra medio 2026, f.eks. i form af en biokulbekendtgørelse med grænseværdier for indholdsstoffer i biokul til udbringning på landbrugsjord. Der tages forbehold for, at biokul-reguleringen skal være i overensstemmelse med EU-retten.

Indtil de nationale generelle regler er på plads, foretages en styrket vejledning fra ultimo 2024 af kommuner og interessenter med henblik på at strømline sagsbehandlingen på tværs af kommunerne.

Det er vigtigt for regeringen, at de reguleringsmæssige rammer udvikles med inddragelse af branchen og andre relevante aktører, da et effektivt samarbejde vil understøtte kommercialiseringen af pyrolyseområdet. Regeringen etablerer derfor en pyrolyse task-force, der skal koordinere implementeringen med henblik på at understøtte håndteringen af praksisnære barrierer.

Endvidere har regeringen valgt at igangsætte flerårige markforsøg, der skal afklare langtidseffekten af anvendelse af biokul på dansk landbrugsjord. Der er indgået kontrakt med Aarhus Universitet og Københavns Universitet herom i starten af 2024. Formålet er at klarlægge biokuls egenskaber under danske dyrkningsforhold, så der opnås sikkerhed for, at miljøtilstanden og jordens dyrkningsegenskaber ikke forringes. Undersøgelse og dokumentation af biokullets effekt på næringsstofforforslen og dyrkningsevnen under danske forhold er også centralt, så landbrugerne har det bedste grundlag at træffe beslutning om de vil anvende biokul. Forsøgene finansieres med 63 mio. kr. fra *Forskningsreserven 2023* og 14 mio. kr. fra *Forskningsreserven 2024* og forløber i første omgang fra 2024-2028. Der foretages årlige afrapporteringer, og dermed kan reguleringen justeres, såfremt forskningsresultaterne giver anledning til det.

Boks 7

Indsatsområde 1



Regeringen vil:

- **Ændre planloven**, således at det fra 1. januar 2025 bliver obligatorisk for kommunerne i forbindelse med revision og udarbejdelse af kommuneplaner at udarbejde retningslinjer for beliggenheden af pyrolyseanlæg.
- **Afklare dannelse, indhold og nedbrydning** af miljøskadelige stoffer i forbindelse med produktion af biokul, som grundlag for at kunne **fastsætte miljømæssigt begrundet regulering**. Arbejdet er igangsat i december 2023 og forventes afsluttet i medio 2026. Regeringen har afsat 15 mio. kr. fra Forskningsreserven for 2023 og 7 mio. kr. fra Forskningsreserven for 2024.
- Gennem **flerårige markforsøg** undersøge, i hvilken skala biokul kan anvendes i landbruget uden uacceptable risici for miljøet, naturen og agronomiske forhold såsom jordbiologi, næringsstoff-tilgængelighed og indvirkning på udbytter. Dette omfatter også undersøgelser af biokuls **gødningsværdi**. Undersøgelserne igangsættes i 2024 og delresultater afrapporteres årligt. Regeringen har afsat 63 mio. kr. fra Forskningsreserven for 2023 og 14 mio. kr. fra Forskningsreserven for 2024.
- Etablere **klare og enkle lovgivningsmæssige rammer** for anvendelse af biokul på baggrund af igangsatte forskningsforsøg. Regeringen forventer, at reguleringen kan **implementeres fra medio 2026**, så vidt det er muligt indenfor EU-retten. Reguleringen kan blive justeret såfremt forskningsresultater tilvejebragt herefter giver anledning til det.
- **Styrke vejledningen** af kommunerne gennem en vejledende udtalelse om § 19-tilladelser fra Miljøstyrelsen, med henblik på at **strømline sagsbehandlingen** på tværs af kommunerne samt afholdelse af **informationsmøder** og/eller **workshops** for aktører, miljømyndigheder og øvrige interessenter.
- **Understøtte håndteringen** af praksisnære barrierer gennem etablering af en **tværministeriel pyrolyse task-force**, der har til formål at koordinere implementeringen af regeringens indsatser og understøtte udviklingen af et fremtidigt marked for kulstoflagring via biokul. Pyrolyse task-forcen vil i sit arbejde oprette et NEKST implementeringsforum bestående af relevante eksterne interessenter og aktører på pyrolysemarkedet.
- **Udarbejde vejledningsmateriale** til miljømyndigheder for **at understøtte godkendelsesprocesser** for etablering af pyrolyseanlæg, herunder vedr. relevante listepunkter for pyrolyseanlæg i godkendelsesbekendtgørelsen, indhentning af emissionsdata fra eksisterende pyrolyseanlæg samt justering af den kommende reviderede luftvejledning.
- Vurdere ultimo 2026 på baggrund af igangsatte miljøforsøg, om der er grundlag for at **lempe** nuværende **krav om overdækning af markstakke** af biokul produceret på husdyrgødning.

Regeringens indsats for at afdække miljømæssige og agronomiske effekter ved udbringning af biokul på dansk landbrugsjord, samt fastsættelse af klar og enkel regulering på baggrund heraf, vil tage højde for allerede igangsatte forskningsprojekter på biokulområdet.

4.2. Indsatsområde 2: Styrket incitament til udbredelse

Pyrolyseteknologi vurderes med den nuværende regulering og forventede priser på afsætning af pyrolyseolie og -gas samt biokul ikke at være rentabel nok til at kunne konkurrere på markedsvilkår.

Kvoter og afgifter på CO₂e-udledninger forbundet med afbrændingen af fossile brændsler har en stor indvirkning på, hvor konkurrencedygtig den grønne pyrolyseolie og -gas vil være. Med *Aftale om grøn skattereform for industri mv.* af 24. juni 2022 blev der fastlagt nye rammevilkår for industrien, der giver virksomhederne større incitament til at skifte til ikke-fossile brændsler, såsom pyrolyseolie og -gas. Det skyldes, at det samlede afgiftsniveau for energiprodukter i højere grad end i dag vil bestå af CO₂-afgift, som rene biobrændstoffer og -brændsler baseret på pyrolyse er fritaget fra.

For at indfri ambitionen om at gøre pyrolyse og kulstoflagring fra biokul konkurrencedygtig på markedsvilkår er der en række udfordringer, der skal adresseres.

For det første har landbrugere i dag ikke tilstrækkeligt incitament til at bringe biokul ud på marken, da indtægtsmulighederne ikke opvejer omkostningerne ved anvendelse af biokul.

For det andet fastsætter VE II-direktivet standardiserede CO₂e-fortrængningsværdier for en række forskellige VE-brændstoffer, som led i direktivets målsætninger for forbrug af vedvarende energi i transportsektoren. I direktivet fastsættes der dog ikke fortrængningsværdier specifikt for pyrolysegas eller -olie, der anvendes som biobrændstof. Fortrængningsværdien skal udregnes for en given mængde pyrolysegas eller -olie, hvilket blandt andre parametre kan være definerende for markedsværdien.

EU's ramme for certificering af kulstoffjernelse

Fælles rammevilkår i EU for kulstofoptag og -lagring kan potentielt understøtte Danmarks klimamål både på kort og på lang sigt.

De reguleringsmæssige rammer i EU-regi er på nuværende tidspunkt ikke indrettet på en hensigtsmæssig måde, når det kommer til at fremme teknologier til kulstofoptag og -lagring som f.eks. pyrolyse. Fælles certificeringsstandarder kan potentielt bidrage til at skabe troværdighed om kvaliteten af kulstofoptagsvirkemidler og kan facilitere privat finansiering. Europa-Kommissionen har i november 2022 fremsat forslag til forordning om en EU-certificeringsramme for kulstoffjernelse, som skal udgøre rammen for udviklingen af et hensigtsmæssigt certificeringsværktøj med henblik på at fremme tiltag for CO₂-fangst og -lagring. Der blev i februar 2024 indgået en foreløbig aftale mellem Europa-Parlamentet og Rådet på Kommissionens forslag, hvilket Parlamentet senere vedtog 10. april 2024. Rådet skal nu formelt vedtage teksten, hvorefter denne kan træde i kraft.

Regeringens indsats

Regeringen er sammen med parterne i den grønne trepart enige om, at Danmark skal være et foregangsland, der viser vejen til at løse klimaudfordringerne i landbrugs- og fødevareresektoren. Derfor er parterne også enige om, at regeringen skal arbejde for at tilvejebringe de økonomiske rammer for en hurtig opskalering af pyrolyseteknologien. Det betyder, at regeringen vil arbejde for at opstille en tilskudsordning fra 2027 til lagring af biokul produceret ved pyrolyse. Tilskudsordningen målrettes biokul, som lagres i dansk landbrugsjord med støtte pr. ton lagret CO₂ med forbehold for godkendelse i henhold til EU's statsstøtteregler.

Herudover vil regeringen i overensstemmelse med trepartsaftalen prioritere midler til videre demonstration og udvikling af pyrolyseteknologien frem mod 2030 i forbindelse med kommende grønt innovations- og forskningsudspil.

Regeringen vil desuden undersøge mulighederne for, at midler fra Den Fælles Landbrugspolitik (CAP) i den næste CAP-reformperiode kan understøtte danske landbrugere med f.eks. ibrugtagning af nye teknologiske virkemidler som biokul ved pyrolyse, og herved fremme den grønne omstilling i landbruget.

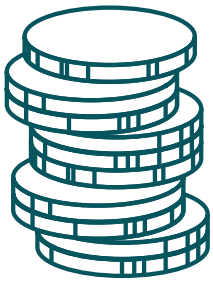
Energistyrelsen yder vejledning til brændstofleverandører, der ønsker at indberette anvendelsen af pyrolysebaserede VE-brændstoffer imod opfyldelse af det nationale CO₂e-fortrængningskrav, såfremt produktet lever op til bæredygtighedskriterierne fastsat i VE II-direktivet. I den forbindelse kan brændstofleverandører benytte sig af EU-godkendte frivillige ordninger. For udarbejdelse af fortrængningsværdier for pyrolysegas og -olie kan producenten gå i dialog med de EU-godkendte frivillige ordninger og producentens certificeringsorgan om at få udarbejdet fortrængningsværdier og opnå certificering.

Regeringen ønsker en ambitiøs, troværdig og omkostningseffektiv klimaindsats i EU, der både understøtter regeringens egen ambition om klimaneutralitet i Danmark i 2045 og EU's målsætning om klimaneutralitet i 2050. Derfor arbejder regeringen også på EU-niveau for hensigtsmæssige rammevilkår, der understøtter, at kulstoffjernelsesaktiviteter udbredes på et bæredygtigt grundlag.

Regeringen har under forhandlingerne om en EU-certificeringsramme for kulstoffjernelse arbejdet for at sikre klarere retningslinjer for certificering af biokul, herunder at det fremgår tydeligere af forordningen, at lagring af biokul potentielt kan betragtes som permanent kulstoflagring. Regeringen bakker generelt op om den foreløbige aftale, som vurderes at kunne øge muligheden for en troværdig og transparent certificering af kulstoffjernelsesaktiviteter, og som potentielt kan sikre øget finansiering fra private aktører. Dette kan potentielt bidrage til klimaindsatsen i Danmark og EU, f.eks. ved at accelerere udbredelsen af pyrolyseteknologi.

Boks 8

Indsatsområde 2



Regeringen vil:

- Arbejde for, at der fra 2027 opstilles en **tilskudsordning til lagring af biokul** produceret ved pyrolyse. Tilskuddet gives til biokul, som lagres i landbrugsjord pr. ton lagret CO₂.
- Konkret arbejde for at afsætte 0,2 mia. kr. i 2027, 0,3 mia. kr. i 2028, 0,4 mia. kr. i 2029 samt 0,6 mia. kr. fra 2030 og frem, svarende til en **samlet pulje på godt 10 mia. kr.** frem mod 2045.
- Prioritere **midler til demonstration og udvikling** af pyrolyseteknologien frem mod 2030 i forbindelse med kommende grønt innovations- og forskningsudspil.
- Undersøge mulighederne for, at midler fra Den Fælles Landbrugspolitik (CAP) i den næste CAP-refomperiode kan anvendes til at støtte anvendelse af biokul til kulstoflagring i landbrugsjord, og herved **fremme teknologiomstilling ved brug af EU's landbrugsstøtte**.
- **Vejlede om fortrængningsfaktor** ved indberetning af pyrolysegas eller -olie til opfyldelse af det nationale CO₂-fortrængningskrav.
- Støtte Europa-Kommissionens arbejde for implementering af et hensigtsmæssigt og troværdigt **fælleseuropæisk certificeringssystem for kulstoffjernelse** i EU.
- Yde en proaktiv indsats for at fastlægge **klare retningslinjer for certificering af biokul**.

4.3. Indsatsområde 3: Klimaeffekt og emissionsopgørelse

I klimamæssig sammenhæng opgøres ændringer i jordenes kulstofindhold som en del af det samlede Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF) regnskab, der dækker jorde, arealer og skove. LULUCF-regnskabet indgår i Danmarks årlige rapportering af drivhusgasemissioner til FN i overensstemmelse med IPCC's retningslinjer.

For nuværende er der tre udfordringer med at indarbejde klimaeffekten af biokul fra pyrolyse i den danske drivhusgasopgørelse, som regeringen med denne strategi og arbejdsprogram sætter fokus på.

For det første kan biokul i dag ikke tælles med i den nationale drivhusgasopgørelse, da der endnu ikke er udviklet en beregningsmetode, der kan håndtere tilførslen af biokul til landbrugsjord. Det skyldes, at IPCC på nuværende tidspunkt ikke har fastsat nogen standardiserede metoder for beregning af klimaeffekten ved indarbejdning af biokul i jord, og ansvaret for at udvikle en metode dermed påhviler landene selv.

For det andet forudsætter IPCC en høj udledning af drivhusgasser, herunder særligt metan, fra produktion af biokul, som skyldes, at IPCC lægger en mere simpel produktionsproces til grund. Det er dog indtil videre opfattelsen, at der i moderne pyrolyseanlæg under danske forhold ikke vil være nævneværdigt udslip af metan. I fravær af en national emissionsfaktor og anlægsspecifikke data om udslip af metan vil der skulle tages udgangspunkt i IPCC's standardemissionsfaktor, der underestimerer den samlede klimaeffekt ved kulstoflagring gennem biokul. Der er derfor behov for at undersøge og dokumentere, om og i hvilket omfang produktion af biokul under danske forhold producerer drivhusgasser.

For det tredje er øvrig over- eller underjordisk lagring af biokul - f.eks. i lagerhaller, byggematerialer eller lignende - ikke dækket af IPCC's retningslinjer for nuværende, og en sådan anvendelse af biokullet vil derfor ikke kunne tælle med i opfyldelsen af de danske klimamål.

Regeringens indsats

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet har igangsat det forberedende arbejde for at få udviklet en metode til at kunne tælle klimaeffekten fra biokul med i det nationale klimaregnskab. Arbejdet er påbegyndt i 2024 og ventes færdigt i 2026. Når arbejdet er afsluttet, kan klimaeffekten fra udbringning af biokul på landbrugsjord indregnes i den danske drivhusgasopgørelse. For at dokumentere klimaeffekten, skal der etableres et system for måling, rapportering og verifikation (MRV), hvor landbrugere og/eller pyrolyseproducenter kan indrapportere relevante aktivitetsdata om udbringning af biokul. Endvidere forventes, at klimaeffekten kan bidrage til at indfri Danmarks reduktionsmål under LULUCF-forordningen.

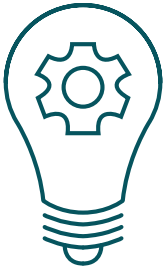
Udledninger forbundet med forbrug af pyrolyseolie og -gas til energiformål tæller i dag med i drivhusgasopgørelsen ved punktkilden, hvor olien eller gassen nyttiggøres. Overjordisk lagring af biokullene – f.eks. i byggematerialer eller lignende – vil derimod ikke kunne tælle med i opfyldelsen af de danske klimamål.

IPCC kan opdatere eller præcisere deres retningslinjer for drivhusgasopgørelser løbende. IPCC har netop påbegyndt den syvende cyklus (2023-2030). I arbejdsprogrammet har medlemslandene besluttet, at IPCC skal udarbejde en metoderapport for emissionsopgørelser for negative udledninger (Carbon Dioxide Removal Technologies), som skal være færdig i 2027. Dette er således et vigtigt første skridt i Danmarks arbejde for, at IPCC udarbejder opgørelsesmetoder for negative udledninger. Danmark arbejder aktivt for, at rapporten inkluderer pyrolyse og lagring af biokul. Som led i dette arbejde vil regeringen i 2024 igangsætte en vidensyntese, der skal kaste lys over fordele og ulemper ved andre alternative anvendelser af biokul end udbringning på landbrugsjord.

For at undersøge og dokumentere om og i hvilket omfang produktion af biokul under danske forhold producerer drivhusgasser, har regeringen afsat 1 mio. kr. fra Forskningsreserven 2023. Arbejdet ventes færdigt i 2025. Så længe der findes få anlæg, er det forventningen, at direkte emissionsmålinger fra de konkrete pyrolyseanlæg kan indgå i den danske drivhusgasopgørelse. I takt med at pyrolyseproduktionen opskaleres, er det forventningen, at det vil være mest hensigtsmæssigt at udvikle en dansk emissionsfaktor for udledning af metan i forbindelse med produktion af biokul. Med udgangspunkt i måleforsøgene vil regeringen tage stilling til, om der skal fastsættes regulering for drivhusgasudslip fra pyrolyseanlæg. Regeringen vil evaluere behovet herfor i 2025. Hvis der besluttet regulering af metanudslip fra pyrolyseanlæg, vil reguleringen kunne træde i kraft fra 2027.

Boks 9

Indsatsområde 3



Regeringen vil:

- Igangsætte udviklingen af en metode til at sikre, at **klimaeffekten fra biokul ved lagring i landbrugsjord kan indgå i den danske drivhusgasopgørelse fra 2027**. Metoden skal godkendes af DCE, der er ansvarlig for indrapporteringen af den danske drivhusgasopgørelse til FN. Dette gøres som led i metodeudviklingen. Herefter vil klimaeffekten kunne indgå i emissionsopgørelsen, såfremt den accepteres af FN's review panel.
- Gennemføre målinger af drivhusgasemissioner i forbindelse med produktion af biokul, herunder måling af metan, med henblik på at **undersøge og dokumentere niveauet af emissioner**. Projektet, der finansieres med 1 mio. kr. fra Forskningsreserven, blev igangsat i 2023, hvor der blev indgået kontrakt med en virksomhed, der skal foretage målingerne. Initiativet ventes gennemført i 2025, hvor der vil blive fulgt op på behovet for at fastsætte regulering vedrørende metantab fra pyrolyseanlæg.
- Aktivt arbejde for, at **IPCC udvikler en opgørelsesmetode for alternative lagringsmuligheder for biokul**. Første skridt var beslutningen om at udarbejde en metoderapport om negative udledninger, som forventes færdig i 2027. Dernæst vil Danmark arbejde for, at medlemslandene beslutter, at rapporten skal inkludere pyrolyse og lagring af biokul.
- Udarbejde en vidensyntese i 2024, der skal belyse **fordele og ulemper ved andre alternative anvendelser af biokul** end udbringning på landbrugsjord.



**Klima-, Energi- og
Forsyningsministeriet**

Holmens Kanal 20, 1060 København

Tlf. : +45 33 92 28 00

E-mail: kefm@kefm.dk