



CIP fonden

Vejen til effektiv CO₂-lagring med biokul

Generalforsamling hos Dansk Halm d. 28. februar 2024

Helle Osmer Clausen
Program director i CIP Fonden

CIP Fondens fokus på biokul

1. Kort om CIP Fonden og CIP
2. Motivation for at se på biokul
3. Status på potentialer og barrierer
4. Hvad mener Ekspertgruppen om Grøn Skattereform om pyrolyse?
5. Spørgsmål?

CIP Fondens udgivelser om CO₂ lagring med biokul



Pkt. 1. Hvad er CIP Fonden?

CIP Fonden arbejder med klimaprojekter, der anviser langsigtede og handlingsorienterede løsninger på strukturelle udfordringer samt baner vej for bæredygtig vækst og eksport.

CIP Fondens bestyrelse



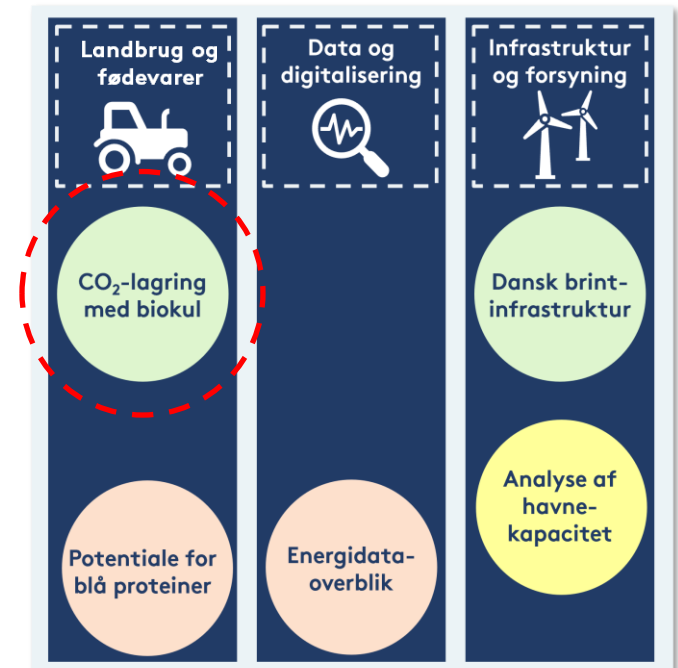
Uafhængig handletank og koblingspunkt mellem erhvervsliv, videnproduktion og beslutningstagere

CIP Fondens formål er at udpege områder, hvor strukturelle projekter kan understøtte nødvendige samfundsændringer og anviser konkrete forslag til løsninger, og hvordan de kan realiseres og finansieres.

Fælles for CIP Fondens projekter er, at de:

- Understøtter omstillingen til et CO₂-netrualt Danmark
- Bidrager med værdi til det danske samfund
- Udgør langsigtede, bæredygtige løsninger for kommende generationer
- Skaber eksportpotentiale for danske virksomheder

CIP Fondens tre projektsøjler



Pkt. 2. Hvad går CIP Fondens projekt ud på?

Biokul kan stabilt og langvarigt lagre CO₂ fra biomassen og har sidegevinster i landbruget



Projektets ambition

At undersøge perspektiverne for biokul som kulstoflager og klimavirkemiddel på samfundsniveau. Er casen positiv, udarbejdes forslag til at fremme markedet for CO₂-lagring i landbruget med biokul, og øge interessen hos investorer og mulige deltagere i værdikæden, fx gennem nye ejerskabsformer og finansieringsmodeller, og dermed skabe grundlag for markedsdrevne, negative emissioner fra landbruget.

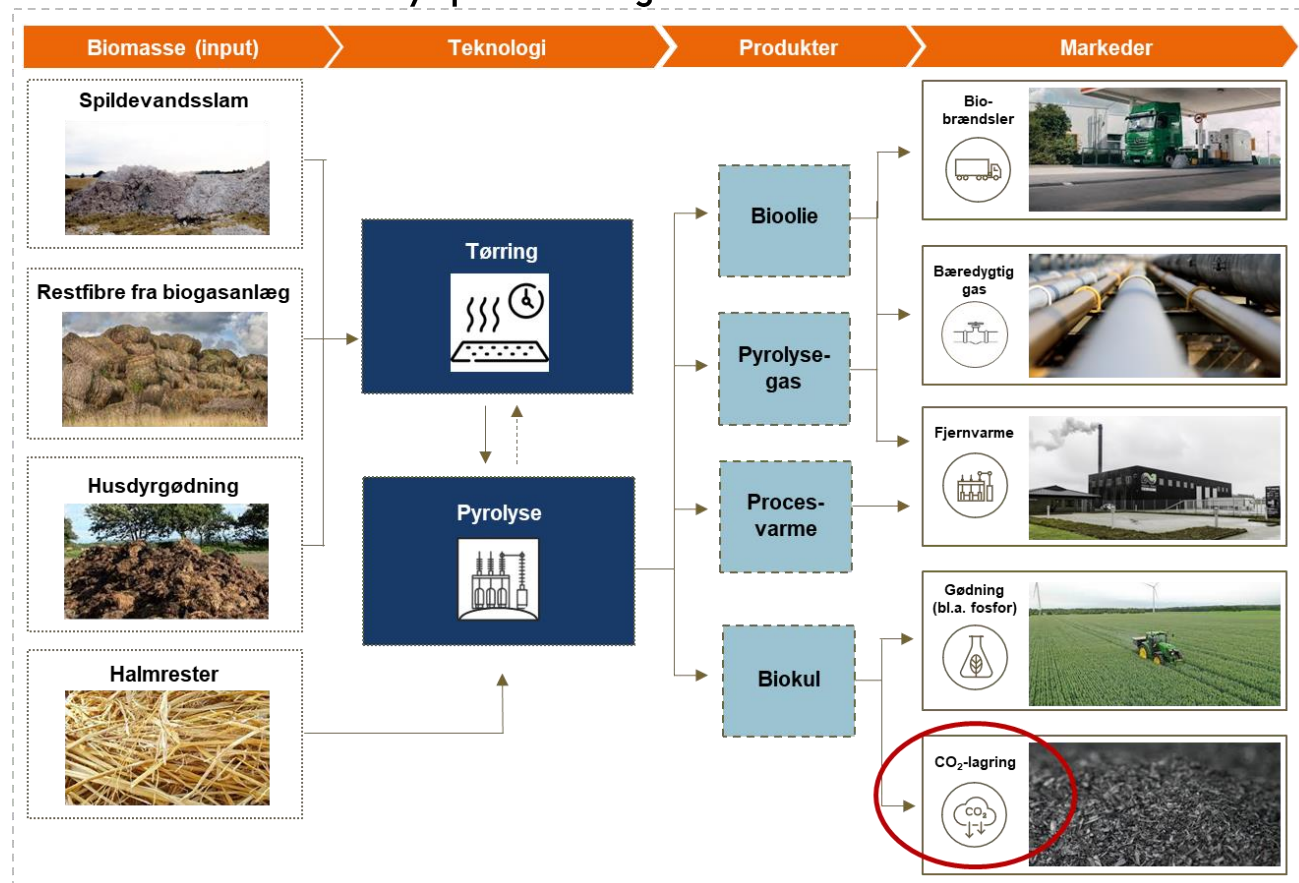


Fordele ved biokul fra biomasse på landbrugsjord

- ✓ Lagrer CO₂ meget langvarigt og stabilt
- ✓ Pyrolysen fjerner miljøfremmede stoffer som fx pesticider, mikroplast, medicinrester, patogener og potentielt også PFAS
- ✓ Kan recirkulere næringsstoffer og fx omfordele fosfor mellem jorde, da biokul er let at flytte
- ✓ Jordforbedring, reduceret nitratudvaskning og mindre udledning af lattergas fra jorden
- ✓ Cirkulær udnyttelse af restbiomasser og sidestrømme giver nye indtægter og godtgørelse for CO₂-fangst
- ✗ Behov for mere viden om optimal brug af biokul på landbrugsjord og langsigteffekter

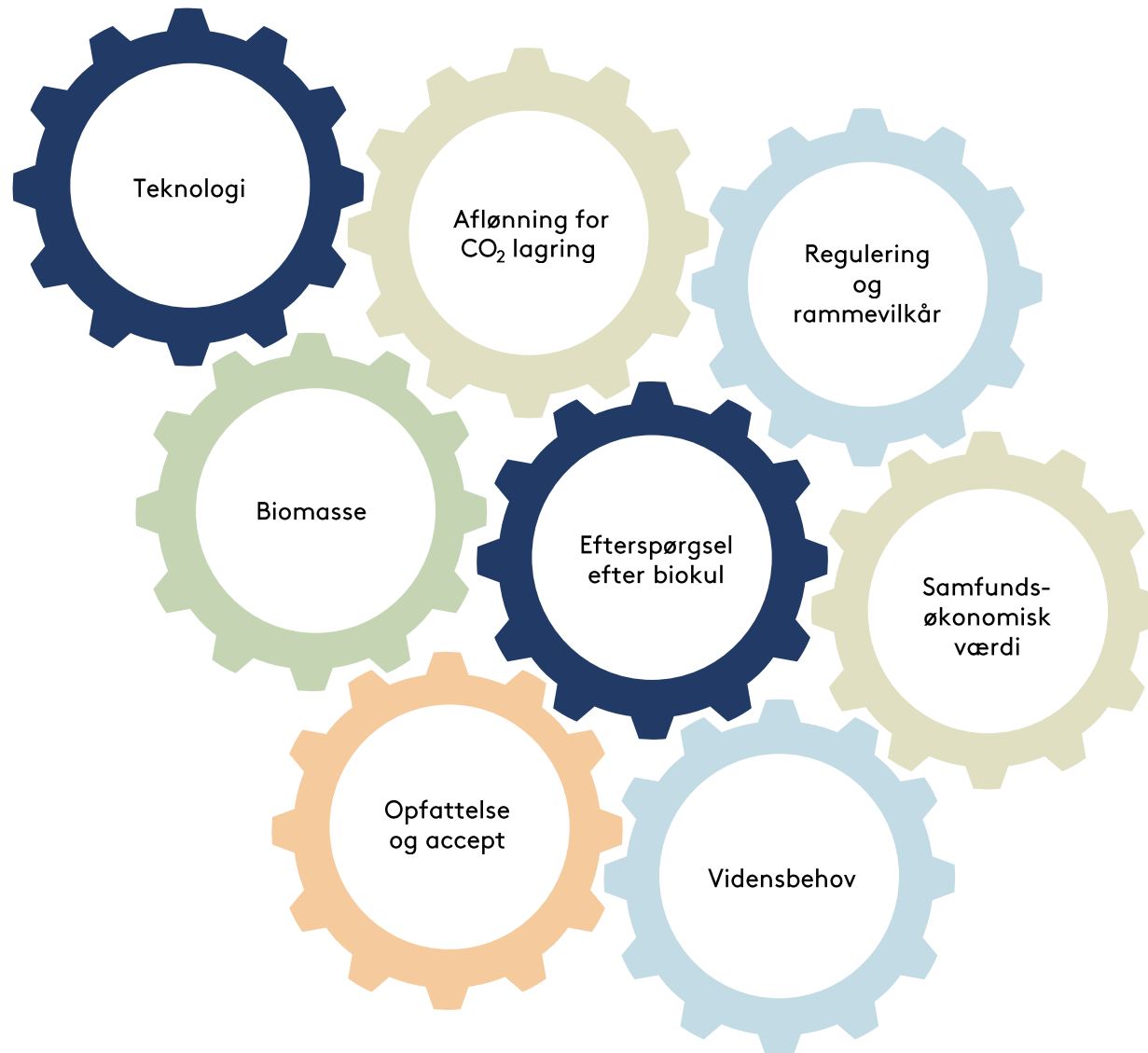
Biokul laves i en proces, hvor biomasse opvarmes til høje temperaturer i et iltfrit miljø (pyrolyse), hvilket skaber forskellige former for grøn energi (bioolie, pyrolysegas og overskudsvarme) og en rest i form af biokul, der kan lagre CO₂e og samtidig bruges til forskellige formål.

Proces fra biomasse til nye produkter og markeder

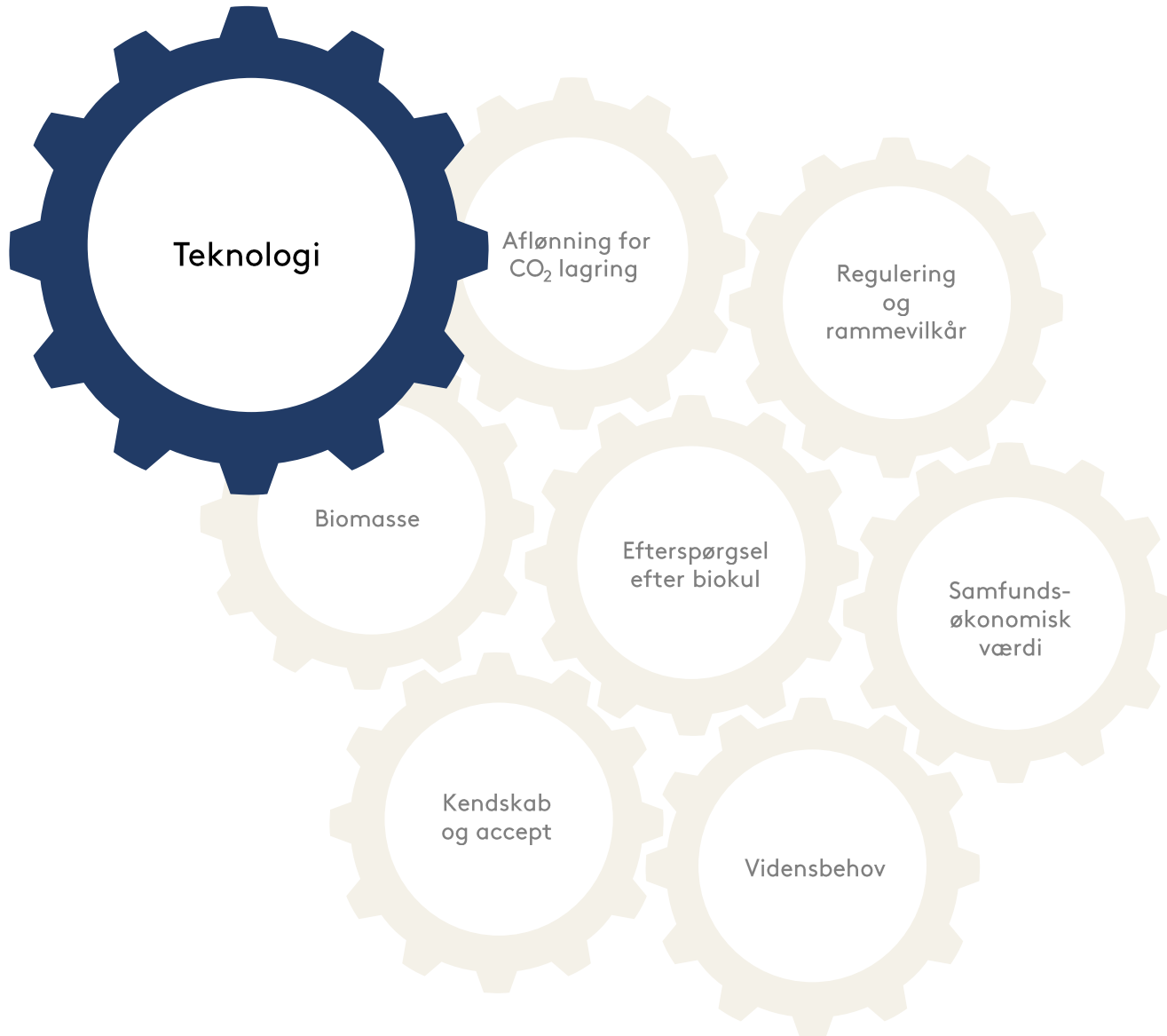


Kilde: CIP Fonden

Pkt. 3. Hvad skal fungere for at markedsføre biokul og CO₂ lagring?



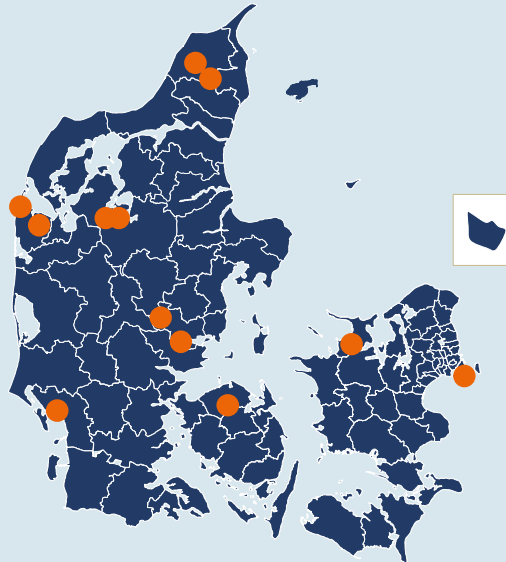
Er teknologien klar og moden til kommerciel brug og skalering?



Teknologien bag biokul er klar til kommercielt brug og under skalering

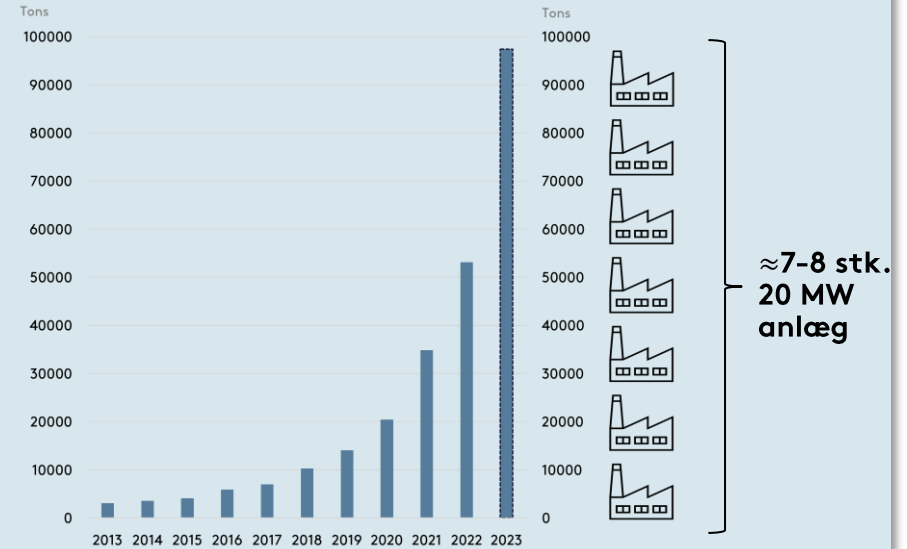
Anlæg til produktion af biokul i Danmark

- 12 produktionssteder i Danmark med geografisk spredning
- Forskellige størrelser og forskellige biomasser
- Nye anlæg under etablering/indkøring vil øge kapaciteten væsentligt svarende til omkring 45.000 ton CO₂e lagring årligt



Kilde: CIP Fonden (2024)

Stigende biokulproduktion i Europa



Kilde: EBI (2023), "European Biochar Market Report 2022-2023" og egne beregninger

Konklusioner

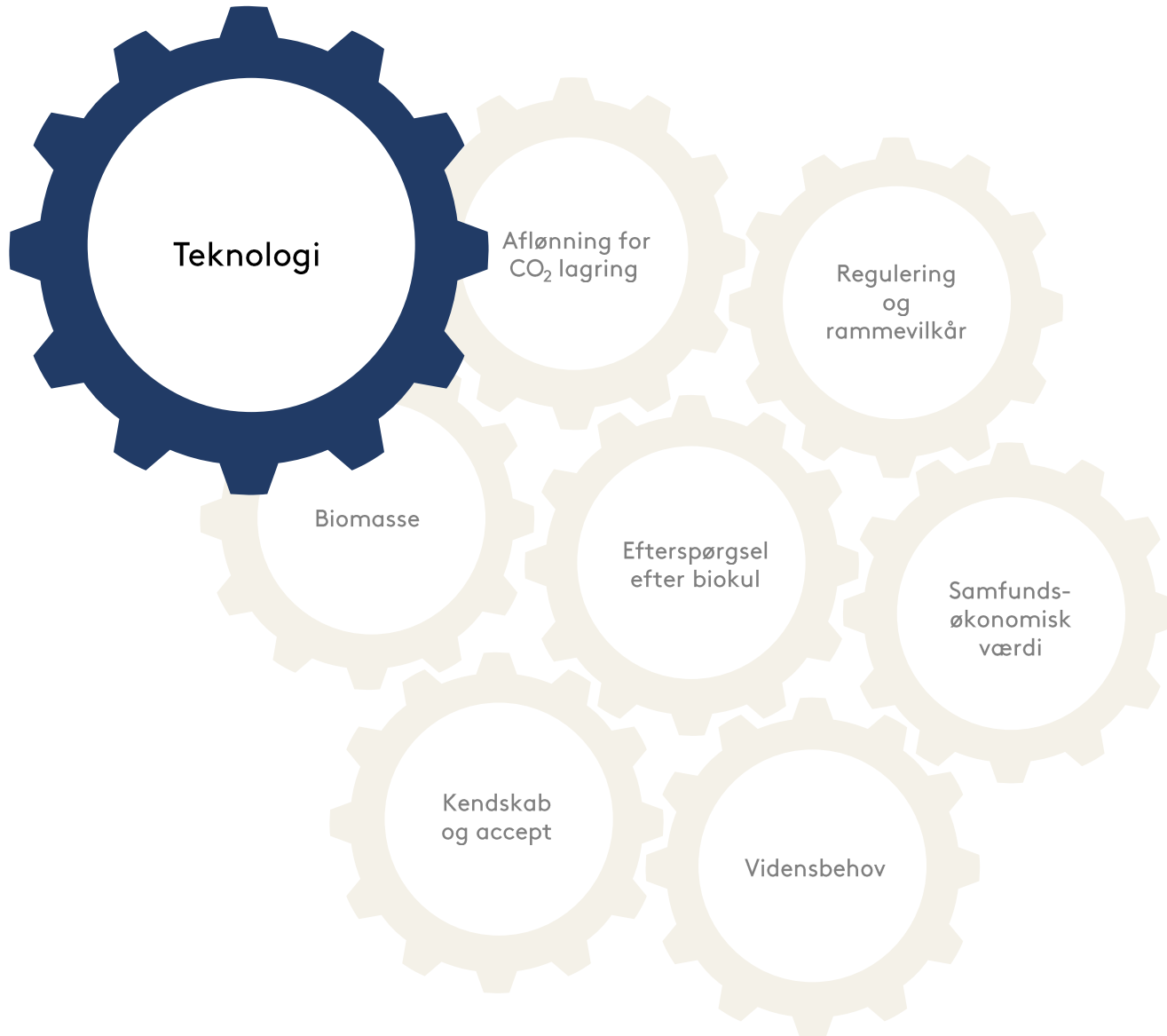
- Danmark er ikke blandt de første og største biokulproducenter i Europa, men er ved at opbygge en stærk position med en kapacitet, der vil bringe dansk produktion i den europæiske top.
- Anlæg på 20 MW, som er under indkøring, vil være blandt de absolut største i Europa og sandsynligvis også i verden.
- Teknologien er moden til kommercielt brug (TRL8) og er skalérbar. Etablering kræver en samtidig udvikling af værdikæde for hhv. input af biomasser og aftag af grøn energi og biokul.

Teknologiudvikling for pyrolyse

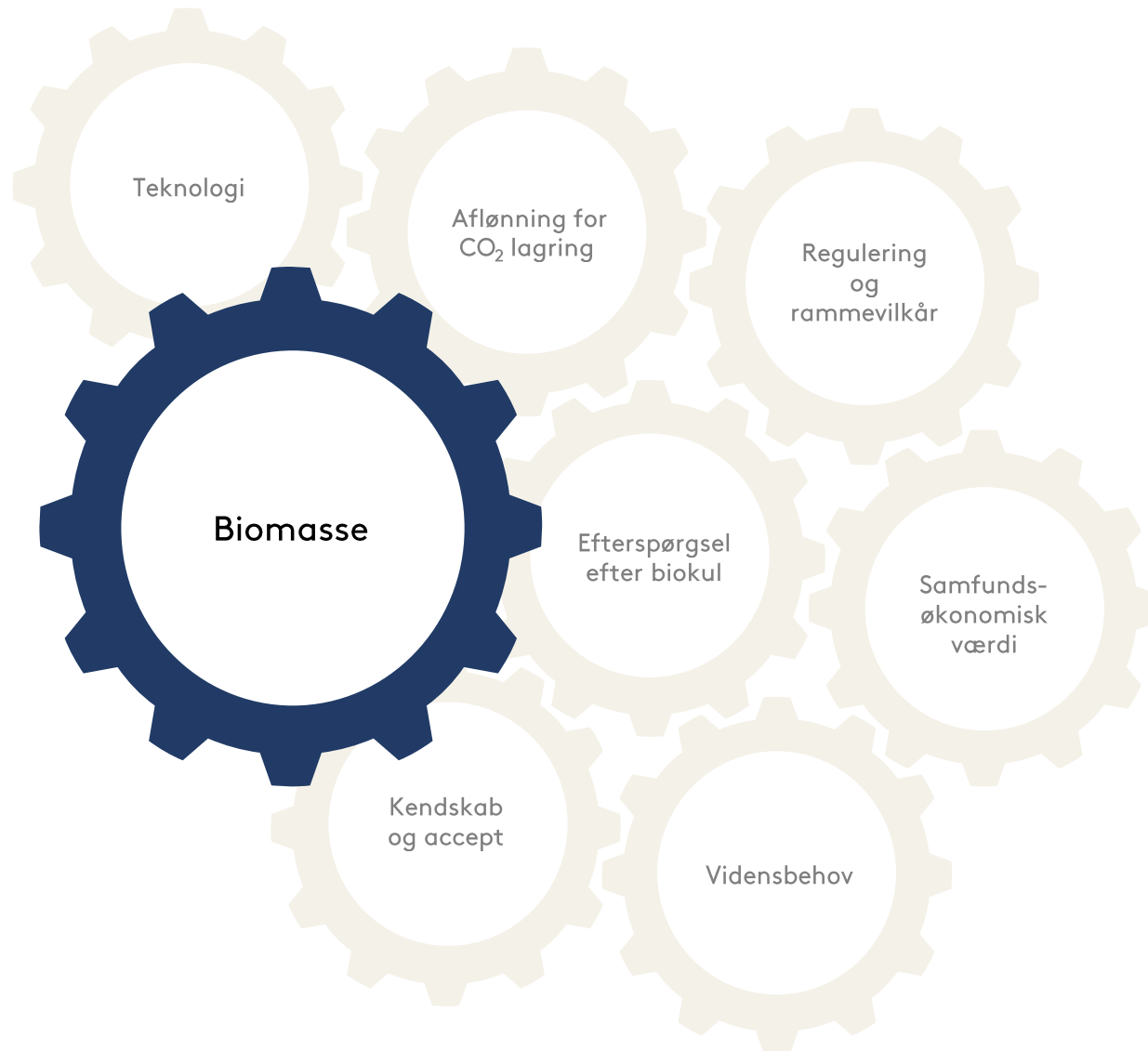


Kilde: CIP Fondens egen tilvirkning

Er teknologien klar og moden til kommerciel brug og skalering?

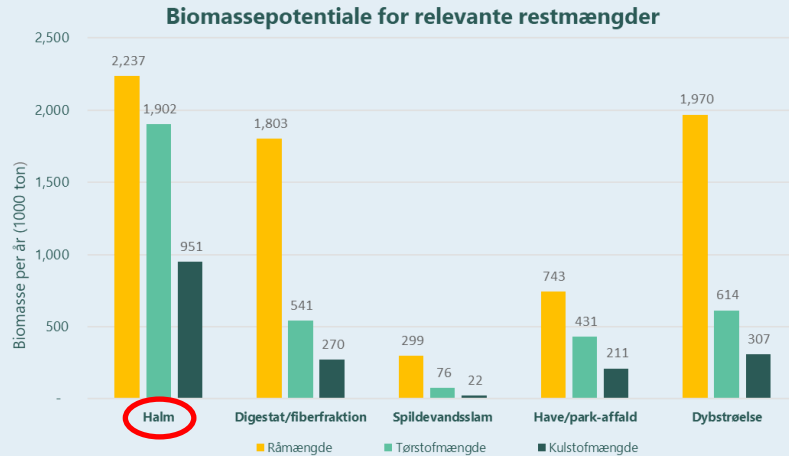


Hvad skal man bruge til at lave biokul af, og er der nok biomasser til det?



Bæredygtig brug af biomasserester

Især vigtigt med halmrester og andre strårester, restfibre fra biogasproduktion og dybstrøelse, som også indeholder meget kulstof



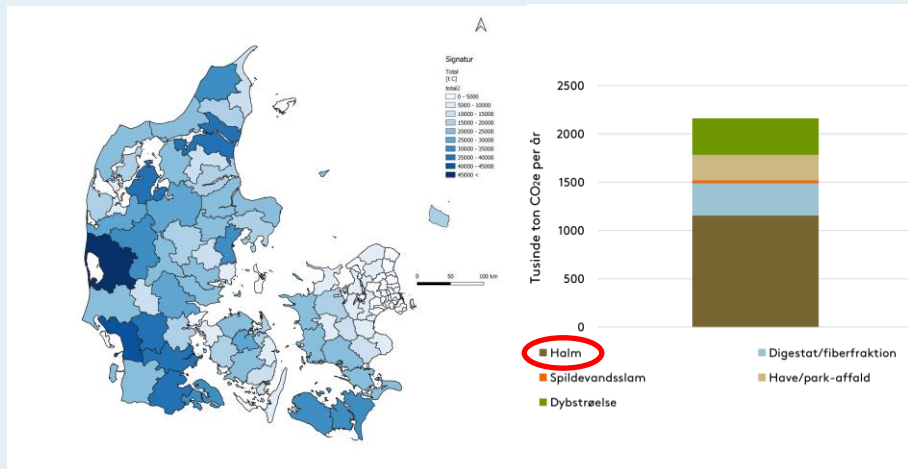
Kilde: NIRAS (2023)

Relevante biomasser i Danmark (eksempler)

- Halmrester
- Græs (herunder vejgræs, rester fra bioraffinering af græs mv.)
- Andre afgrøderrester
- Grødeskær
- Husdyrgødning (fx fra kvæg, grise og kyllinger)
- Dybstrøelse
- Digestat (restfibre fra biogas)
- Have- og parkaffald
- Træaffald
- Tang og andre rester fra havet
- Slagteriaffald
- Mask fra bryggerier
- Mødder
- Spildevandsslam
- Rester fra andre processer, jf. kaskadeanvendelsen



Geografisk fordeling af restbiomasser og CO₂ lagringspotentiale

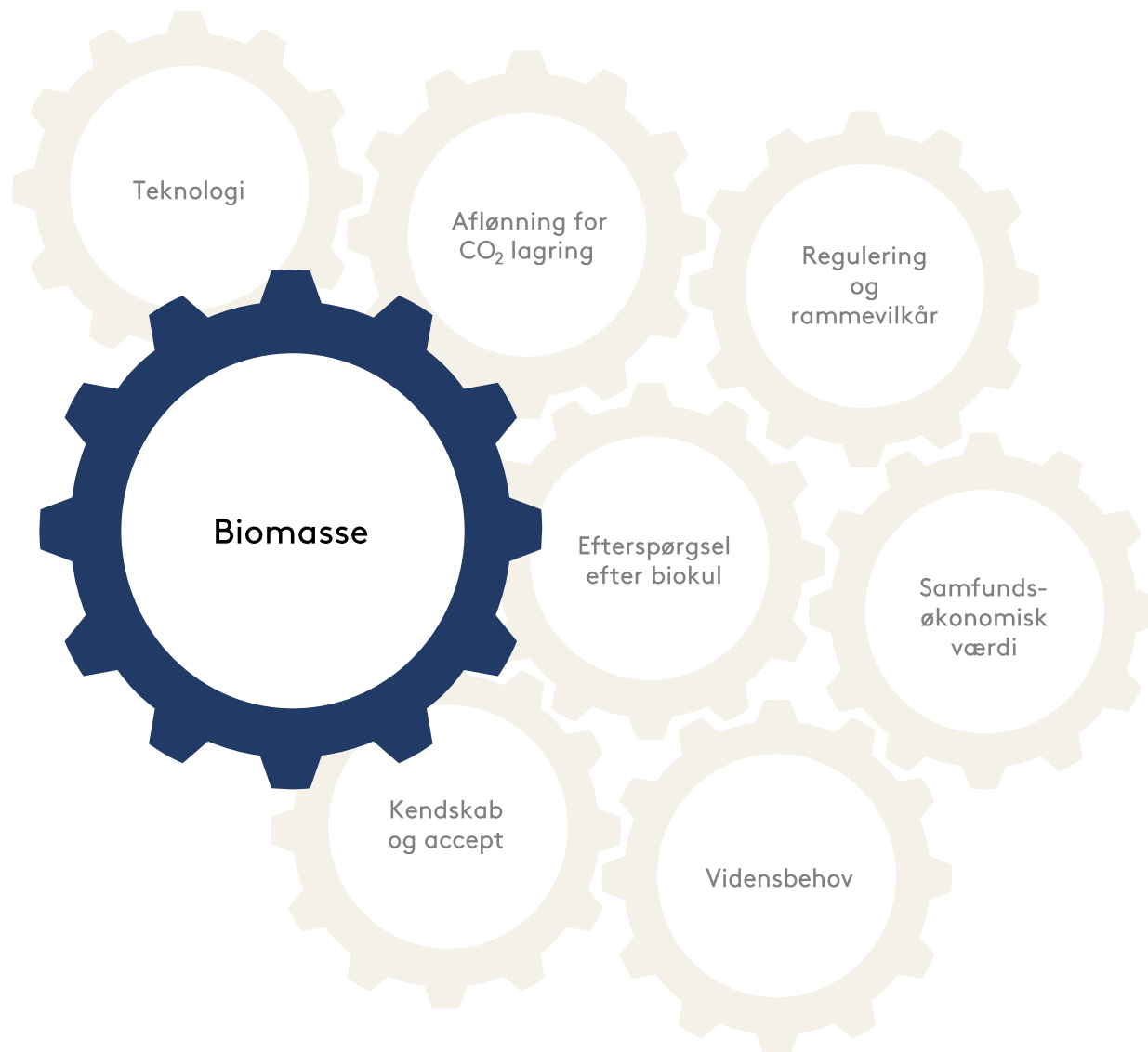


Kilde: NIRAS (2023)

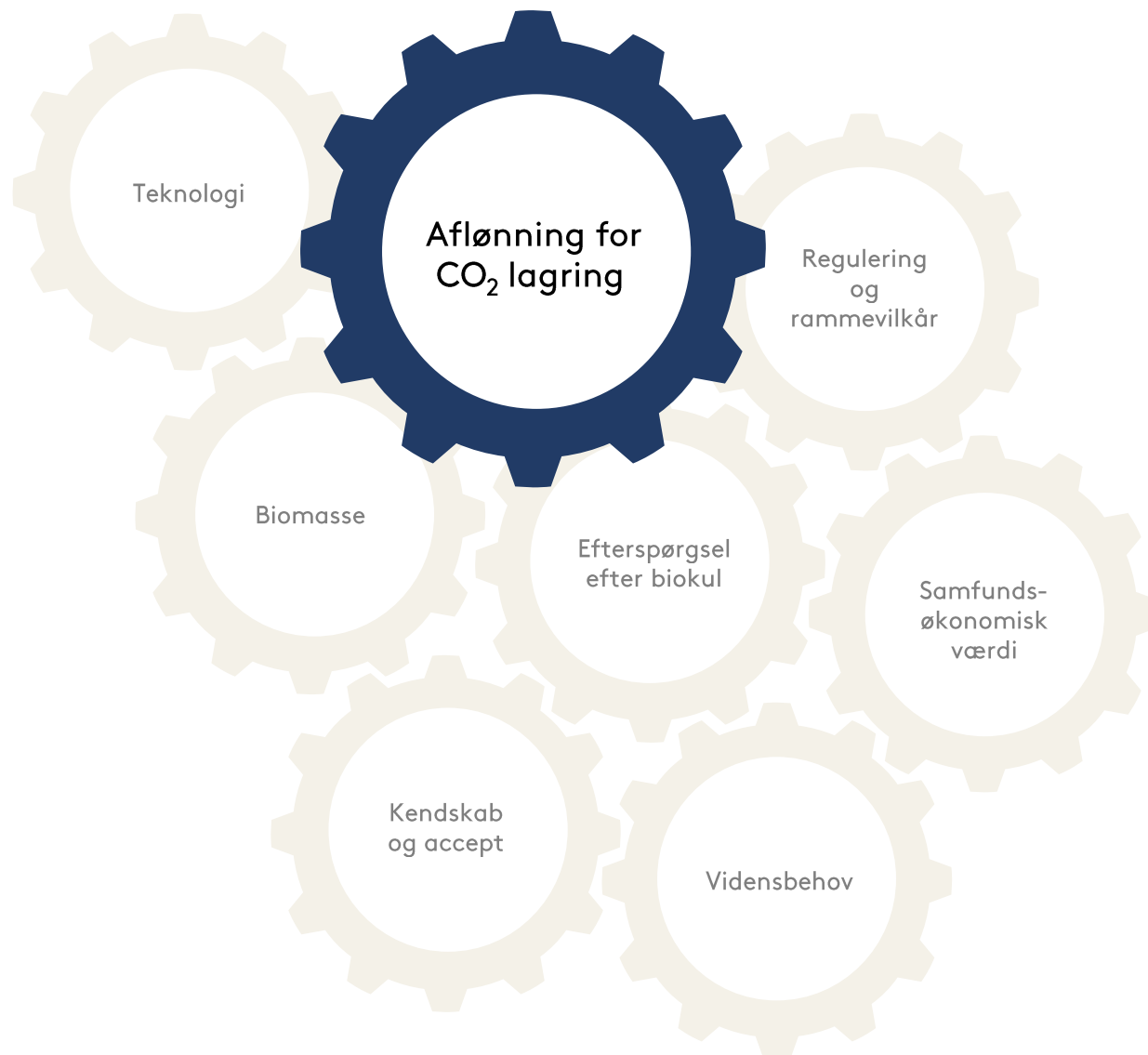
Konklusioner

- Næsten alle biomasserester kan pyrolyseres – efter en cirkulær anvendelse af biomassen.
- Kulstofindholdet varierer, og det samme gør indholdet af næringsstoffer til recirkulation på marker via biokullet.
- Størst potentiale i forskellige strårester, græsrester, digestat og dybstrøelse, hvor der enten er eller relativt let kan etableres logistik.
- Andre lande bruger fx også have/park affald og trærester.
- Biomassen har betydning for, hvor man placerer pyrolyseværkerne og for deres størrelse.

Hvad skal man bruge til at lave biokul af, og er der nok biomasser til det?



Hvem betaler for kulstoflagringen med biokul?



Biokul er rentabelt at producere, men kulstoflagringen har værdi og skal dækkes

En samlet værdikæde fra landbrug til pyrolyse og aftagere af energi og biokul står bag kulstoflagringen



Kilde: CIP Fondens egen tilvirkning

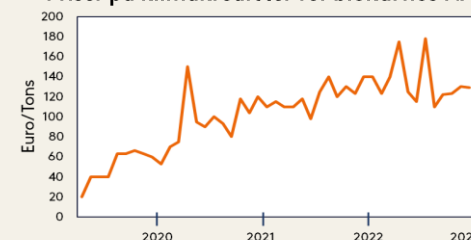
Hvad er en klimakredit?

- Et klimacertifikat er dokumentation for at fjerne 1 ton CO₂e fra atmosfæren og langtidslagre det. Når certifikaterne handles, hedder det en klimakredit.
- Klimakreditter handles på et marked baseret på frivillige standarder, hvor certifikaterne verificeres af 3. part og registreres i offentligt register.
- EU arbejder på en rammeregulering for "carbon removals" markedet, som forventes færdig omkring 2028.

Markedets størrelse

I 2022 blev der solgt klimakreditter for 600.000 ton CO₂e lagring på verdensplan, hvoraf certifikater baseret på biokul var det mest solgte.

Priser på klimakreditter for biokul hos NASDAQ



Kilde: Carbon Removal Marketplace, CORCCHAR index

Business cases bag biokul

Omk. pr. ton CO ₂ e lagret < 750 kr.?	Restfibre fra biogas	Halm	Spildevandsslam
Simpel værdikæde m/pyrolysegas	✓	✗	(✓)
Udvidet værdikæde m/bioolie	✗	✓	✗
Pris på biomasse	Gratis	Omkostning	Indtægt
Biomassebehandling	Kræver separering og tørring	Klar til brug	Kræver tørring

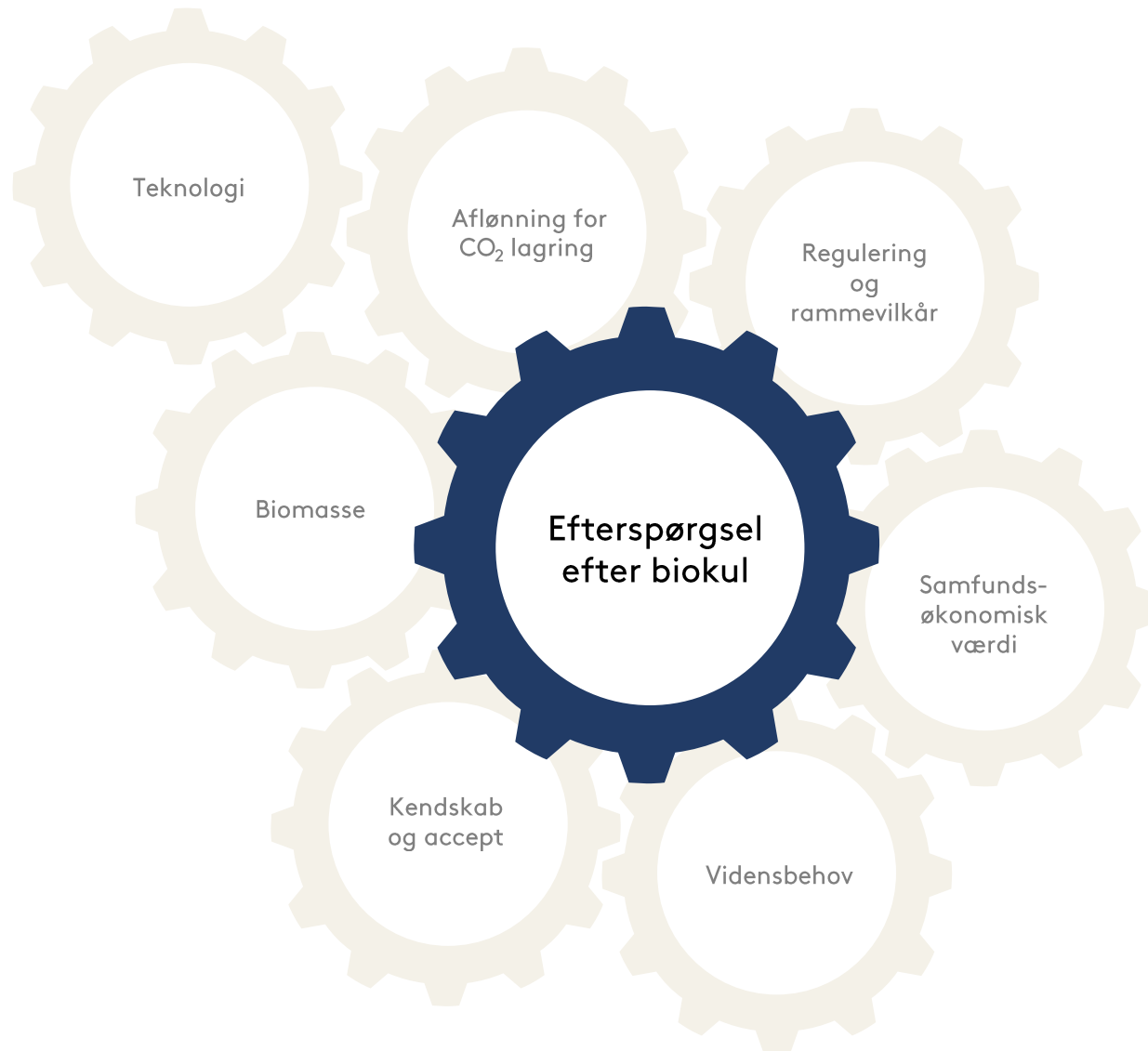
Kilde: CIP Fonden på baggrund af virksomhedsdata fra hhv. Stiesdal SkyClean og AquaGreen

Konklusioner

- Business casen hænger sammen for produktion af biokul og grøn energi, når der frasælges en klimakredit for kulstoflagringen.
- Markedet for klimakreditter er endnu i sin vorden, og de fremtidige priser er usikre.
- "Carbon removals" er nødvendige for virksomheder med net-zero ambitioner, hvis de ikke kan eliminere alle udledninger hos sig selv og i de nærmeste scopes.
- Nationalt behov for kulstoflagring i lyset af net-zero ambitioner i 2045 og net-negativ i 2050.

Hvem betaler for kulstoflagringen med biokul?





Er der efterspørgsel efter biokul og klimacertifikater?

Biokul i landbruget

- ❑ Biokul bruges i dag primært som et gødningsprodukt til jordbedring i landbruget, til plantager og til have/park anlæg
 - Øger jordens vandholdende evne og gør den mere tørkeresistent
 - Recirkulerer næringsstoffer fra den oprindelige biomasse (især fosfor og kalium)
 - Høj pH værdi (kalkningseffekt)
 - Mindsker jordens udledning af lattergas
 - Mindsker udvaskning af kvælstoffer til vådområder
 - I andre lande er også målt højere høstudbytte, men ikke fra danske forsøg med biokul
 - Lagrer kulstof meget langvarigt og irreversibelt (høj troværdighed bag CO₂ lagring)

- ❑ I andre lande bruges biokul også som fodertilsætning
 - Fungerer a la aktivt kul ift. fordøjelse
 - Bedre dyresundhed
 - Lagrer ikke CO₂

Biokul andre steder?

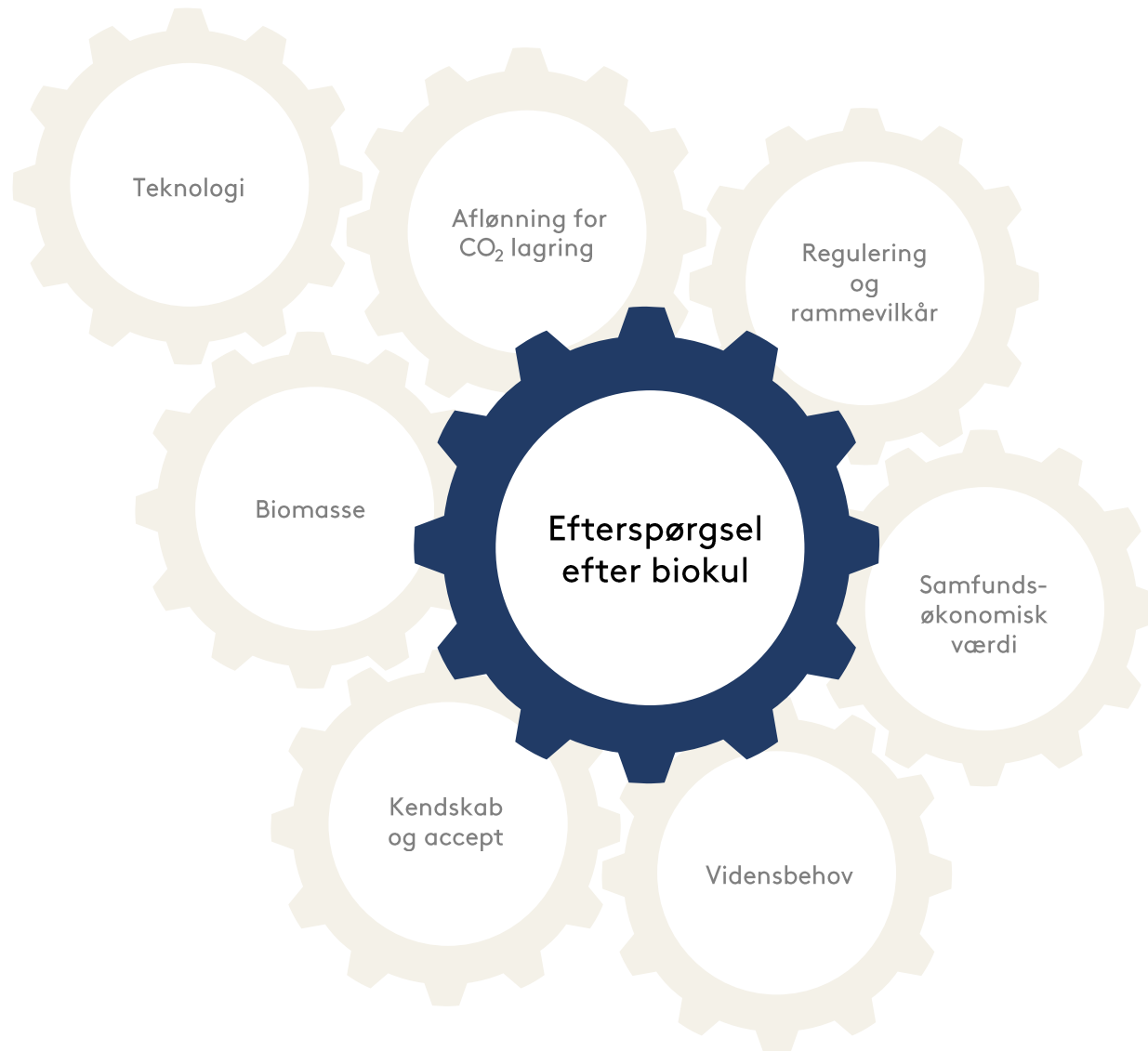
- ❑ Isoleringmateriale i byggematerialer
- ❑ Iblanding i cement, mørtel og asfalt
- ❑ Videreforarbejdet til aktivt kul til fx rensning
- ❑ Grønt alternativ til almindeligt kul i stålindustrien

Hvad bruger man biokul til?

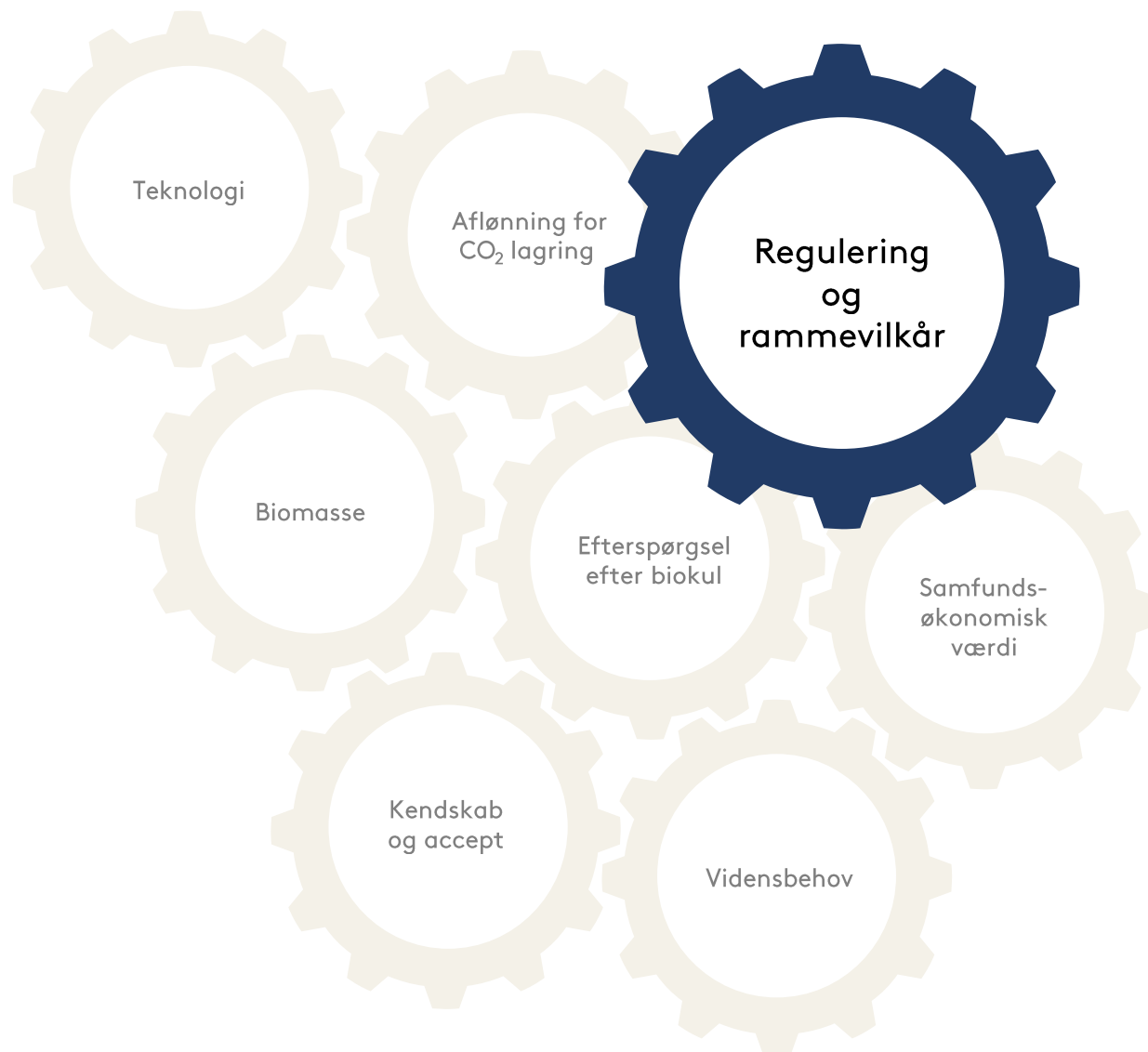


Hvem køber klimakreditter baseret på biokul?

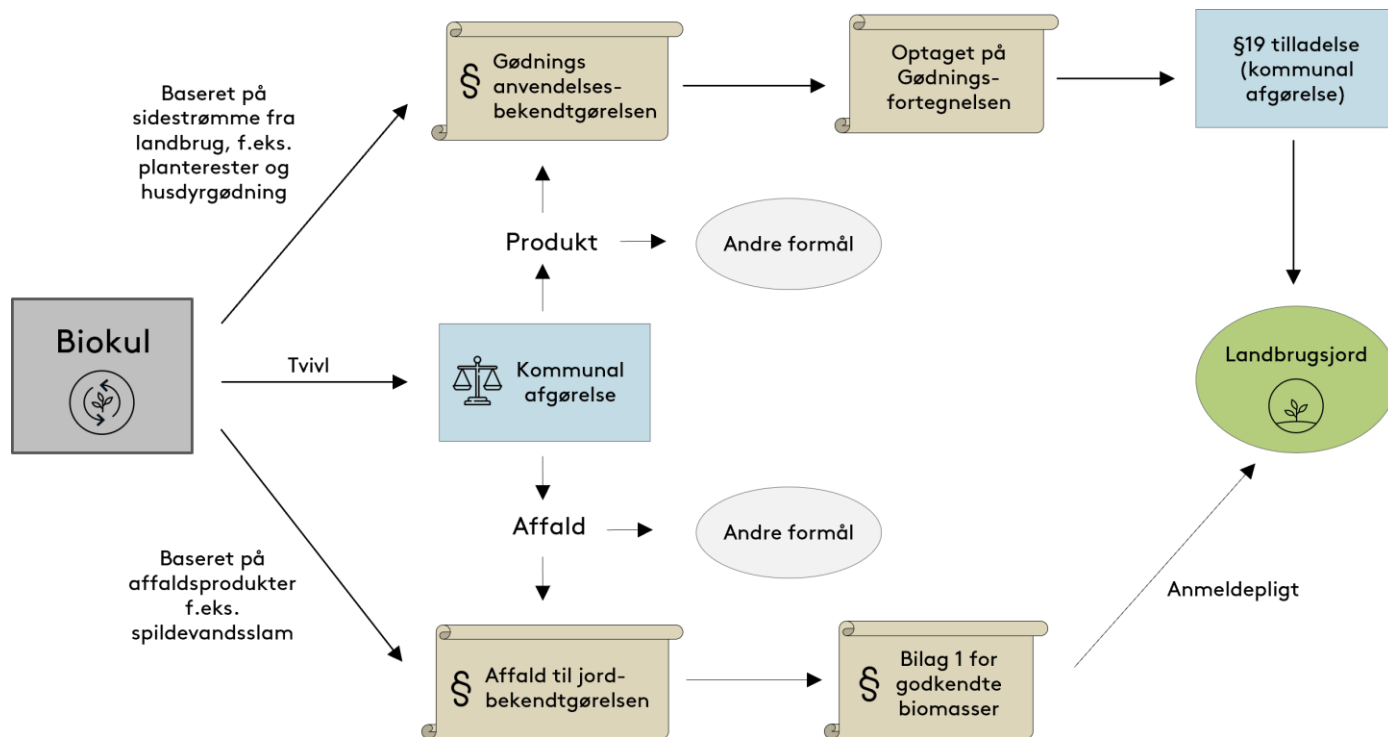




Er rammerne på plads for et kommende marked for biokul og CO₂ lagring?



Aktuelt lettere vej for biokul af restaffald



Kilde: CIP Fondens egen tilvirkning

§19 godkendelse ("risiko for forurennet jord")

Når der ikke er anden hjemmel, behandler kommunen miljøgodkendelser af gødningsprodukter.

Godkendelsen er:

- Midlertidig
- Afgrænset til bestemte jordlodder
- Kan trækkes tilbage
- Forudsætter administration hos såvel kommune som ansøger og er tidskrævende
- Indebærer risiko for lokal variation i sagsbehandlingen
- Signalerer, at man har med risiko for forurening af jord at gøre

Hvor må man placere anlæg?

- Pyrolyseanlæg er industrialanlæg, der som udgangspunkt skal placeres i erhvervsområder i byzonen, men hører i mange tilfælde bedre hjemme i landzonen.
- Etablere *planlovsmæssig adgang* til at placere biokulproduktion i landzoner ligesom biogasanlæg, der var gennem lignende udvikling.

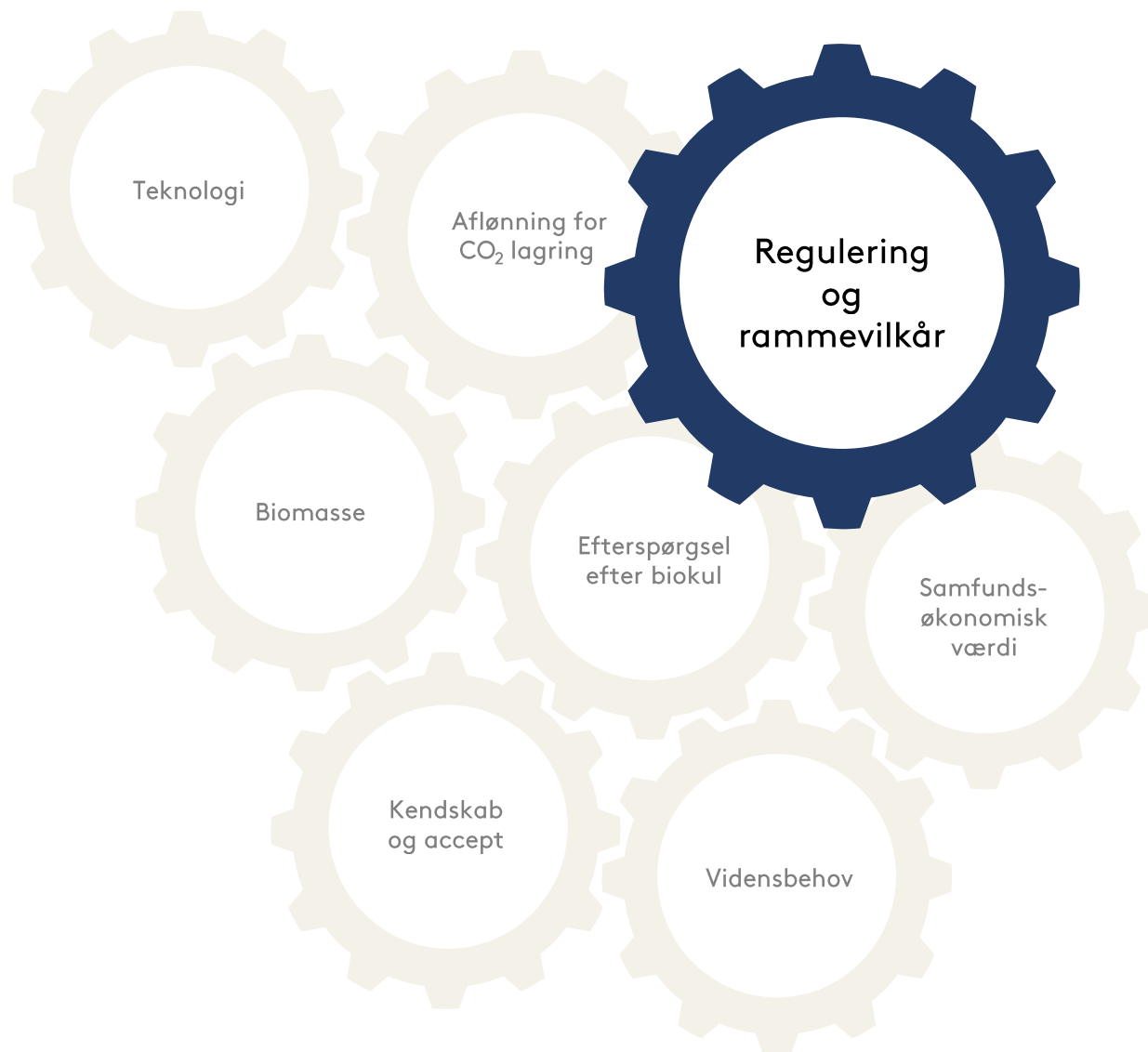
Miljøgodkendelser

- Pyrolyseanlæg er ikke klart defineret som tekniske anlæg i forhold til miljøgodkendelser (bilag 1 eller bilag 2 virksomhed)
- Kræver lokal stillingtagen ud fra bl.a. pyrolyseanlæggets størrelse, den anvendte biomasse og hvad det primære produkt fra produktionen er.
- Behov for standardeksempler til at understøtte kommunal sagsbehandling.

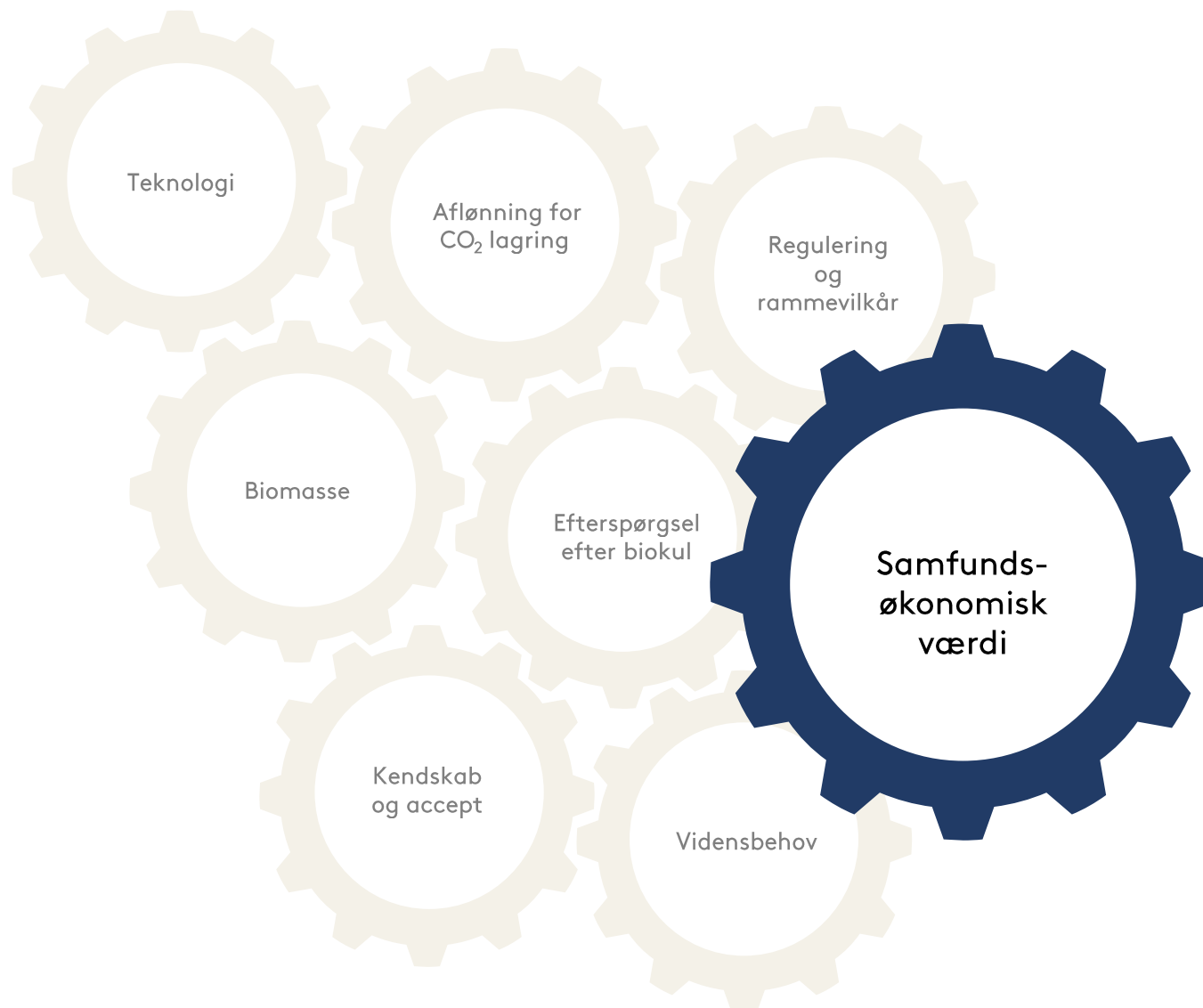
Konklusioner

- Ligesom teknologien skal udvikles, skal reguleringen også tilpasses, når der kommer nye "produkter"
- Biokul er stadig meget nyt i dansk regulering
- Der skal etableres klar hjemmel for brug af biokul på landbrugsjord suppleret af klare grænseværdier for biokullets indhold og standardtest (forsigtighedsprincip)
- Regler for, *hvordan* man kan bruge biokul er overordnet på plads
- Behov for standardiserede godkendelsesprocesser

Er rammerne på plads for et kommende marked for biokul og CO₂ lagring?

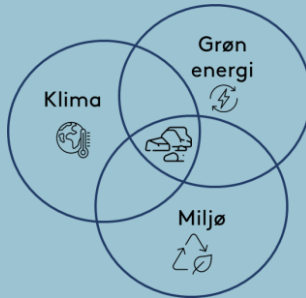


Er kulstoflagring med biokul også en god idé set fra samfundet?

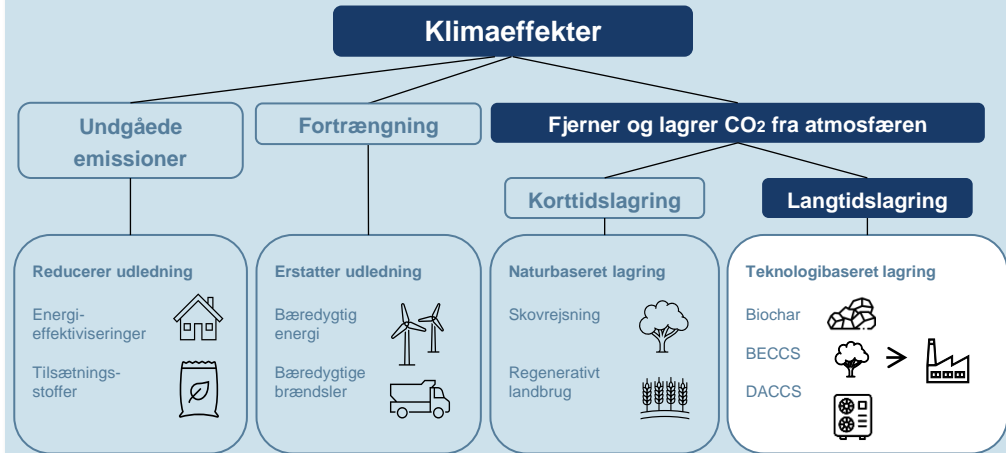


Hvorfor er biokul interessant samfundsmæssigt?

Symbiose



Kulstoflagring



Kilde: CIP Fonden

Biokul kan levere:

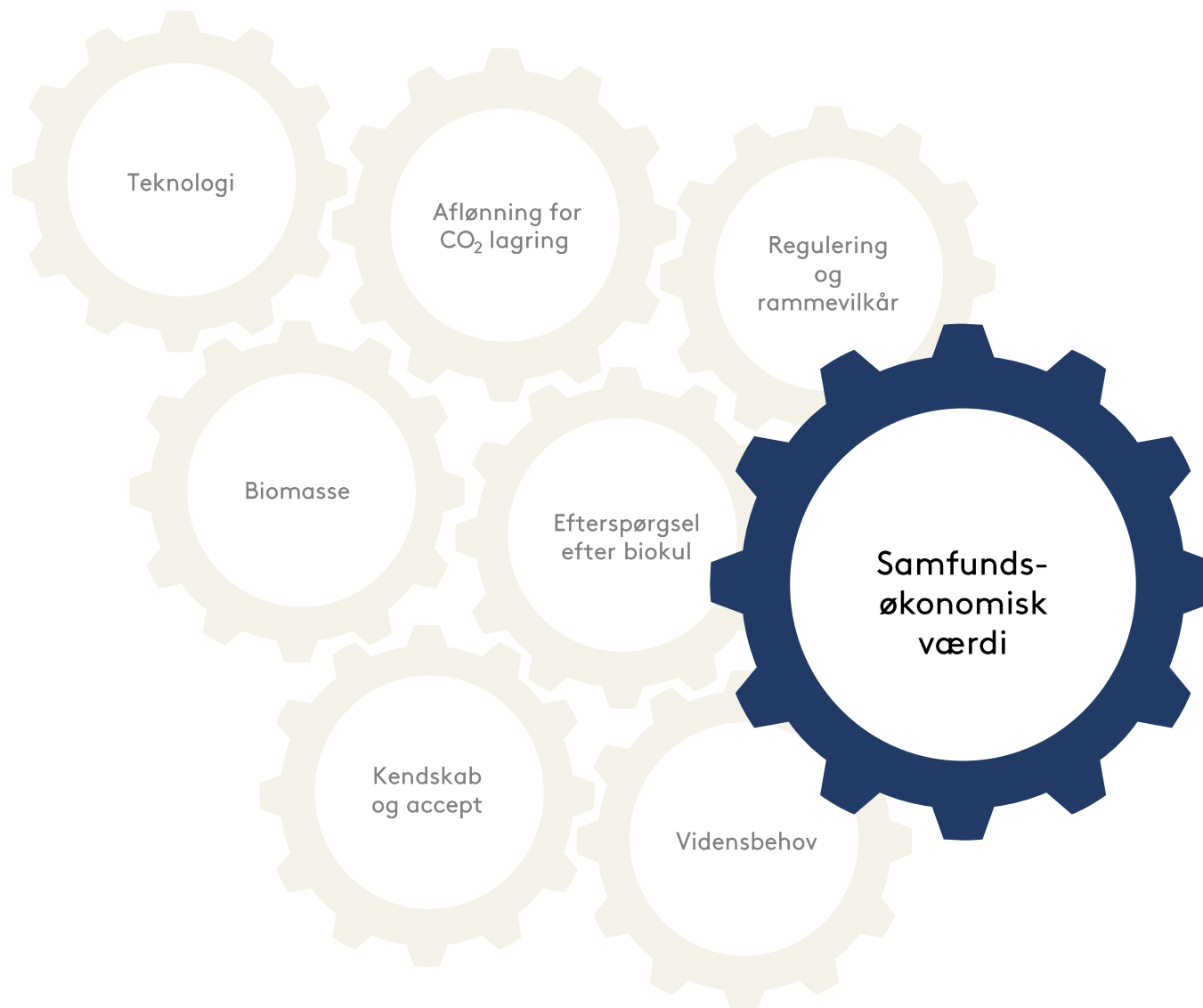
- **Klimaeffekter**
 - Langvarig og stabil kulstoflagring (CCS)
 - Undgåede emissioner
- **Grøn energi**
 - Fortrængning af fossil energi
 - Energikilden er ikke fluktuerende som sol og vind
 - Bioolie til iblanding for skibstrafik og senere mere avancerede biobrændstoffer til fly
- **Mulige miljøeffekter (sidegevinster)**
 - Biomassen "renses" for miljøfremmede stoffer som fx pesticider, mikroplast, medicinrester og potentielt PFAS
 - Recirkulation af næringsstoffer
 - Omfordeling af fosfor (knap ressource)
 - Bedre udnyttelse af sidestrømme
 - Jordforbedring
 - Reduceret udledning af lattergas fra jord
 - Reduceret udvaskning af kvælstoffer til vandmiljøer
- **Økonomi**
 - Indtægter fra sidestrømme og restbiomasser
 - Indtægter fra kulstoflagring
 - Produktion og arbejdspladser
 - Synergi med biogasanlæg, fødevarerproducenter, energiparker, mv.

Samfundsmæssig skyggepris pr. ton lagret CO₂e

	Digestat	Halm	BECCS	DACCS	
Skyggepris uden sideeffekter og klimakreditter	-700	-250	-1.450	> -1.500	\$
Skyggepris med sideeffekter	-450	-270	-1.530		\$ + 🌱
Skyggepris med sideeffekter og klimakreditter	+40	+230	-900		\$ + 🌱 + 📜 Klima-certifikat

Kilde: EA Energianalyse (2024)

Er kulstoflagring med biokul også en god idé set fra samfundet?



Hvad er udfordringerne for markedsgørelse af biokul og CO₂ lagring?





Review article
Properties of biochar
 Kathrin Weber^{a,*}, Peter Quicker^b
^a Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
^b Unit of Technology of Fuels, RWTH Aachen University, Aachen, Germany

ARTICLE INFO **ABSTRACT**

Keywords:
 Biomass
 Biochar
 Biocarbon
 Biocoal
 Charcoal
 Pyrolysis
 Torrefaction

Biochar can be used in a large number of applications as amendment. The properties of carbonized biomass depend of suitable conditions to produce a char with the desired tendencies and influencing factors, both quantitatively as the results from a large number of experiments on biochar properties that can be achieved by feedstock selection as torrefaction as well as slow pyrolysis at high temperature process conditions, the treatment temperature has by 1 Especially the rather narrow temperature range between 2 is therefore very sensible to influences and possibly difficult

1. Introduction

Biochar, the solid product of biomass pyrolysis, has been produced and utilized for several thousand years and is best known as charcoal (when produced from woody biomass). The applications of biochar are very diverse, ranging from heat and power production, flue gas cleaning, metallurgical applications, husbandry, building material, greenhouse gas emissions, it has years as a replacement for fertilizers.

Carbonization decomposes part of its carbon content. It comes more carbonaceous as technical processes. Feedstock depending on the desired pyrolysis in the temperature range number of problematic characteristics such as factor in co-firing and co-gas designed for coal is to be used as a very high carbon content temperatures. In addition to generation, gas and water produced

been used as a soil amendment. It is clear that demands and requirements. This paper gives a look how they can be achieved. It includes an overview of the Science of the Total Environment.

Effects of biochar on soil microbial communities
 Maëlle Deshoux^{a,b,*}, Sophie Sadet-Bourgeteau^a, Solène Bourbé^a
^a INRAE UMR Agronomie, Institut Agron, University Bourgogne, University Bourgogne Franche-Comté
^b Groupe Sarda, President, F-21290 Langley, France

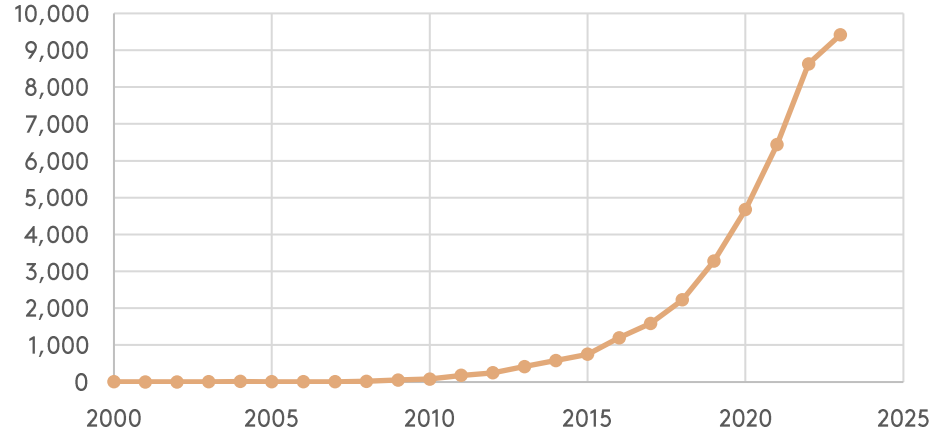
HIGHLIGHTS

- A first meta-analysis was performed focusing on the effects of biochar on both soil microbial biomass and diversity.
- The relative contribution of biochar and soil properties, farming practices and experimental conditions were evaluated.
- Microbial biomass and prokaryotic diversity are highly dependent on biochar properties and its application rate.
- Fungal communities' indices are mainly dependent on the soil properties (soil texture, pH and SOC).

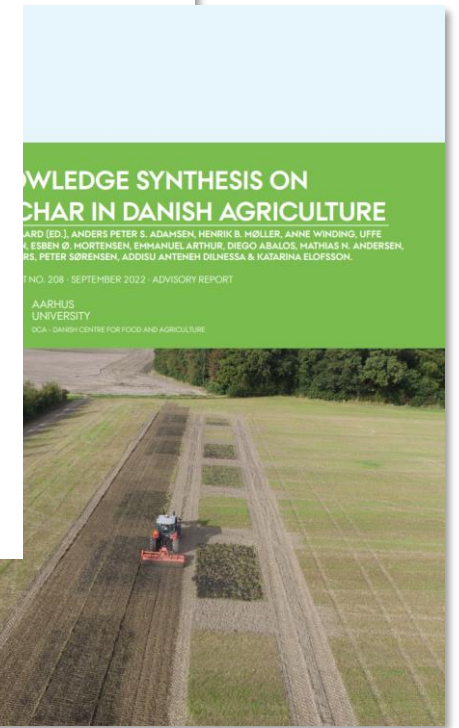
ARTICLE INFO
 Author: Abdufakih Mark Bekwe
 Keywords:



Omfanget af forskningsartikler om biokul vokser hastigt på verdensplan



08/01-2024, <https://www.sciencedirect.com/search?q=biokul>



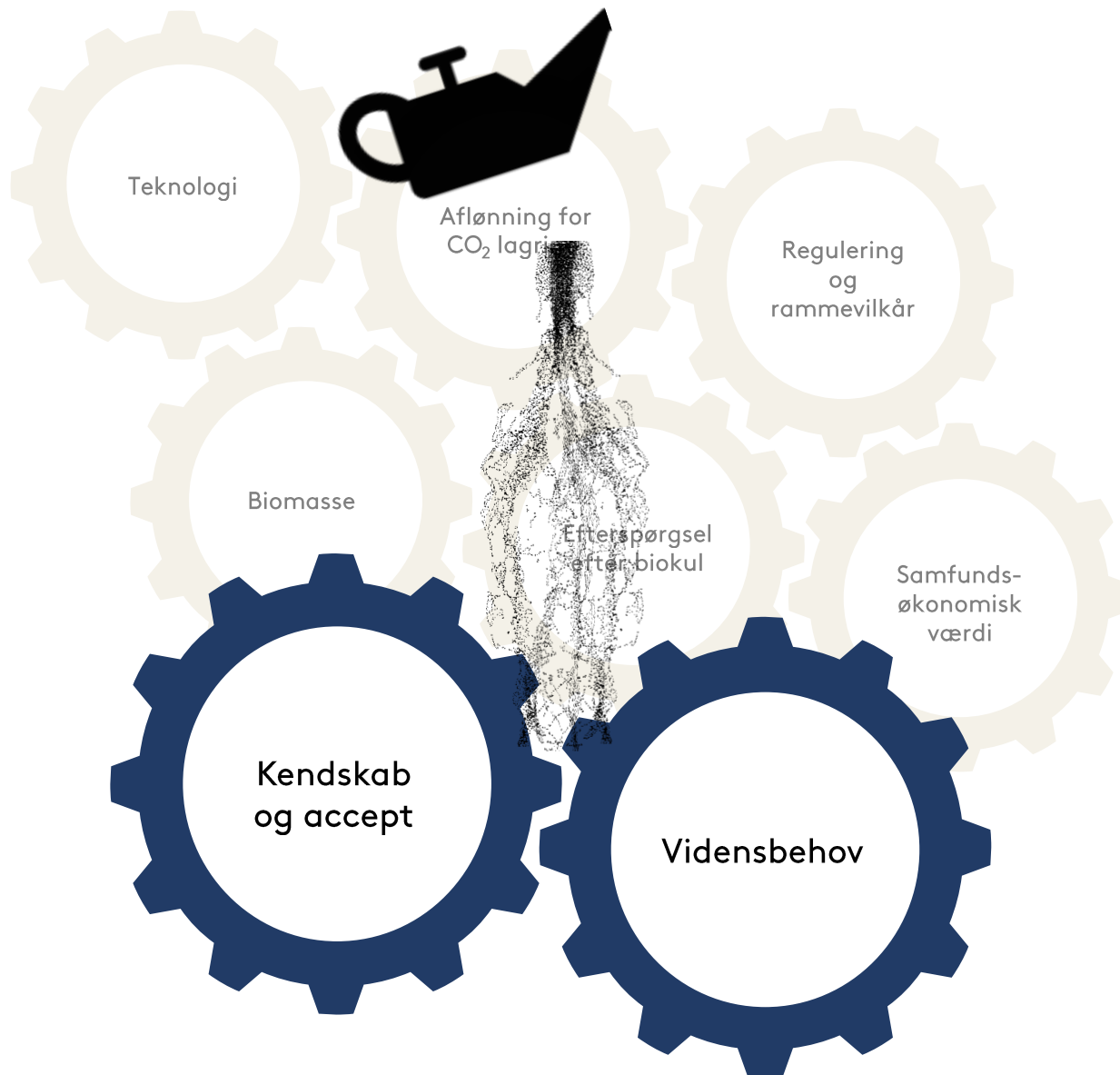
General rights
 Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy
 If you believe that this document breaches copyright please contact ruforsk@kb.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Download date: 15. Dec. 2023

Hvad er udfordringerne for markedsgørelse af biokul og CO₂ lagring?





CIP Fondens hovedanbefalinger

- Etabler hjemmel for brug af biokul af landbrugets rester
- Understøt opstart med CCS-støtte, der afløses af markedet for klimakreditter
- Etabler guidelines for brug af biokul i landbruget

Pkt. 4. Hvad siger Ekspertgruppen om Grøn Skattereform til pyrolyse?

Pyrolyse og biokul

1. Indgår i to ud af tre modeller for CO₂ beskatning af landbruget.
2. Pulje til fortsat teknologiudvikling og udbygning betinget af kulstoflagring med biokul i perioden 2027-2035.
3. Model 2 (afgift netto 375 kr. pr. ton CO₂): pulje på 225 mio. kr. årligt og med årlig lagring på 0,2 mio. ton CO₂.
4. Model 3 (afgift netto 125 kr. pr. ton CO₂): pulje på op til 1,1 mia. kr. årligt med årlig lagring på 0,8 mio. ton CO₂.
5. Model 3 svarer til ca. 50 pyrolyseanlæg i 20 MW størrelsen.
6. Ved model 3 bør udbygningen genbesøges i 2027 for at vurdere, om potentialet kan nås til 2030.

“Pyrolyse er en teknologi med et stort potentiale på længere sigt, hvorfor ekspertgruppen lægger op til at fremme teknologien mest muligt, betinget af udestående miljøgodkendelser”

Svarer-udvalget (2024)



CIP Fondens udgivelser om CO₂ lagring med biokul



Tak for jeres opmærksomhed!



Se mere på cipfonden.dk