



CIP foundation

Biokul som fosforgødning

Fordele for landmænd og samfund ved anvendelse af biokul
som fosforgødning

Januar 2026

Executive summary

FOSFORFORSYNING AF DANSKE MARKER ER SKÆV

Vi har rigeligt med fosforgødning i dansk landbrug, men udnyttelsen er langt fra optimal. Generelt set udbringer husdyrbrug for meget fosfor, og mange planteavlsbrug udpiner deres jorde med underforsyning af fosfor år efter år.

Der er tale om strukturelle problemer, hvor ubalancen skyldes geografiske forskelle i placering af husdyrbrug i Vestjylland og planteavlsbrug i det østlige Danmark.

Transportomkostninger på husdyrgødning er for høje til, at det betaler sig at fragte husdyrgødning over Storebælt, men med pyrolyse som ny teknologi behøves det ikke at være sådan i fremtiden.

FOSFOR KAN FLYTTES I BIOKUL

I husdyrgødning er der meget vand og fragten er dyr, men i biokul opkoncentreres fosfor og transportomkostningerne kan gøres overkommelige. Det kan gøres til en fordel for både husdyrproducenterne og planteavlsbedrifterne.

Cirka 8.000 tons fosfor gødes på marker, hvor behovet i marken i praksis er overskredet. Kan denne mængde nyttiggøres på ejendomme med fosforunderskud gør vi både landbruget og vandmiljøet en tjeneste.

Biokul som medie til bedre udnyttelse

Under pyrolyse bibeholdes fosfor fra udgangsmaterialet, og med biokul lavet på husdyrgødning kan man derfor flytte fosfor over større afstande, og dermed udnytte biokul som fosforgødning.

Det vil være en gevinst i forhold til de landmænd som anvender biokul i marken til planteproduktion, men også for de landmænd som leverer husdyrgødning til biogasanlæg og videre til pyrolyseanlæg, da man her kan optimere gødningsforholdene til en bedre økonomi.

Og i en verden med stigende fosforpriser, vil genanvendelsen give yderligere mening for landmanden, samt styrke Danmark og Europas forsyningssikkerhed med fosfor, som på nuværende tidspunkt hviler på bl.a. russisk import.

Erfaringer viser dog, at landmænd er tilbageholdende i forhold til anvendelse af nye organiske gødningsprodukter. I forhold til at sætte gang i nye vaner og forsyningsmuligheder er der derfor behov for at aktivere den samfundsmæssige værdi af recirkuleringen og give incitament til, at landmænd med lav fosforstatus i jorden modtager biokul med fosfor ved justering af reglerne for fosforlofter.



Kvægbrug og biogasanlæg



Der er penge at spare ved at skaffe sig af med fiberfraktionen for både kvægbrug og biogasanlæg



Besparelsesmulighederne afhænger af ejendommens gødnings- og harmoniforhold

Separation af afgasset husdyrgødning og pyrolysering af biofibre giver nye muligheder for næringsstofmix i returgyllen samt optimering af opbevaring og transport.



Planteavlsbrug

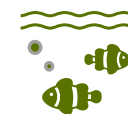


Der er penge at spare ved udbringning af biokul med fosfor og kalium



Erfaring viser, at landmænd er tilbageholdende ved at anvendelse af organiske gødningsalternativer.

Selv hvis plantetilgængelighed vurderes lavt vil der være en økonomisk gevinst ved at substituere dele af ejendommens handelsgødning med biokul. I tillæg vil bedriften opnå en positiv effekt ved at løfte jordens fosforstatus.



Vandmiljø og andre samfundsgevinster



Recirkulering af biokul i dansk landbrug vil mindske tabet til vandmiljøet betydeligt



Der bør etableres incitamenter for bedre udnyttelse af fosforressourcen

- Etablering af ordninger som aflønner den samfundsmæssige værdi som omfordeling af næringsstoffer giver

- For jorden med lav fosforstatus bør reglerne om fosforlofter tage hensyn til den faktiske udnyttelse af fosfor i biokul

Introduktion

BIOKUL KAN BRUGES TIL MERE END AT LAGRE CO₂

CIP Foundation udgav i 2024 en handlingsplan for en markedsdrevne lagring af CO₂ i biokul i Danmark. I dette arbejde fik vi vist, at biokul kan benyttes til at lagre CO₂ i dansk landbrugsjord og på den måde kan biokul bidrage til at nå landbrugssektorens CO₂-reduktionsmål.

I CIP Foundations arbejde blev det samtidig klart, at der mangler et regelsæt for udbringning af biokul, og at der – til en start – er behov for at skabe tilpas sikkerhed for investorer i opbygningen af et marked.

Udover at kunne lagre CO₂ har biokul en række dyrkningsmæssige fordele for landmanden.



MULIGE FORDELE VED ANVENDELSE AF BIOKUL I PLANTEPRODUKTIONEN

- Øger jordens evne til at tilbageholde vand til planterne (større tørkeresistens)
- Reducerer udvaskningen af næringsstoffer (kvælstof)
- Skaber nye porerum i jorden til biodiversitet og øget mikrobiel aktivitet
- Binder problematiske stoffer, der er i jorden, og nedsætter deres biologiske tilgængelighed, samt
- Middel til geografisk omfordeling af fosfor og kalium fra restbiomasserne

BIOKUL SOM FOSFORGØDNING

I CIP Foundation har vi undersøgt muligheden for at kunne genanvende det fosfor, som opkoncentreres i biokul som fosforgødning. Dette er fordi, det kan bidrage yderligere til værdien af biokul for landbruget og samtidig være med til at løse en miljø- og ressourcemæssig udfordring i forhold til fosforgødning i Danmark.

Vi har sammen med ConTerra, Vestjysk Landboforening, VKST og Københavns Universitet - Institut for Plante- og Miljøvidenskab undersøgt:

- Kan bortskaffelse af fiberfraktionen via biokul optimere gødningsværdien og løfte markdriften for typiske kvægbrug?
- Kan der opnås positiv økonomi i at udnytte fosfor i biokul for sjællandske planteavlsbrug?
- Er der miljø- og forsyningssikkerhedsmæssige gevinster ved at flytte fosfor i overskud til marker med et gødningsbehov?

GØDNINGSVÆRDIEN ER ET EKSTRA LOD I VÆGTSKÅLEN

Svarene på ovenstående vil for mange landmænd være "ja". Vores analyse viser, at der kan være en ganske betydelig merværdi ved at udnytte, at fosfor kan opkoncentreres i biokul, og fragtes over større afstande. Det kan hjælpe til at optimere gødningsværdien og økonomien i hele værdikæden.

Indholdsfortegnelse

- 1 Biokul som middel til CO₂-fangst og fosforgødning
- 2 Fosfor – en begrænset ressource
- 3 For meget fosfor i husdyrgødning i Vestjylland
- 4 Behov for nye forsyningskæder
- 5 Udpining truer planteproduktionen på Sjælland
- 6 Der er penge at spare ved udbringning af biokul med fosfor og kalium
- 7 Miljømæssige konsekvenser ved recirkulering af fosfor
- 8 Flytning af fosfor fra Jylland til Sjælland kan give værdi for alle



HYPOTESE:

Den afgassede fiberfraktion fra husdyrtunge ejendomme kan pyrolyseres til fosforholdige biokul og transporteres fra bedrifter med fosforoverskud til bedrifter i fosforunderskud. Fosfor i biokul kan i stort omfang benyttes til at substituere andre fosforgødninger (herunder handelsgødning) i planteproduktionen.



Mere jævn fordeling af fosfor og mindre fosforoverskud på landbrugsjorden

Øge recirkulering af fosforgødning

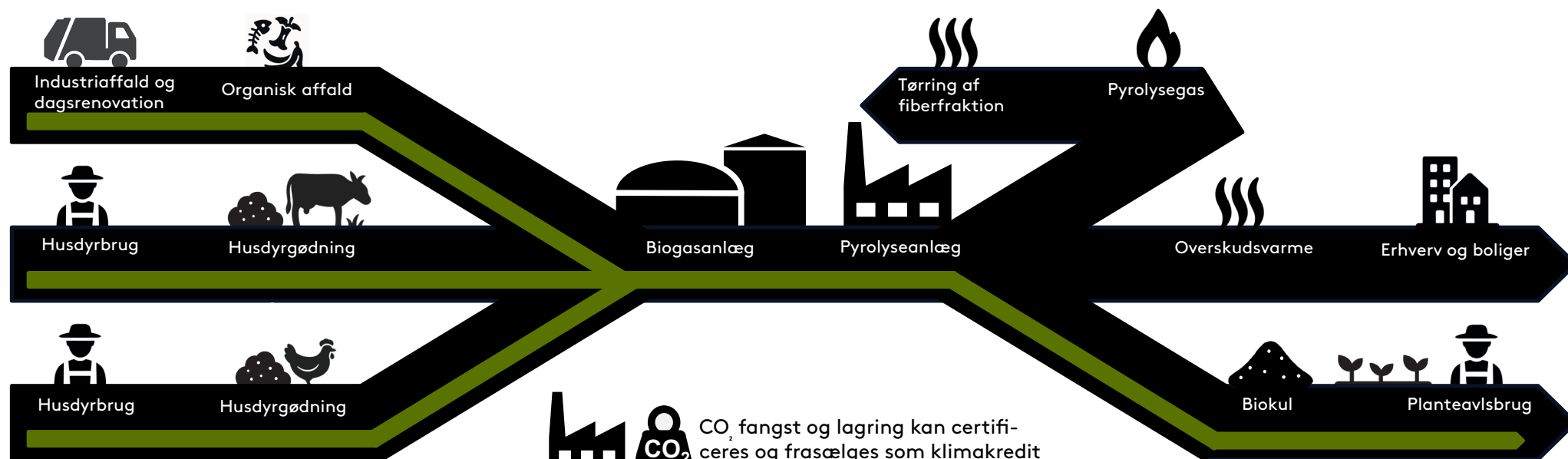
Mindre import af fosfor-gødning

Økonomisk gevinst for landmanden

Reduceret tab af fosfor til vandmiljøet

Værdikæden i biokul fra husdyrgødning drives af CO₂ fangst og lagring

- Biokul som fosforgødning udgør en merværdi



HVORFOR ER PYROLYSE AF FIBERFRAKTIONEN FRA HUSDYRGØDNING INTERESSANT?

Pyrolyse og produktion af biokul kan ske på mange former for restprodukter. Pyrolyse af fiberfraktionen fra afgangsbiomasse er på mange måder oplagt, da fiberfraktionen i høj grad ses som et produkt i overskud.

Efter afgangning af husdyrgødning og anden organisk affald kan den afgassede biomasse separeres i to fraktioner. Væskefraktionen har høj gødningsmæssig værdi og returneres ubehandlet til landmanden, mens fiberfraktionen tørres og pyrolyseres til biokul, pyrolysegas og overskudsvarme. Pyrolysegassen kan anvendes til tørring, mens overskudsvarmen kan indgå i fjernvarmesystemet.

CO₂ fangst og lagring kan certificeres og frasælges som klimakredit

Pyrolyseanlægget kan opnå betaling for salg af klimakreditter, under betingelse af, at biokullet udbringes på landbrugsjord.

Biokul kan anvendes til at reducere landbrugets klimaaftryk

I klimaatgørelser på bedriftsniveau vil klimaeffekten fra kulstoflagringen i biokul tælles med der, hvor biokullet udbringes.

Biokul kan anvendes som fosforgødning

Den fosfor som biokullet indeholder kommer til gavn for den bedrift, hvor biokullet udbringes.

BETALING FOR CO₂ LAGRING GENNEM SALG AF KLIMAKREDITTER

Salg af pyrolysegas og overskudsvarme giver en indtjening til pyrolyseanlægget. Hvis produktion af biokul skal være økonomisk bæredygtig, er det samtidig nødvendigt, at der betales for kulstoflagringen i biokul. Dette lader sig i dag gøre gennem salg af klimakreditter på det frivillige marked.

I CIP Foundation har vi peget på, at en effektiv markedsføring kræver etablering af en tilskudsordning. Dels for at imødekomme den usikkerhed der vedrørende salg af klimakreditter på det frivillige marked, dels i forhold til at modne industrien fuldt ud. Der er med den politiske aftale om Implementering af et Grønt Danmark afsat 10 mia. kr. til lagring af biokul produceret ved pyrolyse i dansk landbrugsjord fra 2027 til 2045.

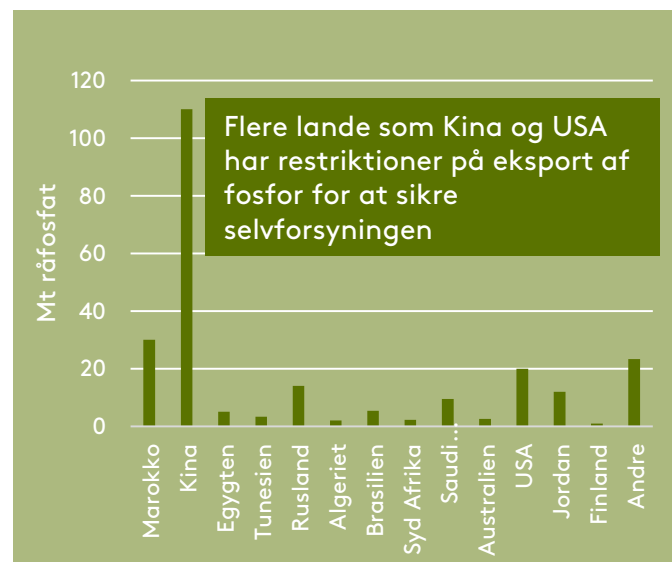
Fosfor er et essentielt næringsstof og samtidig en begrænset ressource fordelt på få lande

INGEN FOSFOR INGEN LIV

Fosfor er et grundstof og forekommer naturligt i bjergarter, jord, vand, dyr og planter. Fosfor er et livsnødvendigt næringsstof for alle levende organismer, og indgår i en række vigtige forbindelser i celler fx i DNA.¹

Ud fra de nuværende kendte reserver og de teknologiske muligheder, der findes i forhold til at udvinde fosforen, er verdens fosforreserver kortlagt.

Reserverne er spredt mellem få lande i verden, hvor især Nordafrikanske lande (særligt Marokko), Kina, Rusland og Mellemøsten har store forekomster, som på nuværende tidspunkt er økonomisk rentable at udvinde fra.²



"We may be able to substitute nuclear power for coal power, and plastics for wood, and yeast for meat, and friendliness for isolation – but for phosphorus there is neither substitution nor replacement."
- Isaac Asimov, 1959, amerikansk professor og forfatter.

LØBER VI TØR FOR FOSFOR I NÆR FREMTID?

Da fosfor er en begrænset ressource, har der ofte været diskussion om verden er ved at løbe tør for fosfor, og hvilken konsekvens dette vil have på verdens fødevareproduktion. Selvom jordens fosforreserver er begrænset, tyder det imidlertid ikke på, at jordens reserver udtømmes i nær fremtid.

På verdensplan anvendes der omtrent 200 Gt råfosfat om året, hvoraf ca. 85 pct. anvendes til gødningsformål.

Fosforressourcerne er begrænset til mineforekomster spredt forskellige steder i verden med forskellige geologiske oprindelse, kvalitet og mulighed for udnyttelse. Ud fra de nuværende ressourcer, opgøres den andel af ressourcerne, som man på sigt forventes kan udnyttes (globale reserver).

Et nyere studie af den internationale gødningsforening (IFA) anslår, at der på globalt plan er tilstrækkelige råfosfat til forsyning af verdens behov de næste 200-450 år.²

Men fortsat udvinning af råfosfat har konsekvenser for miljøet. Foruden de miljømæssige konsekvenser er fosfor en begrænset ressource, hvor ikke alle regioner har mulighed for at forsyne sig selv.

EUROPAS FOSFORFORSYNING AFHÆNGER AF IMPORT

Bortset fra begrænsede udvinding af fosfat fra reserver i Finland, importerer EU hovedparten af råfosfat og fosforgødninger (90-95 pct). De nuværende forsyningskæder med fosforgødning til europæiske landmænd er afhængige af udvinding af fosfor fra miner i Marokko, Mellemøsten og Rusland. Særligt udgør import fra Rusland en betydelig andel, og selv efter Ruslands invasion af Ukraine udgør den russiske import stadig 25 pct.

Et afgørende element for den fortsatte russiske import er, at der ikke er opbygget alternative forsyningskæder, som kan forsyne EU med fosfor. De russiske forekomster af fosfor har - modsat marokkanske forekomster, et særligt lavt cadmiumindhold. Da EU har forholdsvis lave grænseværdier for cadmiumindholdet i fosforgødning (60 mg Cd/kg P) af hensyn til menneskers sundhed, giver russisk fosfor mulighed for at overholde indholdskravene i forhold til cadmium uden at skulle foretage en avanceret (og fordyrende) rensning.

I forhold til at reducere miljøbelastningen og sikre fosforforsyningen i EU er det derfor relevant at undersøge, om vi både kan øge effektivitet af fosforgødningen i marken (opnå højere udbytte per tildelt fosforgødning) og øge genanvendelsen af fosfor ved recirkulering inden fosforen tabes til vandmiljøet.

¹ Hanne Damgaard Poulsen, Henrik Bjarne Møller, Manfred Klinglmair & Marianne Thomsen (2019): Fosfor i dansk landbrug – ressource og miljøudfordring

² Argus Consulting Services (2023): Phosphate Rock, Resources & Reserves

Udvinding af fosfor har for længst overskredet de planetære grænser

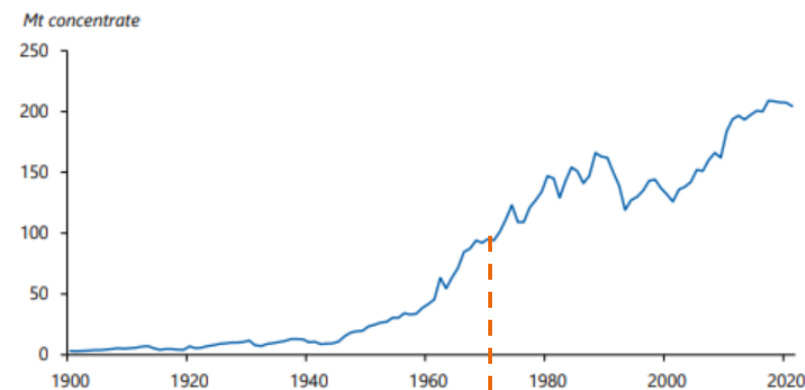
- Svaret er øget genanvendelse

Fosfor indgår i et globalt kredsløb, hvor det frigives gennem forvitring af fosforholdige bjergarter og transporteres gennem organismer til havet hvor det aflejres på havbunden.

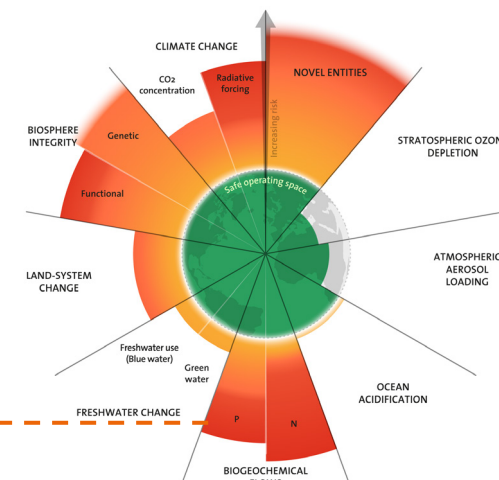
Når fosfor brydes til råfosfat og forarbejdes til handelsgødning forstyrres det naturlige globale kredsløb.

I gennem de sidste hundrede år er produktionen af fosfor steget til en årlig produktion i 2024 på 240 Mega tons råfosfat, hvoraf ca. 85 pct anvendes til gødningsformål og 10 pct til foder.

Allerede i 1971 blev der udvundet mere fosfor i verden end økosystemerne i verdenshavene kan klare.



Produktion af råfosfat fra 1900-2021.
Data fra USGS og IFA.



Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Sakschewski and Caesar et al. 2025



For store mængder fosfor i vandmiljøet kan føre til overdreven algevækst og den efterfølgende nedbrydning af algerne medfører iltvind.

I Danmark er det især søer og lavvandede fjorde, hvor fosforniveauet i vandet er styrende for algevæksten.

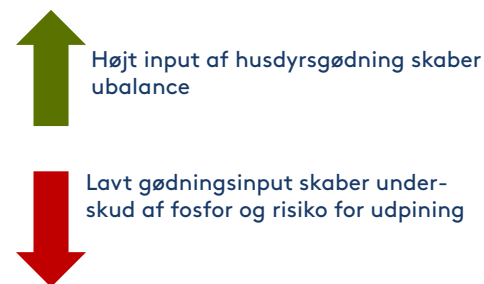
Fosforbalancen er i Danmark skæv

Stort potentiale for øget recirkulering af fosfor i Danmark

Fosforbalance i 2023 (kg fosfor/ha)		Hele DK	Vording- borg	Vesthim- merland
	Husdyrgødning	16,0	6,4	23,4
	Handelsgødning	4,4	8,0	2,5
	Spildevandsslam	1,4	1,4	0,7
	Udsæd	0,3	0,3	0,3
	Høst	20,9	22,2	20,3
	Total (overskud)	1,3	-6,1	6,7

MINDRE FOSFOROVERSKUD PÅ LANDSPLAN

I gødningsregnskaberne indberettes, hvor meget fosforgødning der forbruges i planteavlen på virksomhedsniveau (CVR-nr.). Den høstede mængde fosfor opgøres ud fra viden om den dyrkede hovedafgrøden, jordbundsforhold m.v. Data er leveret af ConTerra.



Det ses, at der på landsplan er et mindre fosforoverskud på 1,3 kg fosfor pr. ha, svarende til ca. 3.000 tons fosfor i alt. Langt den største andel af gødningsinputtet til marken er husdyrgødning (37.000 ton fosfor), og det samlede input fra handelsgødning er ca. 10.000 ton fosfor.

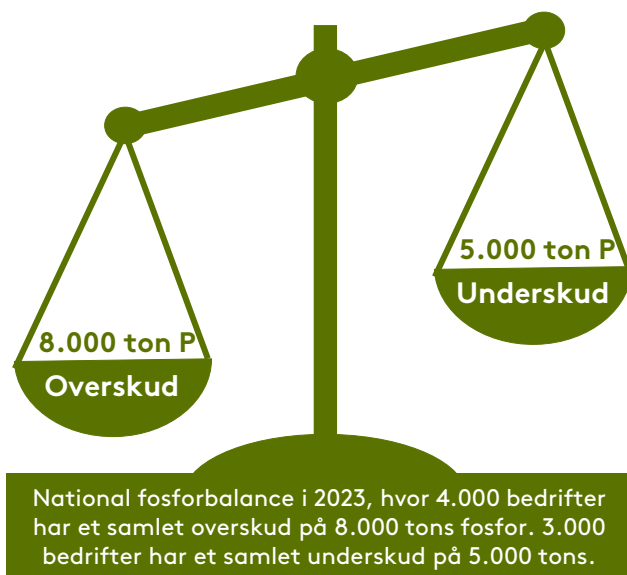
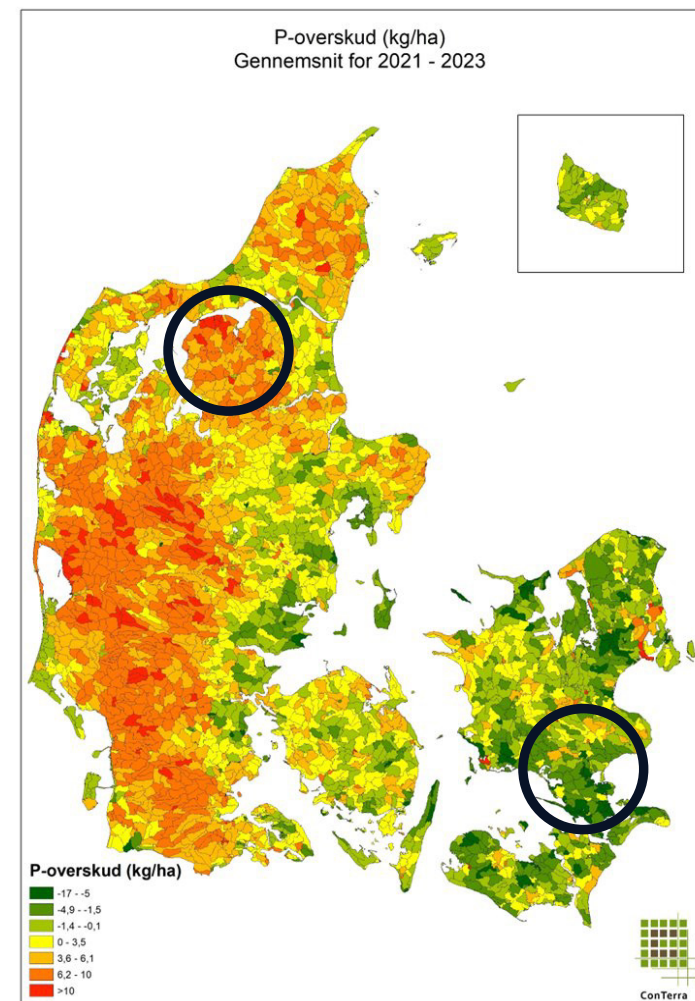
STORT POTENTIALE FOR ØGET RECIRKULERING AF FOSFOR

Selvom der næsten er balance i fosforgødning og høstet fosfor på landsplan så dækker det over regionale uligheder.

I dag sker der ikke en tilstrækkelig omfordeling af fosfor hvilket primært skyldes høje transportomkostninger på husdyrgødning set i forhold til fosforens gødningsværdi.

Af landets 30.000 bedrifter, er der ca. 4.000 som har et samlet fosforoverskud på ca. 8.000 tons fosfor i 2023. Denne mængde fosfor udgør det samlede potentiale for øget recirkulering. Ideelt set burde fosforen herfra udbringes på marker tilhørende de godt 3.000 virksomheder, der har et betydeligt fosforunderskud eller virksomheder, som har mulighed for at substituere dele af handelsgødningen.

Spørgsmålet er så om opkoncentreringen af fosfor i biokul kan ændre business casen.



Der er for meget fosfor i husdyrgødning

- Pyrolyse kan åbne op for et bedre gødningsprodukt

SEPARATION AF HUSDYRGØDNING GIVER MINDRE FOSFOR I HUSDYRGØDNINGEN

Udbringning af husdyrgødning kan give anledning til, at der udbringes mere fosfor end der er behov for dermed skabes et fosforoverskud i marken.

Dette skyldes, at forholdet mellem kvælstof og fosfor i husdyrgødningen ikke matcher afgrødernes behov. Når man producere biokul af fiberfraktionen fra afgasset husdyrgødning fjernes relativt meget fosfor, og væskefraktionen, som husdyrbruget modtager retur kan vise sig, at give en forbedret økonomi for visse typer af kvægbrug og for biogasanlægget.

Men der er både fordele og ulemper, som hurtigt kan opveje hinanden afhængig af de konkrete forhold på husdyrbruget.

Forhold	Gevinst for kvægbrug/biogasanlæg ved separation og ingen fiberfraktion retur	
Indkøb af gødning		Mindre indkøb af handelsgødning,
Gyllekørsel		Mere vand i væskefraktionen fordyrer udbringning
Gylleopbevaring		Mere vand i væskefraktionen fordyrer opbevaring
Optimering af afgrøder		Mulighed for mere vårbyg og kernemajs
Gylleaftaler for biogasanlæg		Biogasanlæg kan optimere transport til og fra biogasanlæg

BEREGNINGER PÅ TO TYPER AF KVÆGBRUG

For at illustrere fordele og ulemper ved separation af den afgassede biomasse, har CIP Foundation bedt Vestjysk Landboforening om at opgøre de samlede konsekvenser for to typer af kvægbrug.



Ejendommen er optimeret således, at der er harmoni mellem husdyrgødning og harmoniareal (479 ha).



Ejendommen er optimeret således, at den er selvforsynende med grovfoder. Ejendommen er ikke i harmoni (307 ha).

Opgørelserne hviler på en række forudsætninger, som fremgår i appendiks (sidste side). Nedenfor fremgår de samlede besparelser for kvægbruget og biogasanlægget ved at foretage separation og afhænde fiberfraktionen til pyrolyse.

Scenarie	Kvægbrug	Biogasanlæg	Samlet gevinst
Harmoni, væske nedfældet til græs	32.184 kr. (67 kr./ha)	136.453 kr.	168.637 kr.
Ej Harmoni, væske nedfældet til græs	-128.773 kr. (-419 kr./ha)	136.453 kr.	7.680 kr.

HOVEDKONKLUSIONER

For ejendommen i harmoni er der en gevinst ved separation og fritagelse fra fiberfraktionen på 32.184 kr. Gevinsten opnås primært ved besparelse i handelsgødning. Omkostningerne til udbringning øges betragteligt, da der både bruges mere husdyrgødning i kraft af et højere N:P-forhold, og der udbringes flere tons på grund af et lavere indhold af total-kvælstof.

For den ikke-harmoniske ejendom medfører væske med lavt indhold af total-kvælstof øgede omkostninger til gylleudbringning og gylleaftaler, og det i en sådan grad, at besparelsen i handelsgødning og sædskifteændringer ikke kan kompensere for meromkostningen. Samlet for både kvægbrug og biogasanlæg er der dog en lille gevinst.

SLANGEUDLÆGNING OG DESIGNERGYLLE

Efter separation er der i teorien mulighed for at optimere den gylle som landmanden modtager retur yderligere. Nedenfor gengives resultater for tre scenarier for bedriften i harmoni.

Scenarie	Kvægbrug	Biogas-anlæg	Samlet gevinst
Harmoni, væske slangeudlagt uden syre	89.456 kr. (187 kr./ha)	136.453 kr.	225.909 kr.
Harmoni, designergylle afstemt efter N og P	48.660 kr. (102 kr./ha)	136.453 kr.	185.113 kr.
Harmoni, designergylle afstemt et forhold mellem NH4-N og P på 3,5	66.731 kr. (139 kr./ha)	107.449 kr.	174.180 kr.

Hvis væskens tørstofprocent muliggør gylleudlægning med slanger uden syre (må ikke overstige 3,6 pct.), er mergevinst på 55.253 kr. Denne mulighed stiller dog store krav til biogasanlæggets separationsteknik og efterfølgende opbevaring, og vurderes derfor mindre realistisk i praksis.

Designergylle afstemt efter et forhold mellem NH4-N og P på 3,5, giver det bedste resultat for kvægbruget, men det skal bemærkes, at med de valgte forudsætninger bliver returgyllen fosforbegrænset. Derfor er der indregnet omkostninger til gylleaftale for biogasanlægget.

Designergylle afstemt efter arealkrav for både kvælstof og fosfor er lidt dårligere for kvægbruget, men giver den største gevinst samlet set.

Begge designergylleløsninger er bedre end scenariet med ren separationsvæske som returgødning fra biogasanlægget, men kræver til gengæld, at biogasanlægget har mulighed for at håndtere opblandingen i praksis.

Prisen på fosfor i handelsgødning er steget

– behov for nye forsyningskæder

NYT PRISNIVEAU EFTER INVASIONEN AF UKRAINE

Fosforprisen har igennem tiden udviklet sig i takt med udbudet på verdensmarkedet har ændret sig. I Europa har Ruslands invasion af Ukraine senest givet anledning til stor usikkerhed – særligt fordi EU importerer omkring 25 pct af fosforen fra Rusland. Den russiske fosfor er attraktiv pga. mindre indhold af specielt cadmium, og er derfor en strategisk vigtig ressource. Derfor er fosforgødning fra Rusland undtaget de kommende toldregler på gødningsområdet, men yderligere restriktioner vil presse samhandlen, og vil betyde højere priser.

CARBON BOARDER ADJUSTMENT MECHANISM (CBAM)

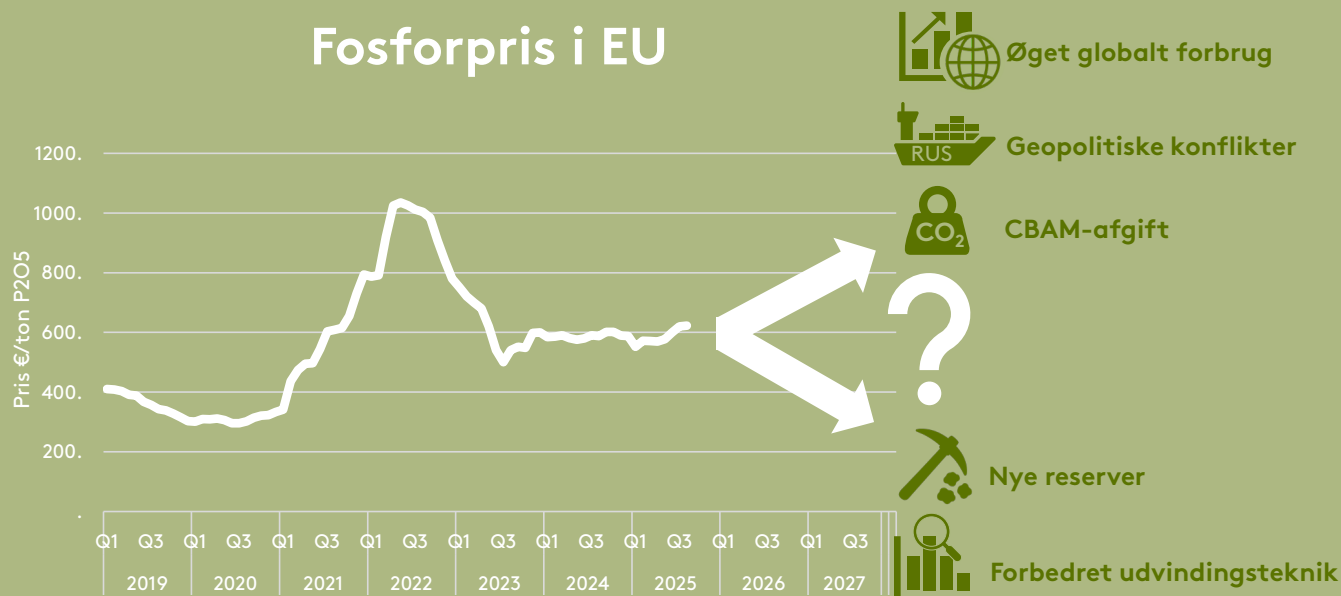
For at modvirke lækageeffekt har EU besluttet, at der fra 2026 skal opkræves et gebyr på importerede varer baseret på deres indlejrede CO₂-udledning. Dette har til formål at sikre lige vilkår mellem EU- og ikke-EU-produkter ved at tilpasse CO₂-omkostningerne ved importerede varer til dem, der produceres under EU's emissionshandelssystem (ETS). En række produkter er inkluderet – herunder DAP og NPK-gødninger, som er de mest handlede fosforgødninger. Rabobank har anslået, at DAP-gødningen vil stige med 10 pct i 2030 pga. den nye CBAM-afgift.

GENANVENDELSE GIVER OGSÅ ØKONOMISK MENING

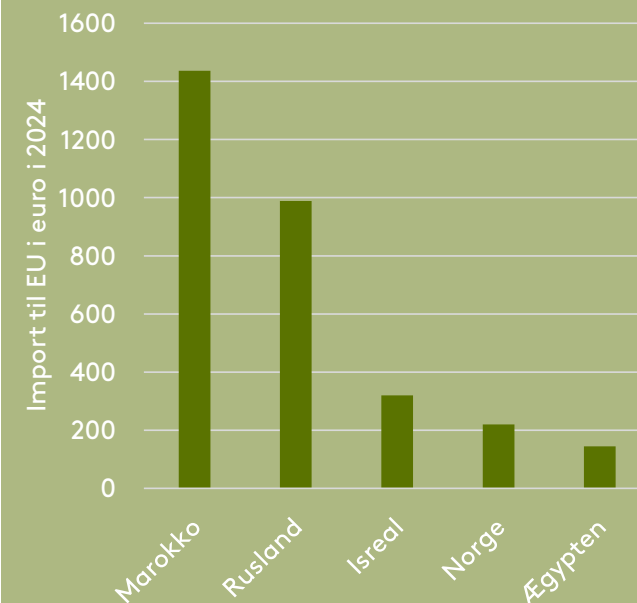
Selvom verdens fosforreserver holder mere end trehundrede år ud i fremtiden, er der behov for at sikre forsyningen til den europæiske fødevareproduktion.

En oplagt mulighed er at udvikle nye teknologier og markedsføre genanvendelse af fosfor fra forskellige sidestrømme – herunder fra husdyrgødning.

Fosforpris i EU



EU's import af fosforgødning i 2024

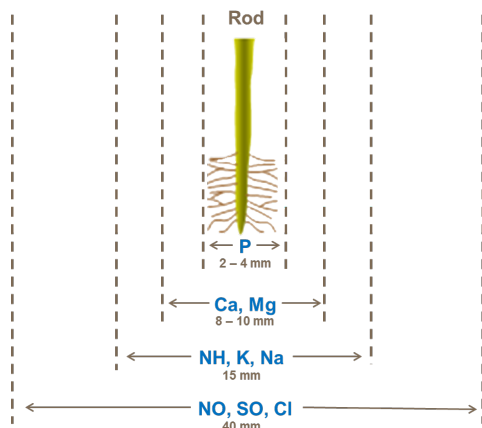


Fosfor er essentielt for alt liv

- Udpining truer planteproduktionen

INGEN FOSFOR, INGEN LIV

Ligesom alle andre levede væsner har planter brug for fosfor. Planternes optag af fosfor er kompleks, og afhænger af mængden af plantetilgængeligt fosfor i Jorden. Da fosfor – modsat andre næringsstoffer – ikke er særlig mobilt i jorden, og optager kun inden for ca. 2 mm fra roden, er det plantes rodent og nærhed til fosfor, som er styrende for muligheden for optag af fosfor.



Der kræves derfor et vist niveau af fosfor i jorden for en optimal planteproduktion. Afgrøderne får typisk dækket mindst 80 pct. af deres fosforbehov fra jordens fosforpulje, mens kun op til 20 pct. dækkes af den gødning, der tilføres til vækstsæsonen.

Det er derfor afgørende for planternes vækst, at jordens fosforpuljer er opbygges til et vist niveau, således at jordens evne til at frigive fosfor til afgrøden sikres.³

FOR LIDT FOSFOR KOSTER UDBYTTET

Når fosfortallet (udtryk for jordens fosforstatus) er under 2,0 på lerjord og 3,0 på sandjord bør der især arbejdes på at hæve fosfortallet. Bliver fosfortallet mindre falder optaget af fosfor i afgrøden, med betydelige udbyttetab til følge.

Da planterne primært optager fra jordens fosforpuljer og i mindre grad fra den tilførte gødning, er det nødvendigt at gøde jorden op før normale udbytter igen kan opnås.

Især marker på planteavlsejendomme – der i en årrække ikke er tilført husdyrgødning, eller nok fosfor i handelsgødning til at erstatte den fosforandel som afgrøderne fjerner ved høst (se kortet side 7), har lave fosfortal.⁴

Jordbundsanalyser fra hele landet afslører, at en stor andel af markene i Østdanmark har meget lave fosfortal.

Jordbunds-analyser	Sjælland	Bornholm	Fyn	Øst-jylland	Nord-jylland	Vest-jylland
<i>Fosfortal (Pt)</i>	<i>Fordeling i %</i>					
0,0 - 0,9	2	0	1	0	1	0
1,0 - 1,9	25	21	14	8	5	5
2,0 - 2,9	36	39	29	28	17	16
3,0 - 3,9	21	24	25	30	28	25
4,0 - 4,9	10	12	17	18	26	23
5,0 - 5,9	4	1	8	9	14	15
6,0 - 6,9	2	2	3	4	6	8
7,0 - 7,9	1	1	1	2	2	4
8,0 - 8,9	0	0	1	1	1	2
9,0 - 10,0	0	0	0	0	0	1
> 10,0	0	0	0	0	0	0

Kilde: SEGES, 2025

BIOKUL SOM VEDLIGEHOLDELSESGØDNING

Ved lave fosfortal er det relevant at overveje forskellige strategier for at hæve fosfortallet i jorden.

Det tager lang tid at hæve fosfortallet og grundet de høje fosforpriser bør man tænke i andre fosforkilder som supplement til handelsgødning. Alternativ kilder kunne være fiberfraktion fra biogasanlæg, halmaske, splidevandsslam og biokul.⁵

Det kræver store mængder fosforgødning at hæve fosfortallet. Og det ikke er noget, man gør på få år. Er der marker, hvor fosfortallet skal hæves, skal det derfor være en del af en langsigtet strategi – for eksempel med kontinuerlig tilførsel af organiske gødninger.⁵

Da frigivelse af fosfor fra biokul sker over flere år kan biokul være særlig velegnet til at både at bidrage til forsyning af afgrøderne efter udbringning og samtidig hæve jorden fosfortal.

- Ved meget lave fosfortal: hæv jordens indhold med større fosformængder på én gang (fx med biokul).
- Ved middelhøje fosfortal: tilfød den mængde, afgrøderne fjerner i gennemsnit over sædskiftet (typisk 15–30 kg P/ha/år afhængigt af afgrøde og udbytte).
- Meget høje fosfortal bør undgås, da det øger risiko for fosfortab og skade på vandmiljøet.

³ Fosfor i dansk Landbrug (2029) Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

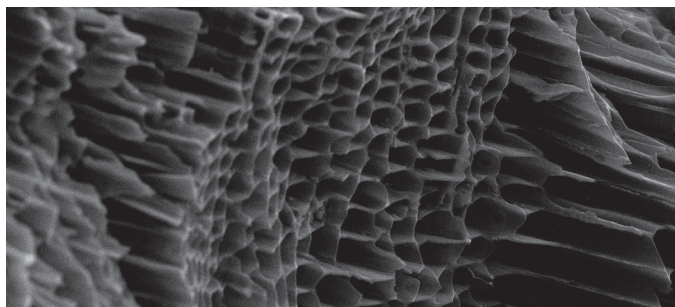
⁴ Mange marker mangler fosfor i pletter (2024) Leif Knudsen, chefkonsulent, Gødsning, Seges Innovation, Landbrugsavisen

⁵ Læg en strategi for at hæve fosfortallet – forvent at det tager lang tid (2025) Peter Schmidt Frandsen, planteavlslrådgiver, Velas, Landbrugsavisen

Fosfor fra handelsgødning kan substitueres med fosfor fra biokul

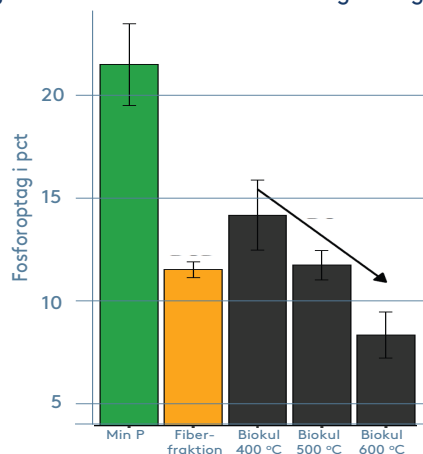
HVAD SKER DER MED FOSFOR VED PYROLYSE?

Ved pyrolyse bevares fosformolekylerne som udgangspunkt i biokul, og bindes i biokullets struktur.



Microskopbillede af biokul fra Giulia Ravenni, DTU

Forsøg viser, at fosforgødningsværdien af biokul fra fiberfraktionen af afgasset husdyrgødning er på niveau med gødningsværdien fra de ubehandlede biofibre, men væsentligt mindre end fosfor fra handelsgødning.



Fosforoptag i procent af planter med forskellige fosforgødninger. Det bemærkes, at fosforoptaget fra biokul ligger på niveau med fiberfraktionen, som er udgangsmaterialet for biokul. Figuren er modificeret efter Sadaat Malghani et al 2025.

HVOR PLANTETILGÆNGELIGT ER FOSFOR I BOKUL?

Københavns Universitet har på baggrund af pottforsøg vurderet, at den plantetilgængelige del af fosfor i biokul fra fiberfraktionen fra afgasset biomassen ligger på 32 pct, for en pyrolysetemperatur på 600 grader C.⁶

Ved lavere pyrolysetemperaturer stiger den plante-tilgængelighed fosforandel betydeligt ligesom, biokullets partikelstørrelse er afgørende.

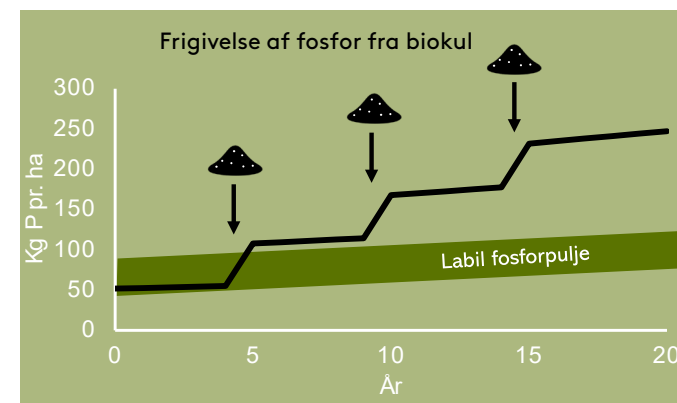
Dette peger på, at jo større overfladekontakt der er mellem biokul og jord-plante-væske systemet, jo større er muligheden for udnyttelsen af fosforen i biokul.

FRIGIVELSE AF FOSFOR FORTSÆTTER OVER TID

Er biokul en gave til jorden som bliver ved med at give? Det er der måske noget som tyder på, og Københavns Unvinersitet har i samarbejde med andre forskere udviklet en model, som kan estimere planteoptage, tab af fosfor til omgivelserne og interaktion mellem forskellige fosforgødninger og jordens fosforpuljer.⁷

Modellen har desuden været afprøvet med biokul som fosforgødning.

CIP Foundation har bedt Københavns Universitet estimere, hvorledes fosfor fra biokul vil indgå i jord-plante-væske systemet over tid. Under antagelse af, at den umiddelbare plantetilgængelige fosfor i biokul er 30 pct., kan man skønne, hvor meget fosfor der frigives fra biokul over tid.



Af figuren ses et eksempel, hvor der tildeles 8 tons biokul pr. hektar hvert femte år. Det er antaget, at den anvendte biokul har 2,3 pct. fosfor, hvorved der umiddelbar frigives 180 kg fosfor pr. hektar angivet ved den stejle del af kurven. Gødningsværdien er afstemt med planternes forventede optag.

Imellem tildelingene af biokul frigives også fosfor fra den biokul, som er tildelt gennem tiden i et langsommere tempo (slow release), som udgør den flade del af frigivelseskurven. Der frigives i størrelsesordenen 4 kg pr. hektar.

Den del som frigives langsomt bidrager i eksemplet til opbygning af jordens labile fosforpuljer og øger i eksemplet fosfortallet fra 1,7 til 2,5 over 20 år.

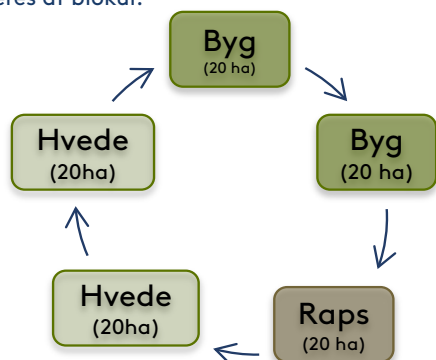
⁶ Saadatullah Malghani, Sander Bruun, Muhammad Ashfaq Wahid, Dorette Sophie Muller-Stover (2025): Impact of pyrolysis temperature on phosphorus plant availability in biochar—A pot experiment using 33P dilution. Journal of Environmental Quality

⁷ Maja Rydgård, Lars Stoumann Jensen, Carolien Kroeze, Maryna Stokol, Kurt Möller, Sander Bruun (2024): Regionalised modelling of recycled fertiliser P in agricultural fields: Development of the life cycle inventory model PLCI 2.0, [Journal of Cleaner Production](#)

Der er penge at spare ved udbringning af biokul med fosfor og kalium

SUBSTITUTION AF HANDELSGØDNING MED BIOKUL

På baggrund af Københavns Universitets opgørelse af biokuls muligheder for at kunne anvendes som fosforgødning, har CIP Foundation bedt VKST om at regne på driftsøkonomien i forskellige sædskifter, hvor dele af handelsgødningen substitueres af biokul.



Beregningerne bygger på en situation med en 100 hektar stor ejendom, hvor bedriftens fosfortal < 2, hvilket betyder, at bedriftens fosforloft samlet opgøres til 4.200 kg P.

	Reference	Biokul
DAP gødning	1.800 kg P (18 kg P/ha)	600 kg P (15 kg P/ha til byg)
Biokul	-	3.600 kg P (180 kg P/ha/5 år)

I eksemplet udbringes 156 ton biokul på 20 hektar i rotation (7,2 ton pr ha) som vedligeholdelsesgødning. I vårbyg tildeles desuden 15 kg DAP gødning, som en startgødning.

Der regnes med, at biokullet leveres af pyrolyseværket til markkant. Ved en umiddelbar plantetilgængelig andel på 30 pct. af fosforen i biokul, frigives der omtrent 60 kg fosfor pr. hektar, ved udbringning af 7,2 tons biokul med 2,3 procent fosfor.

I årene efter udbringning af biokul vil der være en langsom frigivelse som beskrevet ovenfor. Denne fosforandel udgør ca. 4 kg fosfor pr. år og indgår i eksemplet, som en gødning, der løfter jordens fosforstatus (Pt). Ved udbringning regnes med 45 kr. pr. ton biokul, og afhænger i praksis af udbringning-smængden.

KAN DET BETALE SIG FOR LANDMANDEN?

I eksemplet ligger de nuværende fosforpriser til grund med en pris på ca. 20 kr. pr. kg DAP. Ud over fosfor indeholder biokul typisk 2-4 pct. kalium, hvor hovedparten generelt vurderes som plantetilgængelig.⁸ Det indregnes derfor, at 1 ton biokul indeholder 30 kg kalium, som har en dagspris på 6,5 kr. pr. kg. Samlet set vil man kunne sparere betydeligt på gødningsindkøb af både fosfor og kalium – også når der tages højde for udkørselsomkostningerne.

	Reference	Biokul
Indløb DAP	36.000 kr. (360 kr./ha)	12.000 kr. (120 kr./ha)
Udbringningsomkostninger	-	7.000 kr. (350 kr./ha/5 år)
Omkostninger til kalium	-	-30.000 kr. (-300 kr./ha)
I alt	36.000 kr. (360 kr./ha)	-11.000 kr. (-110 kr./ha)

Alt i alt kan der i eksemplet opnås en besparelse på 47.000 kr. svarende til 470 kr. pr. ha. (forskellen på referencescenariet og biokulscenariet).

Dertil kommer en forventning om, at der sker en stigning i jordens fosforniveau fra Pt 1,7 til Pt 2,5 over 20 år, samt en mindre stigning i udbyttet grundet den ekstra tilgængelige fosfor i jord-plante-væske systemet.

USIKKERHED I FORHOLD TIL PRISER OG FOSFORTILGÆNGELIGHED

I ovenstående eksempel er der regnet på en fosfortilgængelighed på 30 pct. i første år og den aktuelle pris på DAP gødning. I tabellen nedenfor ses værdien af ét ton biokul leveret til marken med varierende priser og tilgængeligheder af fosfor i biokul. Selv ved lav plantetilgængelig andel af fosfor i biokul og lave handelsgødningspriser opnås en positiv gevinst ved anvendelse af biokul.

Foruden den økonomisk opgjorte gevinst skal man tillægge værdien af, at der frigives fosfor fra biokul efter første år (slow release). Den del som frigives langsomt bidrager i eksemplet til opbygning af jordens labile fosforpuljer og øger i eksemplet P-tallet fra 1,7 til 2,5 over 20 år.

Værdi af ét ton biokul leveret til marken

	Plantetilgængelighed		
DAP-pris	10 pct	20 pct	30 pct
10 kr/kg	172 kr.	198 kr.	218 kr.
20 kr/kg	194 kr.	246 kr.	286 kr.
30 kr/kg	216 kr.	294 kr.	354 kr.

Fosfor fra Jylland til Sjælland

–Hvad betyder det for miljøet?

MILJØMÆSSIG KONSEKVENS

Ved at flytte fosfor fra områder med fosforoverskud til områder med fosforunderskud falder den andel af fosforgødningen som tabes til miljøet (F_{ploss}). I eksemplet reduceres tabet af fosfor med 420 tons P i Jylland og stiger med 74 tons P på Sjælland.

REFERENCE-SCENARIUM

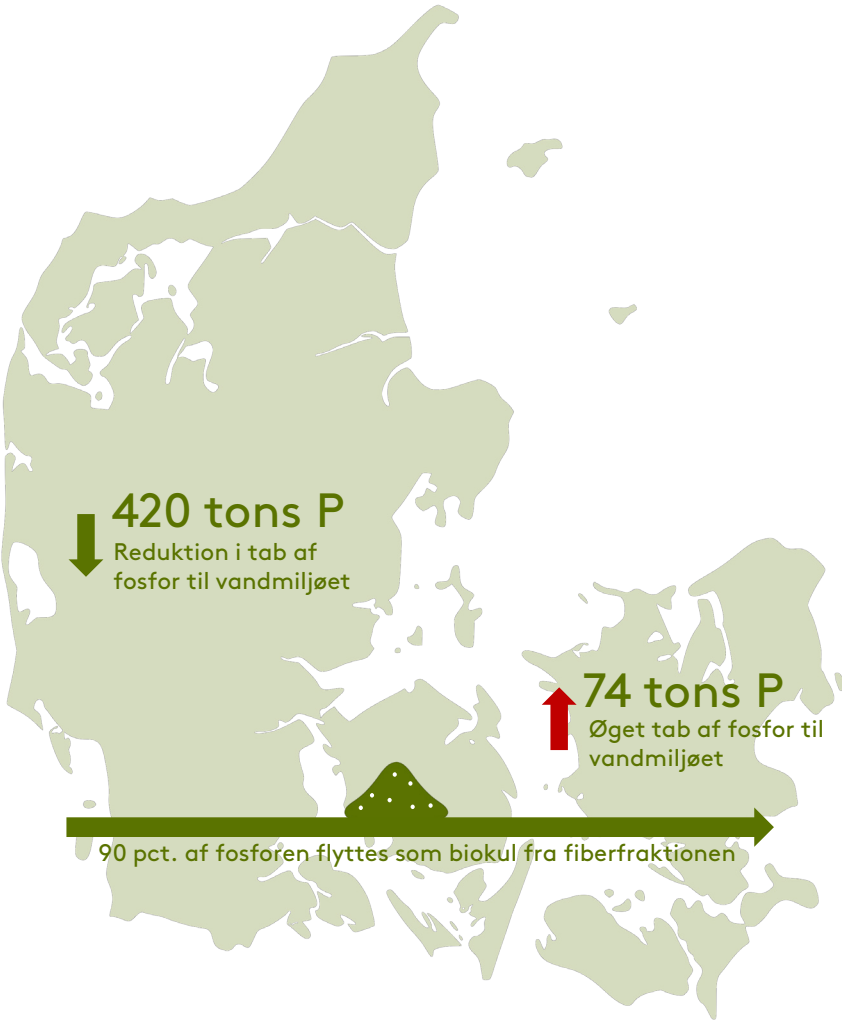
Omtrent en tredjedel af husdyrgødning (12.000 tons fosfor) afgasses

	Anvendt fosforgødning (tons P)	F_{ploss} (% tab)	Tabt fosfor (tons P)
 Afgasset biomasse	12.000	5,5%	660

BIOKUL-SCENARIUM

Ved separation og pyrolyse kan 7.700 tons P i fiberfraktionen udgår og reducerer fosforoverskuddet og tabet til vandmiljøet

	Anvendt fosforgødning (tons P)	F_{ploss} (% tab)	Tabt fosfor (tons P)
 Fiber- fraktion	7.700	5,5%	425
Væske- fraktion	4.200	5,7%	240
Total	4.200		240



MILJØMÆSSIG KONSEKVENS

F_{ploss} angiver den andel af den tilførte fosforgødning som tabes til miljøet (udvaskning, erosion og overfladeafstrømning) over 100 år. Selv om tabet af fosfor fra biokul er højere end fra handelsgødning, så tabes der sammenlagt mindre end i referencescenariet.⁹ I beregningen indgår det, at fosfortallet er 4,5 i Jylland og at fosfortallet er 2,9 på Sjælland.

REFERENCE-SCENARIUM

Der anvendes omkring 4.000 tons fosfor i form af handelsgødning i det østlige Danmark

Anvendt fosforgødning (tons P)	F_{ploss} (% tab)	Tabt fosfor (tons P)	
4.000	0,3%	12	Handels- gødning

BIOKUL-SCENARIUM

Anvendelse af biokul som fosforgødning, hvor det antages at 30 pct. er af de 7.000 tons P i biokul er plante-tilgængelige og kan substituere (7.000 x 0,3) 2.100 tons handelsgødning.

Anvendt fosforgødning (tons P)	F_{ploss} (% tab)	Tabt fosfor (tons P)	
7.000	0,3%	80	Biokul
1.900	1,1%	6	Handels- gødning
16.900		86	Total

⁹ Maja Rydgård, Asimina Bairaktari, Gunnar Thelin b, Sander Bruun (2025): Application of untreated versus pyrolysed sewage sludge in agriculture: A life cycle assessment, Journal of Cleaner Production

Merværdien ved optimering af fosfor betaler langdistancetransporten.

CO₂-LAGRING MED BOKUL ER ET POSITIVT REGNESTYKKE

CIP Foundation har i projektet CO₂-lagring i landbruget med biokul vist, at der kan opbygges en positiv business-case omkring pyrolisering af fiberfraktionen fra afgasset husdyrgødning. Dette inkluderer omkostninger til separation, fragt af biomasser m.v.

Nedenfor beskrives de ekstra gevinster, som der opstår, når fiberfraktionen fra afgasset husdyrgødning pyroliseres til biokul for en kvægbedrift og transporteres til landbrugsjord med et fosforgødningsbehov. Dette har positive effekter for biogasanlæggets økonomi og har økonomiske gevinster for de landmænd som anvender biokul som substitution af dele af handelsgødningen.

VÆRDISKABELSE PÅ TVÆRS AF AKTØRKÆDEN

I denne analyse er der redegjort for, at pyrolyse af fiberfraktionen fra afgasset kvæggylle kan øge gødningsværdien i en grad der overstiger de øgede omkostninger til opbevaring og udbringning af den tungere væskefraktion. Det afhænger dog af ejendommens struktur, og kun for den harmoniske bedrift er det en fordel.

For biogasanlægget er der en gevinst i forhold til at kunne optimere gylleaftaler, og i alle tilfælde er det samlet set en fordel for kvægbrug og biogasanlæg.

For planteavlsbruget er biokul en fordel at anvende som fosfor og kaliumgødning. Fosfor i biokul kan med fordel benyttes som vedligeholdelsesgødning og udbringes i rotation.

I nedenstående er den frigivelse af fosfor som forventes at finde sted efter første år ikke værdisat. Denne frigivelse kan bidrage til at løfte jordens fosforstatus.

I en verden, hvor forsyningskæderne af fosfor er under pres giver det både forsyningsmæssigt og miljømæssigt mening at flytte fosfor i overskud til marker med et gødningsbehov.

Både landbrugssektor og myndigheder bør derfor interessere sig for at skabe nye vaner og rammer, således at genanvendelse af fosfor i landbruget stiger.

		Gevinst total	Gevinst pr. ha	Gevinst pr. ton biokul	
	Kvægbrug i harmoni (479 ha)	32.200 kr.	67 kr./ha	80 kr./ton	14.300 tons afgasset husdyrgødning udskiftes med 20.700 tons væskefraktion.
	Biogasanlæg	136.500 kr.		350 kr./ton	Biogasanlægget står for at fragte en del af returgyllen direkte til modtager. Det antages, at biogasanlægget kan optimere logistikken på egne gylleaftaler med 35 kr. pr tons gylle.
	Planteavlsbrug (100 ha)	47.000 kr.	470 kr./ha	285 kr./ton	Der tilføres 156 tons biokul med 2,3 % P i et sædskifte med byg, byg, raps, hvede, hvede. Der tildeles startgødning til byg. Plantetilgængeligheden af fosfor i biokul er 30 % og prisen på fosfor 20 kr./kg. Slow release er ikke værdisat.
	Pyrolyseanlæg			-150 kr./ton	Ekstratransportomkostninger ved kørsel over længere distance inkl. broafgift m.v.
				565 kr./ton	

Perspektivering

- Øget genanvendelse kræver at vante vaner brydes

BEHOV FOR NYE FORSYNINGSKÆDER

I tiden efter anden verdenskrig har tilgængelighed af handelsgødning ændret fokus væk fra genanvendelse af næringsstoffer fra husdyrgødning.

Nye geopolitiske vinde skubber imidlertid til tilgængeligheden og priserne på handelsgødning – særligt i forhold til fosfor, hvor udbuddet er begrænset til få stater.

Dette skaber grobund for øget genanvendelse på kommerciel niveau. Et centralt spørgsmål er dog, hvad der skal til for, at landmænd vil anvende genanvendelses-produkter som eksempelvis biokul til fosforgødning?

Usikkerhed omkring den reelle gødningsværdi vil til at starte med kunne betyde, at mange potentielle brugere vil afvente eller sikre sig, at gødningsværdien opnås ved at udbringe i en mængde, hvor der indbygges en sikkerhedsmargen.

Værdien af biokul som gødningsprodukt kan derfor være betydeligt lavere end den reelle gødningsmæssige værdi.

Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi ved Københavns Universitet har tidligere undersøgt landmænds villighed til at betale for organiske gødningsprodukter, hvor der opleves usikkerhed omkring næringsstofindholdet.

Studier har vist, at en biobaseret gødning kunne sælges til omkring 65 pct. af prisen på handelsgødning.¹⁰ Andre studier viser, at et organisk gødningsprodukt kan sælges til op til 50 pct af prisen for handelsgødning.¹¹

Man må dog formode, at betalingsvilligheden stiger i takt med at der skabes øget klarhed over gødningsværdien.

BIOKUL KAN BIDRAGE TIL FORBEDRINGER I VANDMILJØET

Biokul kan som fosforgødning ikke alene bidrage til landmandens økonomi ved øget genanvendelse. Det vil også kunne have store positive effekter i forhold til vandmiljøet. En mere optimal udnyttelse af fosforressourcen bør derfor også være i myndighedernes interesse.

I den henseende bør det overvejes om mulighederne og incitamenter for genanvendelse er til stede.



Reglerne om fosforlofter bør tage hensyn til den faktiske udnyttelse af fosfor i biokul

Genanvendelse af fosfor fra biokul bør målrettes jorde med lav fosforstatus. Hensynet til den lave udnyttelse skal afspejles i fosforlofterne for disse lokaliteter.

I forhold til udbringning af biokul vil det nuværende fosforloftet være en barriere. Særligt hvis der er usikkerhed omkring den reelle gødningsværdi. Hensigten med fosforlofter er at begrænse den samlede mængde fosfor, der tildeles til landbrugsjorden for at undgå en u hensigtsmæssig ophobning af fosfor over tid. Overophobning vil øge risikoen for fosfortab til vandmiljøet.

Der gælder i dag regler som øger fosforloftet på bedriftsniveau, hvis jordes fosforstatus er lav (fosfortal under Pt 4). I situationer, hvor fosfortallet er lavt, bør det være muligt at anvende biokul som fosforgødning som gødningsstrategi, og substituere dele af handelsgødningen. Usikkerhed omkring gødningsværdien og generel tilbageholdenhed overfor uafprøvede produkter bør ikke bremse for genanvendelsen.

I eksemplet på side 12 er fosforloftet akkurat overholdt ved en formodet udnyttelse af fosfor på 30 pct i biokullet. Hvis landmanden af forsigtighedsmæssige årsager ligger en lavere udnyttelse til grund, kan landmanden forceres til at droppe at gøde med biokul, medmindre at reglerne ændres.

En regelændring gældende for de jorde, hvor fosfortallet er lavt vil ikke kompromittere miljøet, da enkelte års mergødskning med fosfor ikke giver anledning til overophobning som beskrevet overfor.



Samfundstjenester bør indgå i businesscasen

Støtteordninger kan aflønne den samfundsmæssige værdi som omfordeling af næringsstoffer giver i forhold til at mindske tabet af fosfor til vandmiljøet.

En ny værdikæde, hvor man transportere næringsstoffer til steder med en bedre udnyttelse skaber samfundsmæssig værdi. Man reducere tab af fosfor ét sted og øger jordens dyrkningssikkerhed et andet sted.

Nye forsyningskæder skal opbygges for at udnytte potentialet. Det er en politisk mulighed, at understøtte de aktører, som indgår i de nye forsyningskæder økonomisk. Dette kan være i en opstartsfasen indtil der er skabt tilstrækkelig sikkerhed omkring gødningsværdien og der er skabt erfaringer i forsyningskæden.

Man kunne eksempelvis forestille sig, at der i en periode er mulighed for at modtage støtte til at anvende biokul som en del af bedriftens fosforgødningsstrategi, for på den måde at understøtte en opbygning af nye vaner og forsyningskæder, som også kommer samfundet til gavn.

¹⁰ Juan Tur-Cardona, Ole Bonnichsen, Stijn Speelman, Ann Verspecht, Louise Carpentier, Lies Debruyne, Fleur Marchand, Brian H. Jacobsen & Jeroen Buysse (2018): Farmers' reasons to accept bio-based fertilizers: A choice experiment in seven different European countries, Journal of Cleaner Production.

¹¹ Ole Bonnichsen, Brian H. Jacobsen, Juan Tur-Cardona (2020): Danish farmers' preferences for bio-based fertilisers – a choice experiment. IFRO Working Paper

Appendiks

– Beregningsforudsætninger for gylleoptimering på to kvægbrug

BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER PÅ TO KVÆGBRUG



Ejendommen er optimeret således, at der er harmoni mellem husdyrgødning og harmoniareal (479 ha).



Ejendommen er optimeret således, at den er selvforsynende med grovfoder. Ejendommen er ikke i harmoni (307 ha)

For de to ejendomme regnes på forskellen mellem et referencescenarie, hvor kvægbruget modtager den afgassede biomasse retur og en situation hvor væskefraktionen modtages retur og fiberfraktionen pyrolyseres til biokul og udbringes andet sted.

De to ejendomme har 400 køer + opdræt (normydelse, 11.792 kg EKM), overvejende JB 2 areal med vanding og beliggende i Ringkøbing-Skjern Kommune. 18,7 pct. pligtige/ husdyr efterafgrøder, og 45,2 pct. målrettede efterafgrøder. Harmonikravet er på 450 hektar.

Grovfoderbehov er opgjort til 1.300.000 FEN i både græs og majs. Dybstrøelse og gylle afsættes til biogas. Indhold og krav til afgasset gylle og væskefraktion er gennemsnitsværdier fra 5 kvægejendomme, der leverer til Shell Videbæk Biogas. Indhold er fra 2025 og krav er for 2026. Husdyrgødning køres retur efter arealkrav:arealkrav.

Opgørelserne hviler på en række forudsætninger omkring priser for gødning og gylleaftaler, herunder er følgende lagt til grund:

- Modtagende landmand af husdyrgødning skal have 25 kr./t.
- En del af transporten står biogasanlægget for, når returgyllen afleveres direkte til modtager.
- Ligeledes er det antaget, at biogasanlægget kan logistikoptimere egne gylleaftaler, hvor prisen er sat til 35 kr./t.



Ejendom i harmoni

REFERENCE SCENARIO

I scenariet modtages afgasset gylle retur. Gødningsplanen er begrænset af fosforloftet, og er dermed uden handelsgødning som startgødning. Udbytte er reduceret og majsareal øget med 10 ha. Græs udlægges efterår i renbestand.

Målrettede efterafgrøder er balanceret i forhold til kvælstofkvote.

BIOKULSCENARIO

I scenariet modtages væskefraktionen retur, hvilket tillader startgødning og højere udbytte i helsædsmajs og kernemajs. Det muliggør et større areal med byg, og dermed ekstra dækningsbidrag i vårbyg samt ekstra værdi af merudbytte i kernemajs. Større bygareal på bekostning af majs med græsudlæg giver lidt flere målrettede efterafgrøder.

Hvis gyllen til græs udlægges med slanger uden syre, falder udbringningsomkostningen fra 28 kr./t til 20 kr./t. Udbyttetabet ved nedfældning sættes til 5 pct. Det muliggør et større areal med vårbyg, da græsarealet falder.

Gylleudnyttelsen falder, hvilket medfører et behov for større N-kvote og indkøb af handelsgødning. Det reducerer arealet med målrettede efterafgrøder.

Sammensætning af husdyrgødningen: Den afgassede gylle er karakteriseret ved et højt tørstofindhold, lavt indhold af total-N, lavt indhold af ammonium-N, og et lavt N:P-forhold. Ved separation falder total-N, og ammonium-N og N:P-forhold stiger. Væsken er en betydelig bedre gødning. Ved sortjordsnedfældning øges udnyttelsen af kvælstof fra 67% til 77%.

	Udnyttelse	P-loft	Tørstof	N	NH ₄ -N	P	K	N:P	NH ₄ %
Afgasset	60,5	30,8	6,0	4,30	2,57	1,00	4,90	4,30	60
Væske	66,5	30,8	3,5	3,67	2,46	0,54	4,54	6,80	67
Kvæggylle	75,0	29,0	8,5	4,77	2,9	0,81	3,77	5,90	61
Dybstrøelse	50,0	29,0	30,2	11,11	2,2	1,69	11,10	6,57	20



Ejendom ikke i harmoni

REFERENCE SCENARIO

I scenariet modtages afgasset gylle retur og planteproduktionen er afstemt efter at være selvforsynende med grovfoder.

Krav til målrettede efterafgrøder kan ikke opfyldes, hvilket giver et kvælstofkvotetræk og lavere udbytter, og dermed større arealkrav til grovfoder.

Gødningsplanen er begrænset af fosforloftet, og dermed uden handelsgødning som startgødning. Der var også brug for gylleaftaler under undtagelsesreglerne – både før og efter fosforlofterne – der produceres 266 kg N/ha. Græs udlægges i foråret i grønkorn.

BIOKULSCENARIO

I scenariet modtages væskefraktionen retur, hvilket muliggør startgødning og optimal gødskning af rent græs. Der bliver således plads til lidt vårbyg med målrettede efterafgrøder på bekostning af majs med græsudlæg – og dermed et mindre kvælstofkvotetræk end med afgasset gylle.

Kildeliste

1. Damgaard Poulsen, H., Møller, H. B., Klinglmair, M. & Thomsen, M. (2019). Fosfor i dansk landbrug – ressource og miljøudfordring.
2. Argus Consulting Services (2023): Phosphate Rock, Resources & Reserves.
3. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. (2029). Fosfor i dansk landbrug.
4. Knudsen, L. (2024). Mange marker mangler fosfor i pletter. Landbrugsavisen. SEGES Innovation, Gødskning.
5. Schmidt Frandsen, P. (2025). Læg en strategi for at hæve fosfortallet – forvent at det tager lang tid. Landbrugsavisen. Velas.
6. SEGES. (2023). Vejledning i anvendelse af biokul på landbrugsjord.
7. Malghani, S., Bruun, S., Wahid, M. A., & Muller-Stover, D. S. (2025). Impact of pyrolysis temperature on phosphorus plant availability in biochar—A pot experiment using 33P dilution. Journal of Environmental Quality.
8. Rydgård, M., Jensen, L. S., Kroeze, C., Strokal, M., Möller, K., & Bruun, S. (2024). Regionalised modelling of recycled fertiliser P in agricultural fields: Development of the life cycle inventory model PLCI 2.0. Journal of Cleaner Production.
9. Rydgård, M., Bairaktari, A., Thelin, G., & Bruun, S. (2025). Application of untreated versus pyrolysed sewage sludge in agriculture: A life cycle assessment. Journal of Cleaner Production.
10. Tur-Cardona, J., Bonnichsen, O., Speelman, S., Verspecht, A., Carpentier, L., Debruyne, L., Marchand, F., Jacobsen, B. H., & Buysse, J. (2018). Farmers' reasons to accept bio-based fertilizers: A choice experiment in seven different European countries. Journal of Cleaner Production.
11. Bonnichsen, O., Jacobsen, B. H., & Tur-Cardona, J. (2020). Danish farmers' preferences for bio-based fertilisers – a choice experiment. IFRO Working Paper.