

## Forudsætninger for KP22-scenarier - Landbrug, jorder og skov

**Kontor/afdeling**  
Center for Systemanalyse

**Dato**  
23-09-2022

**J nr.** MHVD, STNI / JMOE

### Indholdsfortegnelse

1. Reduktioner og scenarier .....	2
1.1 Reduktionstiltag .....	2
1.2 Scenarier .....	2
2. Metode .....	3
2.1 Baseline-forløb.....	3
2.2 BioRes-modellen .....	3
3. Reduktionseffekter.....	4
3.1 Biokul fra pyrolyse .....	4
3.2 Gyllehåndtering og tilsætningsstoffer .....	6
3.3 Fodertilsætningsstoffer .....	7
3.4 Øgning af det økologiske areal.....	8
3.5 Udtag af kulstofrige jorder .....	8
3.6 Mindsket husdyrhold.....	10
3.7 Skov og skovrejsning.....	12
3.8 Kvælstofindsats .....	15
3.9 Ændringer i gødningsareal .....	15
4. Sammenfatning af udledninger.....	18
5. Kilder.....	19

### Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

T: +45 3392 6700  
E: ens@ens.dk

[www.ens.dk](http://www.ens.dk)



## 1. Reduktioner og scenarier

Dette baggrundsnotat beskriver forudsætningerne for scenarierne til Klimaprogram 2022 (KP22) omkring udviklingen i drivhusgasudledninger og -optag inden for landbrug, jorder og skov.

### 1.1 Reduktionstiltag

I scenarierne indgår forskellige drivhusgasreduktionstiltag. De fleste stammer fra Landbrugsaftalen fra oktober 2021, hvor der blev udpeget fem udviklingsspor med tilhørende grove estimater for reduktionspotentialer<sup>1</sup>. Der er tale om:

- Brun bioraffinering (pyrolyse),
- gyllehåndtering,
- fodertilsætning,
- fordobling af økologisk areal og
- udvidet lavbundspotentiale (kulstofrige jorder).

Reduktionspotentialerne er i varierende omfang medtaget i scenarierne. Der er i to af scenarierne i varierende omfang desuden antaget reduktioner fra en omlægning af landbruget til et mindsket antal husdyr. Derudover er skovrejsning i forskellig størrelsesorden også inkluderet og er særlig relevant på den lidt længere bane frem til 2050.

### 1.2 Scenarier

Herunder oplystes et par uddybende punkter for de fire scenarier ift. landbrug, jorder og skov. Den generelle beskrivelse af scenarierne kan ses i baggrundsnotatet *Metodebeskrivelse for KP22-scenarier*.

#### **Bio & CCS-scenariet**

Her antages der gennemførelse af begrænsede reduktioner i landbruget samt begrænset udnyttelse af potentialerne i udviklingssporene fra landbrugsaftalen, bortset fra at der indgår et stort CO<sub>2</sub>e-optag fra pyrolyse.

#### **El-scenariet**

Et scenarie med omfattende elektrificering og samtidig reduktioner af landbrugets udledning via relativt høj udnyttelse af landbrugsaftalens udviklingsspor allerede fra 2030 vedrørende fodertilsætning, gyllehåndtering, økologi og pyrolyse.

#### **Adfærds-scenariet**

Her gennemføres ligesom i El-scenariet en række reduktioner af landbrugets udledning med udgangspunkt i udviklingssporene i landbrugsaftalen. Derudover beskriver Adfærdsscenariet indflydelsen af danske forbrugeres efterspørgsel på

---

<sup>1</sup> I Landbrugsaftalen påpeges det, at der skal følges op på udviklingssporet igen senest i 2023, hvor reduktionerne i udviklingssporet skal konkretiseres og så vidt muligt flyttes over i et implementeringsspor frem mod 2030.



plantebaserede fødevarer og en generel aktiv stillingtagen ift. klima og CO<sub>2</sub>e-udledninger. I dette scenarie antages en drastisk reduktion i det danske forbrug af kød i 2050, som afspejles i en delvis omlægning til plantebaserede fødevarer i landbruget svarende til 15 pct. reduktion i antallet af husdyr. Der antages en uændret produktion af animalske fødevarer til eksport. Der antages også fordobling af økologi og væsentlig skovrejsning. Pyrolyse antages kun gennemført på et meget begrænset niveau, som på overordnet plan blot afspejler den igangsatte indsats med demonstrationsprojekter på området.

### **Nye markeder-scenariet**

Den globale efterspørgsel på plantebaserede fødevarer forventes at stige i de kommende år, og scenariet Nye markeder beskriver en udvikling, hvor dansk landbrug i udbredt grad omlægges til at eksportere til dette marked. Herudover antages det, at også danske forbrugere i højere grad efterspørger plantebaserede fødevarer frem for animalske fødevarer. Samlet set antages det således, at dansk landbrug i vid udstrækning omlægges til at producere plantebaserede fødevarer svarende til en 85 pct. reduktion i husdyrholdet i 2050. Derved reduceres de deraf afledte udledninger fra animalsk landbrug tilsvarende. Ud af det landbrugsareal der frigives fra foderdyrkning antages halvdelen omlagt til dyrkning af fødevarer til mennesker, mens den anden halvdel udlægges til skovrejsning (15 pct.) og blandet natur (35 pct.). Der antages derudover et mindre optag fra lagring af biokul (pyrolyse).

## **2. Metode**

### **2.1 Baseline-forløb**

Drivhusgasreduktionerne angives ift. *Klimastatus og -fremskrivning 2022* (KF22), der beskriver den forventede udvikling i fravær af nye tiltag (Frozen Policy<sup>2</sup>).

KF22 strækker sig kun til 2035 og beskriver altså ikke de forventede udledninger i 2050. Der antages i denne analyse en flad udvikling i dette baseline-forløb, hvor landbrugets udledninger i 2050 antages at være de samme som i 2030.

### **2.2 BioRes-modellen**

I opgørelsen af effekten af reduceret husdyrhold er BioRes-modellen anvendt til at estimere effekterne af de forskellige scenarier ift. udvalgte typer af biomasse, der er særligt relevante for biogasproduktion og energi.

Energistyrelsen har fået udviklet en Excel-baseret model, BioRes modellen, af Energy Modelling Lab (Freltoft & Jensen, 2021). Modellen anvendes her i begrænset omfang til beregning af enkelte resultater ift. biomasse. Modellen er opdelt i to

---

<sup>2</sup> Omfatter politiske tiltag på energi- og klimområdet besluttet af Folketinget per 1. januar 2022.



modultyper: Et hovedmodul og scenariemoduler. Fra hovedmodulet indhentes det ønskede scenarie, og der kan stilles på en række parametre, fx arealanvendelse, afgrøder, dyrehold, biogasproduktion og biomasserester. Med udgangspunkt i et "Business As Usual" (BAU) scenarie er der indlagt enkelte antagelser om udtagning af lavbund og skovrejsning, medtaget i KF22. Dette BAU KF22 scenarie tjener som udgangspunkt for yderligere justeringer, der skal repræsentere de respektive scenarier. Det angives, hvilke resultater der er fremkommet på baggrund af modellen, og hvilke ændringer der er lavet ift. BAU-modellen.

### 3. Reduktionseffekter

I det følgende beskrives reduktionseffekten for forskellige tiltag i landbruget, herunder hvordan de er implementeret i de fire scenarier.

#### 3.1 Biokul fra pyrolyse

##### **Baggrund og reduktionseffekt**

Pyrolyse er en proces, hvor organisk materiale opvarmes under iltfrie forhold. Herved kan biomasserester fra landbruget mv. omdannes til biokul (også kaldet *biochar*), pyrolysegas og pyrolyseolie. Biokullet kan ved nedpløjning i mineraljorde i landbruget medregnes som et netto-optag på Danmarks drivhusgasregnskab, mens pyrolysegas og pyrolyseolie dels kan anvendes internt i pyrolyseanlægget til energiformål eller raffineres til biobrændstoffer som erstatning for fossile brændstoffer. Al slags biomasse kan udsættes for pyrolyse, fx halm og digestat fra biogasproduktion.

Der er generelt stor usikkerhed om potentialet for biokul fra pyrolyse, bl.a. fordi biomasse forventes at blive en knap ressource frem mod 2050, og fordi pyrolyseteknologien stadig er på udviklingsstadiet.

Ved anvendelsen af biomasse til pyrolyse skal effekten modregnes den anvendelse, som biomassen ellers ville have haft. Fx giver nedpløjning af ikke-bjerget halm i sig selv et CO<sub>2</sub>-optag. Hvis denne halm i stedet bjerges og anvendes til pyrolyse, skal denne CO<sub>2</sub>-reduktionseffekt modregnes. I KF22 er der indregnet et netto-optag af CO<sub>2</sub> i mineraljorde på 0,5 mio. ton i 2030 som følge af forventet nedpløjning af halm. Tilsvarende er der i KF22 indregnet en nettolagring ved nedpløjning af gylle samt biogasdigestat (blanding af gylle, halm og andet affald) fra biogasanlæg.

Biogasdigestat har en høj andel af svært nedbrydeligt kulstof, og i scenarierne forudsættes det, at digestatet nedpløjes på marken; som det er typisk praksis i dag. På linje med DCE's antagelser i KF22, antages det, at der vil ske den samme nettolagring af kulstof i landbrugsarealer uanset om gylle og halm nedpløjes direkte i landbrugsarealer eller om gylledigestat (rester fra gylle og halm fra biogasanlæg) nedpløjes efter bioforgasning. Der forudsættes ikke pyrolyse af digestatet, da det



vurderes at være begrænset, hvorvidt der særligt på kort sigt vil være en netto-lagringseffekt ved dette; når det indregnes, at der derved mistes kulstoflagring fra den nedpløjning af digestatet, som ellers ville være sket. Netto-lagringseffekter af biokul er dog behæftet med usikkerhed, og det er et emne, der skal undersøges nærmere.

### Anvendelse i scenarierne

I Bio & CCS-scenariet antages der en høj grad af reduktioner fra pyrolyse i 2030, der stiger yderligere frem til 2050. Ligeledes antages der i EI-scenariet en høj grad af pyrolyse i 2030, men lidt mindre i 2050. I Adfærds-scenariet antages en meget begrænset anvendelse af pyrolyse i 2030 og 2050. I Nye markeder scenariet er der antaget en middelhøj anvendelse af pyrolyse (se Tabel 1).

En betydelig del af biomasseinputtet til pyrolyse er i scenarierne forudsat at være halm. Der er taget højde for, at der i KF22 indgår en CO<sub>2</sub>-reduktion ved nedpløjning af ikke-bjerget halm, således at denne reduktionseffekt modregnes reduktionseffekten ved nedpløjning af biokul fra halm.

*Tabel 1. Ændring i CO<sub>2</sub>e-udledninger fra pyrolyse i scenarierne ift. KF22. Negative tal angiver netto-optag af CO<sub>2</sub>e (reduktion i udledninger ift. KF22-niveauet i 2030).*

Mio. ton CO <sub>2</sub> e	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
2030	-1,4	-2,2	-0,05	-0,5
2050	-2,0	-1,5	-0,05	-0,25

*Anmærkning: Optaget fra biokul er modregnet optaget fra det ikke-bjergede halm, som ellers ville blive nedpløjet, dvs. optaget afspejler den forventede nettoeffekt på klimaregnskabet set. ift. KF22-fremskrivningen.*

Ikke-bjerget halm har et optag på 0,5 mio. ton CO<sub>2</sub> i KF22 i 2030. Hvis denne halm bjerges og bruges til pyrolyse, skal dette optag modregnes effekten fra biokul. I scenarierne er reduktionseffekten fra ikke-bjerget halm modregnet reduktionseffekten fra biokul på halm.

I scenarier hvor der fjernes yderligere halm fra marken til brug for biokul- eller energiproduktion tages der højde for dette ved at tillægge hele denne eller dele af de 0,5 mio. ton CO<sub>2</sub> som en større nettoudledning fra landbrugsarealerne end indregnet i KF22-fremskrivningen for 2030. Dette er baseret på oplysninger fra Dansk Center for Energi og Miljø (DCE).

Netto-lagringseffekten af biokul fra halm er i scenarierne groft estimeret ud fra et ca. 20-30-årigt perspektiv. Fremadrettet vil nettolagringseffekten af biokul i forskellige tidsperspektiver blive undersøgt nærmere.



Udover halm indgår der i scenarierne også øvrigt biomasseinput til pyrolyse; som fx kan repræsentere træbiomasse

### 3.2 Gyllehåndtering og tilsætningsstoffer

#### Baggrund og reduktionseffekt

Udledning af metan fra husdyrproduktionen knytter sig primært til husdyrenes fordøjelsessystemer og emissioner fra opbevaring af husdyrgødningen i stalden og i gyllebeholderen. Der er i dag få omkostningseffektive midler til at nedbringe udledningerne, men flere er under udvikling. Herunder gylletilsætningsstoffet NoGas, hvor fluor og garvesyre hæmmer dannelsen af metan i gyllen, samt en række anlægstekniske tiltag i form af forskellige filtre, overdækninger, køling og forsuring.

Baseret på enkelte indledende forsøg antages gylletilsætningsstoffer at kunne reducere udledningerne af metan fra stalde og lagre med op til 50 pct. Det er dog meget usikkert, da der stadig mangler dokumentation for effekter og eventuelle bivirkninger, samt hvor teknologien kan anvendes og i hvilket omfang. Mulige forskelle mellem driftstyper skal desuden undersøges.

Det er uvist, om de forskellige tilsætningsstoffer og gyllehåndteringsteknologier kan anvendes i samspil, og om effekterne i så fald vil være akkumulerende eller ej. Det forventes dog, at gyllen kun kan behandles én gang med fuld effekt. Det er fx kendt, at gylleforsuring ikke fungerer optimalt i kombination med bioforgasning. Hvorvidt det samme gør sig gældende for nye metan-reducerende tilsætningsstoffer er uvist.

#### Anvendelse i scenarierne

I Bio & CCS scenariet antages moderate reduktioner fra gylletilsætningsstoffer ift. potentialet beskrevet i Landbrugsaftalen frem til 2030 (Regeringen, 2021). I de andre tre scenarier (EI, Adfærd og Nye markeder) antages der reduktioner svarende til det fulde potentiale beskrevet i aftalen. Frem til 2050 antages der yderligere reduktioner svarende til, at tiltagene er 50 pct. mere effektive end i 2030. For scenarierne Adfærd og Nye markeder er potentialet afstemt med det reducerede antal af husdyr. Se Tabel 2. Der er ikke korrigeret for et mindre antal husdyr fra omlægning til økologi.

*Tabel 2. Ændring i drivhusgasudledninger fra gyllehåndtering og gylletilsætningsstoffer i scenarierne ift. KF22. Negative tal angiver reducerede udledninger ift. KF22-niveauet i 2030.*

Mio. ton CO <sub>2</sub> e	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
2030	-0,5	-1,0	-0,96	-0,76
2050	-1,0	-1,5	-1,3	-0,23

*Note: Reduktionerne er tilpasset antallet af husdyr i hvert scenarie.*



### 3.3 Fodertilsætningsstoffer

#### Baggrund og reduktionseffekt

Metanudledninger fra husdyrenes fordøjelse kan påvirkes vha. fodertilsætningsstoffer. Stoffet Bovaer eksisterer allerede, og der er for nyligt opnået EU godkendelse. Bovaer forventes under danske forhold at kunne reducere metanudledningen fra dyrenes fordøjelse med 20-30 pct. Derudover forskes der i stoffet "X", hvor forsøg viser en potentiel reduktion af metan fra kvæg med op til 40 pct. Der er også forsøg med anvendelse af visse typer af tang som en del af foderet. I Landbrugsaftalen anslås reduktionspotentialet for fodertilsætning at være 1 mio. ton CO<sub>2</sub>e i 2030. Det er uvist, om reduktionseffekten af øget fedtindhold og andre tilsætningsstoffer betyder, at mælkeproduktion hos malkekvæg reduceres. Der forventes ikke at være additive effekter ved samtidig anvendelse af flere forskellige fodertilsætningsstoffer. Det er ligeledes uvist, om yderligere reduktionseffekt kan opnås udover reduktionspotentialet anslået for 2030.

#### Anvendelse i scenarierne

I scenarierne er reduktionerne fra fodertilsætningsstoffer antaget efter samme fordeling som for gylletilsætningsstoffer. Det vil sige, at der i Bio & CCS scenariet antages moderate reduktioner, og at der i de andre tre scenarier (EI, Adfærd og Nye markeder) antages reduktioner svarende til det fulde potentiale beskrevet i Landbrugsaftalen. Frem til 2050 antages det, at fodertilsætningsstofferne er 50 pct. mere effektive end i 2030. For scenarierne Adfærd og Nye markeder er potentialet afstemt med det reducerede antal af husdyr (se Tabel 3). Der er ikke korrigeret for et mindre antal husdyr fra gennemførelse af omlægning til økologi.

*Tabel 3. Ændring i drivhusgasudledninger fra fodertilsætningsstoffer i scenarierne ift. KF22. Negative tal angiver reducerede udledninger ift. KF22-niveauet i 2030.*

Mio. ton CO <sub>2</sub> e	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
2030	-0,5	-1,0	-0,97	-0,74
2050	-1,0	-1,5	-1,3	-0,23

*Anmærkning: Reduktionerne er tilpasset antallet af husdyr i hvert scenarie.*



### 3.4 Øgning af det økologiske areal

#### Baggrund og reduktionseffekt

Ifølge Landbrugsstyrelsen var der i maj 2020 et samlet økologisk produktionsareal på 310.000 ha, heraf er de 250.000 ha angivet som fuldt omlagt økologisk areal (LBST, 2021).

I Landbrugsaftalen angives det, at en fordobling af det økologiske areal (til 500.000 ha) giver en reduktionseffekt på anslået 0,5 mio. ton CO<sub>2</sub>e i 2030. Estimatet er foretaget på baggrund af relativt nye oplysninger fra DCA (2020), der lægges til grund for en klimateffekt på ca. 2 ton CO<sub>2</sub>e/år/ha for økologisk omlagte arealer. Ifølge DCA (2020) er det kun emissioner der finder sted i Danmark, som er indregnet, og ikke importeret foder og handelsgødning.

Der er forskel på omlægning fra konventionelt til økologisk malkekvæg (reduktion på 3600 kg CO<sub>2</sub>e/ha/år), svineproduktion (reduktion på 3700 kg CO<sub>2</sub>e/ha/år) og planteavl (reduktion på 775 kg CO<sub>2</sub>e/ha/år). Det gennemsnitlige reduktionstal pr. hektar er baseret på en arealanvendelse, der svarer til fordelingen for økologisk landbrug i 2020. En stor del af effekten fra omlægning til økologi kommer fra et lavere antal husdyr pr. hektar.

#### Anvendelse i scenarierne

I Bio & CCS scenariet antages det økologiske areal øget med 50 pct. frem til 2030. I scenarierne EI, Adfærd og Nye markeder antages en fordobling af det økologiske areal i 2030. Der er ikke antaget yderligere omlægning til økologi efterfølgende frem til 2050, men da det samlede landbrugsareal generelt forventes at blive mindre, på grund af mere bebyggelse og skovrejsning, vil den relative andel blive større.

*Tabel 4. Ændring i drivhusgasudledninger i scenarierne som følge af øget økologisk areal ift. KF22. Negative tal angiver reducerede udledninger ift. KF22-niveauet i 2030.*

Mio. ton CO <sub>2</sub> e	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
2030	-0,25	-0,5	-0,5	-0,5
2050	-0,25	-0,5	-0,5	-0,5

### 3.5 Udtag af kulstofrige jorder

#### Baggrund og reduktionseffekt

Kulstofrige jorder, også kaldet lavbundsjorder, er dannet under vandlidende og iltfattige forhold, hvor organisk materiale nedbrydes langsomt. Hvis jorderne udtørres og iltes ved dræning og pløjning, vil kulstoffet gase af, primært som CO<sub>2</sub>. Ifølge data fra DCA findes der lidt over 291.000 ha jorder med over 6 pct. kulstof (organic carbon, OC) (DCA, 2014). Heraf er 171.000 ha i anvendelse til landbrug.<sup>3</sup> Ved at tilbageføre kulstofrige jorder til våde og iltfattige tilstande kan udledningerne reduceres markant.

<sup>3</sup> Kilde: Sammenkørsel af Internet Mark Kort (IMK) og DCA, Tekstur 2014.





En af de hyppigste grunde til, at lavbundsjorder ikke kan udtages, er risiko for fosforudledning pga. tidligere gødsning (SEGES, 2019). Ekstensivering af kulstofrig jord i en periode kan potentielt gøre det muligt at udtage arealerne senere med mindre risiko for udvaskning. Ekstensivering i sig selv giver også en mindre reduktion af CO<sub>2</sub> udledninger, hvilket også er indregnet.

I KF22 er udledningerne i 2020 fra dyrkede marker og græsarealer på kulstofrige jorder angivet til 4,6 mio. ton CO<sub>2</sub>e (Energistyrelsen, 2022, bilag 5 & DCE, 2022). Der er allerede afsat midler til væsentlige udtag, hvilket er afspejlet i KF22 for 2030. Ud over de allerede vedtagne initiativer beskrives der et udvidet potentiale for udtag af lavbundsjord i Landbrugsaftalen på 0,5 mio. ton CO<sub>2</sub>e frem til 2030.

Hvis det for 2050 antages at være muligt at reducere udledningerne fra kulstofrig jord med 80 pct., svarer det til 2,8 mio. ton CO<sub>2</sub>e mere end fremskrevet i KF22 for 2030.

#### Anvendelse i scenarierne

I Bio & CCS scenariet antages halvdelen af det udvidede lavbundspotentiale fra Landbrugsaftalen udtaget frem til 2030. I EI, Adfærd og Nye markeder scenarierne antages hele det udvidede potentiale fra Landbrugsaftalen udtaget. For Bio & CCS-scenariet antages en begrænset ekstra udtagning frem til 2050, mens der for EI, Adfærd og Nye markeder antages en markant ekstra udtagning (se Tabel 5).

*Tabel 5. Ændring i drivhusgasudledninger som følge af øget udtag af kulstofrige jorder i scenarierne ift. KF22. Negative tal angiver reducerede udledninger ift. KF22-niveauet i 2030.*

Mio. ton CO <sub>2</sub> e	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
2030	-0,25	-0,5	-0,5	-0,5
2050	-0,75	-2,8	-2,8	-2,8

Der er markante usikkerheder i emissionsopgørelserne for disse jorder, da datagrundlaget i vidt omfang er et modelleret datasæt (DCA, 2014). Det betyder, at man ikke præcist ved, hvor stor en del af det areal, der er angivet som lavbundsjorder, som reelt er lavbundsjorder. Derudover er emissionerne per ha i omdrift usikre; særligt for jorder med 6–12 pct. kulstofindhold. Det betyder samlet set, at der er stor usikkerhed på de angivne reduktioner ved udtag af kulstofrige jorde.



### 3.6 Mindsket husdyrhold

#### Baggrund og reduktionseffekt

Udledningseffekter fra reduktion af husdyrhold er fremskrevet med udgangspunkt i DCE's fremskrivning til 2030 (i regi af KF22). Tabel 6 viser forventede udledninger fra husdyr i 2030. Det antages, at ændringer i antallet af husdyr slår igennem på 50 pct. af udledningerne fra organisk gødning på marker, idet en andel af den organiske gødning stammer fra ikke-animalske kilder såsom spildevand.

*Tabel 6. Udledningsposter for animalsk landbrug der indgår i udledningerne fra husdyrhold inkl. nedslag fra 2030.*

Kategori	Udledningskilde	Faktor der kan tilskrives animalsk landbrug	Udledning 2030 KF22 (mio. ton CO <sub>2</sub> e)
Fordøjelse	Malkekvæg (Enteric ferm. - Dairy cattle)	100%	2,8
	Ikke-malkekvæg (Enteric ferm.- Non-dairy cattle)	100%	1,1
	Svin (Enteric ferm. – Swine)	100%	0,4
	Andre husdyr (Enteric ferm. - Other animals)	100%	0,2
	Gødningshåndtering	Malkekvæg (Manure man. - Dairy cattle)	100%
	Ikke-malkekvæg (Manure man. - Non-dairy cattle)	100%	0,4
	Svin (Manure man. – Swine)	100%	0,8
	Andre husdyr (Manure man. - Other animals)	100%	0,2
Gødning på marker	Organisk gødning (Organic N fertilizers)	50%	0,9
	Afsætning af dyreekskrementer ved afgræsning (Urine and dung deposited by grazing animals)	100%	0,2
	Urea (Urea application)	100%	0,0
<b>Total</b>			<b>7,1</b>

Kilde: Energistyrelsen (2022).



### Anvendelse i scenarierne

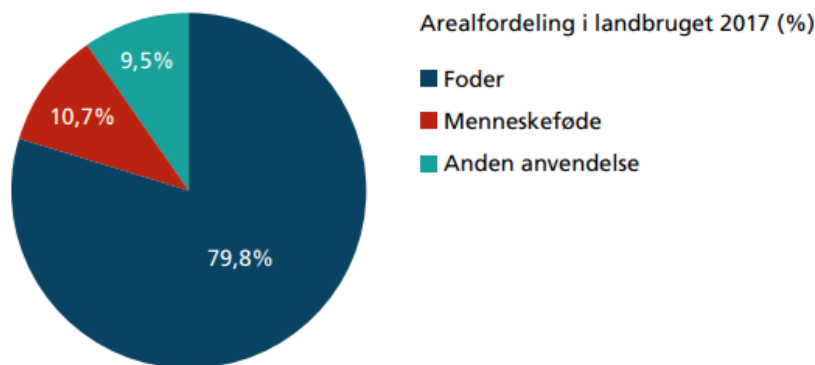
For to af scenarierne, Adfærd og Nye markeder, er antagelsen om reduktion af antal husdyr et væsentligt element. Ift. 2020 antages der for Adfærd en reduktion i antal husdyr på ca. 5 pct. i 2030 og 15 pct. i 2050. For Nye markeder antages der en reduktion i antal husdyr på ca. 25 pct. i 2030 og 85 pct. i 2050; ud over den implicite reduktion af husdyr som kommer fra omlægning til økologi på 0-5 pct.

Effekten af flere af de andre udviklingsspor, så som gyllehåndtering og fodertilsætningsstoffer, justeres efter antallet af husdyr i det pågældende scenarie.

Mens der for Adfærd er tale om en begrænset reduktionseffekt ved omlægning til reduceret dyrehold, særligt i 2030, er effekten for Nye markeder markant allerede for 2030, og der er kun marginale udledninger fra husdyr i dette scenarie i 2050<sup>4</sup>.

### Arealanvendelse og biomasse ved reduceret dyrehold

Ved en omlægning af det animalske landbrug frigives der landbrugsareal, som i dag anvendes til dyrkning af foder. Omkring 80 pct. af det danske landbrugsareal i 2017 (ca. 2 mio. ha ud af et samlet landbrugsareal på 2,6 mio. ha) blev anvendt til dyrkning af foder til dyr (se Figur 1) (Holmstrup et al., 2018)



Figur 1. Arealfordeling i landbruget 2017.

Kilde: Holmstrup et al. (2018). Beregningen er foretaget på baggrund af tal fra Danmarks Statistik (AFG07).

### Nye markeder-scenariet

Scenariet Nye markeder indbefatter en omlægning fra dyrkning af foder til dyrkning af afgrøder til menneskeføde. Derudover antages det, at en stor del af foderarealet frigives til andet end landbrug.

<sup>4</sup> I scenarierne med færre husdyr (Adfærd og Nye markeder) vil der formentlig vil være et lavere nettooptag af kulstof i jorden som følge af reduceret nedpløjning af gylle. Omfanget af denne effekt har dog ikke været analyseret i KP22-scenarierne. Nettolagringen ved nedpløjning vil blive undersøgt nærmere til KF23.



Ud af de 2 mio. ha landbrugsjord, som i dag anvendes til dyrkning af foder, laves følgende (grove) antagelser: 85 pct. af dette areal (1,7 mio. ha) omlægges fra foderdyrkning til:

- Dyrkning af andre afgrøder (0,8 mio. ha svarende til ca. 50 pct. af det omlagte areal).
- Skovrejsning (0,27 mio. ha svarende til ca. 15 pct. af det omlagte areal).
- Natur (0,60 mio. ha svarende til ca. 35 pct. af det omlagte areal).

Således vil kun ca. 0,2 mio. ha forblive anvendt til foderdyrkning i 2050 i Nye markeder. Det er heri antaget, at omlægning til økologi på ca. 0,25 mio. ha resulterer i 0,1 mio. ha mindre foderareal. Denne samlede omlægning er undersøgt vha. BioRes modellen, hvor der også er gjort antagelser om omlægning af afgrødemix væk fra den foderdominerede sammensætning, til en sammensætning der bedre afspejler Nye markeder, hvor det er et andet mix af afgrøder, der efterspørges (grove antagelser).

Ved hjælp af BioRes-modellen er mængden af halm og dybstrøelse estimeret til at være hhv. ca. 60 pct. og 90 pct. lavere i Nye markeder i 2050 end i en fremtidig situation uden denne omlægning i landbruget. Ud fra en antaget gradvist lineær omstilling mod 2050 er der forudsat ca. 20 pct. mindre halm og ca. 30 pct. mindre dybstrøelse i 2030 i Nye markeder scenariet.

#### *Adfærds-scenariet*

Hvad angår mængden af halm og dybstrøelse i Adfærds-scenariet er der antaget 15/85 af effekten fra Nye markeder-scenariet i 2050. Dette skøn er baseret på, at husdyrsreduktionen i 2050 er 15 pct. i Adfærds-scenariet sammenlignet med 85 pct. i Nye markeder-scenariet.

### **3.7 Skov og skovrejsning**

#### **Baggrund og reduktionseffekt**

Danmarks samlede areal er opgjort til ca. 4,3 mio. ha (DST, 2018). I dag dækker skov ca. 15 pct. pct.af Danmarks areal, svarende til 0,6 mio. ha. Som gennemsnitsbetragtning optager skov en begrænset mængde CO<sub>2</sub> de første 20 år, hvorfor skovrejsning er mere interessant i et længere tidsperspektiv (IGN, 2019). Skovrejsning er dog også mulig med relativt højt optag i indblandede hurtigvoksende træarter. En robust langsigtet skovudvikling vil typisk forudsætte, at sådanne arter tages ud ved tyndingshugster efter 15-25 års tid.

I KF22 forventes optaget fra skov at udgøre 0,3 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2030. I KF22 er der indregnet ca. 30.000 ha skovrejsning frem til 2032. De 30.000 ha skovrejsning indregnet i KF22 optager ca. 0,3 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050. I KF22 forventes skoven i alt at optage 0,3 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050, hvilket altså svarer til det optag, der sker i de i KF22-indregnede nye skovrejsningsarealer. Hvis der slet ikke blev foretaget



skovrejsning vil skoven ifølge KF22 samlet set have et nettooptag på 0 i 2050 (her er tale om et samlet tal for skovarealer og høstede træprodukter).

Foruden skovrejsning påvirkes CO<sub>2</sub>-udledninger og -optag i skov af en eventuel stigning eller reduktion i mængden af træ, der tages ud af skovene til energiformål. Når træ tages ud af skoven, findes træets indhold af kulstof ikke længere i skovens samlede kulstoflager, og udtaget opgøres som en udledning i skovsektoren, omregnet til CO<sub>2</sub>.

### Anvendelse i scenarier

For de to scenarier Bio & CCS samt Nye markeder er der forudsat en ændring i udtaget af træflis m.m. fra de danske skove, hhv. større og mindre udtag end i KF22. I scenarierne er der taget højde for dette i CO<sub>2</sub>e-regnskabet. Beregningen er her baseret på emissionsfaktorer for et gennemsnit af det danske forbrug af træ til produktion af el og fjernvarme i 2020 fra IGN's baggrundsrapport til GA22 (IGN, 2022). Resultatet opgøres som ændringen i det faktiske kulstoflager i skoven i målårene som følge af et gradvist ændret udtag af træ fra skoven. Træet som anvendes til energiformål i Danmark består hovedsageligt af rester fra skovbrug og træindustri, som ellers ville være rådnet op over tid (IGN, 2022). Forbrændingen fremrykker disse udledninger. Rent fysisk sker udledningen af CO<sub>2</sub>, når træet forbrændes, men efter gældende FN-regler opgøres udledningen i landsektoren (LULUCF) og ikke i energisektoren. Det ville lede til dobbelttælling, hvis udledningen blev medregnet i begge sektorer.

For tre af scenarierne antages optaget af CO<sub>2</sub> i 2030 fra skov som udgangspunkt at være det samme som i KF22. Dette gælder i scenarierne EI, Adfærd og Nye markeder. For alle scenarier antages optaget af CO<sub>2</sub> i 2050 fra skov som udgangspunkt at være på 0,3 mio. ton CO<sub>2</sub>e, svarende til IGN *frozen policy* fremskrivningen for perioden 2046-2050. I Bio & CCS-scenariet udtages mere plantemasse fra skovene, hvilket giver en samlet merudledning fra skove i 2030.

For Bio & CCS-scenariet antages skov i 2030 at have en ekstra udledning på 0,4 mio. ton CO<sub>2</sub>e på grund af et gradvist større udtag af træ fra skovene til energiformål (4,7 PJ mere i 2030). Udledningen udligner godt og vel nettooptaget på 0,3 mio. ton CO<sub>2</sub>e. I Bio & CCS-scenariet i 2050 har skov en ekstra udledning på 0,8 mio. ton CO<sub>2</sub>e på grund af et gradvist større udtag af træ fra skovene til energiformål (14 PJ mere i 2050).

For EI-scenariet er der i 2050 et ekstra optag på 0,5 mio. ton CO<sub>2</sub>e, der svarer til effekten af en ekstra skovrejsning på ca. 2.500 ha per år, og giver et samlet skovrejsningsareal på ca. 70.000 ha i 2050. Det antages, at skovrejsning sker på arealer, der i dag dyrkes med landbrugsafgrøder.



For Adfærds-scenariet er der i 2050 et ekstra optag på 1,3 mio. ton CO<sub>2e</sub> i 2050, svarende til at ca. 0,2 mio. ha er udlagt til skov i 2050 (inklusive de 30.000 ha indregnet i KF22). Den øgede skovrejsning i scenariet ift. KF22 forudsættes at ske på arealer, der frigives fra foderproduktion, som følge af danske forbrugeres kostvanæændringer fra animalske til plantebaserede fødevarer. Herunder er det antaget, at 60 pct. af det frigivne foderareal er omlagt til skov i 2050. Det svarer til, at skovrejsningen øges med ca. 6.600 ha per år fra 2025 til 2050.

I scenariet Nye markeder sker der som nævnt en stor omstilling af landbruget fra animalsk til plantebaseret produktion, hvilket markant reducerer husdyrholdet og arealbehovet til foderproduktion. Det frigiver samlet set store arealer til anden anvendelse. I scenariet antages det, at skovrejsningen øges til 10.000 ha per år fra 2025 til 2050. Det betyder, at der i alt etableres ca. 270.000 ha ny skov frem mod 2050 (inklusive de 30.000 ha indregnet i KF22). Dette svarer til, at ca. 15 pct. af de frigivne foderdyrkningsarealer udlægges til skovrejsning. De i alt ca. 270.000 ha skovrejsning forventes isoleret set at øge skovens netto-optag med 2,3 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050 (heraf 0,3 mio. ton CO<sub>2</sub> fra de 30.000 ha skovrejsning frem mod 2032, der allerede er indregnet i KF22). Drivhusgaseffekten af at tage landbrugsjord ud af drift beskrives i afsnittet 'Ændringer i gødningsareal'.

Desuden antages der for Nye markeder i 2050 et ekstra optag på 1,1 mio. ton CO<sub>2e</sub> på grund af et gradvist mindre udtag af træ fra skovene til energiformål fra 2030 til 2050 (16 PJ mindre i 2050).

Ændringer i de forskellige udledningposter ift. KF22 er vist i Tabel 7.

*Tabel 7. Ændring i CO<sub>2e</sub>-udledninger fra skov i scenarierne inkl. skovrejsning og ændret udtag af træ til energiformål; angivet ift. KF22. Negative tal angiver reducerede udledninger ift. KF22-niveauet i 2030.*

Mio. ton CO <sub>2e</sub>	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
<b>2030</b>				
Større/mindre udtag af træ til energiformål	0,4	0	0	0
Total	0,4	0	0	0
<b>2050</b>				
Større/mindre udtag af træ til energiformål	0,8	0	0	-1,1
Ekstra skovrejsning	0	-0,5	-1,3	-2,0
Total	0,8	-0,5	-1,3	-3,1



### 3.8 Kvælstofindsats

#### Baggrund og reduktionseffekt

I Landbrugsaftalen (2021) er kvælstofindsatsen et af de områder, hvor der hentes relativt store udledningsreduktioner på 0,64 mio. ton CO<sub>2e</sub> frem til 2030. Denne reduktion er også medtaget i KF22 og er dermed en del af den baseline, som scenarierne arbejder ud fra.

#### Anvendelse i scenarierne

For 2050 antages det i Bio & CCS-, EI- og Adfærds-scenariet, at der opnås 50 pct. yderligere udledningsreduktioner fra kvælstofindsats svarende til en mer-reduktion på 0,32 mio. ton CO<sub>2e</sub>. I Nye markeder scenariet antages i 2050 en halvt så stor reduktionseffekt (0,16 mio. ton CO<sub>2e</sub>) pga. landbrugets ændrede struktur med meget begrænset dyrehold.

Tabel 8. Ændring i CO<sub>2e</sub>-udledninger som følge af antaget kvælstofindsats i scenarierne ift. KF22. Negative tal angiver reducerede udledninger ift. KF22-niveauet i 2030.

Mio. ton CO <sub>2e</sub>	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
2030	0	0	0	0
2050	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2

Anmærkning: Tal er afrundet ift. de angivne tal i teksten.

### 3.9 Ændringer i gødningsareal

I scenarierne i 2050 udtages 15 pct. af foderarealet i Adfærds-scenariet og 85 pct. af foderarealet i Nye markeder-scenariet. Det udtagne areal anvendes som angivet i Tabel 9.

Tabel 9. Arealanvendelse af udtaget foderareal 2050 i scenarierne Adfærd og Nye markeder.

2050	Adfærd	Nye markeder
Andel af foderareal udtaget*	15%	85%
Foderareal udtaget (mio. ha)	0,30	1,70
Omlægning til skov	0,18 (ca. 60%)	0,27 (ca. 15%)
Omlægning til natur	0,0 (ca. 0%)	0,60 (ca. 35%)
Fortsat dyrkning	0,12 (ca. 40%)	0,84 (ca. 50%)
Skovrejsning	6.600 ha per år	10.000 år per år

\*Det samlede opdyrkede areal er 2,6 mio. ha under frozen policy; heraf er foderarealet på ca. 2 mio. ha ift. KF22.

Udtagningen af dyrkede jorder inklusiv udtag af lavbundsgrunde udgør 0,1 mio. ha i EI-scenariet, 0,3 mio. ha i Adfærds-scenariet og 1,0 mio. ha i Nye markeder scenariet (se nedenstående Tabel 10).



Tabel 10. Samlet ændring i ikke-dyrket areal i de fire scenarier i 2050 ift. KF22-niveauet i 2030.

Ændring i dyrket areal 2050 (mio. ha)	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
Foderareal udtaget	-	-	0,30	1,70
Omlægning til skov	-	-	0,18	0,27
Omlægning til natur	-	-	-	0,60
Lavbundsjord udtaget	0,047**	0,11*	0,11*	0,11*
Samlet ikke-dyrket areal	0,0	0,1	0,3	1,0

\*Ca. 107.000 ha udtaget, svarende til 80 pct. af kulstofrig jord i 2030, jf. KF22.

\*\*Ca. 47.000 ha udtaget, svarende til 35 pct. af kulstofrig jord i 2030, jf. KF22.

Udtagningen af landbrugsjord betyder, at et mindre areal gødes. Eftersom gødning af marker er årsag til drivhusgasudledninger, giver udtagningen af jorder en reduktion i udledningerne. De samlede udledninger fra gødning af marker forventes at være 2,7 mio. ton CO<sub>2e</sub> i 2030 jf. KF22. Udtag af landbrugsjord giver en reduktion på 0,1 mio. ton CO<sub>2e</sub> i EI-scenariet, 0,3 mio. ton CO<sub>2e</sub> i Adfærds-scenariet og 1,0 mio. ton CO<sub>2e</sub> i Nye markeder scenariet. Udledningsreduktionen som følge af et mindre gødningsareal er ubetydelig i Bio & CCS-scenariet. Effekten i 2030 er mindre, idet det udtagne landbrugsareal er mindre og er ikke indregnet her.

Tabel 11. Ændring i drivhusgasudledninger i scenarierne som følge af fravær af gødning på landbrugsjord taget ud af drift; angivet som ændringer ift. KF22. Negative tal angiver reducerede udledninger ift. KF22-niveauet i 2030.

2050	Bio	EI	Adfærd	Nye markeder
Samlet ikke-dyrket areal (mio. ha)	0,047	0,11	0,29	0,97
Andel af samlet landbrugsareal	2%	4%	11%	37%
Frozen Policy (2,6 mio. ha)				
Ændring i udledninger fra gødning pga. mindre landbrugsareal (mio. ton CO <sub>2e</sub> )	-0,05	-0,11	-0,30	-1,02

Anmærkning: Udledninger fra gødning i KF22 i 2030 er 2,74 mio. ton CO<sub>2e</sub> (se Tabel 12).





Tabel 12. Kilder til drivhusgasudledning fra gødning på marker i KF22 i 2030.

<b>Udledninger fra gødning på marker (mio. ton CO<sub>2</sub>)</b>		
3Da1	Inorganic N fertilizers	0,82
3Da2	Organic N fertilizers*	0,44
3Da4	Crop residues	0,84
	Mineralization/immobilization associated with loss/gain of	
3Da5	soil organic matter	0,03
3Da6	Cultivation of organic soils (i.e. histosols)*	[0,0]
3Db1	Atmospheric deposition	0,15
3Db2	Nitrogen leaching and run-off	0,23
3F	Field burning of agricultural residues	0,00
3G	Liming	0,21
3I	Other carbon-containing fertilizers	0,00
	<b>SUM</b>	<b>2,74</b>

\*Samlet udledningspost er opgjort til 0,88 mio. ton CO<sub>2</sub>e, hvoraf ca. halvdelen anslås at stamme fra dyr og resten fra slam og spildevand mv. Den andel af udledningen som stammer fra dyr skaleres med antallet af husdyr i det pågældende scenarie.



## 4. Sammenfatning af udledninger

Udgangspunktet for scenarierne er udledningsestimater fra *frozen policy* fremskrivningen, KF22<sup>5</sup> (se Tabel 13). Den samlede opgørelse af udledninger for landbrug, jorder og skov i scenarierne er vist i Tabel 14 og Tabel 15. Det ses, hvordan scenarierne udspænder et bredt udfaldsrum for udledninger og optag for disse sektorer frem til 2030 og 2050. I Tabel 15 fremgår det således, at Bio & CCS-scenariet efterlader markante netto-udledninger i 2050, mens de er væsentligt mindre i EI- og Adfærds-scenariet. Nye markeder scenariet beskriver et fremtidsbillede for 2050, hvor landbrug, jorder og skov samlet set leverer et netto-optag af drivhusgasser.

Tabel 13. CO<sub>2</sub>e-udledninger i KF22 i 2030 fra landbrug, jorder og skov.

Landbrug, jorder og skov	KF22, 2030 (mio. ton CO <sub>2</sub> e)
Landbrug	10,2
Jorder	4,0
Skov	-0,3
Pyrolyse	0,0
Sum	14,0

Tabel 14. CO<sub>2</sub>e-udledninger og -optag i 2030 for de fire scenarier. Negative tal angiver optag.

Mio. ton CO <sub>2</sub> e	2030			
	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
Landbrug	9,0	7,7	7,5	6,5
Jorder	3,8	3,5	3,5	3,5
Skov	0,1	-0,3	-0,3	-0,3
Pyrolyse	-1,4	-2,2	-0,05	-0,5
Sum	11,5	8,8	10,7	9,2

Tabel 15. CO<sub>2</sub>e-udledninger og -optag i 2050 for de fire scenarier. Negative tal angiver optag.

Mio. ton CO <sub>2</sub> e	2050			
	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
Landbrug	7,6	6,3	5,5	2,1
Jorder	3,3	1,2	1,2	1,2
Skov	0,5	-0,8	-1,6	-3,4
Pyrolyse	-2,0	-1,5	-0,05	-0,3
Sum	9,4	5,2	5,1	-0,4

<sup>5</sup> For nærmere beskrivelse se Energistyrelsen (2022).



## 5. Kilder

Danmarks Statistik (2020). *AREALDK 2018*. <https://www.dst.dk/nytpdf/32409>

DCA (2020). *Estimering af national klimaeffekt for omlægning til økologisk jordbrug*. Levering på bestilling. Følgrebrev 4. sep. 2020 att. Landbrugsstyrelsen. [https://pure.au.dk/portal/da/publications/estimering-af-national-klimaeffekt-for-omlaegning-til-oekologisk-jordbrug\(90b7e26b-66de-4576-9d77-f980853a603a\).html](https://pure.au.dk/portal/da/publications/estimering-af-national-klimaeffekt-for-omlaegning-til-oekologisk-jordbrug(90b7e26b-66de-4576-9d77-f980853a603a).html)

DCA (2014). *Tekstur 2014*. Modelleret datasæt fra DCA.

Energistyrelsen (2022). *Klimastatus- og fremskrivning 2022*. [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf22\\_-\\_samlet\\_rapport.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf22_-_samlet_rapport.pdf)

Freltoft, AO'S.; Jensen, IG. (2021). *Den Danske Bioresource, Dokumentationsrapport*. Energy Modelling Lab.

Henriksen, UB & J. Ahrenfeldt (2019). *Reduktion af landbrugets klimaaftryk ved hjælp af pyrolyse*. Appendiks 1 – Klimapotentiale for biokul. DTU Kemiteknik. [https://www.kt.dtu.dk/-/media/Institutter/Kemiteknik/Forside/Samlet\\_notat.ashx?la=da&hash=B8F1072C56D0D9EBECE1F3C959356054A51D42B1](https://www.kt.dtu.dk/-/media/Institutter/Kemiteknik/Forside/Samlet_notat.ashx?la=da&hash=B8F1072C56D0D9EBECE1F3C959356054A51D42B1)

Holmstrup, G. et al. (2018). *Sådan Ligger Landet – tal om landbruget 2017*. Danmarks Naturfredningsforening og Dyrenes Beskyttelse. <https://www.dyrenesbeskyttelse.dk/sites/dyrenesbeskyttelse.dk/files/publikationer/S%C3%A5dan%20ligger%20landet%202017.pdf>

IGN (2019). Johannsen, V. K. et al. *Kulstofbinding ved skovrejsning*. [https://ign.ku.dk/ansatte/skov-natur-biomasse/?pure=da%2Fpublications%2Fkulstofbinding-ved-skovrejsning\(60b51204-0521-4de1-ae3c-8cd6bcd6836d\).html](https://ign.ku.dk/ansatte/skov-natur-biomasse/?pure=da%2Fpublications%2Fkulstofbinding-ved-skovrejsning(60b51204-0521-4de1-ae3c-8cd6bcd6836d).html)

Johannsen, VK., Nord-Larsen, T., & Bentsen, N. S., (2022). *Opdatering af skovfremskrivning: Forventet drivhusgasregnskab for de danske skove 2020-2050*. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet. IGN Rapport. <https://ign.ku.dk/publikationer/rapporter/>

LBST (2021). *Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2020*. [https://lbst.dk/fileadmin/user\\_upload/NaturErhverv/Filer/Tvaergaaende/Oekologi/Statistik/Statistik\\_over\\_oekologiske\\_jordbrugsbedrifter\\_2020.pdf](https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tvaergaaende/Oekologi/Statistik/Statistik_over_oekologiske_jordbrugsbedrifter_2020.pdf)

Olesen, J. E. et al (2021). *AgriFoodTure: Roadmap for sustainable transformation of the Danish agri-food system*. SEGES. [https://pure.au.dk/portal/files/219295609/Climate\\_roadmap\\_white\\_paper\\_06.07.2021\\_final\\_version.pdf](https://pure.au.dk/portal/files/219295609/Climate_roadmap_white_paper_06.07.2021_final_version.pdf)

Regeringen (2021). *Landbrugsaftalen. Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug*. <https://fm.dk/media/25215/aftale-om-groen-omstilling-af-dansk-landbrug.pdf>

SEGES (2019). *Erfaringer fra lavbundsordningen – udtagning af kulstofrige jorde som klimavirkemiddel.*

[https://www.altinget.dk/misc/Rapport%20samlet\\_Barrierer%20og%20muligheder%20for%20realisering%20af%20lavbundsprojekter.pdf](https://www.altinget.dk/misc/Rapport%20samlet_Barrierer%20og%20muligheder%20for%20realisering%20af%20lavbundsprojekter.pdf)