



Jordbrugets betydning for fremtidens arealanvendelse

Analyse
Udgivet: Maj 2024

Indhold

Indhold

Indhold	2
1. Introduktion.....	3
2. Jordbrugets rolle i samfundet	7
2.1 De danske produktionssystemer	8
2.2 Fødevareproduktionen i dag	17
2.3 Træproduktionen i dag.....	22
3. Jordbrugets betydning for de planetære grænser	26
4. Fremtiden for jordbruget	29
4.1 Fremtidens efterspørgsel efter produkter fra jordbruget.....	29
4.2 Fremtidens muligheder for biologisk produktion	32
5. Fremtidsbilledernes konstruktion	39
5.1 Fremtidsbilledernes grundpræmis	39
5.2 De centrale variabler	40
5.3 Rammerne for fremtidsbillederne	43
6. Fremtidsbillederne.....	46
6.1 Fremtidsbillede I: Optimering	46
6.2 Fremtidsbillede II: Transformation	49
6.3 Fremtidsbillederne side om side.....	51
7. Fremtidens arealanvendelse	55
7.1 Vi skal realisere en stor teknologisk udvikling.....	55
7.2 Plantebaserede fødevarer skal fylde mere	57
7.3 Skovens rolle som leverandør af biodiversitet og træ	58
7.4 Reel bæredygtighed kræver ændret adfærd	59
7.5 Næste skridt i arealdiskussionen	61
8. Kilder	62
9. Appendix: Modeller og væsentlige forudsætninger	69

1. Introduktion

Hvis vi skal finde mere plads til natur og andre formål, skal det ske i produktionslandskabet. I dag fylder landbrug og produktionsskove over 70 pct. af det danske areal. Det er muligt at udnytte vores areal til jordbrug langt bedre og derved frigive plads til de mange andre, nødvendige formål.

Jordbruget er essentielt for Danmark og det danske samfund. Danske landbrugsbedrifter producerer hvert år tilsammen kalorier nok til potentielt at brødføde ca. 14,5 mio. mennesker. Skovene binder CO₂ og leverer bæredygtige materialer til byggeri og industri, og jordbrugssektoren er af stor økonomisk betydning, særligt i landdistrikterne. Både skovbrug og landbrug er kendetegnet ved et højt vidensniveau og stor fødevarer sikkerhed i landbruget, og er blandt de mest produktive i verden. Der er ligeledes et godt og velfungerende samarbejde mellem forskning, jordbrugere og aftagererhvervene, der sikrer hurtig implementering af ny viden og praksis.

Danmarks areal er blandt det mest opdyrkede i verden. Over 70 pct. af landet bruges til at producere fødevarer, træ og andre typer af materialer. Vi anvender 4,5 mio. hektar (ha) til fødevarerproduktion. Det svarer til mere end Danmarks samlede arealer, da produktionen lægger beslag på 2 mio. ha i udlandet. Den intense produktion levner meget få arealer til naturlige dyre- og plantehabitater, og det medfører betydelige negative påvirkninger af både klima og vandmiljø. Udledninger fra dyrehold gødning af marker og dræning af organiske lavbundsjord er står i dag for ca. en tredjedel af de samlede udledninger, er den væsentligste årsag til iltsvind i de danske farvande, og placerer Danmark blandt de EU-lande med den ringeste naturtilstand.

Fremtidens bæredygtige arealanvendelse forudsætter, at jordbruget fylder mindre og udleder færre drivhusgasser og næringsstoffer til miljøet. Samtidig skal vi undgå, at udledninger og produktion flytter til udlandet eller fører til store menneskelige og økonomiske omkostninger i de berørte områder i samfundet. I dag producerer vi i gennemsnit 3,4 mio. kcal/ha, og det tal skal stige, hvis vi både skal understøtte den globale fødevarer sikkerhed og opnå en bæredygtig arealanvendelse.

CONCITO har konstrueret to forskellige billeder på, hvordan jordbruget kan se ud i en bæredygtig fremtid i omkring år 2050. Der er ikke tale om prognoser eller forventede udviklinger, men i stedet billeder på hvordan sektoren kunne se ud under forskellige markedsbaserede rammer, teknologiske udviklingsforløb og ændringer i forbruger- og producentadfærd. Formålet er at belyse de miljø- og arealmæssige konsekvenser ved de to forskellige billeder, og give et indtryk af hvilke valg og dilemmaer vi står over for i indsatsen for at realisere en bæredygtig arealanvendelse.

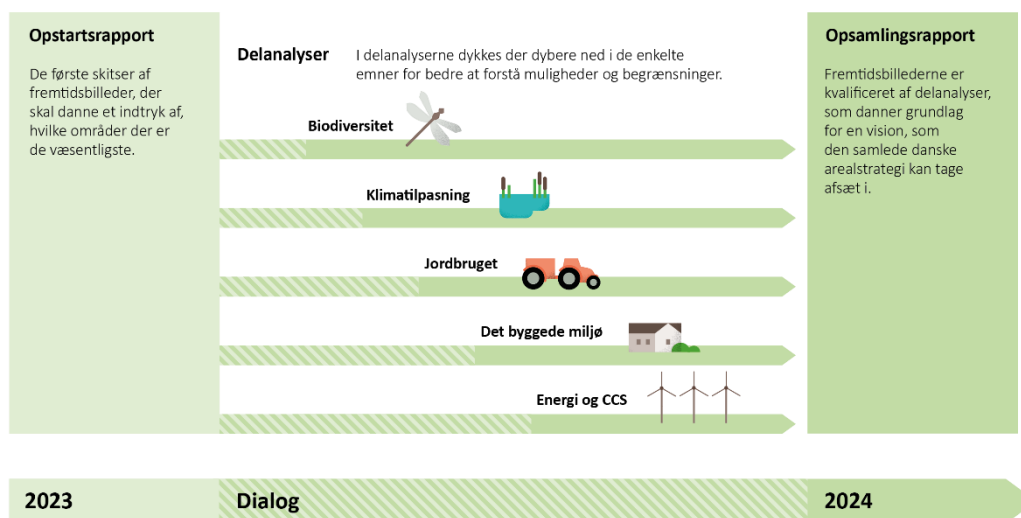
Analysens hovedbudskaber er:

1. **Danmark vil i fremtiden kunne brødføde den samme andel af den globale befolkning som i dag på et mindre produktionsareal.** Det kræver, at vi øger arealeffektiviteten gennem innovation og udvikling af produktionen, og at vi introducerer nye arealeffektive afgrøder og nye fødevarer.
2. **Jo større satsning på plantebaseret fødevarerproduktion, desto mere areal kan frigives.** Denne produktionsform er den mest arealeffektive, og med en rent

plantebaseret produktion i Danmark ville 30 pct. af landarealet kunne reserveres til biodiversitet, samtidig med at vi producerer langt mere mad end i dag.

3. **Der er brug for en samlet, strategisk tilgang til at øge den plantebaserede fødevarerproduktion.** Der er brug for at understøtte den teknologiske udvikling og etablering af nye værdikæder, samt sikre gunstige rammevilkår og en indsats for at skabe større forbrugeraccept af og efterspørgsel efter plantebaserede fødevarer. En samlet, strategisk tilgang vil kunne skabe et sammenhængende træk i retning af flere plantebaserede fødevarer.
4. **Der er behov for en afvejning mellem træproduktion og biodiversitetsbeskyttelse i de danske produktionssskove.** Eksisterende skove har store potentialer for hurtigt at levere gode forhold for biodiversiteten, men dette ville gå ud over træproduktionen. Da en betydelig del af disse skove er privatejede, er der brug for, at samfundets afvejning kommer til udtryk i en form for markedsgjort værdi af biodiversitetsbeskyttelse.

Analysen udgør den tredje af fem delanalyser i projektet Fremtidens Arealanvendelse. Delanalyserne har til formål at belyse forskellige områder af arealanvendelsen. Fokus i denne analyse er udelukkende jordbruget og dets betydning for fremtidens arealanvendelse, og er derfor et lille udsnit af det samlede arealpuslespil. Ved projektets afslutning i 2024 vil en tværgående analyse samle op på alle delanalyserne, herunder denne, og tegne billeder af Danmarks samlede arealanvendelse, jf. Figur 1.



Figur 1: Proces for projektet Fremtidens arealanvendelse

Fremtidsbilleder med stigende fødevarerproduktion

Analysen beskriver to visionære fremtidsbilleder af et Danmark. De to fremtidsbilleder er konsekvensvurderinger af, hvad det vil betyde for arealanvendelsen, alt efter hvilken retning vi udvikler vores fødevarer- og materialeproduktion i.

Det overordnede kriterium for begge fremtidsbilleder er, at Danmark også i fremtiden brødføder den samme andel af den globale befolkning. Da den globale befolkning er i

vækst, betyder det en stigning i dansk fødevarerproduktion (målt i kalorier) på ca. 50 pct. Analysen er lavet på baggrund af modelresultater fra modellen DK-BioRes, der simulerer konsekvenserne ved forskellige arealanvendelser i Danmark, samt en model for en højteknologisk udnyttelse af restbiomassen.

Fremtidsbillederne er konstrueret ved at justere på to faktorer, der er afgørende for den samlede arealeffektivitet, nemlig vægtningen mellem plante- og animalsk produktion og vægtningen mellem produktion og biodiversitet i eksisterende danske produktionsskove. De to fremtidsbilleder er:

1. Optimering
2. Transformation

Optimering handler om at udvikle og forbedre et fødevarerystem med en betydelig animalsk produktion, ganske som vi har i dag. Samtidig er fokus på at fastholde en høj træproduktion i de danske produktionsskove. I *Transformation* har plantebaseret fødevarerproduktion i vid udstrækning udkonkurreret animalsk produktion, og er den dominerende produktionsform i Danmark. Af hensyn til biodiversiteten produceres der ikke længere træ i hovedparten af de gamle skove, og træproduktion er henlagt til nyplantede produktionsskove.

De to fremtidsbilleder viser, at produktionsarealerne kan reduceres, samtidig med at der produceres 50 pct. flere kalorier. Den samlede arealeffektivitet af den danske fødevarerproduktion fordobles fra 3,4 til ca. 8 mio. kcal/ha i *Optimerings-*fremtidsbilledet, og landbrugsarealet falder derfor med ca. 520.000 ha. Dermed bliver det muligt at øge biodiversitetsarealet fra ca. 13 pct. til omkring 20 pct., samtidig med at produktionsskove vokser fra 12 til 17 pct. af det danske areal. Arealforbruget til foderproduktion i udlandet halveres. Udledningerne fra landbrugsproduktionen falder fra ca. 16 mio. ton CO₂e/år til ca. 4½ mio. ton, og med et optag, der stiger fra 2,7 mio. ton i dag til mellem 5 og 5½ mio. i skove og naturområder, vil den samlede effekt være et optag på omkring 1 mio. ton fra arealerne.

I *Transformations-*fremtidsbilledet næsten firedobles arealeffektiviteten til 13,2 mio. kcal/ha. Naturarealerne kan vokse til 30 pct. af det danske areal, og produktionsskove vokser til 15 pct. af arealet. Der er ikke længere behov for foderimport. Udledningerne falder til ca. 3½ mio. ton CO₂e/år, og skove og naturområder vil kunne optage 6½ - 7 mio. ton om året, hvilket betyder et samlet optag fra arealanvendelsen på ca. 3½ mio. ton/år.

Uanset hvilket fremtidsbillede der undersøges, er det en grundlæggende forudsætning, at der satses massivt på teknologisk udvikling af fødevarerproduktionen, nye biosolutions, og at de økonomiske og juridiske rammer er på plads, så udviklingen understøttes. Og uanset fremtidsbillede vil plantebaserede fødevarer skulle fylde mere.

Skovene står centralt i indsatsen for at sikre en robust biodiversitet i Danmark, og der er behov for at lave en afvejning af skovens rolle som producent af biodiversitet eller træ.

Grundpræmissen er bæredygtighed, og der er ingen tvivl om, at teknologiske landvindinger er nødvendige. Men et andet centralt nøgleelement er

adfærdsændringer, og det er bydende nødvendigt, at vi ændrer vores kostmønstre i retning af en langt mere bæredygtig kost, samt nedbringer vores materialeforbrug.

Analysens opbygning

Analysen starter med at beskrive jordbrugets rolle i samfundet, (kapitel 2), hvorefter der redegøres for relationen til planteære grænser (kapitel 3).

Kapitel 4 beskriver den potentielle fremtidige udvikling af jordbruget, hvis der ikke træffes transformativ beslutninger, og hvilke muligheder der åbner sig i disse år. Kapitel 5 beskriver grundpræmisserne og de bagvedliggende overvejelser i opbygningen af fremtidsbillederne, og kapitel 6 ser ind i fremtiden i to mulige fremtidsbilleder.

Det sidste kapitel i analysen fremhæver en række tværgående konklusioner og overvejelser, der spiller en stor rolle i forhold til fremtidens arealanvendelse.

Den ene af de anvendte modeller (DK-BioRes) er beskrevet i detaljer et i et separat baggrundsnotat, der findes på projektets hjemmeside, og er sammen med Kaskademodellen beskrevet kort i appendiks.

Fremtidens arealanvendelse

Denne analyse er den tredje i en serie af analyser om Danmarks arealanvendelse, som udgives af CONCITO i regi af projektet Fremtidens Arealanvendelse.

Projektet Fremtidens Arealanvendelse har som mål at skabe og diskutere visioner for arealanvendelsen i et klimaneutralt og klimarobust Danmark. Projektet skal på baggrund af disse visioner give en forståelse af de mange og komplekse valg og dilemmaer, der ligger mellem forskellige typer af arealanvendelse. Samtidig vil projektet identificere de omstillingselementer, der skal til for at indfri målet om et klimaneutralt og klimarobust Danmark, når det gælder areal. Projektet gennemføres over en toårig periode frem til slutningen af 2024. I løbet af projektperioden inviterer CONCITO aktører til dialog om valg, dilemmaer og mulige fremtidige udviklingsveje. Projektets referencegruppe består af Dansk Industri, Dansk Erhverv, Landbrug & Fødevarer, Dansk Skovforening, Green Power Denmark, Danmarks Naturfredningsforening, Kommunernes Landsforening og Danske Regioner.

Vi vil gerne rette en særlig tak til følgende eksperter, som har bidraget gennem interviews og faglig sparring:

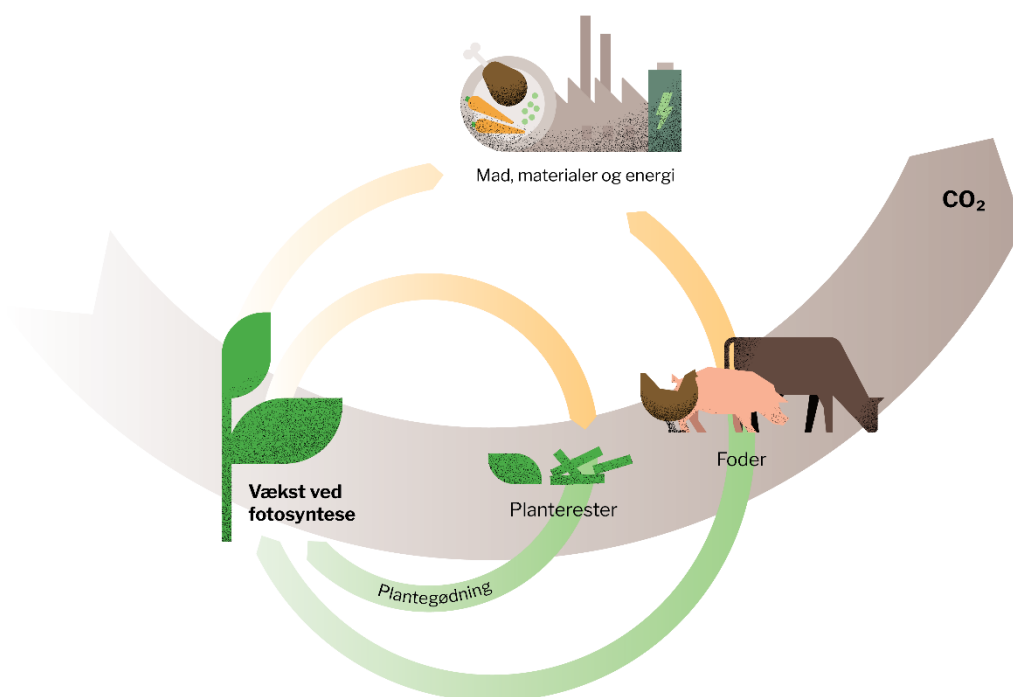
Jørgen E Olesen (AU), Anders Frandsen (Dansk skovforening), Henning Otte Hansen (KU), Uffe Jørgensen (AU), Emil D Nielsen (AU), Peter Bernt Jensen (DI), Vivian Kvist Johansen (KU), Thomas Nord-Larsen (KU), Niclas Scott Bentsen (KU), Søren Bisp (SEGES), Irene Asta Wiborg (SEGES), Martin Rudbeck (KU), Mikael Strandbygaard (L&F), Regitze Chalmer Blomgren (L&F), Morten Ambye-Jensen (AU), Christian Bugge Henriksen (KU), Claus Felby (Novo Nordisk Fonden), Espen Tind (Miljøministeriet), Lasse Juul-Olsen (Miljøministeriet), Søren Laurentius Nielsen (Tænketanken Hav).

Vi vil også rette en tak til Energy Modelling Lab for deres bidrag med modelkørsler i modellen DK-BioRes. Illustrationer er lavet af Fie Sahl Kreutzfeldt og CONCITO.

2. Jordbrugets rolle i samfundet

Jordbruget er essentielt for Danmark og det danske samfund. De levende planter omkring os har gennem hele vores historie leveret fødevarer til os og foder til vores dyr, som vi har udnyttet til både mad og andre vigtige materialer. Planteriget har givet os byggematerialer til vores huse, skibe og andet udstyr og ikke mindst den livsnødvendige energi vi har skulle bruge til at holde os varme og tilberede vores mad.

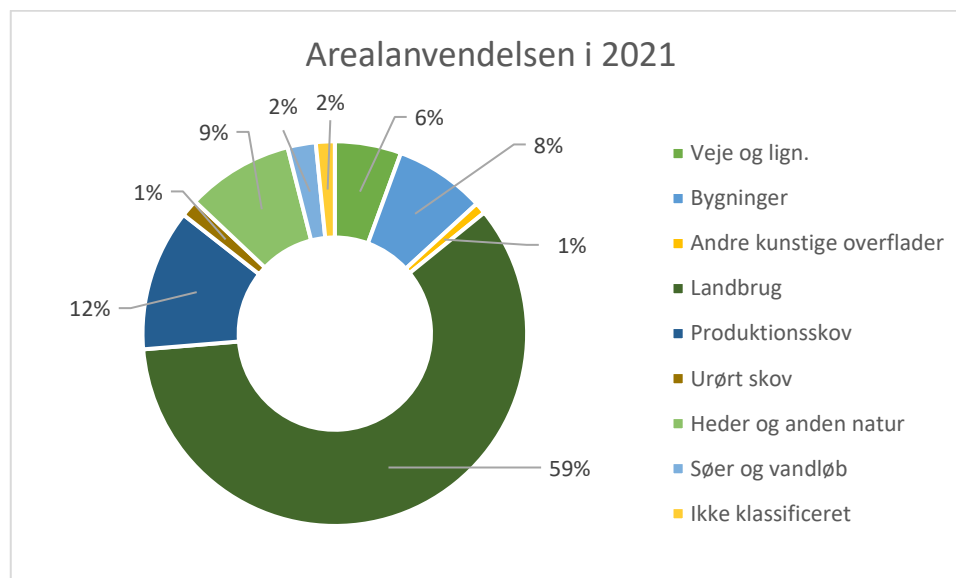
Sådan er det også i dag. Trods mursten, beton, stål, plastik og nye måder at producere energi på, er landbruget og skovbruget fortsat en central og uomgængelig del af fundamentet i vores samfund, og vi er stadig dybt afhængige af de mange produkter planterne kan lave. Bioøkonomien, som er baseret på biologisk produktion, forventes at spille en endnu større rolle i fremtiden, både herhjemme (Det Nationale Bioøkonomipanel, 2022) og i EU (European Commission, 2018). Bioøkonomien baserer sig på biologiske ressourcer, hvor de naturlige cyklusser af energi og recirkulering af næringsstoffer gør produktionen fornybar, i modsætning til udnyttelse af begrænsede råstofressourcer som grus, kul, jern eller lithium. Produktionen af fødevarer og materialer kan, hvis den forvaltes korrekt, i princippet fortsætte i det uendelige, hvis man nøjsomt sørger for at tilbageføre restprodukter til den jord, hvor næste høst skal dyrkes, som illustreret i Figur 2. En både ressourceeffektiv og skånsom udnyttelse af jorden er således et kerneelement i en bæredygtig fremtid.



Figur 2: Jordbrug og biologiske processer udmærker sig ved at kunne cirkulere ressourcer og næringsstoffer.

Jordbruget fylder i det danske landskab. Som vist i Figur 3 er omkring 70 pct. af det danske areal benyttet til jordbrug. Heraf udgør landbruget 59 pct., mens skovproduktion udgør 11 pct. Jordbruget er altså suverænt den aktivitet, der optager

den største andel af det danske landskab, og det er derfor en afgørende brik i diskussionen om fremtidens arealanvendelse. Det er i dette produktionslandskab, at vi skal finde plads til de mange andre prioriteter, som et bæredygtigt samfund har.



Figur 3. Anvendelsen af Danmarks arealer. Tal for 2021. Kilde: (Statistikbanken, 2023a)(Biodiversitetsrådet, 2023) Bemærk at Skovstatistikken har et større samlet skovareal, hvilket blandt andet skyldes at juletræer, heder og §3-områder medregnes.

Et grundlæggende spørgsmål er derfor, hvordan vi kan nedbringe de danske produktionsarealer på en måde, der ikke undergraver den danske fødevarer sikkerhed, materialeefterspørgsel og økonomi. Det handler både om arealeffektiviteten af den eksisterende danske biologiske produktion, men også om introduktionen af nye produktionsformer (*biosolutions*) baseret på højteknologiske processer og med et langt lavere areal- og ressourceaftryk, end vi er vant til.

I denne analyse er det primære fokus på mængden af kalorier, der kan produceres pr. ha, samt mængden af ikke-spiselige rester i form af tørstof, der kan indgå i deres egne værdiskabende processer. For produktion fra de danske skove er det relevant at skelne mellem typer af træ der produceres, idet der er stor forskel i både anvendelsesmuligheder, produktionsprocesser og værdi, alt efter om man ser på flis eller træ til møbler, konstruktion eller lignende.

Andre elementer er også væsentlige i indsatsen for at frigøre produktionsarealer til andre formål. Et *reduceret* forbrugsniveau generelt vil være afgørende i indsatsen for at nå et bæredygtigt samfund, ligesom et *ændret* forbrugsmønster vil have stor betydning for, hvor store arealer vi har brug for til produktion.

I resten af dette kapitel gennemgås først de 6 overordnede produktionssystemer, der kendetegner den danske, biologiske produktion, og dernæst gennemgås fødevarerproduktionen og træproduktionen for deres arealaftryk og produkter.

2.1 De danske produktionssystemer

Jordbrug er ikke bare jordbrug. Landbrug og skovproduktion er relativt specialiserede produktionssystemer, der i vid udstrækning kan defineres ved en bestemt

produktionsform og praksis. En indsats for at gennemføre ændringer i jordbruget, med henblik på at få frigjort arealer til andre formål, bør ske med en forståelse af de forskellige produktionsformers karakteristiske og afledte effekter.

Produktionssystemerne kan ses som en form for pakked løsninger. Hvert system har sine karakteristika og potentielle direkte og indirekte input og output. Hvert system har også sine begrænsninger og muligheder i forhold til at bidrage til den samlede omstilling til en fremtidig bæredygtig arealanvendelse, og hvert system reagerer forskelligt på ændringer i de politiske, økonomiske og teknologiske rammer. Intentionen her er at vise, at der er en række komplekse sammenhænge indbygget i de forskellige systemer, der skal tages i betragtning. Ændrer man fx i antallet af malkekvæg, ændrer man ikke blot mælkeproduktionen, men også mængden af kød fra både malkekøer og kalve og gyllemængder.

Danmarks Statistik arbejder med 14 forskellige kategorier, hvoraf halvdelen er knyttet til planteproduktion og halvdelen til den animalske. Kun ca. 10 pct. af landets bedrifter falder i kategorien øvrig (Statistikbanken, 2024).

I denne analyse har vi snævret dette ind og illustrerer 6 overordnede produktionssystemer, som kan siges at fungere efter principper og sammenhænge, som er unikke for det enkelte system, og som hver kræver specifikke investeringsbeslutninger og driftsbeslutninger. Produktionssystemerne er bygget op omkring et centralt element – fx malkekoen. Vælger man at være mælkeproducent, følger en lang række afledte effekter i form af både arealbehov, teknologibehov, investeringer og produkter. Vælger man at være planteavler, vil en lang række andre elementer i ens produktion følge af den beslutning. Det er gavnligt for diskussionen af udvikling af den biologiske produktion at forstå, at der er koblede sammenhænge mellem både input og output.

De seks produktionssystemer er:

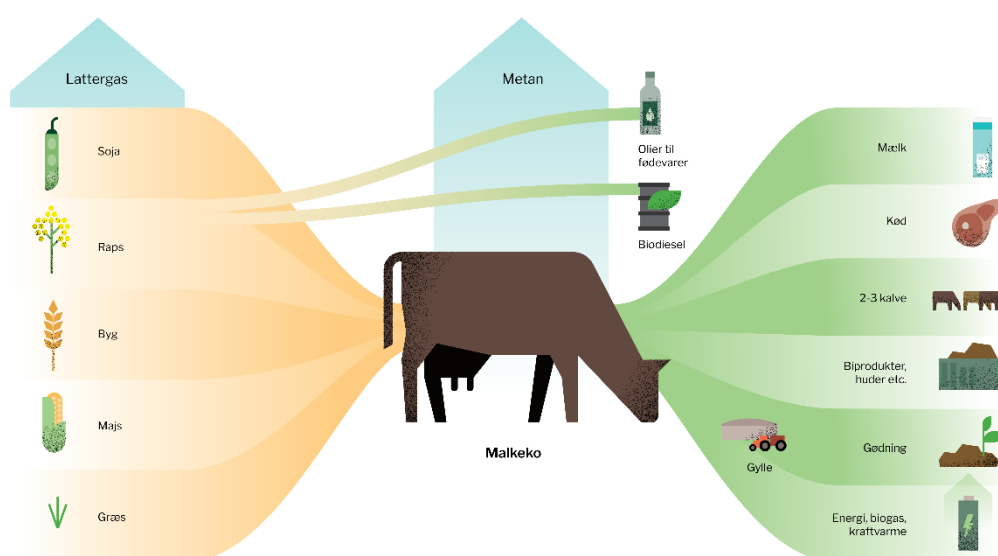
1. Malkekvægproduktion
2. Kødkvægproduktion
3. Griseproduktion
4. Fjerkræproduktion
5. Planteproduktion
6. Træproduktion

Illustrationerne af produktionssystemet er generelle, og der er stor variation inden for hvert system. For planteproduktionen er variationerne særligt store, da dette kan dække over både kornproduktion til foder, grøntsager, frøproduktion til frugtavl og væksthuse. Derfor er det vigtigt at tolke illustrationerne som overbliksskabende principfigurer.

Der kan sagtens forekomme flere produktionssystemer på samme bedrift, og der vil være produktionssystemer, der ikke er repræsenteret her, fx fårehold eller kalkunfarme. Antallet af bedrifter og andelen af den samlede produktion er relativt lille, og de er derfor for overblikkets skyld udeladt.

Malkekvægproduktion

En typisk malkeko lever i ca. 5 år, og i den periode producerer den typisk omkring 30.000 kg mælk, 2-3 kalve til slagtning og mindst 100 ton gylle (SamsonAgro, 2024), inden den selv slagtes for kød, huder og andre biprodukter. Biprodukterne kan blive brugt i industriprocesser, til foder, gødning eller energi. Koens gylle anvendes som gødning på markerne eller som input til biogasproduktion. Den fodres med proteinrige foderkager lavet af soja og raps, korn og majs, og græs – enten høstet eller afgræsset. Ved foderkageproduktionen omdannes omkring en tredjedel af rapsen og en femtedel af sojaen til olie, der enten bruges i fødevarer eller til at producere biodiesel. Korn- og majsproduktionen giver både kerner til foder, men også halm, der både tjener som foder og strøelse. Undervejs i processen udledes der metan og lattergas ved dyrkning af foderet, fra koens fordøjelse og fra selve gyllen og håndteringen af samme.

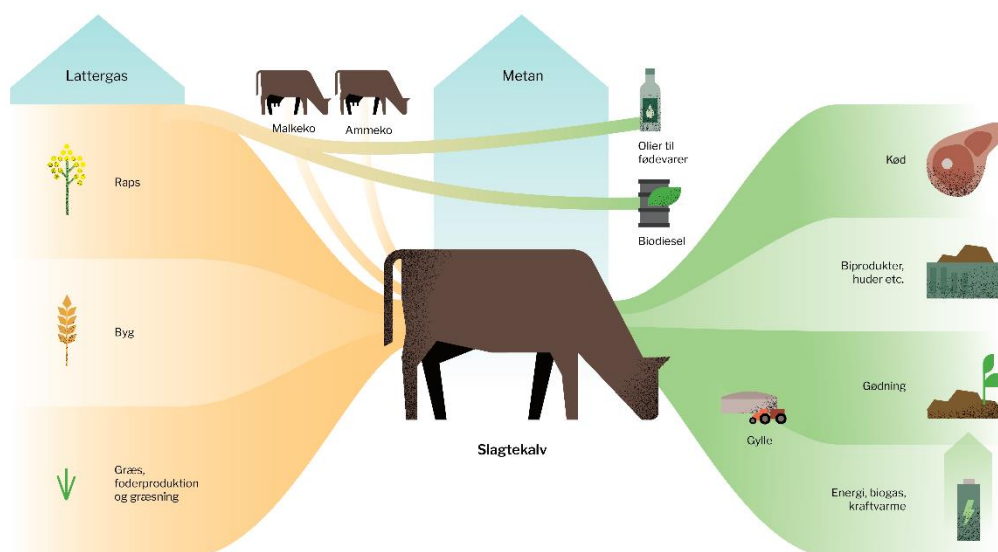


Figur 4: Værdikæderne omkring mælkeproduktionen

Der er ca. 550.000 malkekøer i Danmark, der producerer ca. 5.700 mio. kg mælk. Hvert år slagtes ca. 160.000 malkekøer, der leverer ca. 52.000 ton slagterkroppe (Landbrug & Fødevarer, 2023c, Mejeriforeningen, 2023).

Kødkvægproduktion

Kødkvæg stammer enten fra mælkeproduktionen, nemlig de kalve der skal sikre, at malkekøerne producerer mælk, eller fra ammekvæg, altså kvæg der holdes med det ene formål at føde kalve til slagtning. Kødkvæg er typisk andre racer end malkekvæg. Kalve slagtes inden de er 12 måneder, mens ungvæg bliver op til 24 måneder, inden de slagtes. Kødkvæg kan opdrættes intensivt, hvor kalvene går i stalde og typisk slagtes inden for det første år, eller ekstensivt, hvor de græsser i en længere periode, hvorefter de typisk slagtes efter ca. 2 år (Mogensen et al., 2015).



Figur 5: Produktion af kødkvæg

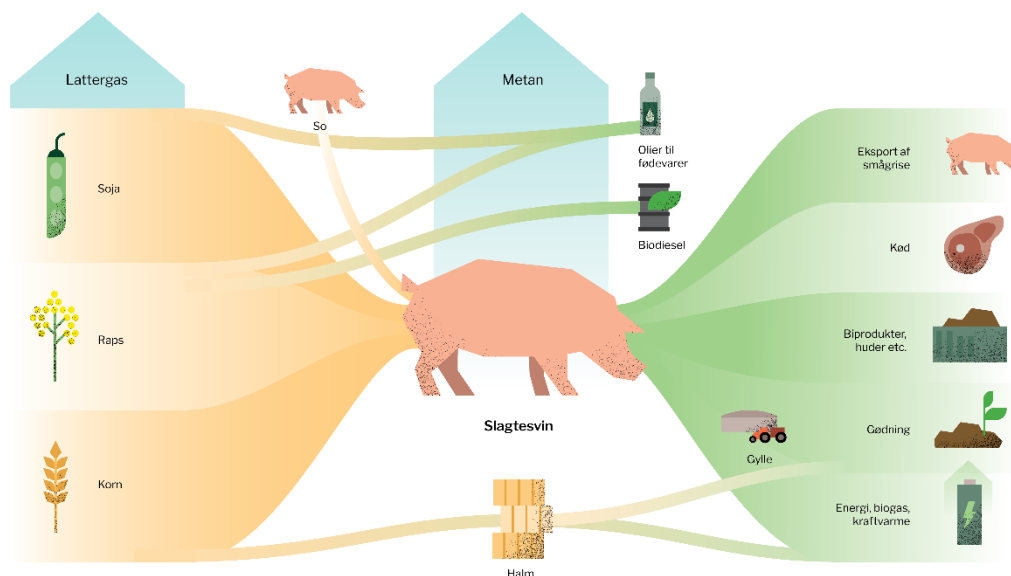
Slagtekalve fødes enten af en ammeko eller en malkeko og fedes op i 8-24 mdr., hvorefter den slagtes til kød og øvrige biologiske produkter som huder og andre biprodukter. Biprodukterne kan blive brugt i industriprocesser, til foder, gødning eller energi. Udover mælk, fostres kalvene op på rapskager, korn og kløvergræsensilage. For de ekstensivt producerede dyr gælder, at de går på græs i perioder. Undervejs producerer de gylle, som bruges til gødning eller som input til biogasproduktion. Ved foderkageproduktionen omdannes omkring en tredjedel af rapsen til olie, der bruges til fødevarer eller biodiesel. Kornproduktion giver anledning til en halmproduktion, der udnyttes til energiformål i kraftvarmeanlæg, biogasanlæg eller pløjes ned i marken for at tilføre organisk materiale og recirkulere næringsstoffer. Undervejs i processen udledes der metan og lattergas ved dyrkning af foderet, fra koens fordøjelse og fra gyllen og håndteringen af gyllen. Er der tale om kvæg fra ammekvæg, medregnes udledningerne fra ammedyrenes foderforbrug etc., da deres eneste formål, modsat malkekvæget, er at opretholde en produktion af kalve til slagtning.

Der er 74.000 ammekøer i Danmark, og der blev i 2022 slagtet ca. 270.000 tyre- og kviekalve, ungtyre og kvier (hunkøer, der ikke har fået unger) om året, i alt ca. 65.000 tons slagtekroppe (Landbrug & Fødevarer, 2024; Landbrug & Fødevarer, 2023c).

Griseproduktion

Grise avles til kødproduktion og Danmark har en betydelig produktion og eksport af grisekød.

En avlssø (hungrisen, der føder pattegrisene) føder 2-2½ kuld om året, ca. 10-12 unger ad gangen, der opdrættes indtil de er 5-6 måneder gamle og vejer omkring 100 kg, hvorefter de slagtes. Omkring halvdelen af de danske smågrise eksporteres til udlandet, hvor de opdrættes til slagtemodenhed. Avlssøerne bliver typisk omkring 2-3 år, før de slagtes (Lex.dk, n.d.)



Figur 6: Produktion af grisekød

Grisen er et en-mavet dyr (som mennesker) og kan derfor ikke fordøje græs. Foderet består derfor af korn (byg og hvede) samt proteinrige sojaskrå og rapskager. De vil også kunne spise andre typer af foder, som rug, havre, fiskemel, kartoffelprotein og lignende. Hovedproduktet er kød, og der kommer også andre biprodukter. Biprodukterne kan blive brugt i industriprocesser, til foder, gødning eller energi. Dertil laver grisene også en anseelig mængde gylle, der bruges til biogas og markgødning. Udledningerne forbundet med griseproduktion i Danmark stammer fra dyrkningen af foderet og håndteringen af gylle.

Der er i Danmark gennemsnitligt omkring 1 mio. avlssøer, avlsorner og lignende, og der blev i 2022 produceret 31,8 mio. slagtesvin, hvor knap 18 mio. blev slagtet i Danmark, mens knap 14 mio. blev eksporteret. Dette gav en samlet kødproduktion på ca. 1,9 mio. ton kød og øvrige spiselige biprodukter (Landbrug & Fødevarer, 2024a, Landbrug & Fødevarer, 2023c, Lex.dk, n.d.)

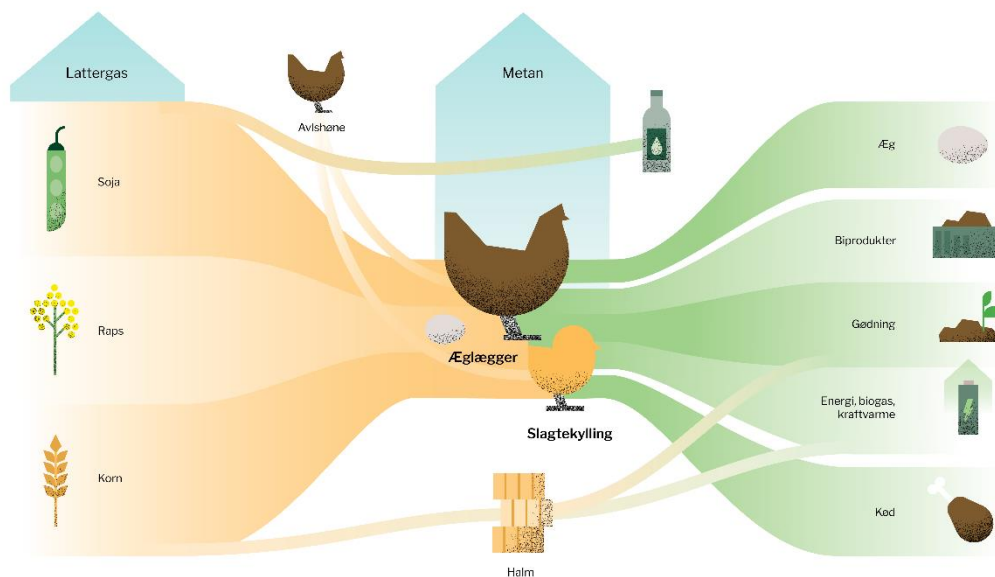
Fjerkræproduktion

Fjerkræproduktionen dækker i denne sammenhæng både over produktion af slagtekyllinger og æg, selvom der er tale om forskellige og meget specialiserede produktionslinjer. Der produceres også ænder, gæs og kalkuner, men i relativt begrænset omfang.

Produktionen af slagtekyllinger tager udgangspunkt i højtspecialiserede avlsselskaber, hvor udvalgte høns lægger ca. 150-160 æg i løbet af deres liv. Æggene udruges til kyllinger, der herefter transporteres ud til kyllingeproducenter, der står for produktionen frem til slagtning. En konventionel kylling slagtes typisk efter omkring 35-40 dage, økologiske efter ca. 63 dage og frilandskyllinger ca. 80 dage.

Æglæggende høns stammer ligeledes fra specialiserede avlere, hvor æggene lægges og klækkes. Herefter transporteres de til en æggeproducent, hvor kyllingerne efter

omkring 4 måneder bliver til høns og begynder at lægge æg. De lægger ca. 6 æg om ugen i lidt over et år. Foderet består primært af hvede og soja. Udledningerne forbundet med fjerkræproduktion er primært forbundet med dyrkningen af foderet og fra hønsenes afføring. Efter aflivning bliver hønsene lavet til blandt andet dyrefoder.



Figur 7: Fjerkræproduktion - både æg og kød

Der er i Danmark 4,5 mio. æglæggende høns, der i 2023 producerede 71.5 mio. kg æg, eller ca. 1,2 mia. æg. Der slagtes omkring 1 million slagtekyllinger årligt (Landbrug & Fødevarer, 2023a, Landbrug & Fødevarer, 2024b).

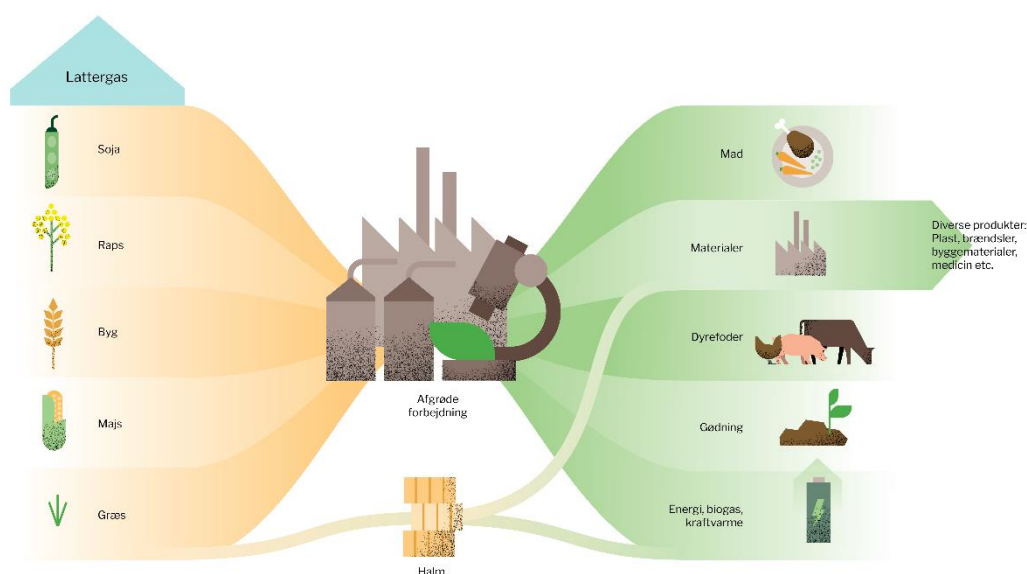
Planteproduktion

Planteproduktion spænder i denne sammenhæng over både etårige og flerårige afgrøder, der ikke omfatter træer og træproduktion. Hovedparten af den danske planteproduktion er etårige afgrøder. Der er stor forskel i måden, de enkelte planteafgrøder dyrkes på, hvor fx grøntsager og frugt typisk er langt mere arbejdsintensive end fx korn eller majs. Hovedparten i Danmark dyrkes på friland, men der dyrkes også særligt grøntsager som agurker og tomater i væksthuse. De flerårige afgrøder vil typisk være frugt og bær. Der vil være stor forskel på en bedrift, der dyrker æbler, og en der dyrker korn, og planteafgrøder kan kræve en stor grad af specialisering.

Planters primære output er oftest noget, der kan spises af enten mennesker eller dyr. Dette kan være mere eller mindre direkte (fx grøntsager til mennesker eller korn til grise) eller gå via en form for bearbejdning. I øjeblikket arbejdes der med at bioraffinere græs til fx grisefoder, men i fremtiden vil det sandsynligvis også kunne konverteres til input til menneskeføde. Bearbejdningen kan også føre til et produkt, der kan eller i fremtiden vil kunne bruges i forskellige materialefremstillingsprocesser, mens

rester vil kunne energiudnyttes. Visse afgrøder, som raps, dyrkes med det primære formål at lave flydende biobrændsel.

Ud over hvad der kunne kaldes hovedformålet med planteavl (foder, føde eller energi) vil der også være ikke-spiselige rester sfa. produktionen. Hvede dyrkes primært for sit korn, men halmen finder pt. udnyttelse i den danske energisektor eller til fodring af kvæg. I fremtiden vil disse ikke-spiselige rester formentligt kunne finde udnyttelse i materialefremstillingsprocesserne.



Figur 8: Planteproduktion

Planteproduktionens drivhusgasudledninger stammer fra processer, der opstår når man gøder planterne, både med kunstgødning og gylle. Udledningerne afhænger af gødningsniveauet, der typisk afhænger af plantetypen.

Efter høst af planteafgrøder sker der en eller anden form for bearbejdning – det kan være ganske begrænset, som sortering og rensning af grøntsager til mad eller korn og majs til dyrefoder. Andre bearbejdningsformer er mere avancerede, fx fremstillingen af biodiesel, produktion af biogas og sidenhen gødning, eller forskellige materialer, som isolering.

Bearbejdningsprocessen og materialefremstillingsprocessen er i dag under voldsom udvikling. Som en del af udviklingen af de såkaldte *biosolutions*, der dækker over en bred vifte af bioteknologiske løsninger, omdannes plantemateriale til nye materialer, der vil kunne erstatte andre, mindre bæredygtige alternativer. Udviklingen vil have betydning for både afgrødevalget og anvendelsesmulighederne for biologisk materiale. Biosolutions forventes at kunne bidrage til at løse en lang række af vores bæredygtighedsudfordringer.

Træproduktion

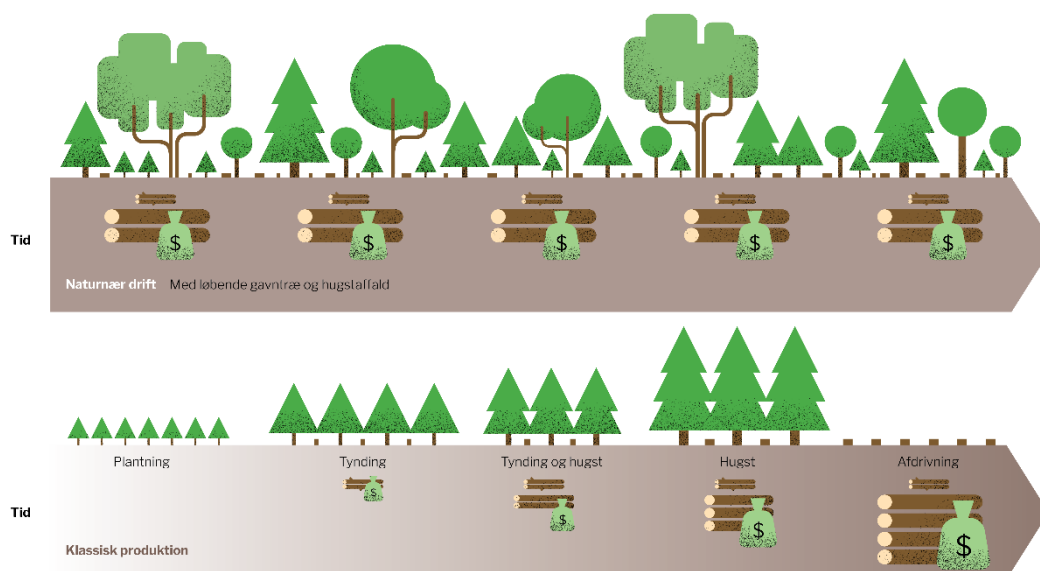
Træproduktion er kendetegnet ved meget lange tidshorisonter på den produktion, der finder sted på arealerne. Visse træarter er hurtigere end andre, men typisk vil der gå

mindst 50-60 år, før der selv ved de hurtigst voksende skovtyper kan høstes tømmer. Nåletræer har en omdriftsalder (fra plantning til høst) på 50-80 år, mens løvtræer typisk har en længere omdriftsalder, på 70-150 år, alt efter træart.

Stort set al skov i Danmark er plantet, idet vi i starten af 1800-tallet kun havde skovdække på 2-3 pct. af det danske areal. Herefter fulgte en målrettet skovrejsning, der er fortsat op til i dag. De skove vi har i dag, er derfor hovedsageligt 1., 2. eller 3. generation af plantet skov.

Hovedformålet med skovrejsningen har historisk i vid udstrækning været at producere forskellige former for træprodukter, men der har også været andre hensyn, som fx for at bekæmpe sandflugt eller frugtbar gøre de danske heder. I disse produktions-skove har man historisk typisk plantet en enkelt træart på et enkelt areal. I takt med at træerne vokser til, tynder man med jævne mellemrum ud i bevoksningen for at give plads og optimale vækstforhold for de tilbageværende træer. I starten vil tyndingstræet være så småt, at det kun kan bruges til flis, der oftest ender i et energianlæg. Men i takt med at bevoksningen bliver ældre, vil selv tyndingstræ kunne tages ud som gavntræ, der kan bruges til forskellige formål, som ikke er energi. På et tidspunkt vil bevoksningen være hugstmoden, hvor træerne har en størrelse, hvor de kan sælges som gavntræ til den bedste pris. Her vil hele eller hovedparten af bevoksningen fældes (renafdrift), hvorefter der plantes nye træer, enten ved naturligt foryngelse eller plantning.

Produktionen på et skovareal varierer hen over produktionsperioden, og samme areal producerer både energitræ og gavntræ, men i et forskelligt forhold i løbet af bevoksningens levealder. (Kvist et al., 2023).



Figur 9: Klassisk skovproduktion og bæredygtig skovdrift

Der bindes CO₂ i biomassen over og under jorden i løbet af træernes liv, mens der stort set ingen udledninger er forbundet med produktionen. Når træ høstes og brændes af, frigives en del af den bundne CO₂ til atmosfæren, når det brændes eller rådner, men gavntræ indlejres i andre ting – alt fra kasser, paller til møbler og huse – og CO₂'en i dette træ frigives derfor ikke til atmosfæren, før eller hvis disse produkter brændes af.

Inden for de seneste 30 år er der kommet mere fokus på en driftsform, der styrker skovens sundhed og robusthed, og i højere grad udnytter skovens naturlige processer og strukturer. Dette kaldes naturnær skovdrift, og under dette system blandes arter, og træhøst sker som plukhugst (hvor enkelte træer eller grupper af træer fældes) frem for renafdrift på større arealer. Resultatet af naturnær skovdrift er skove med et kontinuert skovdække og stor variation i arts- og alderssammensætning samt højere biodiversitet. Principperne bag den naturnære skovdrift er bærende for driften af de danske statsejede skove. Derudover er bæredygtigheden i skovdriften blevet styrket gennem certificeringsordninger som FSC (Forest Stewardship Council) og PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) certificering, hvor der stilles forskellige krav til bæredygtighed i produktionen, inden for bl.a. biodiversitet, lokaløkonomi, lovgivning og lokales rettigheder (PEFC Danmark, 2021, Forest Stewardship Council, 2024)

Ud over disse to overordnede produktionsformer er der også urørte skove, hvor beskyttelse af biodiversiteten er den primære funktion. Selvom der kan argumenteres for, at skoven "producerer" en eller flere økosystemtjenester, betragtes denne type skove ikke som et produktionssystem i den sammenhæng.

I løbet af de seneste årtier er skovrejsningen også blevet gennemført, på baggrund af de andre goder træproduktionen bidrager samfundet med – grundvandsbeskyttelse, friluftsliv, kulturhistorie og andre positive effekter. På grund af de lange tidshorisonter i produktionen og de mange andre hensyn og grunde, der har styret driften af de danske skove, er de også blandt de arealer i landet med den bedste tilstand for biodiversiteten, og har i øvrigt det største potentiale for at forbedre biodiversitetstilstanden relativt hurtigt.

Der produceres årligt i omegnen af 3,7 mio. m³ træ i de danske skove, hvoraf lidt over halvdelen er flis og brænde, mens resten er gavntre (Brownell et al., 2023).

2.2 Fødevarerproduktionen i dag

Dyrkningen af de danske arealer er domineret af den animalske produktion, både i form af hvad der vokser på arealerne, og hvad den samlede arealeffektivitet er i form af kalorieproduktion pr hektar. Hvad der dyrkes, er ligeledes påvirket af de rammer, som fødevarerproduktionen opererer under. Alt dette er belyst i nærværende afsnit.

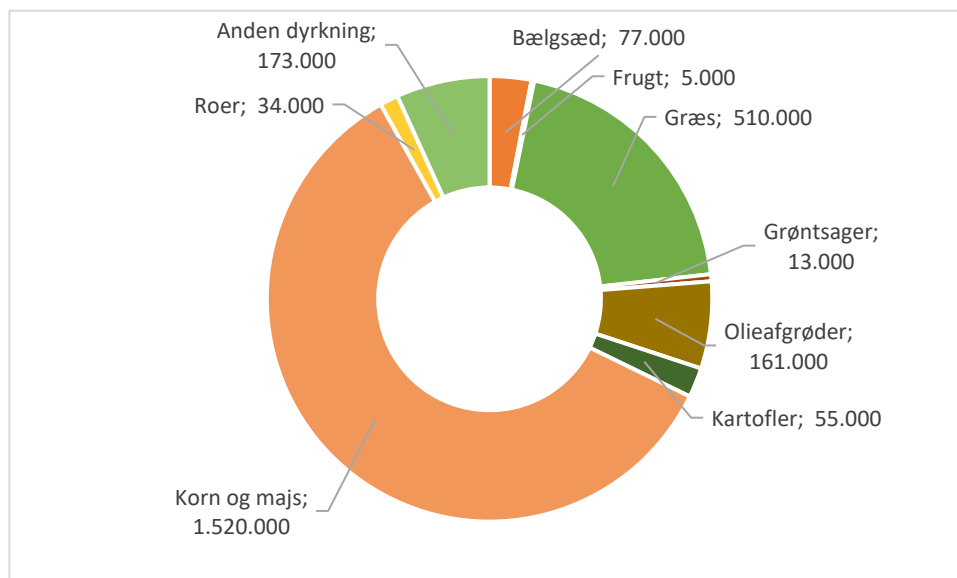
Analysen tager udgangspunkt i 2019 data

Denne analyse tager udgangspunkt i de produktionsdata, der er til rådighed fra Danmarks Statistik fra 2019. Hele modelbearbejdning foregår nemlig i DK-BioRes modellen, som er baseret på 2019-data. Dette er for at sikre konsistens. Modellen er beskrevet i appendix.

Afgrødefordelingen

Landbrugsarealet optog i 2021 59 pct. af det danske areal, eller ca. 2.540.000 ha (Statistikbanken, 2023a).

Som det ses af Figur 10 udgør korn og majs langt størsteparten af det dyrkede areal (over 60 pct.), mens græs udgør lidt over 20 pct., begge dele i vid udstrækning med dyrefoder som mål. Olieafgrøder, hvor raps er den mest fremherskende, kommer ind på en tredjeplads, som de mest dyrkede afgrøder. Både kartofler og roer bruges i vid udstrækning i industrien til sukker- eller stivelsesproduktion, og det samlede areal for afgrøder direkte til menneskefødevarer er derfor ganske begrænset.



Figur 10: Fordelingen af afgrøder på de danske marker, opgjort i hektar (ha).

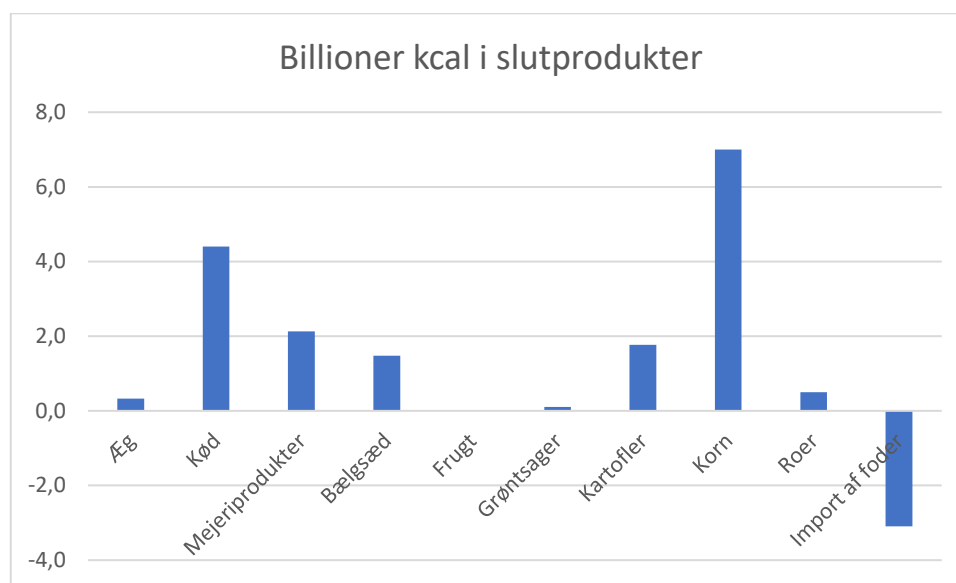
Derudover produceres der også frø, juletræer og dekorative afgrøder, som er samlet i kategorien "anden dyrkning", der også indeholder brak.

Fødevarerproduktionen

Der findes talrige måder til at opgøre, hvor meget der produceres i Danmark (Schou et al., 2016, Dyrenes Beskyttelse & Danmarks Naturfredningsforening, 2022).

I denne analyse er der taget udgangspunkt i hvor mange kilokalorier (kcal), der produceres fra de danske landmænd, uden at skele til, at dele af kalorieproduktionen aldrig ender som mad, men i stedet som industrielt input til andre processer, som fx stivelseskartofler. Der er desuden taget udgangspunkt i data fra 2019 af modelhensyn.

Som det fremgår af Figur 11, stammer langt de fleste kalorier fra kornproduktion. Det skal bemærkes, at der er tale om kalorierne i det korn, der ikke spises af danske dyr. Hovedparten af det er foderkorn, og vil derfor i dag blive eksporteret til fodring af dyr andre steder i verden. Kød og andre spiselige produkter fra slagtede dyr leverer næstflest kalorier, og dernæst mejeri. Kartoffler og bælgssæd leverer også et betydeligt bidrag, hvor det for kartofflernes vedkomne i vid udstrækning er som input til stivelsesproduktion. Frugt og grøntsager er så små, at de er svære at aflæse på figuren.



Figur 11: Kalorieproduktionen i 2019. Kalorieværdien af importeret foder er trukket fra, og er inklusive kalorieindholdet i de småsvin der eksporteres, samt indeholder også andre spiselige dele end blot kødet. Kilde: DK-BioRes-modellen

Med denne metode blev der ifølge Bio-Res modellen i 2019 lavet fødevarerprodukter med et samlet næringsindhold på ca. 14,7 billioner kilokalorier (kcal). Det globale gennemsnit for dagligt kalorieindtag ligger i dag på lidt over 2.800 kcal (van Dijk et al., 2021), hvilket i denne fremstilling betyder, at omkring 14,5 millioner mennesker i runde tal potentielt kan brødfødes af den fødevarerproduktion, der finder sted i Danmark, hvis man ikke skeler til kostsammensætningen eller det industrielle træk på produktionen.

Ud over fødevarer, fører produktionen også til en række ikke-spiselige produkter, der indgår i andre værdikæder. I øjeblikket spiller restprodukter som halm og husdyrgødningen en stor rolle i energijømed, hvor det bruges til at lave biogas eller brændes af til kraftvarmeproduktion. Rapsolien bruges blandt andet til at lave biodiesel.

Produktivitet pr. ha

Set i et globalt perspektiv er arealaftrykket fra den biologiske produktion central, da efterspørgslen efter fødevarer er en af de helt centrale pres-kræfter på biodiversitet rundt omkring på kloden samt stigende udledninger. Opskriften på et arealeffektivt

biologisk produktionssystem vil derfor have stor værdi i den udstrækning, at det kan kopieres uden for landets grænser.

En aggregeret måde at se på arealeffektiviteten ved den danske fødevarerproduktion er ved at se på den samlede danske kalorieproduktion og det samlede danske produktionsareal, foderimport fratrukket. Med det tal får man en mulighed for at lave en meget grov vurdering af det samlede danske fødevarerproduktionsareales arealeffektivitet. På baggrund af de data, der bruges i DK-BioRes modellen, ligger den gennemsnitlige danske produktivitet på landbrugsarealerne på 3,4 mio. kcal/ha.

Dette indeholder altså også arealer uden for landets grænser, hvor 2 mio. ha bruges til dyrkning af foder. Omkring halvdelen af dette areal bruges til sojadyrkning (Callesen et al., 2020), mens resten bruges til produktion af primært korn og få andre foderprodukter. Derfor er det samlede arealaftryk ved produktionen af de ca. 14,7 billioner kcal på 4,5 mio. ha hvilket altså er et areal, der er lidt større end hele Danmark, og langt større end det danske produktionsareal.

Tabel 1: Oversigt over arealeffektivitet af forskellige produktionssystemer. Der er tale om globale tal, og de danske tal vil kunne variere sfa. særlige danske forhold og driftspraksis. Kilde: Poore & Nemecek, 2018.

Oprindelse	Produkt	Mio. kcal/ha	CO ₂ e/1000 kcal
Malkekvæg	Kød	0,63	12,2
	Mælk	0,67	5,25
Kødkvæg	Kød	0,83	36,44
Gris	Kød	1,38	5,15
Kylling	Kød	1,51	5,34
	Æg	2,30	3,24
Plante	Hvede	6,94	0,59
	Bælgsæd	4,63	0,28
	Frugt (æbler)	7,63	0,9
	Græs*	12-16	0,1-0,2
	Grøntsager **	9,86	1,26
	Kartofler	8,33	0,63
	Majs	15,39	0,38
Raps	8,33	0,43	
	Nødder	4,74	0,07

** Beregnet på baggrund af (Børgesen et al., 2018) og (Jørgensen et al., 2020), og forudsætter bioraffinering af græsset, før disse kcal er tilgængelige. ** blanding af andre rodfrugter og løg og lign.*

Arealeffektiviteten er opgjort i en langt mere detaljeret opløsning, hvor der er regnet på de enkelte produkters areal- (og drivhusgas) effektivitet. Tabel 1 viser

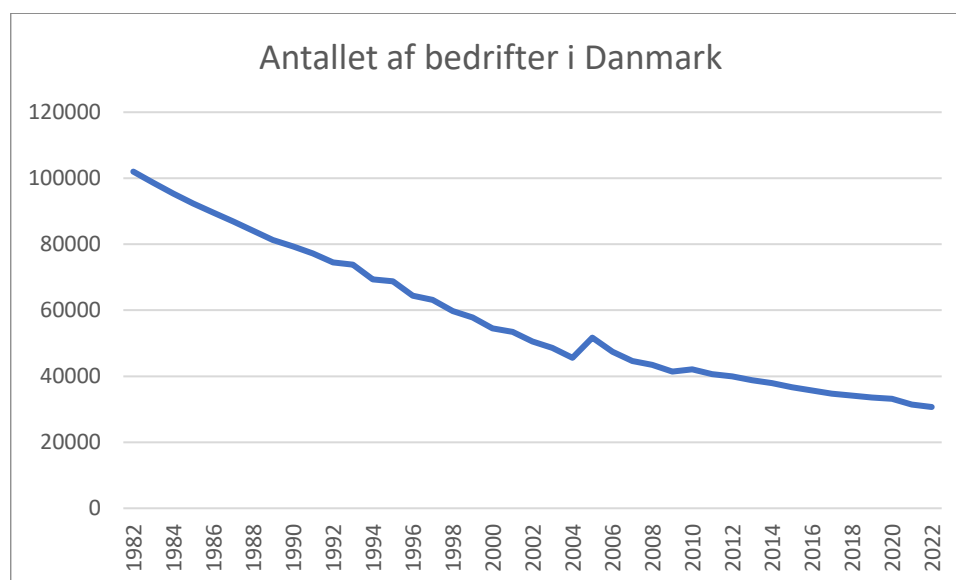
arealeffektiviteten på en række produkter, baseret på et internationalt studie af Poore & Nemecek (2018), og som det kan ses, kan man fornemme aftrykket, som de fordeler sig mellem de forskellige produktionssystemer.

Organisering og økonomi

Den danske fødevarersektor er kendetegnet ved, at der er tæt samarbejde mellem forskning, erhverv og jordbrugere, og en høj grad af tillid mellem aktørerne. Effektive netværk af landbrugskonsulenter sikrer, at nye metoder og teknologier relativt hurtigt spredes.

Ifølge Landbrug & Fødevarer beskæftigede landbruget i 2022 ca. 70.000 personer i selve produktionen, og ca. 123.000 personer når en række nært tilknyttede følgeerhverv inkluderes (Landbrug & Fødevarer, 2023b). Det havde i 2022, inkl. de nært tilknyttede følgeerhverv, en værditilvækst på omkring 76 mia. kr. Sektoren spiller en væsentlig rolle i beskæftigelsen i de danske landdistrikter.

Det danske landbrug har været igennem en løbende strukturudvikling, der gradvist har samlet mere jord på færre bedrifter. I 1982 var der omkring 100.000 landbrug i Danmark, i 2022 var der lidt over 30.000, se Figur 12.



Figur 12: Antallet af bedrifter er faldet med knap 70 pct. siden 1982. Kilde: (Statistikbanken, 2024)

Generelt har der siden 1982 været en klar tendens til fald i antallet af mindre bedrifter og en stigning i antallet af store bedrifter. Siden 2012 er det alene bedrifter på over 200 ha, der er steget i antal, mens antallet af bedrifter under 200 ha er faldet. Dette har samlet set, blandt andet, ført til en høj grad af professionalisering af landbruget, hvilket har bidraget til et erhverv, der relativt hurtigt og effektivt tilpasser sig ny viden, nye teknologier og nye rammevilkår.

Landbrugets politiske rammer

Den danske biologiske produktionssammensætning er understøttet af en række politiske rammer, herunder: EU's landbrugsstøtte, EU-regulering af fødevarer, samt en række nationale rammer.

EU's Landbrugsstøtte

EU's landbrugsstøtte, også kaldte Common Agricultural Policy (CAP) har stor betydning for, hvordan den biologiske produktion ser ud. Fra januar 2023 er en ny CAP (2023-2027) trådt i kraft, og den har erstattet den tidligere CAP (2014-2020). Dog forventes den nye CAP (2023-2027) ikke at ændre det nuværende billede betydeligt (Højte, 2023).

Næsten 90 pct. af midlerne fra CAP'en udbetales som direkte hektarbaserede produktionsstøtte, mens 10 pct. udbetales som landdistriktsmidler (Statistikbanken, 2023). Den direkte støtte bidrager til at fastholde en høj animalsk produktion, da det vurderes, at 82 pct. af den samlede, direkte støtte går til animalsk produktion (38 pct. direkte og 44 pct. til foderproduktion) (Kortleve et al., 2024).

EU-regulering af fødevarer

Udbredelsen af nye plantebaserede fødevarer bremses i EU gennem en række regulativer, herunder særligt the Novel Food Regulation og the Food Information Regulation.

Ifølge the Novel Food Regulation, skal fødevarer der anses som 'nye' gennemgå en godkendelsesprocedure i EU. 'Nye fødevarer' anses for at være alt, der ikke var udbredt på EU's marked til og med 1997. Det vil sige, at mange plantebaserede alternativer falder i kategorien 'nye fødevarer', herunder nye produkter som plantefars og traditionelle produkter fra tredjelande som fx tofu. Disse produkter skal således gennem en længere godkendelsesproces, før de må sælges på EU's marked. Dette er især et benspænd for mindre fødevarer virksomheder (Lähteenmäki-Uutela et al., 2021), og blandt andet Alliance for Biosolutions har anbefalet at denne proces strømlines (*Alliance for Biosolutions*, n.d.).

The Food Information Regulation (kombineret med specifikke standarder for specifikke fødevarer og Quality Schemes, der beskytter geografisk-specifikke produkter) regulerer navngivningen af plantebaserede produkter. Regulativet forbyder, at plantebaserede produkter benytter navne som 'mejeriprodukter', fx mælk eller smør. Endvidere betyder regulativet, at der i mange tilfælde er forbud mod at bruge 'kødlignende' navne for plantebaserede alternativer. Det afhænger dog af de specifikke nationale afgørelser (Lähteenmäki-Uutela et al., 2021). I Danmark er det dog stadig lovligt at benytte 'kødlignende navne', såsom bøf, pølse og dille om plantebaserede produkter.

National regulering af fødevarer

Selvom EU's rammer for landbrugsproduktionen har enorm betydning, er der nationale rammer, der har betydning for den danske fødevarerproduktion. Her spiller særligt offentlige investeringer en rolle.

Offentlige fondsmidler bruges til at understøtte fødevarerproduktionen på forskellige måder. I 2022 bevilligede landbrugets produktions- og promilleafgiftsfonde i alt ca. 340 mio. kr. til den animalske sektor, mens den vegetabiliske sektor modtog ca. 47 mio. kr., se Tabel 2. Heraf blev der bevilliget cirka 26 millioner kr. til at fremme afsætningen af animalske produkter i Danmark, mod cirka 7 millioner kr. til de vegetabiliske fødevarer (Arp, 2023). I februar 2023 blev Fonden for Plantebaserede Fødevarer oprettet ved lov. I

den forbindelse flyttes der årligt 85 millioner kr. fra Promilleafgiftsfonden for landbrug over i den nye fond for plantebaserede fødevarer fra 2023 og frem til 2030 (Lov Om Fonden for Plantebaserede Fødevarer, 2023).

Tabel 2: Oversigt over samlede sektor bevillinger fra produktions- og promilleafgiftsfonde i Danmark. Kilde: Uddrag fra (Arp, 2023)

	Bevillinger i alt	Afsætningsfremme - Danmark
Den animalske sektor	339.841.000	26.286.000
Den vegetabiliske sektor	46.729.000	7.072.000

Udover produktions- og promilleafgiftsfondene, investerer det offentlige i udviklingen af plantebaserede fødevarer gennem en række mindre initiativer og investeringsfonde, fx GUDP og Danmarks Eksport- og Investeringsfond. Særligt har forskningsprojekter inden for plantebaserede fødevarer modtaget fondsmidler (Madsen et al., 2023).

Der er desuden betydelige private investeringer i udviklingen af nye fødevarer typer, både plantebaserede og cellebaseret fødevarerproduktion, hvilket indikerer en positiv markedsforventning på området

2.3 Træproduktionen i dag

Træer vokser langsomt, og den danske skovdrift er derfor i høj grad formet af historien. Fra at have mistet næsten al skov i starten af 1800-tallet, har Danmark støt øget det samlede skovareal.

De danske bevoksninger

Træproduktion fylder 12 pct. af det samlede produktionsareal, svarende til ca. 510.000 ha (Statistikbanken, 2023a). Bemærk at Skovstatistikken har et større samlet skovareal, hvilket blandt andet skyldes, at juletræer, heder og §- områder medregnes.

Som vist i afsnit 2.1 producerer det samme skovareal typisk flere forskellige produkter på samme tid, og det er derfor ikke muligt, på samme måde som med fødevarerproduktionen, at sige noget om hvor meget hhv. gavntre, brænde og de forskellige former for energitree fylder af det samlede skovareal.

Der er skove i Danmark, der ikke kan betegnes som traditionelle produktionsskove, og de udgør i dag ca. 11 pct. af det danske skovareal. Produktionsskove, der er kendetegnet ved at være drevet med henblik på træproduktion, optager de resterende 89 pct af det samlede skovareal vi har i Danmark. Det er hovedsageligt ensaldrede, plantede bevoksninger, og omkring 2/3 af arealet er kendetegnet ved kun at have en enkelt træart til stede. Fordelingen af træarter er opgjort for det samlede skovareal, og kan ikke opsplittes på produktionsskov og ikke-produktionsskov. Løvtræer optager omkring 44 pct. af skovarealet, nåletræer 40 pct., 11 pct. er en blanding mellem løv og nål, og de sidste ca. 4 pct er midlertidigt ubevokset eller fungerer som hjælpearealer (Kvist et al., 2023).

Produktionen af træ

Skoven producerer i dag primært to typer af produkter: gavntræ og energitræ. Gavntræ er relativt store stammer, der kan bruges til byggeelementer, konstruktionstræ eller møbelproduktion. I forbindelse med tynding af bevoksninger og når hugstmodne træer fældes, vil der, ud over gavntræ, også være en masse "hugstrestre", altså dele af træet, der er så småt, at det bedst giver mening at lave det til flis og bruge det i energiproduktionen. Rent volumenmæssigt er det største output fra Danmarks produktionsskove træ til energi, men det er væsentligt at understrege, at der i vid udstrækning er tale om et restprodukt, og at energiformålet ikke er det primære formål med produktionen i de danske skove.

I 2018 var den samlede registrerede skovhugst 3,7 mio. m³. Heraf var 50,5 pct flis, 7,7 pct. brænde, 6,8 pct. løvtræstømmer og 35 pct. nåletræstømmer. Derudover er det vurderet, at der kommer et biomassebidrag på op mod 2,9 mio. m³ fra arealer, der ikke betragtes som skov (Brownell et al., 2023). Det kan fx være når læhegn ryddes, når der tyndes langs de danske veje og jernbaner, eller når lysåbne naturarealer plejes. Denne biomasse forventes primært at gå til energiformål.

Ifølge Energistatistikken 2022 blev 12 pct. af det samlede forbrug af vedvarende energi dækket af flis, brænde og andet træ fra danske skove, svarende til 36.231 TJ (Energistyrelsen, 2022). Importeret træprodukter som flis og træpiller dækkede 23 pct.

Arealeffektivitet

Tidshorisonterne på træproduktion er lange, og der er ikke en lineær sammenhæng mellem produktionstid og værdien af det træ, der høstes. Omdriftsalderen er derfor væsentligt at kende til, udover CO₂-bindingen, der er en funktion af træernes vækst. I Tabel 3 er disse vist for hhv. løvtræer og nåletræer. Det samlede optag på arealet vil være langt mindre, idet der også høstes træ i løbet af en 100-årig periode. Noget af dette træ vil blive brændt, hvormed CO₂'en igen frigives, mens andet vil indgå i bygninger eller møbler, hvor den indlejrede CO₂ vil være bundet i årtier eller længere.

Tabel 3: Skovtypers omdriftsalder og CO₂-binding. Kilde:Johannsen et al., 2019)

Træart	Omdriftsalder	Ton CO ₂ binding/ha pr år, 100 årigt gennemsnit)
Nåletræer	50-80	14-21
Løvtræer	70-150	8-16
Blanding	-	11-15

Organisering og økonomi

Det danske skovbrug beskæftiger fuldtid omkring 5.500 personer årligt (heraf ca. 10 pct. i offentlige skove), med yderligere 1.400 som deltidsbeskæftigelse med en direkte værditilvækst på 2,8 mia. kr. (Dansk Skovforening et al., 2023). Træet indgår i en lang række værdikæder, hvoraf fx træindustrien (savværk og anden forarbejdning af træ og tømmer) skal være placeret relativt tæt på, hvor træet høstes.

For skovbrug er der den samme tendens i retning af større bedrifter. Antallet af bedrifter med under 20 ha er faldet med 20 pct. siden 2012, mens de større er vokset i antal. Antallet af bedrifter på over 250 ha er vokset med 46 pct. siden 2012 (Statistikbanken, 2024).

Skovbrugets politiske rammer

Der fældes stadig mere i de danske produktionsskove og en stigende andel af det fældede træ benyttes til energiformål (Kvist et al., 2023). Dette er blandt andet et resultat af skovrejsningsindsatsen siden 1990, men muligheden for at udnytte skovene til energiformål understøttes også af politisk regulering af biomasse. Der er et politisk ønske om mere skov i Danmark, og der ydes støtte til skovrejsning. Det danske skovareal er derfor i stigning.

Skovloven og andre lovrammer

Skovloven regulerer og sætter rammerne for de danske skove, og har til formål at værne om landet skove samt forøge skovarealet (Skovloven, 2019). Det er blandt andet i Skovloven, at fredsskovpligten defineres. Langt den største del af de danske private og offentlige skove er fredsskovpligtige, og dermed er ejerne forpligtet til at drive skoven efter skovlovens øvrige regler, og sikre at der altid er skov på arealet. Fredsskovpligten blev indført for 200 år siden med det primære formål at sikre dansk træforsyning. Fra og med 1989 har formålet med loven imidlertid været beskrevet som flersidigt, dvs. en skovdrift, som udover produktionsinteressen, også skal tilgodese bl.a. hensynet til natur, kulturarv og friluftsliv. Senest er selve bæredygtighedskravet indskrevet som et formål i Skovloven. Dertil sætter Skovloven en række rammer for hvordan driften af skoven skal finde sted, samt rammerne for byggeri i skoven og anden multifunktionel anvendelse af skovarealet.

Skoven er hjemsted for mange forskellige værdifulde naturtyper, der reguleres under en række EU-direktiver, der samles under betegnelsen Natura 2000, som implementeres via forskellige danske lovgivninger (PEFC Danmark, 2021).

Regulering af biomasse

Høsten af biomasse til energi spiller en væsentlig rolle for skovens økonomi og drift, da biomasse til energiformål dels giver basis for et mere jævnt indtægtsgrundlag, og dels skaber værdi af restprodukter fra høst og forarbejdning. Biomasse er et afgiftsfrit brændsel, og det spiller en central rolle i regeringens plan for at indfri klimamålsætningerne (Energistyrelsen, 2023). Udledninger forbundet med brug af biomasse reguleres i EU's LULUCF-forordning (European Commission, 2023), og disse regler medfører, at biomasse optræder som klimaneutrale brændsler i de lande, hvor de brændes af. Dette skyldes, at den klimaeffekt der er, når træerne fældes, og det lagrede CO₂ omdannes ved brændsel, regnes med som udledning i oprindelseslandets LULUCF regnskab. Størstedelen af biomassen, der forbruges i Danmark, importeres fra udlandet, hvorfor biomassens udledninger ikke medregnes i det danske klimaregnskab eller LULUCF-regnskab (Sørensen et al., 2018).

Træbiomasse til energiformål er desuden underlagt en række bæredygtighedskriterier, som trådte i kraft ved lov i juni 2021 (Energistyrelsen, 2021) og erstattede herved den

frivillige brancheaftale, der har været gældende siden 2014 (Parterne for Klimaftale for energi og industri, 2020). Kravene skal bl.a. sikre, at kulstoflagrene i skovene opretholdes ved genplantning af træ, svarende til den høstede biomasse. (Parterne for Klimaftale for energi og industri, 2020). Lovkravene følger kun delvist Klimarådets anbefalinger til kriterier for bæredygtig biomasse, hvorfor Klimarådet vurderer, at lovkravene ikke nødvendigvis sikrer, at biomassen er klimaneutral (Klimarådet, 2023; Sørensen et al., 2018).

Certificering

Certificering spiller en fortsat større rolle i forbindelse med skovdyrkning i Danmark. De to centrale certificeringsordninger er FSC (Forest Stewardship Council) og PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification). For at opnå certificering skal produktionen være bæredygtig, målt ud fra en række parametre. Certificeringen stiller krav ud over den almindelige lovgivning. I Danmark er lidt over 230.000 ha FSC-certificeret, og ca. 339.000 ha PEFC-certificeret, og er således med til at dirigere driften af en betydelig del af de danske skove (Forest Stewardship Council, 2024, PEFC Danmark, 2021).

3. Jordbrugets betydning for de planetære grænser

Det jordbrug vi har udviklet til at imødekomme samfundets behov i dag, er forbundet med en række alvorlige miljøproblemer. Mange produktionsformer, særligt produktion af fødevarer, giver anledning til forurening og belastning af miljø og klima, og samtidig optager vores produktionsområder så meget areal, at biodiversiteten levnes meget lidt plads. På den måde har jordbruget stor betydning for, hvorvidt vi overholder eller overskrider de planetære grænser.

De planetære grænser

De planetære grænser beskriver de grænser for de biofysiske systemer, som vi skal holde os inden for, for at sikre at jordens miljøtilstand er stabil. Ifølge den nyeste viden på området, har vi nu overskredet seks ud af ni planetære grænser globalt (Richardson et al., 2023). Globalt set er særligt landbrug en af hovedfaktorerne for overskridelsen af de planetære grænser (Campbell et al., 2017), mens skovbrug er af voksende betydning (Zhang et al., 2021).

Klimaforandringerne har allerede nu ledt til et signifikant fald i høstudbyttet og landbrugets faktorproduktivitet globalt set, samt påvirket husdyrproduktionen negativt. Samtidig spiller de negative effekter fra klimaforandringerne sammen med det øvrige planetære system, og påvirker gensidigt økosystemtjenester, sundhed og fødevarer sikkerhed med potentielt selvforstærkende effekter. Disse effekter accelererer konkurrencen for land- og vandressourcer, hvilket fører til afskovning, tab af biodiversitet og vådområder (IPCC 2022).

De planetære grænser er ikke oversat til nationale målsætninger, men der er en tydelig parallelitet mellem det globale billede og det danske. Danmark vil i en del år fremover udlede drivhusgasser, særligt fra den danske arealanvendelse (Energistyrelsen, 2023). Det globale pres på biodiversiteten matches også i det danske landskab, hvor landbrugsmarker og produktionsskov optager langt det meste af arealet, og har gjort bevaringsstatus på en række arter og habitater til noget af det ringeste i EU (European Environment Agency, 2020). Endelig er den nuværende arealanvendelse kilde til næringsstofforurening af de danske åer, søer og indre farvande i en grad, der presser de akvatiske økosystemer (Hansen & Rytter, 2023).

Drivhusgasudledninger

Jordbruget udmærker sig ved både at kunne være kilde til udledninger og kunne optage drivhusgasser fra atmosfæren. Udledningerne stammer fra dyrkning af markerne, hvor gødningen på arealerne giver anledning til udledninger af lattergas. Gyllen fra husdyr giver anledning til metanudledninger, og ligeledes udledes der metan fra drøvtyggernes fordøjelse. De drænedede organiske lavbundsjord er kilde til CO₂-udledning, i takt med at deres ophobede organiske materiale nedbrydes. Omvendt vil træernes vækst i skovene optage CO₂, så længe der er en nettotilvækst af biologisk masse over og under jorden. Da det danske skovareal er i vækst, er kulstofpuljen i skovene vokset støt med 1-4 mio. ton CO₂e pr. år siden 1990 (Energistyrelsen, 2023). Endvidere kan de dele af det høstede træ, der bruges til fx byggeri eller møbler, fungere som et CO₂-lager, der varer indtil træet brændes af. Udledninger i 2021 er vist i Tabel 4.

Tabel 4: Udledninger fra arealerne og aktiviteterne. Kilde: (Energistyrelsen, 2023)

Udledninger fra landbrugsprocesser og arealanvendelse i 2021	Mio. ton CO ₂ e
Drøvtyggers fordøjelse	4,1
Håndtering af gylle	3,7
Gødning af marker	4,3
Lavbundsjorder* + andre kilder	5,1
Øvrige arealkilder	0,3
Skove**	-3,0 (optag)
Høstede træprodukter	-0,1 (optag)
Total	14,5

* Baseret på opgørelser inden nedjusteringen af lavbundsarealet i januar 2024.

** Det er ikke opgjort hvor meget af optaget, der finder sted i produktionsskove og hvor meget der sker i urørte skove.

Udledningerne fra arealerne og aktiviteterne på arealerne udgjorde i 2021 omkring 31 pct. af de samlede udledninger fra dansk territorie, og er altså en betydelig del af det danske klimaaftryk allerede i dag. Dette er ikke medregnet udledninger fra de dele af værdikæderne, der ligger uden for de danske grænser.

Biodiversiteten

Landbrugsmarker og produktionsskov fylder størstedelen af det danske areal, men har meget lave niveauer for biodiversitet (Danmarks Naturfredningsforening, 2020; Ejrnæs et al., 2021; Jellesmark Thorsen et al., 2020). Biodiversitetsrådet har peget på, at den vigtigste årsag til en presset dansk biodiversitet er manglen på plads (Biodiversitetsrådet, 2022). Samtidig skaber det store arealbehov til biologisk produktion en fragmentering af Danmarks naturarealer, hvilket kompromitterer biodiversiteten og robustheden af levestederne på disse arealer (Biodiversitetsrådet, 2022, Fløjgaard et al., 2017). Samlet set ligger Danmark blandt de lande i EU med den ringeste beskyttelse af både habitater og arter (European Environment Agency, 2020).

Ud over det areal, som den biologiske produktion kræver inden for Danmarks grænser, beslaglægger produktionen et betydeligt areal uden for Danmarks grænser, hvor oprindelig natur er erstattet med industriel planteproduktion. Ifølge Danmarks Statistik importerede Danmark i 2019 ca. 27 pct. af dyrefoder, der gik til den animalske produktion. Heraf var omkring 60 pct. sojabaseret, 30 pct. korn og en rest af forskellige typer foder (Statistikbanken, 2023b). Det samlede arealaftryk af denne foderproduktion er vurderet til omkring 2 mio. ha, der skal lægges til det danske produktionsareal på ca. 2,5 mio. ha.

Udvaskning

Endeligt har landbrugets forbrug af nitrogen og fosfor i gødningen af markerne betydelige konsekvenser for de danske farvande. En del af de tilførte næringsstoffer

udvaskes til vandmiljøet, og et for højt niveau af næringsstoffer i vandet kan føre til algeopblomstring og efterfølgende iltsvind. Vejrforhold har betydning for, hvor og hvornår iltsvind opstår, da meget nedbør kan øge udvaskningen, og somre med ringe vind og høje vandtemperaturer kan forstærke effekten. Klimaforandringerne i Danmark kan derfor bidrage til at forstærke problemet med iltsvind, med højere temperaturer og mere nedbør. Den seneste tilstandsrapport viser at iltsvindet i 2023 i de danske farvande var udbredt i det største omfang og styrke, der er set de sidste 20 år (Hansen & Rytter, 2023). Ca. 70 pct. af udvaskningen til de danske farvande vurderes at stamme fra landbrugsaktiviteter (Miljøstyrelsen, 2023), og landbruget spiller derfor en central rolle i forhold til at sikre en god økologisk tilstand i det danske vandmiljø. Udledningen af næringsstoffer fra landbruget afhænger blandt andet af forvaltningen af jordbundsforhold.

4. Fremtiden for jordbruget

Jordbruget presser i dag de planetære systemer langt mere end de på sigt kan håndtere. Ændres der ikke markant på vores fødevarer- og materialeproduktion, viser mange fremskrivninger, at dette pres blot vil vokse i fremtiden.

Den miljø- og klimamæssige gevinst ved en ændret fødevarer- og materialeproduktion er dog tydelige, og aktører er allerede i dag i gang med at udvikle elementerne til, hvad der potentielt er et fundamentalt anderledes biologisk produktionssystem.

4.1 Fremtidens efterspørgsel efter produkter fra jordbruget

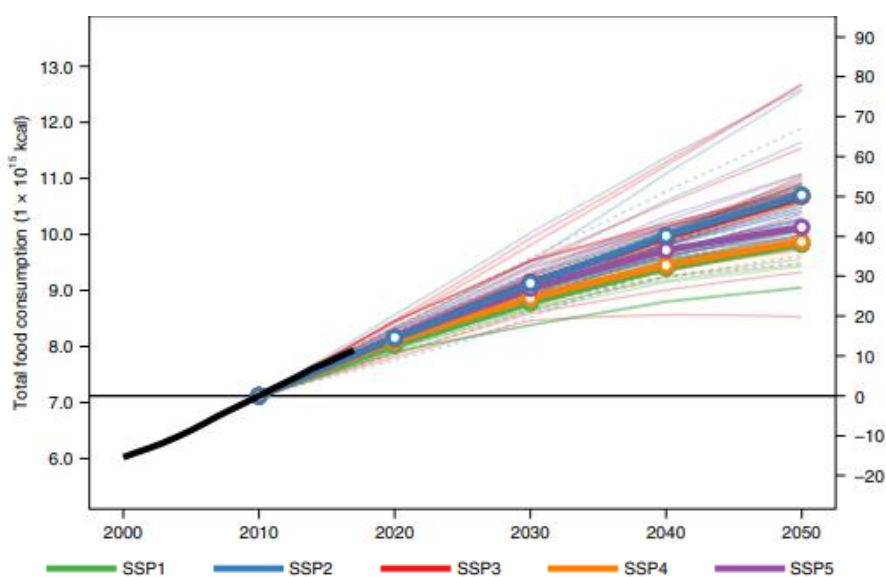
Fødevarer og materialer handles på et internationalt marked, og udviklingen drives af den internationale efterspørgsel. Fremskrivninger af denne efterspørgsel viser, at lader vi de nuværende udviklingstendenser fortsætte, tyder meget på, at fremtidens globale jordbrugsproduktion ikke vil kunne bringes til at være bæredygtig inden for de planetære grænser. Siden 2000 er der blevet inddraget 100 mio. ha land til landbrug globalt, hvilket går hårdt ud over naturlige økosystemer som stepper, sumpe og i særlig grad skove (Potapov et al., 2021). Denne udvikling forventes at fortsætte under det nuværende fødevarerproduktionssystem og naturressourceudnyttelse. Den hektiske udvikling gælder både inden for fødevarer, bioenergi, biogene byggematerialer samt medicin og biosolutions.

Fødevarer

Der findes mange forskellige fremskrivninger af fremtidens fødevarerefterspørgsel, der alle bygger på forskellige antagelser om fremtiden og forskellige metodiske grundlag.

I et komparativt studie udgivet i Nature Foods har van Dijk et al. (2021) identificeret spændvidden for de globale scenarier for fødevarer sikkerhed frem mod 2050, se Figur 13. Der er mange faktorer, der er afgørende for, hvordan fremtidens fødevarerproduktion vil se ud. Særligt befolkningstilvækst og stigning i indkomster anses for at være centrale for udviklingen i fødevarerefterspørgslen (van Dijk et al., 2021).

På tværs af fem scenarier for samfundsudviklingen forventes den globale fødevarerefterspørgsel at stige med mellem 35 pct. og 56 pct. fra 2010 og frem mod 2050, uden klimaforandringernes påvirkning, og mellem 30 pct. og 62 pct. hvis klimaforandringer medregnes. I et business-as-usual (BAU) scenarie (SSP2) forventes fødevarerefterspørgslen at stige med 51 pct. (se Figur 13). Den stigende efterspørgsel bunder både i en global befolkningstilvækst frem mod 2050 samt en forventet stigning i indtaget af kalorier pr. person (van Dijk et al., 2021). Uanset hvilket fremtidsscenario der bliver realiteten, tyder alle fremskrivninger altså på, at det globale fødevarer system i fremtiden skal producere langt flere kalorier.



Figur 13. Fremskrivninger for fødevarerforbrug pr. indbygger og for 2010–2050. I et meta-studie blev en lang række fremskrivninger for forskellige Shared Socio-economic Pathways show (SSPs) under forskellige forhold samlet. Kilde: (van Dijk et al., 2021).

Det er ikke kun mængden, men også typen af kalorier, som forventes at ændre sig frem mod 2050. Ifølge fremskrivninger fra FAO (2018b) for et BAU scenarie vil kødforbrug og -produktion stige med ca. 52 pct. frem mod 2050, ift. niveauet i 2012, mens andre kilder forventer stigninger i efterspørgslen på helt op til 88 pct. (Searchinger et al., 2019). Den globale produktion af mejeriprodukter forventes i samme periode at stige med 40 pct. frem mod 2050, ift. niveauet i 2012, mens produktion og forbrug af æg forventes at stige med 26 pct. Generelt vil forbruget og produktionen af animalske produkter særligt stige i lav- og mellemindkomstlande, som et resultat af øget velstand.

Disse trends peger på, at der i et BAU-scenarier vil blive produceret flere kalorier og ikke mindst flere ressourcekrævende, animalske kalorier i 2050. Det sætter øgede krav til fødevarerproduktionen, og lægger et stigende pres på jordens knappe ressourcer. I FAO's (2018a) BAU-scenarie for 2050 forventes det globale dyrkningsareal at udvides fra omkring 1,5 mia. ha i 2012 med omkring 238 mio. ha, eller med 18 pct. frem mod 2050, med dertilhørende øgede udledninger og pres på biodiversiteten.

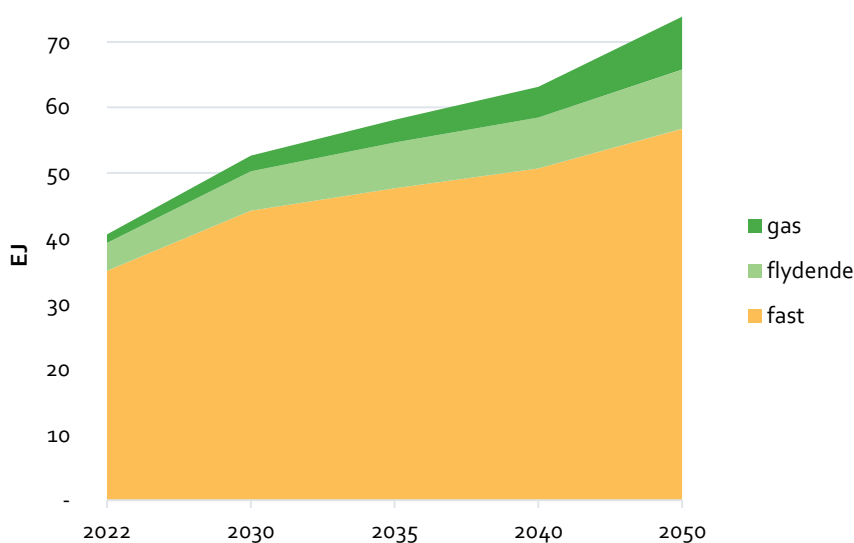
Bioenergi

Fremtidens efterspørgsel på bioenergi kommer i høj grad an på udviklingen i det samlede globale energiforbrug, så vel som udviklingen i energimixet. Særligt efterspørgslen på såkaldte grønne transportmidler vil have betydning for produktionen og forbruget af bioenergi (IEA, 2023).

Ifølge fremskrivninger fra IEA (2023) forventes den samlede globale bioenergiproduktion at stige fra 41 EJ i 2022 til 74-101 EJ i 2050, afhængigt af hvilken klima-, energi og industripolitik der føres i fremtiden. Med udgangspunkt i de nuværende politikker forventes bioenergiproduktionen at stige med 82 pct. til 74 EJ i

2050, mens bioenergiproduktionen forventes at stige med 148 pct. til 101 EJ, i et scenarie hvor alle nuværende nationale strategier og målsætninger indfris (IEA, 2023).

Fast biomasse vil fortsætte med at udgøre langt hovedparten af bioenergiproduktionen i 2050, på trods af en vækst i nye typer af bioenergi i flydende og gas form (Figur 14). Særligt 1. generationsbiomasse vil fortsat være den største bioenergikilde. Dette indebærer et trade-off med fødevarerproduktionen, idet ikke kun restprodukter fra landbruget, men også afgrøder så som majs, sukkerrør og vegetabilsk olie, benyttes til biodiesel produktion (OECD-FAO, 2023).



Figur 14. Udviklingen i den globale biomasse produktion i et Stated Policies Scenario (STEPS). Kilde: Egen opsætning på baggrund af (IEA, 2023), Annex A.

Biogene materialer

Disse omfatter tømmer til konstruktion, men også andre, nye, typer biogene byggelementer som halm og lignende (CONCITO, 2023a) Efterspørgslen efter biogene byggematerialer forventes at stige i fremtiden, både drevet af den generelle globale vækst og en stigende interesse i at bygge mere klimavenligt. Stigningen frem mod 2050 bliver af forskere på World Resource Institute estimeret til at ligge på 69 pct. i forhold til 2010 for træ til konstruktion og lignende funktioner med lang levetid (Peng et al., 2023). Dette kan, sammen med en tilsvarende voksende efterspørgsel på energitræ, føre til et betydeligt pres på de globale skove. Brugen af træ som byggemateriale kan have en positiv effekt, da træ i byggeriet dels reducerer behovet for mere udledende byggelementer og dels indlejrer CO₂ i selve bygningerne. Men uden de rette rammer for bæredygtig produktion vil et stigende behov for træ kunne presse skovressourcen, og dermed arealanvendelsen og biodiversiteten. For byggeriet er der derfor et trade-off mellem arealpresset og den positive klimaeffekt, når det kommer til byggeri med træ. For de øvrige biogene byggematerialer er dette trade-off mere uklart,

særligt hvis der kan bruges biogene materialer, der ellers ville have en kort levetid (græs, halm og lignende).

Plastik nævnes også som et af de produkter, hvor fossile kilder kunne erstattes af biogene, i et forsøg på at gøre produktet mere bæredygtigt. Plastproduktionen forventes at kunne tredobles fra dagens niveau, frem mod 2060, medmindre der føres politik til at begrænse brugen af plastik (United Nations, 2022). Studier har vist, at hvis EU vil udskifte den fossilbaserede produktion af indpkningsplastik, vil det kræve dyrkning af et areal på størrelse med Irland (Brizga et al., 2020).

Produktionen presses, når de planetære grænser presses

De planetære grænser er allerede i dag under betydeligt pres, og det vil have stor betydning for fremtidens jordbrug i Danmark såvel som globalt. Dette gælder bl.a. klimaet, biodiversiteten og ferskvandsressourcen.

De negative konsekvenser, som vi allerede oplever i dag, vil forstærkes yderligere, alt afhængigt af i hvor høj grad vi formår at afbøde klima- og biodiversitetskrisen. At begrænse global opvarmning vil mindske fremtidige risici for biologisk produktion, herunder vandmangel, skovbrænde, vegetationsændringer, degradering af land, fald i høstudbytter, ørkendannelse, fødevaresikkerhed og fejllernæring. I et scenarie, hvor klimaforandringerne ikke afbødes, vil 10 pct. af det nuværende globale arealer, der kan benyttes til landbrug, ikke længere være egnet i midten af dette århundrede, og 31-35 pct. vil være ubrugeligt i slutningen af århundredet (IPCC 2022). Hvis vi formår at begrænse globalopvarmning til under 2 grader, vil det begrænse tabet markant. Hvis global opvarmning begrænses til 1,5 grader, forventes 8 millioner mennesker at være i risiko for sult i 2050, mens dette tal er 80 millioner, hvis den globale udledning når over 2 grader i 2050 (IPCC 2022).

4.2 Fremtidens muligheder for biologisk produktion

Der er altså ingen tvivl om, at der er brug for et globalt systemskifte, hvis vi skal opnå global bæredygtighed. Dette er tydeligt for mange aktører, og der sker i disse år en betydelig teknisk udvikling, der potentielt transformerer vores biologiske produktion og bidrager til at bringe det i balance med klodens miljøsystemer.

De nye løsninger åbner døren for, at vi i fremtiden vil kunne udskifte dele af vores ikke-bæredygtige materialeforbrug med plantebaserede alternativer. Men samtidig er udviklingen i forbrugsmønstre afgørende for at afkoble den globale befolkningstilvækst og voksende middelklasse fra en ikke-bæredygtig fødevare- og materialeproduktion. Sidst men ikke mindst spiller udviklingen af bæredygtige energiformer en enorm rolle. I dag bidrager biomasse i stor – og voksende – grad til energisystemet, men kan vi sikre udvikling og implementering af billigere alternativer som sol, vind, geotermi eller lignende, kan vi lette presset på biomasseressourcerne og arealerne.

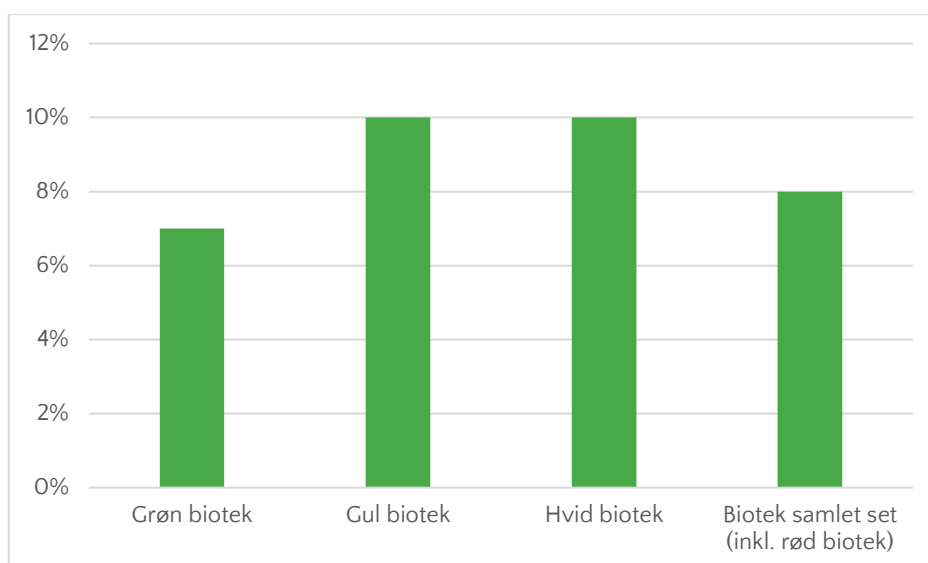
På alle disse områder vil Danmark kunne spille en rolle, ikke nødvendigvis i kraft af volumen, men i kraft af udvikling og demonstration af klimavenlige og bæredygtige teknologier og samfundsmodeller.

Biosolutions som en del af fremtidens bæredygtige løsninger

Der sker i disse år en markant udvikling, i det der går under fællesbetegnelsen *biosolutions*. Biosolutions gør brug af bioteknologi til at etablere nye bæredygtige løsninger og produkter, der baserer sig på biologiske processer. Dette spænder over en lang række forskellige teknikker og teknologier. Blandt andet spiller levende mikroorganismer som bakteriekulturer, svampe og alger potentielt en stor rolle. Enten bruges selve mikroorganismene, eller også bruges deres produkter, såsom enzymer, proteiner og feromoner til konkrete anvendelser og produkter, der kan erstatte klima-, miljø- og ressourcebelastende produkter. Biogene materialer, der tidligere kun har haft begrænset anvendelse, vil potentielt kunne indgå i langt mere komplekse og fordelagtige værdikæder, som fx planterester og hugstaffald, der i dag primært anvendes til energiformål. Biosolutions kan også være produktion af alternative fødekilder, vandrensningsteknikker, biobaseret afgrødebeskyttelse eller nye byggematerialer. Biosolutions har potentiale til at påvirke både den samlede efterspørgsel efter biologisk materiale, og typen af biologisk materiale, der kan bruges. Udviklingen vil derfor kunne have betydning for, hvordan vores produktionssystemer i fremtiden er sammensat.

Potentialet for klimaeffekten er uafklaret, men det er vurderet, at man med fuld implementering af de teknologier, der alene kendes i dag, vil kunne nedbringe de globale udledninger med 8 pct (Naess-Schmidt et al., 2022).

Markedet for biosolutionens er i sin spæde start, men forventes at vokse betydeligt i de kommende år. Frem mod 2025 forventes det globale marked for bioteknologi samlet set at vokse med 8 pct. årligt (Figur 15). Industrielle biosolutions (hvid biotek) forventes at vokse med 10 pct. årligt de kommende år, og vil nå en samlet global markedsværdi på knapt 600 mia. dollars i 2026, svarende til godt 3.700 mia. kr. (IRIS Group, 2021).



Figur 15. Forventet global vækst i markedet for bioteknologi frem mod 2025 (gennemsnitlig årlig vækst). Kilde: (IRIS Group, 2021)

Investorenes forventninger til afkast fra investeringer (CGAR – også kaldet annualiseret vækstrate) i plantebaserede alternativer til kød ligger i øjeblikket på omkring 18 pct. (Globe Newswire, 2024b), mens det animalske fødevarermarked har et forventet afkast på 7,7 pct. (Globe Newswire, 2024a).

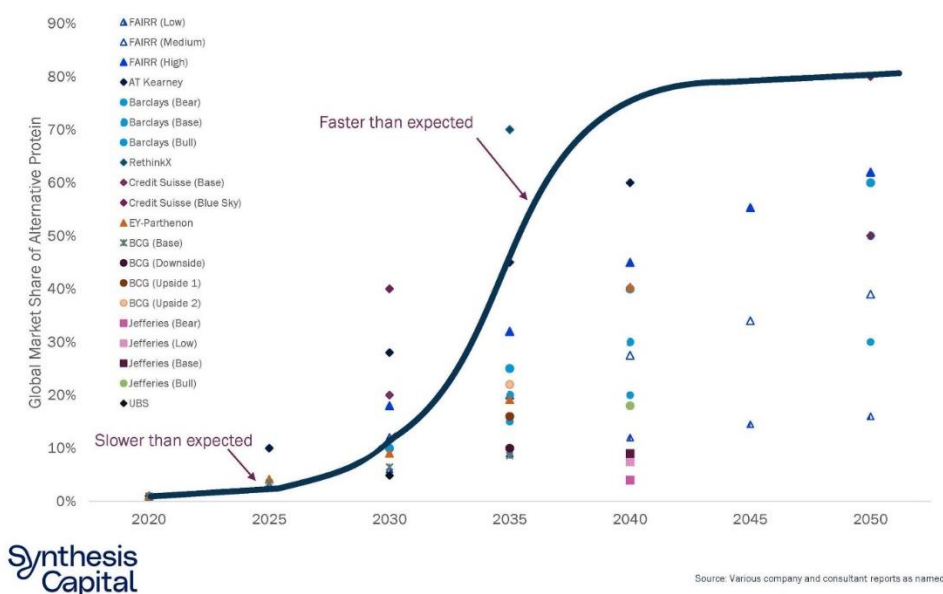
Det er notorisk vanskeligt at sige noget om udviklingen af en sektor, der endnu ikke har fundet sin form, og hvor potentialerne endnu ikke er fuldt afdækket. Traditionelt set bygger fremskrivningerne af produkter, der bryder med det eksisterende system, på en mere eller mindre lineær vækst af markederne. Dette er en blanding af konservative forventninger og selve de modeller der anvendes, hvor substitution foregår lineært og jævnt. Eksempelvis forventer markedsanalytikere en jævn vækst i det plantebaserede protein-fødevarermarked på 8,4 pct. årligt frem mod 2030 (MeticulousResearch, 2024).

Men der findes også disruptive fremskrivningsmetoder, der beskriver udviklingen af nye produkter, der har potentialet til at disrupte eller *forstyrre* eksisterende markeder. I disse forventes indfasningen af de nye produkter at følge en S-kurve (Tubb, 2022; Tubb & Seba, 2019) frem for at ske lineært, se Figur 16. Tanken bag denne type fremskrivning er, at der vil ske et betydeligt skred, så snart det nye produkt nærmer sig pris- og kvalitetsparitet med det eksisterende produkt. Fremskrivningsmetoden indeholder en række positive og negative feed-back mekanismer i både udviklings- og fremstillingsprocesserne, hvor de nye produkter i stigende grad trækker kapacitets- og innovationsinvestering fra de gamle, i takt med at deres konkurrencefordel bliver tydeligere for markedet. *Konvergens* af teknologier spiller også en rolle, hvilket dækker over den situation, hvor nødvendige delelementer i en ny teknologi alle inden for kort tid bliver tilpas billige eller effektive, at de med fordel kan kombineres.

En række teknologier, herunder solceller, har tidligere vist sig at følge en sådan S-kurve på trods af, at konventionelle fremskrivninger konsekvent har underestimeret udviklingen (Carrington & Stephenson, 2018; Tubb, 2022). Indenfor fødevarerbranchen er der også talrige eksempler på, at nye ingredienser på markedet har fulgt S-kurver (Tubb & Seba, 2019).

Der er forskellige måder at understøtte udviklingen af nye produkter, hvor fx en sandfærdig miljø-, biodiversitets- og klimaomkostning på fødevarerne vil spille en central rolle. Dette vil gøre ressourcetunge fødevarer dyrere og ressourceeffektive fødevarer billigere, både umiddelbart, men også understrege overfor potentielle investorer i ny teknologi, at et lavt ressourceaftryk i fremtiden vil være det mest konkurrencedygtige. Desuden vil en bred indsats på flere forskellige områder, kombineret med en høj vidensudveksling, kunne øge chancerne for opnå konvergenseffekten.

Udvikling og indfasningen af nye og mere bæredygtige produkter i både fødevarer og materialer afhænger af, om udviklingen vil følge S-kurven eller et mere lineært forløb.



Figur 16. Konventionelle markedsscenarier for alternative proteiner samt Synthesis Capital's disruptive fremskrivning. Kilde: (Tubb, 2022)

Nye fødevarer

Biosolutions inden for fødevarer handler i vid udstrækning om at fremstille alternative proteiner, som er baseret på planter frem for dyr. Proteinerne bruges til at fremstille fødevarer, der ernæringsmæssigt, og på sigt også smags- og oplevelsesmæssigt, er på linje med de animalsk baserede fødevarer. Dette kan være gennem plantebaserede alternativer, produkter fremstillet via præcisionsfermentering eller egentligt kultiveret kød og mælk. De plantebaserede fødevarer vil forventeligt have et betydeligt lavere areal- og klimaaftryk, hvor nogen kilder peger på, at alternative proteiner kan producere 75 gange så meget som en tilsvarende animalsk produktion på det samme areal (Naess-Schmidt et al., 2022).

Udviklingen af de plantebaserede fødevarer

Der har allerede været udviklet på mange alternative plantebaserede fødevarer, og der er overordnet set enighed om, at prisparitet (når prisen er det samme for de to produkter) for mange produkter vil opnås inden for de kommende år (FAIRR, 2022; Kearney, 2022; Morach et al., 2022; Tubb & Seba, 2019; Witte et al., 2021). Boston Consulting Group, der blandt andet laver markedsanalyser, vurderer at der allerede i dag er (produktions)prisparitet på en række plantebaserede alternativer, og forventer det samme for de fermenterede produkter omkring 2025. For cellebaserede alternativer forventes prispariteten inden 2035 (Morach et al., 2022), mens Tubb (2022) forventer at der vil opnås prisparitet for alternative proteiner i midt 20'erne og eksponentiel vækst af markedet for alternative proteiner fra begyndelsen af 30'erne (Tubb, 2022).

Samtidig finder en række analyser, at det globale udbud af produkttyper vil være stigende, og at kvaliteten og ligheden med de traditionelle animalske produkter vil være opadgående (Emergen Research, 2022; Roland Berger, 2021; Tubb & Seba, 2019). Ifølge Witte et al. (2021a) vil der findes alternativer til de mest populære konventionelle proteinbaserede retter i Europa senest i 2035, hvor smag, tekstur og pris matcher det konventionelle produkt. For halvdelen af disse retter vil det være gældende allerede i 2025.

Prisparitet er ikke ensbetydende med markedsandele. Selvom det er velsmagende, sundt og føles rigtigt at spise, er der stadig lang vej før et plantebaseret alternativ til et animalsk produkt finder vej til spisebordet. Mad er indvævet i kultur og normer, og forskellige retter og ingredienser kan bære en værdi i sig selv. Omstillingen af fødevarerforbruget er altså ikke alene et spørgsmål om de tekniske og økonomiske muligheder.

Mælk uden køer

Der har længe været produktion af plantemælk, baseret på havre, soja, ærter eller andre planteafgrøder. Produktionen af disse typer drikke er baseret på en fysisk behandling af planterne, der skal frembringe et resultat der minder om komælk i smag og fremtoning. Men der arbejdes på at etablere fremstillingsprocesser, der kopierer den proces, der sker i yveret på en ko, enten baseret på stamceller eller ved hjælp af fermentering. Lykkes det, vil der ikke være tale om et plantebaseret alternativ, der minder om komælk, men komælk lavet uden at involvere køer.

Allerede i dag findes der et firma, der producerer hvad de kalder kofrit mælkeprotein, hvor genmodificerede gærceller i en fermenteringstank kopierer processen fra koens yver i fremstilling af mælkeproteiner. I februar 2024 har firmaet fået godkendelse til salg i Singapore, Israel og Canada.

Nyt ressourcegrundlag

Udviklingen af nye plantebaserede fødevarer forudsætter en udvikling af både afgrøder og processeringsmuligheder. Mange af produkterne vil skulle fremstilles på baggrund af ingredienser, der vil stamme fra planteproduktionen, og der er derfor behov for produktive planter, der kan levere store mængder af det råstof, den plantebaserede fødevarerindustri skal bruge.

Hidtil har de flermavede dyr som koen haft mere eller mindre monopol på evnen til at nedbryde og udnytte græs, en egenskab menneskeheden har haft glæde af i tusindvis af år. Men i dag har man udviklet teknologien til at behandle græs, så det er muligt at trække proteinindholdet ud af græsstråene og bruge det som ingrediens i foreløbig foderproduktion til enmavede dyr som grise (Jørgensen et al., 2020). Der arbejdes med at videreudvikle processen, så proteiner udvundet fra græs kan anvendes direkte i fødevarer til mennesker (Jensen et al., 2021). Lykkes dette forehavende, kan vi stå overfor et nybrud i fødevarerproduktionen. Græs er som afgrøde langt mere effektiv end de fleste andre afgrøder, og kan på et år producere langt mere biomasse end de fleste

traditionelle afgrøder. Hvor biomassen tidligere primært har været anvendt til dyrefoder, er der nu udsigt til, at vi potentielt kan springe dyrene over og få glæder af energi- og proteinindholdet i græs gennem bioraffineringsprocesser.

Ny forbrugeradfærd

For en række forbrugere vil en kostjustering, i retning af mere grønt og mindre kød og mælk, være mere attraktiv end introduktionen af nye højteknologiske plantebaserede alternativer i kosten. Men uanset hvilken vej man som forbruger vil gå, vil det kræve en ændret adfærd for at understøtte en bæredygtig udvikling.

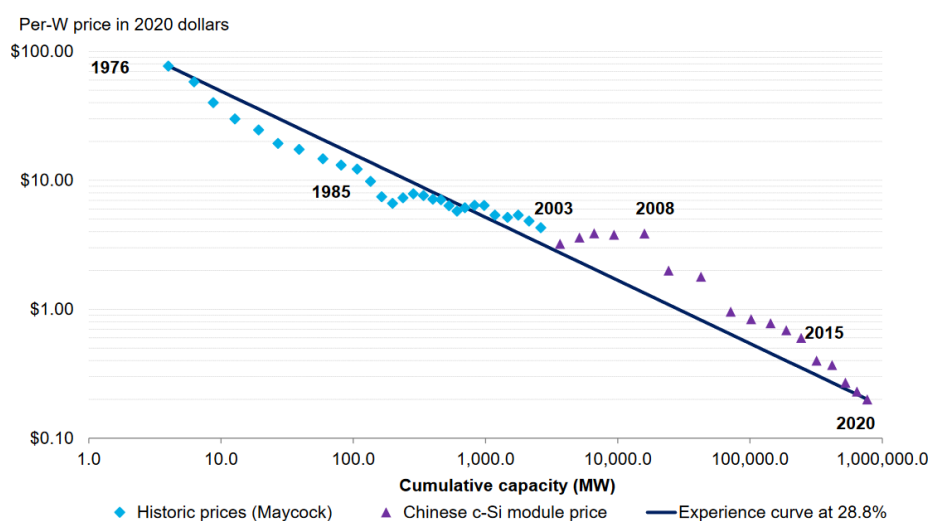
En kost, der flugter med EAT-Lancets anbefalingerne, og som er både sund, tilstrækkelig og inden for de planetære grænser, kræver en ændring i forbrugeradfærd. På samme måde vil introduktionen af nye, plantebaserede fødevarer som alternativer til traditionelle animalske produkter kræve forbrugeraccept. Forbrugerundersøgelser viser, at de mest afgørende faktorer for forbrugerne, når det kommer til at skifte animalske produkter ud med alternativer, er pris, smag og kulturelle faktorer (Bryant, 2023; Kearney, 2022; Witte et al., 2021, Klimarådet, 2021b). En ændret forbrugeradfærd – ansporet af miljøhensyn, dyreetiske overvejelser, sundhed eller fascination af det nye – vil kunne bidrage til at lette trykket på arealerne.

Nye materialer

Det stadig stigende fokus på de mange behov for klimavenlige materialer til fx byggeri og plastik har skærpet omgangen med biomassen som ressource. Historisk har man anvendt biomasserester, fx halm fra kornproduktionen, som energikilde, enten ved at bruge det til biogasfremstilling, eller ved at brænde det af. Der er dog mulighed for at etablere processer, der kan trække en række værdifulde produkter ud af biomassen, før den til sidst brændes af (Ambye-Jensen, 2022), eller ved helt at anvende den til andre formål, fx byggelementer eller lign. Ved at tilrettelægge processerne kan restprodukter fra én proces være input til næste proces, og biomassen kan dermed udnyttes langt mere effektivt. Dette kaldes kaskadeudnyttelse, og spiller allerede i dag en rolle i den danske biologiske produktion. Der er betydelige potentialer for at understøtte og yderligere udvikle en effektiv kaskadeudnyttelse af den danske biomasse. Der er også gode erfaringer med at bruge komprimeret halm i byggeriet, som isoleringsmaterialer eller konstruktionselementer. Værdiforholdet mellem afbrænding og bygge/materialekomponent vil være afgørende for, hvilke værdikæder halm vil indgå i fremtiden.

Ny energi

Udviklingen af vedvarende energikilder fortsætter stadig. Prisen pr produceret enhed strøm fra solceller følger fortsat den almindelige læringskurve, og hver gang den samlede kapacitet fordobles, falder prisen pr. watt produceret med 28 pct. Der er ingen tegn på, at denne tendens ser ud til at aftage, se Figur 17. For landvind er det samme tal 13,6 pct. (Moore & Bullard, 2021). Vedvarende energi bliver fortsat billigere og billigere.

PV module experience curve (2020\$/W, MW)

Figur 17: Læringskurven på solceller (Engelsk: PV – photovoltaic). Hver gang den installerede kapacitet fordobles, falder prisen med 28 pct. pr. produceret enhed strøm. Der er ikke tegn på at denne tendens er ved at klinge af. Fra (Moore & Bullard, 2021)

Udbygningen af vedvarende energikilder som sol, vind og geotermi, i kombination med en fortsat udvikling i både lagringsteknologier og PtX-processer betyder, at elektricitet i fremtiden vil kunne spille en langt større rolle i hele energisystemet. Konsekvensen af dette vil være, at biomassens rolle potentielt kan blive reduceret betydeligt, særligt hvis de rette prissignaler på klima- og arealomkostningerne bliver indregnet i produktionsomkostningerne. Dette kan udfordre IEA's forventninger til bioenergien i fremtiden, og det vil have en stor, positiv arealeffekt, hvis behovet for bioenergi kan reduceres markant.

5. Fremtidsbilledernes konstruktion

I dette kapitel præsenteres hvad de to fremtidsbilleder for den biologiske produktion vil betyde for den danske arealanvendelse, fødevarerproduktion og materialeproduktion. Fremtidsbillederne er ikke prognoser eller de bedste bud på en udvikling. De er to relativt forskellige forslag til, hvordan fremtiden *kunne* se ud. Denne analyse omsætter de to fremtidsbilleder til en mere konkret vurdering af konsekvenser og potentialer, og kan bruges til give lidt mere faglig substans til diskussionerne om, hvilken vej vi kan og vil gå. Modellerne hjælper os til at systematisere de ret komplekse sammenhænge, der kendetegner den biologiske produktion.

Fremtidsbilledernes produktion af forskellige afgrøder skal ses som en refleksion af det marked og den efterspørgsel, der er i det fremtidsbillede. Det er altså ikke resultatet af et politisk mål for specifikke produktionsmængder, men hvad der kan betale sig under de rammer, der er på det tidspunkt. Heri ligger også en antagelse om en global efterspørgsel, der reflekterer behovet for mere bæredygtighed.

Det er en grundlæggende præmis for begge billeder, at vi i fremtiden producerer fødevarer til den samme andel af den globale befolkning, som vi gør i dag. Billederne adskiller sig ved, at der er justeret på to centrale variabler:

- Fødevarerproduktionens vægtning mellem plantebaseret og animalsk produktion
- Anvendelsen af de i dag eksisterende produktionsskove

Under begge fremtidsbilleder er der yderligere en række rammesættende forhold, der påvirker hvordan de ser ud og skal tolkes. De væsentligste rammer er:

- Frigivne arealer udlægges til natur
- Markedet sikrer, at alle biomasserester føres gennem en kaskadeudnyttelse, for til sidst at føres tilbage til produktionsarealet
- Brugen af biomasse til energiproduktion er det sidste led i anvendelseskæden, inden næringsstofferne tilbageføres til produktionsarealet

Der er brugt to modeller til at analysere de areal- og produktionsmæssige konsekvenser af de to fremtidsbilleder:

- DK-BioRes – der beskriver hvad og hvor meget der dyrkes
- Kaskademodellen – der beskriver potentialerne i udnyttelse af restprodukter

Modellerne er beskrevet i Appendix.

5.1 Fremtidsbilledernes grundpræmis

Det er en grundpræmis i begge fremtidsbilleder, at *Danmark i 2050 brødføder en lige så stor del af den globale befolkning som i dag*. I dag brødføder dansk mad 0,18 pct. af den globale befolkning.

Et centralt element i diskussionen om danske fødevarer- og arealpolitik er nemlig, at hvis den danske produktion reduceres, øges den i udlandet, hvis ikke efterspørgslen også reduceres. Areal- og klimagevinster lokalt i Danmark risikerer dermed at blive undergravet af negative konsekvenser i udlandet. For at undgå denne diskussion, er det

en grundpræmis i begge fremtidsbilleder, at Danmark i 2050 brødføder en lige så stor del af den globale befolkning som i dag.

Der er taget udgangspunkt i at efterspørgslen øges med 51 pct. frem mod 2050, hvilket er vurderet til at være et passende midterskøn jf. kapitel 3 (van Dijk et al., 2021). I 2019, der er dataudgangspunktet for denne analyse, stod de danske produktionssystemer for en produktion af i alt 14,7 billioner kcal i forskellige former for produkter. På den baggrund skal der i 2050 produceres omkring 22 billioner kcal, for at denne grundpræmis indfris.

Fremtidsbillederne er derfor to forskellige billeder på, hvordan vi kan producere denne mængde kalorier fra de danske produktionssystemer, og hvad det betyder for det samlede arealaftryk, klimagasudledninger og struktur i det danske produktionslandskab.

5.2 De centrale variabler

Fremtidsbillederne i denne analyse er konstrueret på baggrund af to forskellige nøglevariabler:

- Vægtningen mellem animalsk eller plantebaseret produktionsfokus
- Vægtning mellem træproduktion og biodiversitetsbeskyttelse i eksisterende skove

Vægtningen mellem *animalsk eller plantebaseret produktionsfokus* har betydning for det samlede arealaftryk af fødevareproduktionen, og det er væsentligt at forstå hvor stor denne betydning er. Vægtning mellem *træproduktion og biodiversitetsbeskyttelse* i eksisterende skove er interessant, idet de eksisterende produktionsskove kan udgøre et centralt element i en biodiversitetsindsats (CONCITO, 2023b), hvilket i givet fald vil kunne få betydning for træproduktionen.

Der ligger en række antagelser om udviklingen af teknologi, effektivitet og reduktionspotentialer indbygget i fremtidsbillederne, baseret på (Olesen et al., 2021). Grundlæggende er det forventningen, at en lang række af de effektivitetsgevinster vi historisk har set i både husdyrproduktionen og planteproduktionen fortsætter frem mod perioden omkring 2050.

Fødevareproduktionsform

Som vist i kapitel 2 er der betydelige forskelle i arealaftrykket pr. produceret kalorie i de forskellige danske fødevareproduktionssystemer. Men det er entydigt, at en plantebaseret fødevareproduktion generelt har et lavere arealaftryk end den animalske, hvis man alene ser på kalorier pr. ha. De to fremtidsbilleder er derfor differentieret på den måde, at hovedvægten i den ene ("Optimering") ligger på den animalske produktion, mens den plantebaserede fødevareproduktion er den primære produktionsform i den anden ("Transformation").

Udfordringerne for den animalske produktion i Optimeringsfremtidsbilledet er et relativt højt areal- og drivhusgasaftryk. Derfor er en justering og optimering af produktionen nødvendig for at nå en bæredygtig produktion, hvis disse aftryk skal nedbringes.

Udfordringen for den plantebaserede produktion i Transformationsfremtidsbilledet er, at der skal udvikles den nødvendige teknologi til at omdanne planter til fødevarer af tilstrækkelig smags- og ernæringsmæssig kvalitet til at de reelt kan erstatte de tilsvarende animalske produkter.

De mest centrale præsenteres her.

Husdyrholdet

Der er dyr i begge fremtidsbilleder, men en betydelig forskel i både antal og produktionsform, se Tabel 5.

Tabel 5: Dyr i produktionen i fremtidsbillederne, Kilder: (Statistikbanken, 2023c, L&F, 2021)

Dyr\Fremtidsbillede	2019*	Optimering	Transformation
Malkekvæg	565.324	70 %	0 %
Kødkvæg	221.000	60%	45 %
Svin	12.300.000	80 %	1 %
Fjerkræ	23.000.000	100 %	40 %

* Udgangspunktet for DK-BioRes data.

Selv i Optimeringsfremtidsbilledet falder antallet af dyr i de danske produktionssystemer, men faldet i antal modvirkes eller opvejes af en stigning i effektivitet. Produktionsformerne vil i vid udstrækning se ud som de gør i dag, med større enheder som følge af den almindelige strukturudvikling i erhvervet.

En betydelig del af oksekødsproduktionen i dag stammer fra udtjente malkekøer. Fraværet af malkekvæg i Transformationsfremtidsbilledet betyder ikke alene, at der ikke produceres komælk, men at der også er et markant fald i kødproduktionen. Kalorieproduktionen – og de næringsmæssige indhold – af både kød og mælk vil skulle erstattes af plantebaserede alternativer.

Dyreholdet i Transformationsfremtidsbilledet er fokuseret på fritgående dyr, hobbybrug eller højt specialiserede bedrifter, og kødkvæget er primært naturplejere i naturarealer, hvor de spiller rollen som store græssere. For at simulere det naturlige græsningstryk i et velfungerende økosystem, er der gennemsnitlig 3 ha pr. individ (Fløjgaard et al., 2021).

Afgrødetyperne

Forskellene i antallet af dyr resulterer i et markant forskelligt arealforbrug til foderproduktion i de to fremtidsbilleder. For at sikre den tilstrækkelige kalorieproduktion dyrkes der i stedet for dyrefoder en række andre afgrøder, og den samlede afgrødefordeling er derfor også ret forskellig mellem de to fremtidsbilleder.

Optimering

Både korn og majs andel af det dyrkede areal er halveret. Disse afgrøder dyrkes i dag primært som dyrefoderprodukter, og i fremtiden forventes en større del af det danskproducerede foder at stamme fra protein fra bioraffineret græs og græsning på

permanente græsarealer. Arealerne med højproduktivt græs tredobles, mens det permanente græsareal bliver ca. 50 pct. større. Andelen af arealer med bælgfrugter – fx soja, ærter, kikærter, linser og hestebønner – femdobles, da det høje proteinindhold vil være vigtigt i fødevarerproduktionen. Grøntsager, roer og frugtproduktionen er mere eller mindre uændret.

Transformation

Andelen af arealet, hvor der dyrkes korn og majs, falder til en tiendedel, da disse afgrøder kun dyrkes til menneskeføde. Arealet med bælgssæd er lidt mere end femdoblet, og er på det maksimale niveau, hvis der skal tages hensyn til det nødvendige sædskifte for bælgfrugter. Arealet med raps er fordoblet, roer tredoblet og højproduktivt græs er mere end tredoblet, alt sammen afgrøder, der blandt andet leverer værdifulde proteiner og olier til bioraffineringsprocesser, der fører til de plantebaserede fødevarer. Andelen af arealet, hvor der dyrkes grøntsager og kartofler, er steget. Frugt- og nøddeplantager fylder en langt større andel af det dyrkede areal end i dag. Permanente græsningsarealer er stort set forsvundet, da hovedparten af det dyrehold der eksisterer, græsser i naturområder som en del af naturplejeindsatsen.

Skovenes rolle i biodiversitetsindsatsen

Skovene spiller en meget central rolle i indsatsen for at forbedre biodiversiteten i Danmark. Det er i skoven, at biodiversiteten enten er eller har potentiale til at være størst, og jo større andel af de eksisterende skove vi allokerer til biodiversitetsbeskyttelse, desto hurtigere vil vi kunne opnå positive effekter (Ejrnæs et al., 2022). Men jo mere man bruger de eksisterende produktions-skove til biodiversitetsfremme, desto mere vil man reducere mulighederne for træproduktion i Danmark på den korte og mellemlange bane. Selv hvis man planter ny produktions-skov, for at erstatte den skov man tager ud af produktion, går der mange årtier før der kan høstes gavntræ.

Skoven som producent af biodiversitet

Det er en forudsætning, at der etableres en brugbar forretningsmodel, hvis store, privatejede skove med høj biodiversitetsværdi eller -potentiale skal levere biodiversitet fremfor traditionel skovdrift med træproduktion. Denne model bør sikre, at den værdi samfundet tilskriver en god og robust biodiversitet, afspejles i en form for markedsværdi. Denne analyse fokuserer alene på areal- og ressourcekonsekvenserne, men i den kommende opsamlingsrapport til projektet "Fremtidens Arealanvendelse" vil de regulatoriske og økonomiske virkemidler blive belyst.

En betydelig beskyttelsesindsats i de eksisterende danske skove vil altså medføre et tilsvarende dyk i dansk træproduktion de næste 50-70 år, og omfanget undersøges i de to fremtidsbilleder. I Optimeringsfremtidsbilledet udlægges i alt 75.000 ha af den eksisterende skov til urørt skov (jf. Natur- og biodiversitetspakken fra 2020) (Regeringen, 2020), mens det i Transformationsbilledet er i alt 390.000 ha. Konsekvenserne på fordelingen mellem produktions-skov og urørt skov kan ses i Tabel

6. Produktionsskoven mere end erstattes med nyplantet produktionskov i Transformations-scenariet, men disse nyplantede skove forventes ikke at levere meget andet end tyndingstræ inden for tidsrammen.

Tabel 6: Konvertering af eksisterende produktionskov til urørt skov i de to fremtidsbilleder. I begge fremtidsbilleder rejses der desuden ny skov. (Statistikbanken, 2023a)(Biodiversitetsrådet, 2023)

	I dag	Optimering	Transformation
Produktionskov	510.000 ha	495.000 ha	175.000 ha
Urørt skov	60.000 ha	75.000 ha	390.000 ha

Skoven som mere end "enten/eller"

Skoven er formodentligt et af de produktionslandskaber, der har den bedste mulighed for at kombinere formål, bl.a. produktion og biodiversitetsbeskyttelse. Det sker allerede i dag. I denne analyse er formålet at undersøge yderpunkterne i beslutningerne, og af samme grund er det opstillet som enten produktion eller biodiversitetsbeskyttelse. I realiteten vil der være mulighed for en glidende overgang, både i form af driften på arealerne og i fordelingen mellem arealer med hhv. biodiversitetsbeskyttelse og produktion som hovedfokus. Rammerne for en skovproduktion, med mere sammenflydende hensyn til både biodiversitet og produktion, vil skulle fastlægges med blik til både nationale og europæiske rammer for biodiversitetsindsats.

5.3 Rammerne for fremtidsbillederne

Der er truffet en række af beslutninger, der rammesætter fremtidsbillederne, og som vil have betydning for resultaterne. Af de væsentligste skal nævnes:

- Frigivne arealer udlægges til natur
- Markedet sikrer, at al biomasserester føres gennem en kaskadeudnyttelse, for til sidst at føres tilbage til produktionsarealet
- Brugen af biomasse til energiproduktion er det sidste led i anvendelseskæden, inden næringsstofferne tilbageføres til produktionsarealet

Effektivitetsgevinst omsættes til frigivet areal til natur

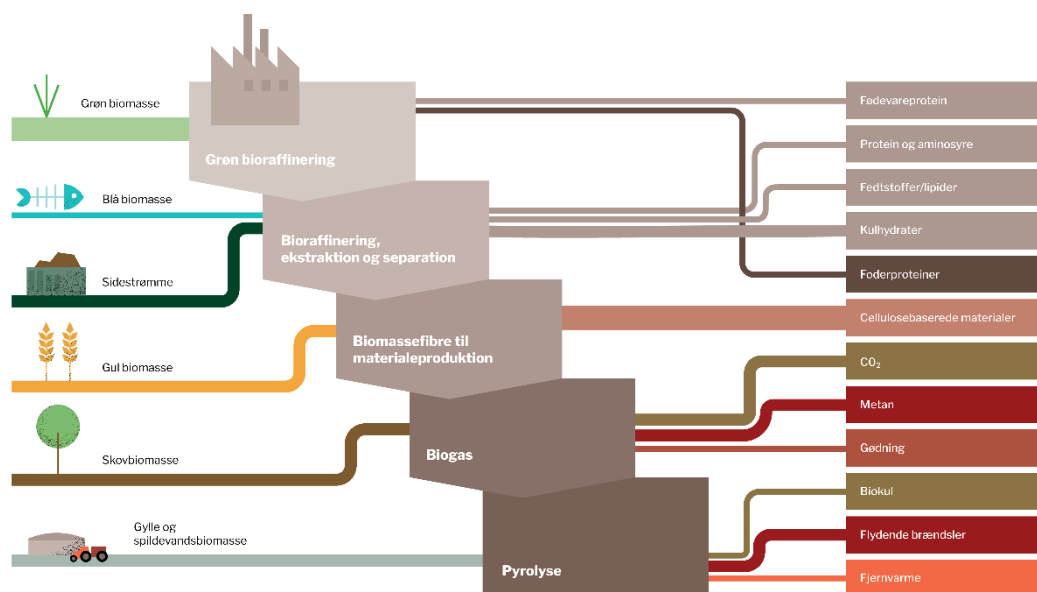
Gennem effektivisering og omlægning af fødevareproduktion vil der kunne produceres mere mad på et mindre areal i begge fremtidsbilleder. Dette vil frigive areal, hvoraf en andel vil kunne bruges til skovrejsning. Resten vil kunne bruges til andre formål. Det kunne være større byer, mere landbrugsproduktion (for at øge den samlede produktion yderligere), men i denne analyse er det af illustrative grunde antaget, at hele arealgevinsten fra effektiviseringen omsættes til arealer til natur og biodiversitetsformål.

Hvordan skal effektiviseringsgevinster blive til frigivet areal?

Denne analyse beskæftiger alene med mekanikken forbundet med en ændret arealanvendelse, og viser de potentielle arealgevinster uden at forholde sig til, hvordan de reelt skal ændre anvendelse – juridisk, økonomisk og kulturelt. Dette spørgsmål vil blive behandlet i den kommende opsamlingsrapport, hvor rammen omkring fremtidens arealanvendelse vil blive undersøgt.

Al biomassemateriale kaskadeudnyttes

En betydelig del af den biomasse der i dag produceres, ender i en eller anden form for energiproduktionsanlæg. Fx produceres der store mængder korn i dag, hvor selve kornet er primærproduktet, mens stråene er en rest, der bruges til forbrænding eller i biogasanlæg. Disse biomasserester indeholder en lang række potentielle højværdiprodukter, som kan bruges i fødevarerindustrien eller til kemikalier, medicin fremstilling eller andre materialer. Disse udnyttes ikke i dag, men i fremtidsbillederne vil disse biomasserester blive udnyttet i kaskade af forskellige processer – bioraffinering, ekstrahering og andre processer, inden de udnyttes til energiformål, se Figur 18. Dette øger potentielt værdien af den producerede ikke-spiselige biomasse. Kaskademodellen er beskrevet i Appendix.



Figur 18: Eksempel på kaskadeudnyttelse af biomasse. Kilde:(Ambye-Jensen, 2022)

Hvad kan bioraffinerede produkter bruges til?

Bioraffinering af grøn biomasse kan give forskellige former for spiselige proteinkoncentrater, samt fiber, pulp og brunsaft, der kan bruges i andre processer. Bioraffinering kan også føre til en sukkerplatform, der kan udnyttes i andre processer. Dette kunne være til forskellige former for "byggekloids" kemikalier (polyethylene, polylaktat, der kan bruges til plast-fremstilling) eller som input til fermenteringsprocesser

Ekstraktion og separation af biomasse kan producere både aminosyrer og lipider, der kan bruges i fødevarer og foder.

Biomassefibre, hvilket også omfatter trærester, kan ud over at blive lavet til papir, pap og lignende, også udnyttes til tekstiler, emballagemateriale eller isolering.

Biogasanlæg omdanner biomassen til metan, CO₂ (der kan opsamles og anvendes eller lagres), samt en rest, der kan behandles yderligere eller bruges som gødning på markerne.

Pyrolyse, der er opvarmning af biomasseresten uden ilt, producerer biokul, en stabil kulstofrig rest, der potentielt kan bruges til jordforbedring, samt flydende brændsel og energi i form af varme.

Energiproduktion er den sidste anvendelse af biomasse

I fremtidsbillederne antages det, at vedvarende energiproduktion som sol, vind og geotermi er blevet de primære energiformer, og at de er både rigelige og billige. Biomassebaseret energi er i vid udstrækning udfaset, dels fordi værdien af biomassen til andre formål vil være højere end til energiproduktion. Desuden er arealaftrykket ved biomasseproduktion til energiformål meget højt, set i forhold til de øvrige arealbehov fremtidens bæredygtige samfund har. Det betyder, at der ikke produceres biomasse med det primære formål at lave energi, hverken flydende brændstoffer eller kraft-varmeproduktion, men at al biomasse først udnyttes i kaskadeprocesser, inden den sidste rest ender i energianlæggene. Eksempelvis vil tyndingstræ fra de første par tyndinger i nyplantede skove indgå i kaskadeudnyttelsen, frem for til direkte til energi, som er tilfældet i dag.

6. Fremtidsbillederne

I dette kapitel præsenteres de to fremtidsbilleder for den biologiske produktion.

6.1 Fremtidsbillede I: Optimering

Et blik ind i fremtiden

Det danske landskab er præget af, at husdyr – køerne, grisene og kyllingerne – stadig er et centralt omdrejningspunkt for den danske fødevarerproduktion. Marker, hvor der dyrkes foder, dominerer landskabsbilledet. En intens forskningsbaseret effektivisering har gjort klima- og miljøbelastningen ved husdyrproduktionen mindre, og gjort det muligt at reducere det dyrkede areal uden at gå på kompromis med fødevarerproduktionen. En tæt integration af samtlige led i produktionskæderne fra primærproducenter til forarbejdningsindustri sikrer effektiv udnyttelse af de producerede. De arealer, der ikke længere dyrkes, er primært lavbundsjorder, marginale og lavtydende landbrugsjorder, eller jorder der taget ud af hensyn til kvælstofindsatsen.

Foderproduktionen fylder mere end halvdelen af det dyrkede areal. Særligt græs til foder er udbredt, da bioraffineringssteknologier gør det muligt at lave proteinrigt dyrefoder af græsset. Produktionslandskabet er domineret af højteknologiske bedrifter med store dyrkede arealer, men der findes også mindre dyrkningsfællesskaber med forskellige former for mere naturnær og regenerativ drift.

Nettobehovet for import af foder er reduceret, da meget mere produceres på bioraffineret græs. Udledningerne af drivhusgasser er faldet i takt med, at ny teknologi, afgrøder og driftsformer er blevet introduceret, og på grund af det mindre dyrkningsareal og de målrettede udtag, er kvælstofudvaskningen bragt ned til et niveau, der betyder en fremgang i sundheden i de danske søer, åer og fjorde.

Stigningen i den samlede kalorieproduktion skyldes, at de plantebaserede fødevarer er vokset i omfang. Særligt er de proteinrige bælgfrugter blevet en betydelig andel af fødevarerproduktionen. Ud over dyrefoder, bioraffineres en del af græsset også til ingredienser til fødevarer.

De gamle danske skove er stadig hovedsageligt produktionskove, der leverer både tyndingstræ og gavntre i stort set samme niveau som i 2020'erne. Dokumenteret bæredygtig skovdrift, med en højere andel af naturnære skovdyrkningsprincipper, har øget biodiversiteten og robustheden i skovene. Nyplantede produktionskove på den marginale landbrugsjord, der er blevet taget ud af omdrift, er på vej mod den produktive fase.

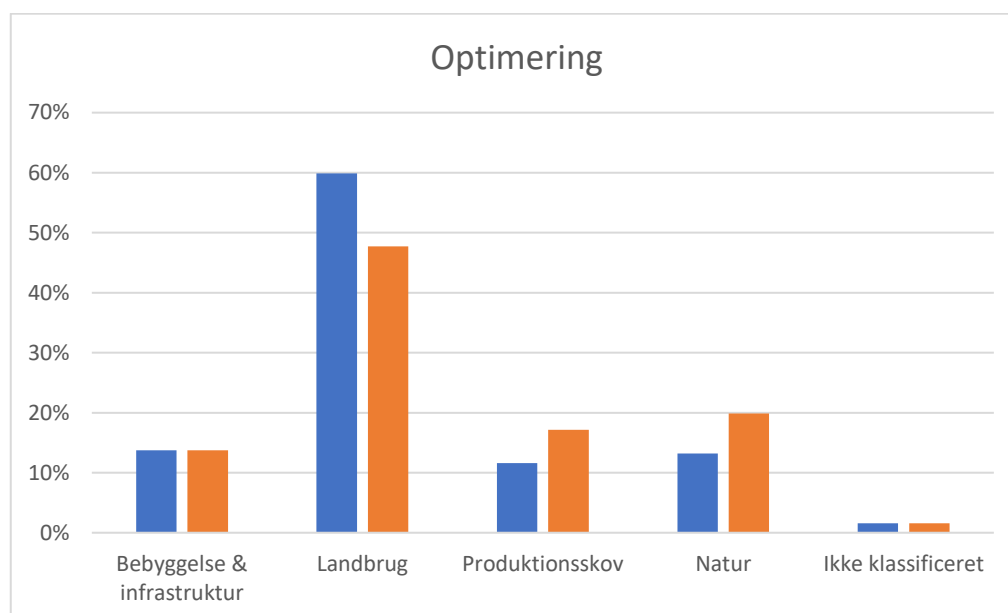


Arealerne

De danske landbrugsarealer er faldet i størrelse. Fra at dække lidt over 2,5 mio. ha dyrkes der nu på omkring 2 mio. ha, og dermed er kun 48 pct. af landet dækket af landbrugsproduktion, se Figur 19.

Arealet med *produktionsskov* er steget i størrelse. Hovedparten af de skove, der blev brugt til produktion i 2024, er fortsat i omdrift. Dertil er der rejst yderligere ca. 250.000 ha produktionsskov, og det samlede areal med skove i omdrift er på omkring 730.000 ha, ca. 17 af det danske areal.

Naturarealerne er vokset med omkring 287.000 ha, med 12.500 ha produktionsskove, der er konverteret til urørt skov, og 275.000 ha landbrugsjord, der er udtaget til natur- og biodiversitetsformål. Der er dermed samlet lige omkring 850.000 ha udlagt til biodiversitet, svarende til 20 pct. af det danske areal. Af disse er ca. 75.000 ha gammel naturskov (etableret før 2019).



Figur 19: Arealfordelingen i hhv. 2019 og 2050. Kilde: DK-BioRes-modellen og egne beregninger

Ud over dyrkningen i Danmark, er der fortsat import af foder fra udlandet. Men som følge af færre husdyr og en højere hjemlig produktion af græs-baseret fodermaterialer, er arealet reduceret til ca. 780.000 ha. Det samlede, globale arealaftryk fra de danske produktionssystemer (landbrug og skov) er faldet fra ca. 5 mio. ha til knap 3,6 mio. ha, et fald på ca. 29 pct. i forhold til 2019.

Klimaeffekterne og betydningen for udvaskning

Udledningen af drivhusgasser vil ændres markant i forhold til 2019. En reduceret husdyrbestand og implementering af effektive reduktionsteknologier har bragt udledningerne fra den animalske produktion markant ned. Dyrkningen af markerne er ligeledes faldet som følge af nye teknologi, metoder og afgrøder, samt udtag af

lavbundsgræs og den samlede udledning fra landbruget er på ca. 4½ mio. ton/år, en reduktion på lidt over 70 pct. i forhold til 2019.

Den øgede skovrejsning og etablering af naturarealer har bidraget til at binde CO₂ i biomasse over og under jorden. Der bindes 5- 5½ mio. ton CO₂ årligt, hvormed den samlede arealanvendelse samlet set er klimapositiv, med ca. 1 mio. ton optag/år.

Udvaskningen af reaktive næringsstoffer til vandmiljøet vil falde betragteligt. Effekten vil afhænge af, hvor landbrugsdrift erstattes af enten skovproduktion eller naturarealer, men med et samlet udtag af landbrugsjord på ca. 520.000 ha er det meget sandsynligt, at den nuværende målsætning for vandmiljøets tilstand vil kunne nås, enten alene ved udtag eller i kombination med andre virkemidler.

Produktionen

Den samlede danske kalorieproduktion er steget med ca. 50 pct. i forhold til 2019, hvilket er en grundpræmis i analysen. På trods af, at den animalske produktion fortsat er betydelig, er andelen af den samlede kalorieproduktion faldet fra lidt under 50 pct. fra æg, kød og mejeriprodukter i 2019 til lidt over 25 pct. i fremtidsbilledet. Dette hænger i vid udstrækning sammen med, at den plantebaserede proteinproduktion fra både bælgsæd og bioraffineret græs er steget betydeligt – bælgsæd er firdoblet og græs til fødevarer er steget fra ingenting til et bidrag i samme størrelse som det fra kødproduktionen.

Bælgsæd dyrkes på omkring 250.000 ha, og arealet til græsproduktion er næsten fordoblet til omkring 900.000. Omvendt fylder korndyrkningen knap det halve af arealet i 2019, omkring 680.000 ha. Dette hænger sammen med, at korn til foder i stort omfang er blevet erstattet af græs til foder, der har en højere produktivitet pr. ha. Behovet for gødning er faldet med 24 pct. i forhold til 2019, og derfor er det samlede behov for import af gødning også faldet, med lige under 30 pct.

Den samlede arealeffektivitet på den danske kalorieproduktion ligger på ca. 8 mio. kcal/ha.

6.2 Fremtidsbillede II: Transformation

Et blik ind i fremtiden

Den teknologiske udvikling og en ny global fødevarer efterspørgsel har ændret det danske landskab. I løbet af de foregående 10-15 år er plantebaserede alternativer til animalske produkter blevet så billige og kan fremstilles med så høj en kvalitet, at animalske produkter nu er nicheprodukter.

Danmark har været i front på denne overgang til plantebaseret kost, og er blevet specialister i at skabe høj kvalitetsfødevarerprodukter gennem blandt andet præcisionsfermentering, bioraffinering og kultiveret kød. Danske mejerier producerer et bredt udvalg af mælk, ost og yoghurt, alt sammen produceret uden en eneste ko i produktionen. De nye værdikæder er bygget op omkring samme model som andelsbevægelsen, og har integreret både primærproducenter og forarbejdningsvirksomhederne i værditilvæksten fra de nye produktionsformer. Rammerne for den danske fødevarerindustri er konstrueret til at forhindre monopollignende tilstande omkring de nye forarbejdningsprocesser. Input til den højteknologiske fødevarer- og materialeindustri bliver dyrket på marker og i industrielle anlæg.

Landskabet varierer mellem de store højteknologiske produktionsenheder og mindre, mere varierede bedrifter, hvor både professionelle gårdejere og dyrkningsfællesskaber dyrker friske grøntsager, frugt og nødder af høj kvalitet på friland og i drivhuse. Det er også kun hos højt specialiserede producenter, hobbylandbrug eller dyrkningsfællesskaber, man støder på de få dyr, der stadig findes i Danmark. De holdes på friland eller bruges til at græsse i de lysåbne skove, som en del af landskabsplejen. Kornmarkerne er veget for marker med græs, bælgfrugter, roer og forskellige frugt- og nøddeplantager og variationen i, hvad der dyrkes, har givet et nyt landskab.

Overgangen til plantebaseret fødevarerproduktion har øget arealeffektiviteten så betydeligt, at store arealer kan udtages fra produktion og dedikeres til andre formål, uden at den samlede fødevarerproduktion falder. Samtidig er udledningen af både drivhusgasser og næringsstoffer faldet betragteligt, og de danske vandløb og fjorder er i tydelig bedring.

En stor del af de eksisterende skove blev i løbet af 2020'erne omlagt til naturskove uden den store træproduktion. Siden da er der blevet gjort en massiv indsats for at plante nye produktionsskove, og arealet med produktionsskov er nu større end det nogensinde har været før. Men de nye produktionsskove er unge, og den danske produktion af træ er derfor faldet betragteligt siden 2020'erne.

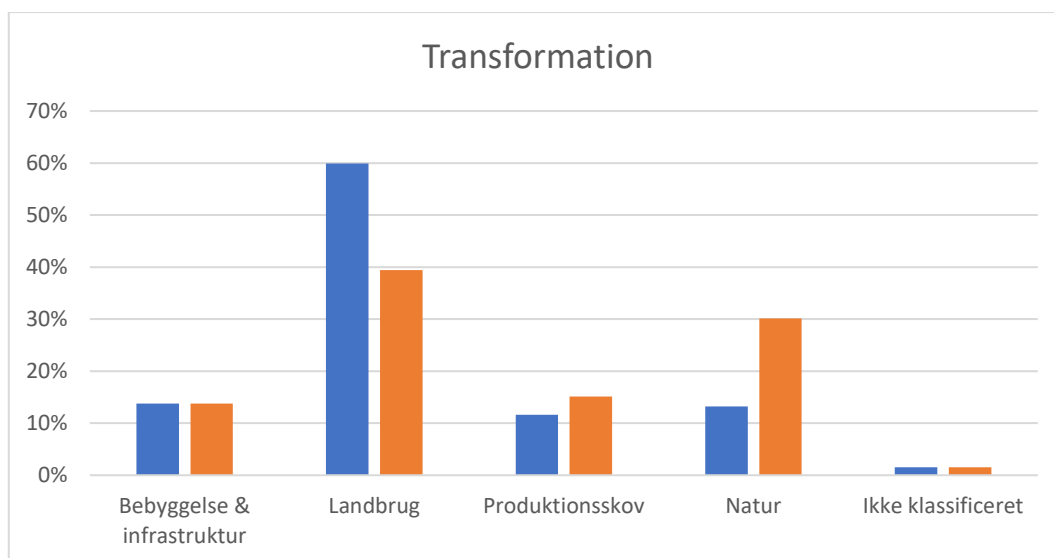


Arealerne

De danske landbrugsarealer er faldet betydeligt i størrelse. Fra at dække lidt over 2,5 mio. ha dyrkes der nu på omkring 1,7 mio. ha, og dermed er kun 39 pct. af landet dækket af landbrugsproduktion, se Figur 20.

Arealet med *produktionsskov* er steget i størrelse, men da man valgte at beskytte omkring 70 pct. af de eksisterende i skove i 2020'erne af hensyn til biodiversiteten, er langt størstedelen af produktionsskove unge skove, der endnu ikke er begyndt at levere træ. Der er siden 2025 rejst 480.000 ha produktionsskov, ca. 20.000 ha/år, og det samlede areal med skove i omdrift er på omkring 650.000 ha, ca. 15 pct. af det danske areal

Naturarealerne er vokset med omkring 730.000 ha, med ca. 330.000 ha produktionsskove, der er konverteret til urørte skove, og 400.000 ha landbrugsjord, der er udtaget til natur- og biodiversitetsformål. Der er dermed samlet lidt under 1,3 mio. ha udlagt til biodiversitet, svarende til 30 pct. af det danske areal. Af disse er ca. 390.000 ha gammel naturskov (etableret før 2019).



Figur 20: Arealfordelingen i hhv. 2019 og 2050. Kilde: DK-BioRes-modellen og egne beregninger

På grund af det store fald i husdyrholdet er der ikke længere behov for foderimport fra udlandet. Arealforbruget i udlandet til de danske produktionssystemer er derfor reduceret med lige under 2 mio. ha. Det samlede arealaftryk fra de danske produktionssystemer (landbrug og skovbrug) er ca. 2,3 mio. ha, og er dermed faldet med 53 pct. i forhold til 2019.

Klimaeffekterne og betydningen for udvaskning

Udledningen af drivhusgasser er faldt markant i forhold til 2019. Husdyrbestanden er markant reduceret, da der praktisk talt ikke længere er en industriel animalsk produktion i landet, hvilket har betydning for de samlede udledninger. Dyrkningen af markerne er ligeledes faldet som følge af nye teknologi, metoder og afgrøder, samt udtag af lavbundsjord. Den samlede udledning fra landbruget er på ca. 3½ mio. ton/år, en reduktion på omkring 78 pct. i forhold til 2019.

Den øgede skovrejsning og etablering af naturarealer bidrager til at binde CO₂ i biomasse over og under jorden, og bidrager i dette fremtidsbillede med en binding på 6½-7 mio. ton, hvormed arealanvendelsen samlet er klimapositiv med et årligt CO₂-optag på ca. 3½ mio. ton.

Udvaskningen af reaktive næringsstoffer til vandmiljøet vil falde betragteligt. Effekten vil afhænge af, hvor landbrugsdrift erstattes af enten skov eller naturarealer, men med et samlet udtag landbrugsjord på ca. 880.000 ha, der konverteres til enten natur eller produktionsskov, er det meget sandsynligt, at den nuværende målsætning for udvaskning vil kunne nås.

Produktionen

Den samlede danske kalorieproduktion er steget med 51 pct. i forhold til 2019, hvilket er en grundpræmis i analysen. Der er fortsat en lille produktion af både kød og æg fra landskabsplejende kvæg og de forskellige frilands- eller højtspecialiserede husdyrhold. Der er ingen animalsk mejeriproduktion, da fermenteringsprocesser har erstattet mælkeproduktionen. Den animalske andel af den samlede kalorieproduktion er omkring 1 pct. De animalske fødevarer er erstattet af plantebaserede alternativer, baseret på proteinrige afgrøder som bælgfrugter og bioraffineret græs. Derudover spiller olieafgrøder og kartofler samt ikke-arealkrævende produktioner (vertikal farming, svampe etc.) en væsentlig rolle i den øgede fødevareproduktion.

Bælgsæd dyrkes på omkring 220.000 ha, og arealet til græsprøduktion er steget med omkring 24 pct. til ca. 630.000 ha. En del af dette græs bruges til materialeproduktion og ikke fødevarer. Korndyrkningen optager kun omkring 200.000 ha, ca. 14 pct. af det dyrkede areal. Dette hænger sammen med, at korn til foder i stort omfang er blevet erstattet af græs til fødevarer, der har en højere produktivitet pr. ha. Behovet for gødning er faldet med 32 pct. i forhold til 2019, men da der stort set ingen dyr er, er behovet for import af gødning steget med omkring 86 pct.

Den gennemsnitlige arealeffektivitet af den danske kalorieproduktion er på ca. 13,2 mio. kcal/ha.

6.3 Fremtidsbillederne side om side

Der er stor usikkerhed forbundet med at modellere verden, som den måske ser ud om 25 år, og man skal derfor være varsom i tolkningen af de præcise tal, der kommer ud af analysen. Men udover at sige noget om de store tendenser og konsekvenser i de enkelte fremtidsbilleder, er der en del at lære ved at sidestille de to fremtidsbilleder og sammenholde dem med modellernes tal for 2019.

Arealanvendelsen, udledningerne og arealeffektiviteten

Ser man alene på klimaregnskabet, er der ikke en fundamental forskel på de to fremtidsbilleder, men tages arealaftrykket med i betragtningen, skiller de sig pludselig meget klart ud, se Tabel 7. Er målet at finde plads til at 30 pct. af det danske areal til biodiversitet, bliver udfordringen meget stor, hvis der fortsat skal være en stor husdyrproduktion i Danmark. I så fald vil det være i de eksisterende skove, hvor biodiversitetsarealerne skal findes.

Det samlede arealaftryk af fødevareproduktionssystemet påvirkes også betydeligt, og det danske arealaftryk fra vores hjemlige fødevareproduktion i udlandet falder i takt med, at planter kan erstatte dyr som producent af vores fødevarer.

Tabel 7: Areal og klimaeffekter af de to fremtidsbilleder

Arealforbrug:	2019	Optimering	Transformation
Bebyggelse & infrastruktur	14%	14%	14%
Landbrugsafgrøder	60%	48%	39%
Produktionsskov	12%	17%	15%
Natur	13%	20%	30%
Ikke klassificeret	2%	2%	2%
Areal med landbrug, DK	2,5 mio. ha	2 mio. ha	1,7 mio. ha
Areal med produktion, DK	3 mio. ha	2,8 mio. ha	2,4 mio. ha
Dyrket areal i udlandet	2,0 mio. ha	0,8 mio. ha	-
Udledninger fra landbrug	15,9 mio. ton CO ₂ e	4½ mio. ton CO ₂ e	3½ mio. ton CO ₂ e
Optag i skov og natur	2,7 mio. ton CO ₂ e	5-5½ mio. ton CO ₂ e	6½-7 mio. ton CO ₂ e
Samlede udledninger/optag	13,2 mio. ton CO ₂ e	- 1 mio. ton CO ₂ e	- 3½ mio. ton CO ₂ e
Produktion pr. ha	3,4 mio. kcal/ha	8 mio. kcal/ha	13,2 mio. kcal/ha

Kaskadeudnyttelsen

Kaskademodellen giver os mulighed for at vurdere, hvordan de enkelte fremtidsbilleder påvirker forskellige led i kaskaden, og dermed give et fingerpeg om de afledte effekter af de to fremtidsbilleder på denne del af værdikæden. Udgangspunktet for sammenligningen er resultatet af kaskademodellen, hvis man kørte den på 2019-tallene. På den baggrund kan vi se, om potentialet for forskellige produkter fra kaskadeudnyttelsen er større eller mindre end potentialet er i dag.

Tabel 8: Potentialet for forskellige bio-produkter fra kaskadeudnyttelsen, set i forhold til 2019-potentialet

Potentiale ifht. 2019-potentiale	Optimering	Transformation
Protein og aminosyre ingredienser	147%	243%
Lipidingredienser	147%	243%
Carbonhydrat ingredienser	147%	243%
Ligningcellulosefibre	128%	183%
Gødning	94%	51%
Biogas, energibidrag	94%	51%
Pyrolyse/fjernvarme, energibidrag	94%	51%
Biokul, CO ₂ optag	94%	51%

Tabel 8 viser, at begge fremtidsbilleder har et højere potentiale for at producere forskellige protein-, lipid- og carbonhydratingredienser. Dette hænger sammen med, at planteproduktionen i begge billeder er højere end i dag, og at denne del af kaskadeudnyttelsen sker på baggrund af forskellige former for planterester.

Det samme billede, om end mindre udtalt, gør sig gældende ved potentialet for at udvinde ligningcellulosefibre. Kaskademodellen lægger op til, at det træ, der i dag brændes af som hugstaffald, fordi det er for småt til at blive udnyttet til træprodukter, kan udnyttes i denne proces i fremtiden. Da træproduktionen i Transformationsbilledet falder betydeligt, bliver effekten af, at der i øvrigt er mere biomasse til rådighed fra fødevarerproduktionen, mindre.

Kaskademodellen antager en meget høj udnyttelsesgrad i den proces, hvor ligningcellulosen udvindes, og det vil sige, at den rest der går videre, generelt er meget lille. Det betyder, at de skridt der kommer herefter i kaskadeudnyttelsen, er meget afhængige af det input, der kommer efter ligning-ekstraheringen. Dette input er spildevandsslam og husdyrgylle, og her viser den store forskel i husdyrholdet sig. Hvor Optimeringsbilledet har omtrentligt det samme potentiale for gødning, energiproduktion og fremstilling af biokul som i 2019, har Transformationsbilledet et potentiale, der er omtrent det halve. Dette skyldes ene og alene det store fald i mængden af husdyrgylle.

Det er værd at erindre, at dette er med udgangspunkt i modellens antagelser om værdihierarkiet imellem de forskellige produkter. Er biokul fx mere værd end ligningcellulose, vil dette led blive sprunget over, og potentialet for biokul vil under disse omstændigheder være langt større i begge fremtidsbilleder.

Produktion af gavntræ

Der er en tydelig forskel imellem de to fremtidsbilleder, når det kommer til produktionen af gavntræ. Dette er en direkte konsekvens af, at knap 80 pct. af de

produktionsskove, der eksisterer i 2019, bliver taget ud af produktion og erstattet af nye produktionsskove, der plantes på landbrugsjord. Selv med en hurtig indsats for tilplantning, går der mange år før de nye skove for alvor begynder at levere træ, også selvom det samlede produktionsskoveareal i fremtidsbilledet er større end i 2019. Der går ganske simpelt mange år, før man for alvor kan begynde at høste gavntræ i en nyplantet skov. Derfor er produktionen af gavntræ faldet med 50 - 30 pct. I Transformationsbilledet, mens det er øget en smule i Optimeringsbilledet, hvor produktionsskoven fra 2019 kun har afgivet et meget lille areal til natur, og derudover har øget det samlede areal med nye produktionsskove, se Tabel 9.

Tabel 9: Produktionen af gavntræ, set i forhold til niveauet i 2019.

Potentiale ifht. 2019-potentiale	Optimering	Transformation
Produktion af gavntræ	105%	50-70%

7. Fremtidens arealanvendelse

Fremtidsbillederne er to meget forskellige versioner af en bæredygtig fremtid. Uanset hvilket fremtidsbillede man vælger at sigte imod, er der visse ting, der er nødvendige at sikre, og visse dilemmaer, der kræver vores overvejelse:

- Vi skal realisere en stor teknologisk udvikling
- Plantebaserede fødevarer skal fylde mere i vores forbrug
- Skovens rolle som hhv. biodiversitetsbeskytter og materialeproducent skal afvejes
- Reel bæredygtighed vil kræve adfærdsændringer, uanset den teknologiske udvikling

7.1 Vi skal realisere en stor teknologisk udvikling

Uanset fremtidsbillede er det tydeligt, at en målrettet indsats for at udvikle vores fødevarereproduktion vil kunne medføre øget fødevarereproduktion på et mindre areal, men også at den udvikling er afgørende, set i lyset af den stadig voksende globale efterspørgsel efter fødevarer. Udviklingen skal ske simultant på flere områder:

- Optimeret produktion
- Udvikling af nye biosolutions
- De økonomiske og juridiske rammer

Graden og hastigheden af den teknologiske gennemslagskraft er som beskrevet svær at spå om. Bliver det et lineært forløb, bliver den mere eller mindre stejl, eller bliver det en S-kurve med et abrupt skifte? En vision for fremtidens arealanvendelse bør formes, så den kan tage højde for den reelle udvikling undervejs.

Optimeret produktion

Det er afgørende at nedbringe klima- og miljøaftrykket ved produktionen, men også at øge produktionen pr. areal. Danske forskere har med stor detaljering peget på potentialerne og de nødvendige indsatser, der skal sikre at vi når vores mål (Olesen et al., 2021). Det dækker over udvikling af nye dyrkningsteknologier, forvaltningsformer, alvsprogrammer og brug af nye teknologiske muligheder for at optimere, fx præcisionslandbrug og arealfri dyrkningsformer som vertikal farming. Forsknings- og udviklingsindsatsen skal styrkes, målrettes og systematiseres, og udformes så den understøtter den langsigtede vision for Danmark.

Udvikling af nye biosolutions

Biosolutions er en integreret del af begge fremtidsbilleder. Selv hvor den animalske produktion bibeholdes, skal den stigende kalorieefterspørgsel dækkes med plantebaserede kalorier. Der vil selv i dette billede være brug for processer, der kan omdanne proteinrigt plantemateriale til fødevarer med smag, struktur og ernæringsmæssige kvaliteter, som folk gerne vil have. Og skal den animalske produktion helt erstattes, skal der kunne produceres en række produkter, der fuldt ud erstatter de animalske.

Udviklingen i disse løsninger er resultatet af en global bevægelse, men Danmark er hjemland for virksomheder med international tilstedeværelse og stor innovationskapacitet og -vilje. Danmark er derfor i en unik styrkeposition til at påtage sig en del af pionéransvaret (IRIS Group, 2021).

I disse fremtidsbilleder er det særligt mulighederne for at omdanne græs til spiselige bestanddele, der udgør en hjørnesten. Denne teknologi vil kunne åbne op for en voldsom stigning i produktion af kalorier og protein pr. ha. Derudover vil udvikling af teknologier og processer, der kan nedsætte lattergasudledningerne fra markerne spille en større rolle i fremtiden, uanset fremtidsbillede.

Fokus eller bred sikring

Det er vanskeligt at spå om gennemslagskraften af de nye teknologier. Men i en verden, hvor ressourcerne er begrænsede, bør man tage en strategisk beslutning hvordan man vil fremme udviklingen. Vil man skyde bredt, og risikere at bruge ressource på noget, der senere hen viser sig overflødigt, eller vil man identificere et begrænset antal kritiske teknologier og fokusere på dem, for at øge chancerne for et gennembrud?

Det er ikke ude på bedrifterne, at denne udvikling skal finde sted. Produktionen på markerne er styret af efterspørgslen, og det nytter ikke at forsøge at tvinge dansk landbrug til at producere en arealeffektiv afgrøde, der ikke er nogen der vil købe. For at dette skal lykkes, skal der etableres nye værdikæder omkring de plantebaserede alternativer, og aktørerne vil formodentlig være en blanding af nye, højteknologiske biotek-virksomheder, der har viden til at lave de nye produkter, og eksisterende aktører i fødevarerbranchen, der har logistik, netværk og viden om erhvervet. Der er i Danmark gode traditioner for samarbejde mellem forskning, brancher og erhvervet, og det er derfor oplagt, at udvikling og udbredelse af nye fødevarer typer sker i partnerskaber med blik til hele værdikæden.

De økonomiske og juridiske rammer

Udviklingen af de nye teknologier skal være koordineret, men markedsdrevet. De økonomiske og juridiske rammer understøtter dette.

Klima, miljø og arealprisen på et produkt bør være reflekteret i de priser, forbrugerne oplever. De økonomiske rammer bør sikre et tydeligt prissignal, hvor den sande miljø-, klima- og arealomkostning er indarbejdet. En klimaafgift er et godt eksempel på dette, men er langt fra tilstrækkelig til at sætte de rette rammer. Det vil i vid udstrækning være en politisk opgave at sikre, at dette sker. Brede og langsigtede aftaler vil være nødvendige for at skabe tillid hos den del af samfundet, der skal investere i udviklingen.

Social bæredygtig omstilling

Sker der en hurtig omstilling til en ny måde at producere en del af vores fødevarer og materialer på, vil producenter kunne blive fanget i en situation, hvor deres måde at gøre tingene på i dag presses ud af markedet, og deres investeringer går tabt. Den grønne omstilling skal være socialt bæredygtig, og det er vigtigt at have et fælles fokus på de aktører, der kan blive ramt hårdt i processen, og som kan have brug for hjælp til tilpasse sig de nye forhold.

Mange nye produkter støder ind i problemer, alene fordi de ikke eksisterer som kategori i det juridiske system, og godkendelsesprocedurer kan være meget langstrakte. Hvor det er væsentligt at beskytte forbrugerne mod farlige, usikre eller usunde produkter, er det også vigtigt at reducere den administrative del af processen mest muligt.

De nødvendige værdikæder er ikke udviklet endnu til et punkt, hvor de kan blive kommercielle. Ud over teknologiudvikling, er der en lang række barrierer, der alene knytter sig til etableringen af nye virksomheder, og som ikke er unikke for plantebaserede fødevarer. Det handler om mulighederne for at sikre kapital, håndtering af usikkerheder i opstartsfasen, godkendelsesprocesser for nye produkter og lignende (IRIS Group, 2021). Et målrettet samarbejde med de offentlige myndigheder vil kunne understøtte, at disse barrierer overvindes og udrulningstiden reduceres.

Endelig er der et behov for at beskytte både forbrugere og de mindre producenter i Danmark. Teknologiske løsninger kan risikere at føre til monopollignende situationer, der i sidste ende stiller både forbrugere og producenter ringere. De juridiske rammer omkring udvikling og implementering af de nye løsninger skal sikre, at man undgår at ende i situationer, hvor en enkelt virksomhed reelt har monopol på en nødvendig teknologi eller proces.

7.2 Plantebaserede fødevarer skal fylde mere

Ud fra et klimaperspektiv alene er der meget lille forskel mellem de to fremtidsbilleder – begge har mulighed for som minimum at realisere klimaneutralitet. Men ser vi på det gennemsnitlige arealaftryk, er der en betydelig forskel. Er blot en tredjedel af kalorieproduktionen animalsk, halveres den potentielle arealeffektivitet, se Tabel 7. Ud over de globale udfordringer med at reducere klimapåvirkningerne, så er en reduktion af arealpresset fra produktionen, og mulighederne for at reetablere naturlige økosystemer af afgørende betydning for at sikre en overholdelse af de planetære grænser.

Skal Danmark agere foregangsland, vil en massiv klimaindsat kombineret med etableringen af et biologisk produktionssystem med den højeste mulige arealeffektivitet være værdifuld demonstration på global skala. Jo større satsning på plantebaseret

fødevarerproduktion, desto mere areal vil frigives i umiddelbar forbindelse med den danske produktion, men det vil også have potentialer langt ud over de danske grænser.

De animalske kalorier skal udskiftes

I 2019 kom lige omkring 46 pct. af de danskproducerede kalorier fra animalske kilder. En kørsel i DK-BioRes modellen, hvor denne animalske andel af kalorierne fastholdes, samtidig med at den samlede kalorieproduktion øges med 50 pct., viser, at dette vil kræve ca. 700.000. ha yderligere intensivt dyrket landbrugsareal – primært i udlandet. På trods af, at de forventede effektivitetsgevinster også slår igennem i dette billede, vil den samlede danske arealeffektivitet kun stige fra 3,4 til 4,6 mio. kcal/ha. Udledningerne fra fødevarerproduktion på dansk territorium vil ligge på lidt over 6 mio. ton. Klimaeffekten fra dyrkningen i udlandet er, som i de andre fremtidsbilleder, ikke med.

Dette viser, hvilken nøglerolle, plantebaserede fødevarer uundgåeligt vil spille i en bæredygtig fremtid, hvor arealer og arealanvendelsen vil have større betydning.

7.3 Skovenes rolle som leverandør af biodiversitet og træ

Allerede i dag er kun 20 pct. af det danske konstruktionstræ dyrket i Danmark (Lind & Damsgaard, 2021), og Nimb Larsen & Bo Larsen (2024) nævner en selvforsyningsgrad på omkring 30 pct. I det ene fremtidsbillede (Optimering) stiger gavntætræproduktionen en smule, mens den falder i det andet billede (Transformation). Her overgår hovedparten af de eksisterende skove fra produktion til biodiversitetshensyn, og træproduktionen henvises til nyplantede produktionsskove på tidligere landbrugsjorder. Det tager 50-60 år, fra en skov plantes til de kan levere gavntætræ. Uden store skift i forbrug eller en stor udbredelse af nye materialer (fra *biosolutions*) vil der fortsat være et stort behov for at importere træ, selv hvis vi markant nedbringer importen og afbrænding af træ til energi. I 2018 gik 86 pct. af træforbruget til energiformål (Brownell et al., 2023).

Det har en stor betydning for træproduktionen, hvor meget eksisterende skov, der tages ud af produktion af hensyn til biodiversiteten. Effekten skal ses i lyset af den meget lave forsyningsgrad, vi allerede har i dag. Tabet af produktion skal vejes op mod de potentielle biodiversitetsgevinster, der er i Danmark. Men det er også afgørende at medveje det pres, som en lokal dansk biodiversitetsindsats vil kunne lægge på udenlandske træressourcer og biodiversitet, gennem et øget behov for import af træ.

Skal der omlægges eksisterende, privatejete produktionsskov til biodiversitetsformål, er der i den forbindelse behov for at undersøge mulighederne for at kunne oversætte samfundets værdi til driftsøkonomi

Også i relation til byggeriet og industrien vil udviklingen inden for biosolutions være af stor betydning. Med de rette teknologier vil plantemateriale kunne omdannes til forskellige former for byggematerialer. Det kræver både forskning og markedsforberedelse af introducere nye konstruktionsmaterialer, og dette taler for en koordineret indsats på dette område.

Bæredygtige driftsformer som mellemvej?

De danske produktionskove er i dag hjemsted for langt mere biodiversitet end det øvrige produktionslandskab, og har potentialet til meget hurtigt at kunne styrke den danske biodiversitet. Et der potentiale for en form for glidende overgang, hvor bæredygtigt drevne produktionskove både vil kunne forbedre biodiversitetsforholdene og fastholde en industriel træproduktion?

7.4 Reel bæredygtighed kræver ændret adfærd

Et kritisk element i alle fremskrivninger af fremtidens fødevarer- og materialebehov er, at de tager udgangspunkt i en stadig stigende efterspørgsel, baseret på de historiske observationer. Men et hurtigt blik på, hvor meget de globale udledninger skal nedbringes, og hvor stort et areal der skal beskyttes mod udnyttelse, fortæller os, at stigende forbrug generelt ikke er foreneligt med en bæredygtig tilværelse på hverken kort eller lang sigt. The Hot to Cool Institute (Akenji et al., 2021) påpeger, at det globale gennemsnit for livstilsrelaterede udledninger i 2050 skal være 0,7 ton pr. person, hvis Parisaftalens mål skal indfris. I dag er det 13 ton CO₂e pr person i Danmark (Minter et al., 2023). Begge kilder peger på, at teknologisk udvikling ikke alene vil kunne gøre vores livsstil bæredygtig, men at vi i lige så høj grad skal skabe muligheder for tilvejebringelse af langt mindre ressourcekrævende adfærds- og forbrugsmønstre, samt livsstile.

Mulighederne for at reducere efterspørgslen efter biologisk produktion kan opdeles i to områder:

- Fødevarer
- Materialer

Fødevarerefterspørgslen

Vores behov for fødevarer er universelt, og vi har brug for en vis mængde mad for at kunne overleve og trives. At ændre i klima- og miljøaftrykket fra vores fødevarerforbrug handler derfor i vid udstrækning om et skift i kosten og kostsammensætningen. EAT-Lancet-kosten er et eksempel på en kostsammensætning, der både er ernærende og bæredygtig (Willett et al., 2019). Ud over at danskerne i gennemsnit spiser flere kalorier end vi har behov for, så spiser vi også en kost, der har et højt klima- og miljøaftryk. Spiste vi efter de danske klima-kostråd, der er baseret på EAT-Lancet kosten, ville de danske udledninger fra fødevarerforbruget falde med 36-45 pct. (Klimarådet, 2021b)

Globalt er der fortsat en tendens til underernæring, og i en række lande bør kalorieindtaget stige for at sikre menneskeligt velvære og sundhed. Løsningen her er derfor ikke en reduceret kost, men alene kostens sammensætning, der er i centrum.

Det er afgørende at understøtte udviklingen i retning af en global bæredygtig kost. Dette vil betyde, at der skal udvikles plantebaserede alternativer til animalske produkter, der kan konkurrere på både pris og kvalitet, og jo før det sker, dets bedre. Den globale middelklasse vokser med 50-100 mio. mennesker hvert år, og i den

forbindelse ændres deres kostmønstre typisk i retning af langt mere kød og mælk. Hvis ikke denne tendens imødekommes af plantebaserede alternativer, vil miljøbelastningen ved den globale fødevareproduktion fortsat stige.

Adfærdsændringer er komplekse at gennemføre, og det er misforståelse at antage at prissignaler alene kan gøre det. Der er ingen tvivl om, at korrekte prissignaler på fødevarer, forstået som at de enkelte produkters miljø- og klimaomkostning også indgår i prisen, vil understøtte en bevægelse mod en mere bæredygtig kostsammensætning. Men vores madvalg er i høj grad styret af kultur, vaner og kompetencer. Det er nødvendigt at sikre, at der generelt etableres rammer, der understøtter systemiske forandringer og normaliseringen af klimavenlig kost. Dette kunne være et klart og entydigt overblik over fødevarers klima-, miljø- og arealaftryk, som detailhandlen, køkkener, kantiner og restauranter kan navigere efter, når de laver mad til deres kunder. På samme måde bør der være fokus på kompetenceopbygning, så både professionelle og private får den nødvendige kundskaber til at lave velsmagende mad. Det kan også ske ved aktivt at understøtte kendskabet til og udbredelsen af plantebaserede alternativer til animalske produkter.

Endelige vil reduktion af madspild bidrage betydeligt til at lette det samlede arealpres, uanset hvilket fremtidsbillede, der realiseres. I Danmark alene smides der årligt 814.000 ton mad ud, og det vurderes at omkring to milliarder mennesker kunne brødfødes på det globale madspild. En systematisk indsats for at nedbringe madspild vil kunne adressere både miljømæssige og sociale udfordringer, og bør spille en nøglerolle i fremtidens fødevarepolitik.

Materialeefterspørgslen

Materialer dækker bredt, men i denne sammenhæng kan udfordringerne fint illustreres med vores efterspørgsel efter bæredygtige byggematerialer og efterspørgslen efter bæredygtigt plastik.

Bæredygtige byggematerialer er vigtige for at nedbringe byggeriets klimaaftryk, men skal der mere biogent materiale ind i byggeriet, kræver det arealer at producere på. Der er derfor et dilemma her, hvor hensynet til klima og hensynet til arealkravet kan komme i konflikt. Den bedste måde at løse dette på, er ved at reducere behovet for byggemateriale til at starte med, fx ved at reducere anvendelsen af nybyg, og ved at tilskynde at der bygges mindre (altså færre m²), når der bygges. Både prissætning og regulering er vigtige elementer i at tillade en samfundsstruktur, der i mindre grad skal bruge nye byggematerialer.

Bæredygtigt plastik er en forudsætning for at løse en lang række miljøproblemer. Men problemet med plastik er i mindre grad kilden til plastik (om det stammer fra fossilt eller biobaseret olie) og i højere grad de miljøproblemer, de forårsager i naturen, og de er identiske, uanset hvor plastikken stammer fra, hvis ikke værre, når der er tale om bioplastik (Brizga et al., 2020). Sammenholdt med fremskrivninger af plastforbruget og det arealforbrug, det ville kræve at levere bioressourcerne til den plastik, er det entydigt, at vores tilgang til at håndtere plasticudfordringen ikke handler om at finde bioressourcer, men om at begrænse forbruget markant.

7.5 Næste skridt i arealdiskussionen

De to fremtidsbilleder, der er præsenteret her, repræsenterer eksempler på mulige fremtider, og forudsætter hver især i en række unikke rammebetingelser, udviklingsforløb og politiske målsætninger. Med dem i hånden bliver gevinsterne ved forskellige målsætninger tydeligere, og de kan på den måde bidrage til at kvalificere diskussionerne om fremtidens jordbrug.

I denne analyse er de belyst isoleret, dvs. uden skelen til resten af de hensyn og målsætninger, der kan være for det danske landskab. Denne begrænsning tjener det formål at gøre en kompleks analyse mere overskuelig. Men der er behov for at sætte jordbruget ind i en større sammenhæng. Dette vil ske i en opsamlingsrapport, hvor de mange, delanalyser føres sammen igen og der etableres sammenhængende fremtidsbilleder med alle elementer inkluderet. I opsamlingsrapporten vil emner om den økonomiske betydning og rammer og indsatsområder også blive belyst.

8. Kilder

- Akenji, L., Bengtsson, M., Toivio, V., Lettenmeier, M., Fawcett, T., Parag, Y., Saheb, Y., Coote, A., Spangenberg, J. H., Capstick, S., Gore, T., Coscieme, L., Wackernagel, M., & Kenner, D. (2021). *1.5-Degree Lifestyles: Towards A Fair Consumption Space for All*.
- Alliance for Biosolutions. (n.d.). Retrieved March 14, 2024, from <https://www.allianceforbiosolutions.dk/news/2024/02/fit-for-future-platform-recommendations/>
- Ambye-Jensen, M. (2022). *Arealanvendelse og bioøkonomi Synergier og systemgevinster ved ændret arealanvendelse og bioraffinering*. <https://dca.au.dk/raadgivning/>
- Arp, A. (2023). Nye tal: Det offentlige skyder fire gange så mange millioner i reklamer for kød og mælk som i at fremme plantemad. *Altinget*. <https://www.alinget.dk/foedevarer/artikel/nye-tal-det-offentlige-skyder-fire-gange-saa-mange-millioener-i-reklamer-for-koed-og-maelk-som-paa-at-fremme-plantemad>
- Bezner Kerr, R., Hasegawa, T., Lasco, R., Bhatt, I., Deryng, D., Farrell, A., Gurney-Smith, H., Ju, H., Lluch-Cota, S., Meza, F., Nelson, G., Neufeldt, H., & Thornton, P. (2022). Climate Change 2022: Food, Fibre, and Other Ecosystem Products. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, & A. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. (pp. 713–906). Cambridge University Press.
- Biodiversitetsrådet. (2022). *Fra tab til fremgang - Beskyttet natur i Danmark i et internationalt perspektiv*. www.biodiversitetsraadet.dk/
- Biodiversitetsrådet. (2023). *Mod robuste økosystemer*. www.biodiversitetsraadet.dk.
- Børgesen, C. D., Dalgaard, T., Pedersen, B. F., Kristensen, T., Jacobsen, B. H., Jensen, J. D., Gylling, M., & Jørgensen, U. (2018). Kan reduktionsmålsætninger for nitratudvaskning til Limfjorden opfyldes ved øget dyrkning af biomasse? *DCA Rapport Nr. 131*. https://pure.au.dk/portal/files/136780099/Levering_Biomasseproduktion_i_Limfjordsopland.pdf
- Brizga, J., Hubacek, K., & Feng, K. (2020). The Unintended Side Effects of Bioplastics: Carbon, Land, and Water Footprints. *One Earth*, 3(1), 45–53. <https://doi.org/10.1016/J.ONEEAR.2020.06.016>
- Brownell, P. H., Iliev, B. E., & Bentsen, N. S. (2023). *Wood flows through the Danish economy*. www.ign.ku.dk

- Bryant, C. (2023). *US Plant-based Proteins Market Report 2023*.
<https://store.mintel.com/report/us-plant-based-proteins-market-report#accordion-subheading-1-product-description>
- Callesen, G. E., Gylling, M., & Bosselmann, A. S. (2020). *Den danske import af soja 2017-2018 - Hvor store arealer beslaglægges den i producentlandene, og hvor stor andel af den importerede soja anvendes til svine- og mælkeproduktion?*
www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/
- Campbell, B. M., Beare, D. J., Bennett, E. M., Hall-Spencer, J. M., Ingram, J. S. I., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J. A., & Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4).
- Carrington, G., & Stephenson, J. (2018). The politics of energy scenarios: Are International Energy Agency and other conservative projections hampering the renewable energy transition? *Energy Research & Social Science*, 46, 103–113.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.07.011>
- CONCITO. (2023a). *Anvendelse af biobaserede byggematerialer*.
- CONCITO. (2023b). *Biodiversitetens betydning for fremtidens arealanvendelse*.
- Danmarks Naturfredningsforening. (2020). *Naturkapital*.
<https://biodiversitet.nu/naturkapital>
- Dansk Skovforening, Brancheforeningen Danske Byggecentre, Træ- og Møbelindustrien, & Dansk Træforening. (2023). *Træsektorens bidrag til samfundsøkonomien*.
- Det Nationale Bioøkonomipanel. (2022). *Foreløbige anbefalinger - Bioressourcer til grøn omstilling*.
- Dyrenes Beskyttelse, & Danmarks Naturfredningsforening. (2022). *Sådan ligger landet 2022 - tal om landbruget*.
https://www.dyrenesbeskyttelse.dk/sites/dyrenesbeskyttelse.dk/files/publikationer/S%C3%A5dan%20ligger%20landet/SLL_2022_Digital%202.pdf
- Ejrnæs, R., Bladt, J., & Fløjgaard, C. (2022). *Potentiale for at reservere 30 % af landarealet til beskyttede og strengt beskyttede områder i Danmark, nr. 507*.
<https://dce2.au.dk/pub/SR507.pdf>
- Ejrnæs, R., Nygaard, B., Kjær, C., Baattrup-Pedersen, A., Kirstine Brunbjerg, A., Clausen, K., Fløjgaard, C., S Hansen, J. L., D Hansen, M. D., Eske Holm, T., Just Johnsen, T., & Sander, L. (2021). *Danmarks biodiversitet 2020. Tilstand og udvikling*.
<https://dce2.au.dk/pub/SR465.pdf>
- Emergen Research. (2022). *Alternative Proteins Market, By Source (Plant-based, Insect-based, Microbial-based) By Application (Meat Substitutes, Dairy Alternatives, Bakery, Nutrient Supplement), By Form (Dry Form, Wet Form), and By Region Forecast to 2030*. <https://www.emergenresearch.com/industry-report/alternative-proteins-market>

- Energistyrelsen. (2021). *Bæredygtighedskrav til faste biomassebrændsler*.
<https://ens.dk/ansvarsomraader/bioenergi/baeredygtighedskrav-til-faste-biomassebraendsler>
- Energistyrelsen. (2022). *Energistatistik 2022*.
- Energistyrelsen. (2023). *Klimastatus og -fremskrivning*.
- European Commission. (2018). *A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment Updated Bioeconomy Strategy*. <https://doi.org/10.2777/478385>
- European Commission. (2023). *LULUCF Forordning*.
- European Environment Agency. (2020). *State of nature in the EU - Results from reporting under the nature directives 2013-2018*. <https://doi.org/10.2800/705440>
- FAIRR. (2022). *Climate Transition Proteins: Flavour of the Future*.
- FAO. (2018a). *The future of food and agriculture - Alternative pathways to 2050*.
- FAO. (2018b). *The future of food and agriculture - Alternative pathways to 2050: Supplementary material*. www.fao.org/
- Fløjgaard, C., Bladt, J., & Ejrnæs, R. (2017). *Naturpleje og arealstørrelser med særligt fokus på Natura 2000 områderne*. <https://dce2.au.dk/pub/SR228.pdf>
- Fløjgaard, C., Buttenschøn, R. M., Bille Byriel, D., Kuhlmann Clausen, K., Gottlieb, L., Kanstrup, N., & Strandberg og Rasmus Ejrnæs, B. (2021). *Biodiversitetseffekt af rewilding*. <http://dce2.au.dk/pub/SR425.pdf>
- Forest Stewardship Council. (2024). <https://dk.fsc.org/dk-da>
- Globe Newswire. (2024a). *Global Meat Products Market Size*.
<https://www.globenewswire.com/en/news-release/2024/01/23/2814316/0/en/Global-Meat-Products-Market-Size-To-Worth-USD-97-64-Billion-By-2032-CAGR-of-7-68.html>
- Globe Newswire. (2024b). *Plant-Based Meat Market Valuation*.
<https://www.globenewswire.com/en/news-release/2024/01/23/2814067/0/en/Plant-Based-Meat-Market-Valuation-to-Reach-USD-35-1-Billion-by-2032-Driven-by-18-5-CAGR-Market-us.html>
- Hansen, J. W., & Rytter, D. (2023). *Iltsvind i danske farvande 24. august – 21. september 2023*. https://dce2.au.dk/pub/komm/N2023_44_komm.pdf
- Højte, S. (2023). *Grøn reform af EU's landbrugspolitik*. CONCITO.
<https://concito.dk/concito-bloggen/groen-reform-eus-landbrugspolitik>
- Huntley, P., & Kvist, V. (2024). *Forest Carbon Pool Projections 2024*. www.ign.ku.dk
- IEA. (2023). *World Energy Outlook 2023*. www.iea.org/terms
- IRIS Group. (2021). *Biosolutions i Danmark Analyse af bioøkonomiens potentialer og vækstbetingelser*.

- Jellesmark Thorsen, B., Bredahl Jacobsen, J., Hedemark Lundhede, T., Meilby, H., Strange, N., & Termansen, M. (2020, January 28). *Forskere: Skovproduktion må vige for truede arters beskyttelse - Altinget: Miljø*. Altinget.
<https://www.alinget.dk/miljoe/artikel/forskere-skovproduktion-maa-vige-for-truede-arters-beskyttelse>
- Jensen, P. R., Hansen, M., & Poulsen, M. (2021). *InnoGrass: Bæredygtig anvendelse af protein fra grøn biomasse til fødevarer*. <https://orbit.dtu.dk/en/projects/innograss-b%C3%A6redygtig-anvendelse-af-protein-fra-gr%C3%B8n-biomasse-til--2>
- Johannsen, S., Kvist, V., Nord-Larsen, J., Vesterdal, T., Bentsen, L., & Scott, N. (2019). *Kulstofbinding ved skovrejsning*.
- Jørgensen, U., Kristensen, T., Jensen, S. K., & Ambye-Jensen, M. (2020). *Bidrag til MOF spg. 8 i forbindelse med beslutningsforslag 15*. <http://dca.au.dk>
- Kearney. (2022). *Plant-based protein: Parity on the horizon*.
<https://www. Kearney.com/documents/291362523/291371832/Plant-based+protein-parity+on+the+horizon.pdf/8820671c-9999-ade7-64ab-a9b8496cf811?t=1648592637000>
- Klimarådet. (2021). *Klimavenlig mad og forbrugeradfærd: Barrierer og muligheder for at fremme klimavenlig kost i Danmark*.
- Klimarådet. (2023). *Regulering af biomasse ud fra bæredygtighedskriterier i DK og EU*.
<https://klimaraadet.dk/da/virkemiddel/regulering-af-biomasse-ud-fra-baeredygtighedskriterier-i-dk-og-eu>
- Kortleve, A. J., Mogollón, J. M., Harwatt, H., & Behrens, P. (2024). Over 80% of the European Union's Common Agricultural Policy supports emissions-intensive animal products. *Nature Food* 2024 5:4, 5(4), 288–292.
<https://doi.org/10.1038/s43016-024-00949-4>
- Kvist, V., Margrete, I., Scott, N., & Bilde, B. (2023). *Skovstatistik 2021*. www.ign.ku.dk
- Lähteenmäki-Uutela, A., Rahikainen, M., Lonkila, A., & Yang, B. (2021). Alternative proteins and EU food law. *Food Control*, 130, 108336.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2021.108336>
- Landbrug & Fødevarer. (2023a). *Årsstatistik for den danske fjerkræproduktion 2022*.
- Landbrug & Fødevarer. (2023b). *Fakta om Fødevareklyngen*.
- Landbrug & Fødevarer. (2023c). *STATISTIK 2022 Grisekød*.
- Landbrug & Fødevarer. (2023d). *Statistik 2022 Okse-og kalvekød*.
- Landbrug & Fødevarer. (2024a). *Viden om Kvæg*. <https://lf.dk/viden-om/landbrugsproduktion/husdyr/kvaeg/>
- Landbrug & Fødevarer. (2024b). *Viden om kyllinger*. <https://lf.dk/viden-om/landbrugsproduktion/husdyr/kylling/>
- Lex.dk. (n.d.). *Den store Danske - Svin*. Retrieved April 16, 2024, from <https://denstoredanske.lex.dk/svin>

- Landbrug & Fødevarer. (2021). *STATISTIK 2020 Okse-og kalvekød*. www.meatboard.dk
- Lind, A., & Damsgaard, I. (2021). *Performanceindikator for træets andel i byggeriet*.
- Lov Om Fonden for Plantebaserede Fødevarer (2023).
- Madsen, D. B., Donatzky-Hansen, J. B., Ejlerskov, K. T., & Dragsdahl, R.-C. (2023). Markedsdata for den plantebaserede fødevarerektor i Danmark 2022 - med særligt fokus på økologiens betydning. *Plantebaseret Videnscenter*.
<https://plantebaseretvidenscenter.dk/media/xtdj4mpg/markedsdata-for-den-plantebaserede-foedevaresektor-i-danmark-2022.pdf>
- Mejeriforeningen. (2023). *Mejeriproduktionen*. <https://mejeri.dk/produktion/fra-ko-til-karton/pa-garden/>
- MeticulousResarch. (2024). *Plant-based Protein Market by Size, Share, Forecasts, & Trends Analysis*. <https://www.meticulousresearch.com/product/plant-based-protein-market-5031>
- Minter, M., Jensen, C. L., & Chrintz, T. (2023). *DANMARKS GLOBALE FORBRUGSUDLEDNINGER*.
- Mogensen, L., Hermansen, J. E., Nguyen, L., & Preda, T. (2015). Environmental impact of beef. *DCA Report No. 061*.
- Moore, J., & Bullard, N. (2021). *BNEF Executive Factbook*.
- Morach, B., Clausen, M., Rogg, J., Brigl, M., Schulze, U., Dehnert, N., Hepp, M., Meinl, O. S.-N., Yang, V., Kurth, T., Koeller, E. von, Obloj, P., Burchardt, J., Witte, B., Koktenturk, S., & Grosse-Holz, F. (2022). *The Untapped Climate Opportunity in Alternative Proteins*.
- Miljøstyrelsen. (2023). *Udledning af kvælstof til kystvand opdelt på kilder*. www.mst.dk
- Naess-Schmidt, H. S., Vejgaard, S. R., Hansen, M. M., & Lutz, J. (2022). *The potentials of bio solutions*. <https://www.allianceforbiosolutions.dk/news/2022/09/dugfrisk-analyse-af-copenhagen-economics-viser-at-biosolutions-har-et-kaemp-potentiale-til-at-levere-paa-klimamaal/>
- Nimb Larsen, J., & Bo Larsen, J. (2024). *Skovbogen* (1st ed.). Landskabsværkstedet.
- OECD-FAO. (2023). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032* (OECD-FAO Agricultural Outlook). OECD. <https://doi.org/10.1787/o8801ab7-en>
- Olesen, J. E., Christensen, S., Jensen, P. R., & Schultz, E. (2021). *AgriFoodTure: Roadmap for sustainable transformation of the Danish Agri-Food system*.
- Parterne for Klimaftale for energi og industri. (2020). *Opfølgende aftale ifm. Klimaftale for energi og industri mv*. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.
https://kefm.dk/Media/C/C/Aftale_om%20ob%C3%A6redygtighedskrav%20til%20tr%C3%A6biomasse%20til%20energi.pdf
- PEFC Danmark. (2021). *Det danske PEFC-certificeringssystem for bæredygtig skovdrift*.
<https://doi.org/10.8.2022>

- Peng, L., Searchinger, T. D., Zions, J., & Waite, R. (2023). The carbon costs of global wood harvests. | *Nature* |, 620. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06187-1>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers [Article]. *Science (American Association for the Advancement of Science)*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aaq0216>
- Potapov, P., Turubanova, S., Hansen, M. C., Tyukavina, A., Zalles, V., Khan, A., Song, X. P., Pickens, A., Shen, Q., & Cortez, J. (2021). Global maps of cropland extent and change show accelerated cropland expansion in the twenty-first century. *Nature Food* 2021 3:1, 3(1), 19–28. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00429-z>
- Regeringen. (2020). *Natur- og biodiversitetspakken*.
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., ... Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37), eadh2458. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Roland Berger. (2021). *The Protein Revolution*.
- SamsonAgro. (2024). *Gødningens værdi*. <https://samson-agro.dk/samson-academy/udnyttelse-af-naturgoedning/goedningens-vaerdi/>
- Schou, J. S., Elleby, C., & Lind, K. M. H. (2016). *Hvor mange mennesker kan dansk landbrugs fødevarerproduktion brødføde?* IFRO Udredning, Nr. 2016/30. <https://docplayer.dk/113440112-Hvor-mange-mennesker-kan-dansk-landbrugs-foedevareproduktion-broedfoede-schou-jesper-soelver-elleby-christian-lind-kim-martin-hjorth.html>
- Searchinger, T., Ranganatha, J., Waite, R., & Hanson, C. (2019). *Creating a sustainable food future*. <https://www.wri.org/insights/how-sustainably-feed-10-billion-people-2050-21-charts>
- Skovloven (2019). <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/315>
- Sørensen, P. B., Elmeskov, J., Frederiksen, P., Jacobsen, J. B., Kristensen, N. B., Morthorst, P. E., & Richardson, K. (2018). *Biomassens betydning for grøn omstilling: klimaperspektiver og anbefalinger til regulering af fast biomasse til energiformål*. Klimarådet.
- Statistikbanken. (2023). *TILSKUD1: Direkte tilskud til landbrugssektoren efter tilskudsart og tid*. Statistikbanken.
- Statistikbanken. (2023a). AFG5: Det dyrkede areal efter område, enhed og afgrøde. *Danmarks Statistik*. <https://www.statistikbanken.dk/LBFI1>
- Statistikbanken. (2023b). Foder1: foderforbruget efter fodermiddel, oprindelse og enhed. *Danmarks Statistik*. <https://sdg.statistikbank.dk/statbank5a/SelectVarVal/Define.asp?Maintable=FODER1&PLanguage=o>

- Statistikbanken. (2023c). *HDYRo7: Landbrug med dyr efter område, enhed og art*.
<https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1280>
- Statistikbanken. (2024). *BDF11: Bedrifter efter område, enhed, bedriftstype og areal*.
<https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/SelectVarVal/Define.asp?MainTable=BDF11&PLanguage=0&PXSID=0&wsid=cftree>
- Tubb, C. (2022, October 11). *S-Curve Adoption: Our House View on Alternative Protein Market Growth*. Synthesis Capital. <https://www.aenu.com/insights/the-alternative-protein-market-under-the-microscope/>
- Tubb, C., & Seba, T. (2019). Rethinking Food and Agriculture 2020-2030: The Second Domestication of Plants and Animals, the Disruption of the Cow, and the Collapse of Industrial Livestock Farming. In *Industrial Biotechnology* (Issue 2). Mary Ann Liebert, Inc., publishers.
- United Nations. (2022). *Plastic Pollution Science*.
- van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L., & Saghai, Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050 [Article]. *Nature Food*, 2(7), 494–501. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., ... L Murray, C. J. (2019). The Lancet Commissions Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems Executive summary. *The Lancet*, 393, 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Witte, B., Obloj, P., Koktenturk, S., Morach, B., Brigl, M., Rogg, J., Schulze, U., Walker, D., Koeller, E. Von, Dehnert, N., & Grosse-Holz, F. (2021). *Food for Thought: The Protein Transformation*. <https://web-assets.bcg.com/ao/28/4295860343c6a2a5b9f4e3436114/bcg-food-for-thought-the-protein-transformation-mar-2021.pdf>
- Zhang, Q., Qi, J., Cheng, B., Yu, C., Liang, S., Wiedmann, T. O., Liu, Y., & Zhong, Q. (2021). Planetary Boundaries for Forests and Their National Exceedance [Article]. *Environmental Science & Technology*, 55(22), 15423–15434. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c02513>

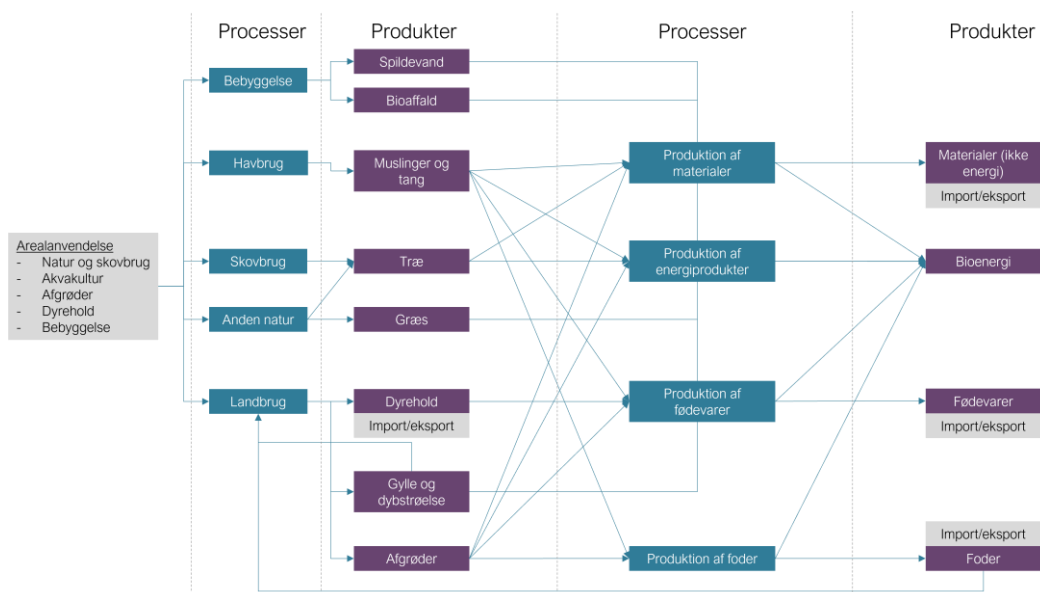
9. Appendix: Modeller og væsentlige forudsætninger

I denne rapport er der taget udgangspunkt i de data, der ligger i DK-BioRes-modellen, som er det analyseværktøj, der bruges. Der er tale om data, der stammer fra Danmarks statistik for 2019, og for at holde konsistens i beregningerne, bruges 2019-data, selvom der kan være sket forskydninger siden.

Fremtidsbillederne i denne analyse er undersøgt ved hjælp af to modeller, DK-BioRes og Kaskademodellen, og forventningerne til udviklingen af dansk biologisk produktion tager udgangspunkt i AgriFoodTure roadmap fra 2021.

DK-BioRes modellen

I denne analyse har CONCITO gjort brug af modellen over Danmarks bioressourcer (DK-BioRes), der er udviklet af Energy Modelling Lab i et projekt for Energistyrelsen og finansieret via Bioenergi Taskforcen. Modellen er udviklet til at lave forskellige scenarieanalyser og vise konsekvenserne for arealanvendelsen, produktionen og drivhusgasudledningerne ved forskellige politiske virkemidler inden for arealanvendelsen. Ved at justere i inputparametre omkring teknologier, arealfordelinger, afgrødefordelinger, dyrehold og lignende følger modellen biomassestrømmene igennem systemet i et netværk af processer, og præsenterer i sidste ende en samlet produktion og drivhusgasudledning.



Figur 21: Oversigt over processer og flow i DK-BioRes. Fra dokumentationsnotatet

Modellen er tilpasset denne analyse, hvor den bruges til at belyse arealkravet, produktionsmængderne og udledningerne ved de to forskellige antagelser om produktionssammensætningen, der stammer fra fremtidsbillederne.

Dokumentationsrapporten kan findes på arealprojektets hjemmeside

<https://concito.dk/rethink-denmark>.

Fremtidsbillederne er modelinput

Frem for at vurdere effekten af forskellige politiske tiltag, bruges modellen i denne analyse til at vurdere effekten af de to fremtidsbilleder. I dem er der allerede taget en række beslutninger om, hvordan tingene ser ud, og hvor meget de forskellige produktionsformer og arealanvendelser fylder. Fremtidsbillederne fungerer derfor som input til modellen.

Fokus på kalorieproduktion og rester

Det er en grundpræmis, at den danske fødevarerproduktion bidrager lige så meget til den globale fødevarerforsyning i fremtiden, som den gør i dag. Derfor lever DK-BioRes modellen ikke alene afgrødetyper, men opgør også kalorieproduktionen. Der er ikke lavet en opdeling i modellen mellem kulhydrater og protein, men der er i afgrødesammensætningen i fremtidsbillederne lagt vægt på afgrødetyper, der har et relativt højt proteinindhold.

Desuden registreres det ikke-spiselige output (typisk rester fra produktionen som strå, stængler hugstaffald mv.) så de kan indgå i kaskademodellen i de rette kategorier.

Tilpasset til at producere 22 billioner kilokalorier

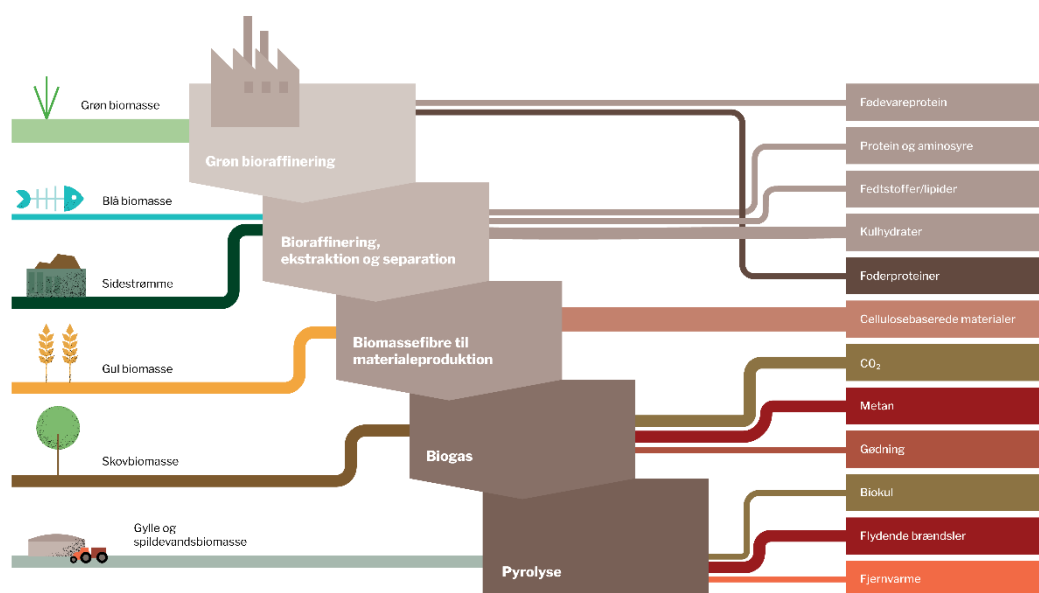
Modellen har skulle ramme målet om at producere 22 billioner kilokalorier, svarende til at kunne brødføde ca. 22 mio. mennesker. Fremtidsbillederne har været rettesnor for input, men for at nå kaloriemålet har man skulle tilpasse afgrødefordelingerne i detaljer. Dette betyder, at afgrødefordelingerne og det samlede dyrkningsareal altså ikke er resultat af en modeloptimering, men er tilpasset til at nå de 22 billioner kilokalorier.

Data bag DK-BioRes

DK-BioRes er baseret på data fra 2019, som derfor spiller rollen som ankerpunkt i denne analyse. Hovedparten af data er hente hos Danmarks statistik, men der er også yderligere datakilder de steder, hvor mere detaljeret data har været nødvendig for at få modellen til at afspejle de rigtige processer. Modellen er open-source, og kan findes på Energy Modelling Labs hjemmeside: <https://energymodellinglab.com/developing-scenarios-for-concito/> hvor det også er muligt at finde kilderne til data bag modellen.

Kaskademodellen

Kaskademodellen er baseret på en beskrivelse af et effektivt system til udnyttelse af biomaterialer, der også anvendes i det Nationale Bioøkonomipanel's arbejde (Ambye-Jensen, 2022). Biomassen opdeles i 6 forskellige kategorier, der hver har en bearbejdningsproces tilknyttet. Hver kategori kan levere forskellige produkter, og leverer desuden en rest, der går videre og bliver input i den næste proces, sammen med den næste kategori af biomasse. Processen er illustreret i Figur 22.



Figur 22: Illustration af kaskademodellen med biomassekategorier, processer og output. Fra (Ambye-Jensen, 2022)

Hovedparten af bioraffineringen af den grønne biomasse, nemlig af græs, sker allerede i DK-BioRes modellen, mens de øvrige biomassetyper bliver behandlet i Kaskademodellen. Resterne fra bioraffinering af græs indgår i Kaskademodellen.

I realiteten kan forarbejdningsteknologier og produktkategorier være meget specifikke, ikke al grøn biomasse kan gennemgå de samme specifikke processer og levere de samme specifikke produkter. Men for at give et overblik, er både teknologier og produkter holdt så generelle som muligt, jf. metoden i (Ambye-Jensen, 2022). De er udvalgt på baggrund af deres tekniske potentiale og industrielle relevans inden for en ti-årig udviklings- og implementeringshorisont. Modellen viser med andre ord et teknisk potentiale i meget bred forstand.

Modellen er desuden bygget med en forventning om, hvor værdierne er størst. De øverste produkter antages at være mest værd, hvorefter værdien falder, jo længere man kommer ned i modellens produkter. Dette styrer udnyttelsesgraden på de forskellige trin, og hvor store mængde, der når ned igennem modellen. Viser det sig, at værdien er anderledes fordelt, vil processen se anderledes ud. Er værdien af kulstofbinding i biokul større end værdien af ekstraheret ligningcellulose, vil biomassen "springe" ekstraheringen over og gå direkte til pyrolyse. Desuden vil biomassens bevægelse gennem kaskadeudnyttelsen også være styret af logistiske faktorer, som transportafstand, vægt og holdbarhed.

Fremtidsbillederne beskæftiger sig med en tidshorisont på 20-30 år, og det er derfor mere end sandsynligt, at der vil være udviklet nye, billigere og mere effektive metoder til at bearbejde biomassen på, og nye anvendelsesformer, der vil åbne op for større markeder og bedre økonomi i processen.

Anvendelsen af resultaterne fra Kaskademodellen

Resultaterne fra Kaskademodellen bliver ikke brugt til at sige noget om den absolutte mængde af forskellige produkter, der kan laves, herunder energi fra biogas og pyrolyse og kulstofbinding i biokul. Modellen er meget generel og teknologi- og input-uspecifik, og sammen med koblingen til den data, der kommer fra DK-BioRes-modellen er der for store usikkerheder i resultaterne til at lægge for meget vægt på de absolutte tal. Resultaterne fra Kaskademodellen bruges i stedet til at sammenligne de relative forskelle i hvad og hvor meget, der potentielt kunne være blevet produceret i dag og så det, der kan produceres i de to fremtidsbilleder.

Skovene

Skovens optag af drivhusgasser er baseret på to forskellige grundlag. For den eksisterende skov er der taget udgangspunkt i den seneste fremskrivning af de danske skove (Huntley & Kvist, 2024), der indikerer et årligt optag i de danske skove på 3-3½ mio. ton omkring 2050. Disse tal er justeret for at tage højde for mængden af skov, der tages ud af produktion og reserveres til urørt skov. Det er antaget, at optaget i urørt skov er det halve af en produktionsskov, baseret løseligt på Johannsen et al., (2019). For skovrejsning, er der taget udgangspunkt i en fordeling i den rejste produktionsskov på (30 pct. hurtigvoksende kultur med poppel og bøg og eg, gennemsnitsoptag på hhv. høj og lav bonitet, samt 70 pct. blandet løb med iblandet nål, også gennemsnit af hhv. høj og lav bonitet), som de er anført i Johannsen et al. (2019). Det er antaget at der etableres skov på 50 pct. af de arealer, der tilsidesættes til natur, og at det sker primært gennem naturlig tilgroning.

Som følsomhedsanalyse er der lavet en beregning på et årligt CO₂ optag i de eksisterende produktionsskove på 5 ton/ha, mens det tilsvarende er 2 t/ha for urørt skov (Johannsen et al., 2019). Forskellen i de to beregninger ligger på ca. 0,3 mio. ton CO₂.

De væsentligste forudsætninger til udviklingen

Der ligger en række antagelser om udviklingen af teknologi, effektivitet og reduktionspotentialer indbygget i fremtidsbillederne. Grundlæggende er det forventningen, at en lang række af de effektivitetsgevinster vi historisk har set i både husdyrproduktionen og planteproduktionen fortsætter frem mod perioden omkring 2050.

I den forbindelse spiller AgriFoodTure roadmappet en central rolle i forudsætningerne. Roadmappet blev lavet i 2021 med input fra 297 danske forskere på tværs af 7 universiteter og en række vidensparter (Olesen et al., 2021). Formålet at beskrive forudsætningerne for at sikre en klimaneutral fødevareproduktion i 2050, og identificerer de specifikke indsatsområder inden for forskning, udvikling og implementering, der er nødvendige. Dette indebærer en målrettet indsats for at øge effektiviteten i dyreproduktionen gennem blandt andet avl og fodring, udvikling af græs-baseret proteinfoder, implementering af nye teknologier i dyrkningen, nye og forbedrede afgrøder, teknologi i staldene og i håndtering af dyrenes gylle.

Denne analyse har taget udgangspunkt i, at en del af de reduktionseffekter og effektiviseringsgevinster, der identificeres i roadmappet, realiseres. Dette bidrager til at nedbringe udledninger og arealaftryk. Centrale eksempler kan ses i Tabel 10 og Tabel

11. I fremtidsbillederne er der ikke taget stilling til den præcise måde, gevinsterne er opnået på, men blot at de opnås.

Tabel 10: Løbende forbedringer i udbytte som følge af avl, teknologi, drift etc.

Effektivitetsforbedringer, pr. år	
Mælkeydelsen	1,70%
Svineproduktion	1,20%
Udbyttetigning afgrøder	0,65%

Tabel 11: Reduktion af udledninger som følge af teknologisk udvikling etc. fordelt på kilder. (Olesen et al., 2021)

Reduktion af emissioner i 2050	
Lattergas fra marker	70%
Gødningshåndtering	90%
Fordøjelse	75%