

Notat

Grønne forskningsbehov og -potentialer inden for landbrug, jorde og skove

Dette dokument er en af otte kortlægninger om grønne forskningsbehov og -potentialer, som er blevet til på baggrund af bidrag fra videninstitutioner, erhvervsliv, organisationer, ministerier og en bred kreds af øvrige interessenter. Kortlægningerne identificerer områder, hvor interessenterne vurderer, at der er behov for yderligere forskning for at understøtte den grønne omstilling i Danmark og globalt. De giver samlet set desuden et billede af det grønne forskningslandskab i Danmark og dets potentiale for at bidrage til den grønne omstilling. Læs mere her: www.ufm.dk/groenforskning.

Der er en tæt sammenhæng mellem områderne beskrevet i denne kortlægning og områderne i følgende øvrige dokumenter:

- 1) Naturbeskyttelse og øget biodiversitet,
- 2) Miljøbeskyttelse og miljøteknologi,
- 3) Samfundsperspektiver ift. reduktion af drivhusgasser og
- 4) Samfundsperspektiver ift. miljø- og naturbeskyttelse.

Indhold

1. Resumé	4
2. Samfundsudfordringerne	5
3. Forskningsbehov og -potentialer	7
3.1 Planteproduktion og jorde	7
3.1.1 Økologi	8
3.1.2 Landbruget og luftforurening	8
3.1.3 Pløjefri dyrkning/conservation agriculture	9
3.2 Proteiner, fødevarer og foder	10
3.3 Forbrugere	11
3.4 Husdyr, foder, stalde og væksthuse	11
3.5 Skov	13
3.6 Vand og hav	14
3.6.1 Rent vandmiljø og sikring af grundvand	14
3.6.2 Fiskeri, fiskeopdræt samt anden akvakultur	14
3.7 Cirkulær bioøkonomi	15
4. Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger	17
4.1 Planteproduktion og jorde	17
4.2 Proteiner, fødevarer og foder	17
4.3 Husdyr, foder og stalde	17
4.4 Skov	18
5. Danske erhvervsstyrker	19
6. Klimarådets anbefalinger vedr. forskningsbehov	21
7. Klimapartnerskabernes anbefalinger vedr. forskningsbehov	23
7.1 Klimapartnerskabet for fødevarer- og landbrugssektoren	23
7.2 Klimapartnerskabet for energi- og forsyningssektoren	24
7.3 Klimapartnerskabet for affald, vand og cirkulær økonomi	24
7.4 Klimapartnerskabet for produktionsvirksomhed	25

7.5 Klimapartnerskabet for Det blå Danmark	25
7.6 Klimapartnerskab for life science og biotech	25
7.7 Klimapartnerskab for service, it og rådgivning	26
7.8 Klimapartnerskab for handel	26

8. Internationale perspektiver **27**

1. Resumé

Landbrugssektoren er et stort erhvervsområde i Danmark, men samtidig også en sektor med et betydeligt klimaaftryk. Således udgør udledningerne af drivhusgasser fra landbrug, jorde og skove ca. 32 % af de samlede udledninger i Danmark. Både i Danmark, på EU-plan samt globalt er der fokus på at reducere udledninger fra landbruget og transformere erhvervet i en mere grøn og bæredygtig retning. Fokus er i dag generelt på en mere systemorienteret tilgang til produktion af fødevarer og foder. Danmark har en stærk position (forsknings- og erhvervsmæssigt), når det gælder nye fødevareteknologier og -løsninger, der kan medvirke til at løse klima- og miljøudfordringerne på fødevarerområdet. Flere studier har dokumenteret, at klimabelastningen fra den globale fødevarereproduktion kun kan reduceres væsentligt ved en kombination af landbrugs- og fødevareteknologiske fremskridt i produktion og fordeling samt kostmæssige og adfærdsmæssige ændringer hos forbrugerne. Der er behov for forskning i det mikrobiologiske samspils betydning for metan og lattergas fra dyrs fordøjelse, gødningslagre, jord og nye alternative dyrkningsmetoder, udvikling af nye alternative proteiner og enzymer til foder og fødevarer, planteforædling, bioraffinering, digitalisering, procesteknologi, anvendelse af sidestrømme fra fødevarereproduktionen og reduktion af madspild, udvikling af en ernæringsrigtig, bæredygtig kost og udvikling af nye markeder samt forskning i økonomi, management og forbrugeradfærd. Landbrug og skovbrug har en stor rolle i forhold til CO₂-kredsløbet, herunder for mulighederne for at binde og lagre CO₂ fra atmosfæren. Skove og træprodukter med lang levetid bidrager til binding og lagring af CO₂. En forøgelse af det danske skovareal og en øget brug af træprodukter med lang levetid har derfor potentiale til at bidrage til at reducere Danmarks drivhusgasudledninger i både 2030 og 2050. Ligeledes vil udtag (ophør af dyrkning) og vådgøring af lavbunds-jorde (tørvejord) bidrage til at reducere Danmarks drivhusgasudledning, ligesom udtag kan medvirke til at forbedre biodiversiteten. Der er også behov for forskning i forhold til at modvirke jorderosion, strukturskader og forringelse af jordbundens mikroflora, f.eks. ved forskning i pløjefri dyrkning og conservation agriculture. Desuden er der forskningsbehov i forhold til effekten på reduktion af kvælstof og fosfor i vandmiljøet som følge af udtagning af lavbunds-jorde, vådgøring af arealer og etablering af vådområder. Der er forskningsbehov i forhold til videreudvikling af beregningsværktøjer og strategier til vurdering af effekten på reduktion af udledning af kvælstof og fosfor ved vådområder og lavbundsprojekter f.eks. via overvågning. Dertil kommer et behov for øget viden om og udvikling af miljø- og klimavenlig fiskeopdræt. Forskningsbehov i forhold til øget økologisk landbrugsareal og cirkulær økonomi omhandler bl.a. at få lukket næringsstofkredsløbet fra land til by, så næringsstofferne kan recirkuleres tilbage til marken i passende kvalitet i forhold til EU's økologiregler.

2. Samfundsudfordringerne

FAO vurderer, at den globale fødevarerproduktion skal fordobles frem mod 2050 for at kunne brødføde den voksende verdensbefolkning. Befolkningsvæksten, klimaforandringerne og ikke mindst behovet for at reducere belastning af især klima, miljø og natur rejser store udfordringer for landbrugs- og fødevarerhvervet. Det gælder ikke mindst i forhold til produktion, men også transport og forbrugsmønstre, herunder madspild og spild i forhold til landbrugs- og fødevarerprodukter. Udfordringerne skal ses i sammenhæng med den nuværende produktions globale værdikæder og skal mødes under hensyn til fødevarer sikkerheden og dansk konkurrenceevne. Udfordringerne er i høj grad grænseoverskridende, og løsninger og regulering skal ses i et internationalt perspektiv. Ikke mindst så konkurrenceevnen bevares, og der ikke sker udflytning af produktion til lande, hvor miljøbelastningen er større. Samtidig skal der understøttes en løbende innovationsindsats, som bringer den danske fødevarer sektor og producenter af miljøteknologi og -løsninger forrest. Eksempelvis er det globale klimaaftryk fra den store import af sojaprotein til foder og deraf følgende pres på regnskove i Sydamerika langt mere klimabelastende end protein udvundet fra f.eks. danskproducerede bælgplanter eller græsser. Derfor er der behov for udvikling af nye proteinværdikæder og landbrugs- og fødevarer teknologier samt nye innovative løsninger, der samtidigt skal kunne tilfredsstille den stigende efterspørgsel og tage vare på de globale klimaudfordringer.

De væsentligste drivhusgasser inden for landbruget er lattergas og metan. Opgørelser fra 2018 viste, at langt størstedelen af udledningen af metan kommer fra foderfordøjelse i husdyr, som det år udledte 3,8 Mt CO₂e. Ifm. håndtering af husdyrgødning i stald og lager udledtes 2,6 Mt CO₂e (lattergas og metan). Kvælstofomsætning fra marker udledte 4,1 Mt CO₂e (primært lattergas). Hertil kommer omkring 6,59 Mt CO₂e fra landbrugsjorde, skove og græs.

Landbrug og skovbrug spiller en stor rolle i forhold til CO₂-kredsløbet, herunder for mulighederne for at binde og lagre CO₂ fra atmosfæren. For at øge dyrkningsarealernes lagringspotentiale skal der etableres betydeligt mere plantedække i form af forandrede sædskifter, dyrkningsstrategier og øget brug af efterafgrøder. Det vil også kræve, at der tilføres mere organisk materiale til markerne. Både naturlige skovøkosystemer og træprodukter med lang levetid fra dyrkede skove bidrager til binding og lagring af CO₂, og et øget skovareal samt et øget brug af træ som byggemateriale har potentiale til at bidrage til at reducere Danmarks samlede drivhusgasudledninger i både 2030 og 2050. Skov og landbrugs rolle i opfyldelse af samfundets mål i forhold til klima, miljø og natur forudsætter en integreret forskning og samlet analyse af arealanvendelse på tværs af discipliner og sektorer. Ligeledes vil udtag og vådgøring af lavbundslande (tørvejord) bidrage til at reducere Danmarks drivhusgasudledning. Ved at ophøre med dyrkning på lavbundslandene og genetablere den naturlige hydrologi på arealerne vil drivhusgasudledningen reduceres, samtidig med at det bidrager til andre miljø- og naturdagsordner som klimatilpasning og biodiversitet. Tilsvarende vil udtagning af organogene lavbunds-

arealer på sigt medvirke til genopbygning af arealernes kulstofindhold. Tilførsel af bio-char til landbrugsjorden eller anvendelse af mere klimavenlige sorter og dyrkningssystemer vil kunne lagre mere kulstof i dyrkningsjorde.

Akvakultur repræsenterer en af de hurtigst voksende fødevarersektorer i verden og samtidig øges efterspørgslen efter akvatisk biomasseproduktion til at understøtte den blå bioøkonomis værdikæder. Der er dermed en samfundsmæssig udfordring i forhold til at sikre, at dette område udvikles på en miljømæssigt fordelagtig måde, så man sikrer, at akvakulturområdet ikke belaster miljøet, men i stedet bidrager til den generelle beskyttelse af miljøet og giver mulighed for en miljømæssigt bæredygtig fødevarerproduktion.

3. Forskningsbehov og -potentialer

3.1 Planteproduktion og jorde

Der er behov for udvikling af mere klimavenlig planteproduktion. Det drejer sig om genetik, plantesundhed, forædling af afgrøder, fænotyping og udnyttelse af plantemateriale til at binde mere kulstof, som samtidig, bl.a. via bioraffinering, kan anvendes som klimavenlige byggesten i fødevarer og foder (proteiner og fibre) og andre produkter. Dertil kommer udvikling af optimale dyrknings- og gødningssystemer og jordbrugsteknologi, bl.a. ud fra en øget forståelse af samspillet mellem planter og mikroorganismer i forhold til kulstofbinding og -omsætning i planter og jord. Endvidere er der behov for at undersøge mulige potentialer i at øge jordens kulstofoptag ved brug af biochar, integration af afgrøder og produktionsformer samt permanent jorddække. Der er også behov for at udvikle nye klimaoptimerede vertikale dyrkningssystemer, der bedre kan udnytte sidestrømme fra industrien, grøn energi og jorde med ringe dyrkningskvalitet eller tidligere industrigrunde.

Der er også brug for forskning i regenerativt landbrug og arealanvendelse, der kan begrænse udledninger, som kan øge kulstofoptag og kulstoflagring i jord og vegetation, og som samtidigt har betydning for jordens strålingsbalance og biodiversitet. Der er således behov for viden om, hvordan jordens kulstoflager kan øges på mineraljord og gennem udtagning og vådlægning af drænedede organiske jorder, herunder viden om de mulige sideeffekter. For lavbundslande er der behov for at få fastsat emissioner af drivhusgasser afhængig af jordens fysiske, kemiske og mikrobiologiske egenskaber samt vandspejl. Centrale aspekter er vandstandsregulering, udledning af metan, fosformobilisering samt kvælstoftilbageholdelse. Der er samtidig behov for udvikling af virkemidler til at reducere lattergas fra kvælstofomsætning i marken, herunder viden om hvordan afgrøder, jordbearbejdning samt naturlige og kunstige nitrifikationshæmmere kan minimere udledninger gennem påvirkning af jordens mikroorganismer. Der er behov for forskning i synergier og konflikter mellem politiske målsætninger for klima, miljø og natur i relation til arealer gående fra intensivt landbrug til mere ekstensivt landbrug og vild natur. Relateret til både planteproduktion og arealanvendelse, herunder skov, jf. nedenfor, er der behov for bedre forståelse af samspillet mellem klima, vejr, natur og biodiversitet.

En række forskningsbehov knytter sig til data og digitalisering, herunder bedre udnyttelse af allerede eksisterende data. Udvikling af veldokumenterede og IPCC-tilpassede emissionsfaktorer er væsentlige for nye reduktionstiltag, herunder bedriftsregnskaber, prioritering af indsatser og brug i den nationale emissionsopgørelse. Det fordrer aktivitetsdata af god kvalitet på både bedrifts- og nationalt niveau. Der er et behov for udvikling af metoder for måling, dokumentation og anvendelse af emissionsfaktorer og -

data. Forskningsbehovene retter sig også mod anvendelse af big data, data fra satellitter og droner, som kan udnyttes til udvikling af præcisionsjordbrug og med henblik på reduktion af drivhusgasudslip og øgning af kulstofoptag, samt til monitorering, understøttelse og udvikling af nye reguleringsmetoder. Præcisionsteknologier vil også kunne bidrage til en øget biodiversitet i landbruget, f.eks. ved at kombinere visionsteknologier til artsgenkendelse.

For at kunne evaluere klimaeffekten af forskellige virkemidler, teknologier og produktionsformer er det nødvendigt at etablere en veldokumenteret og praktisk anvendelig metodik for måling af klimaeffekter i planteproduktionen, herunder emissionsmålinger, sensorintegration, dataanalyse samt digitale løsninger til opsamling, registrering og præsentation af data.

Der er ligeledes behov for tværfaglig forskning i de forhold, der påvirker primærproducenternes engagement i bæredygtige dyrkningsformer, nye teknologiske og organisatoriske løsninger og i incitamenter, der kan fremme bæredygtig adfærd. I forlængelse heraf er der behov for forskning rettet mod understøttelse og udvikling af incitamentsstrukturer og adfærdsændringer (f.eks. kostomstilling), udvikling af urbane produktionsformer samt konsekvenser af indsatser i forhold til bl.a. biodiversitet og samfund (f.eks. beskæftigelse og landdistrikter).

3.1.1 Økologi

Den økologiske produktion indeholder særlige krav, der gør det nødvendigt at udføre forskning, som er specifikt målrettet til at finde muligheder for at mindske klimaudledningerne i denne produktionsform. Eksempelvis skal der fokuseres på at forske i forskellige naturlige nitrifikationshæmmere, terminering af efterafgrøder uden pløjning mv. Økologisk biogas og bioraffinering, bevaring af jordens frugtbarhed og klimavenlige proteiner til økologien er også vigtige forskningsområder. Bedriftsregnskab inklusiv kulstofbinding i jorden og grøn energiproduktion rummer også et potentiale for reduktion.

3.1.2 Landbruget og luftforurening

Der er også behov for viden om effekter af brugen af miljøteknologi bl.a. i landbrugssektoren. Luftrensning er blandt andet et tema i forbindelse med husdyrhold. Anvendelse af biobaserede løsninger (som beplantninger) kan bidrage til at reducere spredning og deposition i form af aflejring af partikler på og i omgivelserne af f.eks. kvælstof fra husdyrhold. Der er brug for forskning og udvikling til at bidrage til disse løsninger.

Danmarks nationale emissionsopgørelse viser, at dyrkede organiske lavbundslande udleder 3,4 mio. ton CO₂ om året, svarende til 25% af landbrugets samlede udslip af drivhusgasser. Den nuværende viden skal styrkes betydeligt gennem en målrettet forskningsindsats for på et informeret grundlag at kunne udtage store landbrugsarealer de næste 10 år. Videnbehovet omkring emissionerne omfatter en undersøgelse af de styrende faktorer for emission af drivhusgasser (CO₂, CH₄, N₂O). Der er desuden behov for kvantificering af de uheldige miljømæssige sideeffekter, der kan være i forbindelse med vådlægning af lavbundslande. Det er generelt vigtigt, at der er fokus på synergier mellem klima, klimatilpasning, vandmiljø og natur.

3.1.3 Pløjefri dyrkning/conservation agriculture

Der er behov for forskning i forhold til at modvirke erosion, strukturskader og forringelse af jordbundens mikroflora, f.eks. ved forskning i pløjefri dyrkning og conservation agriculture.

Der er behov for forskning i drivhusgasudledningerne forbundet med dyrkning, herunder jordens evne til at binde kulstof. Dyrkning af jorden står for mellem 20 og 30 pct. af landbrugets klimagasudledninger i Danmark, og der er behov for mere viden om jordbehandlingens betydning for omsætningen og kredsløbet af næringsstoffer og pesticider i forskellige dyrkningssystemer og jordtyper samt for udledningen af drivhusgasser og kulstofoptaget. Der er endvidere behov for en forskningsindsats i forhold til at sikre en korrekt opgørelse af emissioner af lattergas og andre drivhusgasser fra dyrkningsarealer og gødningstyper samt i fodringsmæssige tiltag, som kan minimere den animalske fødevareproduktions klimapåvirkning.

Tab af kulstof er af stor betydning i forhold til klimabelastningen og er samtidig en trussel i forhold til jordens kvalitet, planteproduktion og miljø. Der er brug for mere viden om betydningen af tab af kulstof for dyrkningsjordens kvalitet i forhold planteproduktion og miljø set i forhold til klimaforandringer, potentialet for kulstoflagring i dyrket jord og de biogeokemiske forhold i jorden, som påvirker dette, og nye omkostningseffektive dyrkningssystemer og teknologier til at øge kulstoflagringen i dyrket jord. Der er særligt behov for at forske i tab af kulstof fra arktiske jorde, som forventes at accelerere pga. stigende temperaturer.

Jordbearbejdningserosion overstiger i Danmark både vind- og vanderosion. Jordbearbejdningserosion opstår, når et kuperet areal pløjes. Der er behov for at kvantificere udbredelsen og omfanget af erosionsprocessen samt dens påvirkning af udbyttepotentialet samt kulstoflagring i dyrket jord. Det er påvist, at forskellige dyrkningsformer som f.eks. intercropping og conservation agriculture kan give højere udbytter, kulstoflagring og forbedret jordmikrobiologi. Conservation Agriculture (CA) integrerer direkte såning, permanent jorddække med planterester med et alsidige sædskifter. Der er brug for mere viden om optimering af CA i forhold til kulstoflagring og mindske udledningen af klimagasser og forbruget af pesticider samt udvikling af pløjefri dyrkning/CA til at sikre en klimarobust og dyrkningssikker jord ved forbedring af jordens struktur.

Det sidste årti er der opnået indsigt i mikrobiologiens store betydning for jordens kvalitet. Der er derfor behov for en bedre viden vedrørende samspillet mellem jordtype, afgrødediversitet, sædskifter, jordbearbejdning (på arts- og sortsniveau) og den mikrobielle diversitet i jorden. Der er et forskningsbehov i mikroorganismers betydning og optimering af deres funktion i forbindelse med forbedring af jordkvalitet gennem binding af kulstof. Dette kan ske ved pløjefri dyrkning, ved tilførsel af biochar, som binder kulstof i jorden, samtidig med at det kan reducere N_2O -emissionen, forbedring af jordens vandtilbageholdelsesevne og tilvejebringelse nicher for gavnlige mikroorganismer som plantevækstfremmere, nedbrydere af miljøfremmede stoffer inkl. pesticider etc. Specifikt er der et forskningsbehov for optimering af jordens N_2O -emission i samspil med biochar. Der er stort behov for forskning i naturen og økosystemernes selvrensende og selvgenoprettende processer. Der er også behov for udvikling og dokumentation af nye dyrkningssystemer, f.eks. udbringning af biochar eller dyrkningssystemer med intercropping.

Der er behov for forskning i jordens entreprenører: regnormene, deres påvirkning af og samspil med jordens mikrobiom og de funktioner og processer, der faciliteres i regnormes habitat. Dette inkluderer N_2O - og CO_2 -emissioner. Der er desuden behov for forskning, hvor jordens mikrobielle diversitet inddrages i risikovurdering for udvaskning af fremmedstoffer fra jord.

Plante- og fødevareproduktion er hovedsageligt afhængig af åben markdyrkning. Input og output (f.eks. udbytte) kan derfor ikke kontrolleres og styres så nøjagtigt, og derfor fører produktionen til problemer med tab af næringsstoffer, agro-kemikalier osv. til omgivelserne og reduceret lagring af jordkulstof. Viden og teknikker, der kan bidrage til at minimere tabene ved passende dyrkningsmetoder og materialer, er således et centralt forskningsbehov og særligt metoder til at gøre disse produktioner mere miljøvenlige. Konkrete forskningsbehov er: Nedsat miljøbelastning af insekticider, fungicider og herbicider samt plantenæringsstoffer fra planteproduktion gennem: styring af økologiske interaktioner i produktionssystemer, f.eks. mellem afgrødeplanter og gavnlige ledsagerplanter, insekter, mikroorganismer osv., styring af afgrødekongurrence med ukrudt, andre afgrødeplanter mv. genetisk forbedring af afgrøder til udbytte, stressresistens og ressourceforbrugseffektivitet, forbedret afgrødestyring, afgrødningsrotationer og beskæringssystemer. Reducerede drivhusgasemissioner fra planteproduktion gennem mere effektive beskæringsmetoder og arealanvendelse f.eks. fører til øget jordlagring af kulstof og lavere emissioner af metan og nitrogenoxid.

3.2 Proteiner, fødevarer og foder

Der er behov for udvikling af nye proteinkilder til bl.a. ikke-husdyrbaseret produktion af kød- og mælkeprodukter, således at fødevareproduktionens klimaafttryk kan reduceres. Der er behov for forskning i udvikling af nye produkter fra græs, bælgeplanter, insekter, bakterier, svampe, discard fra fiskeri, skaldyr, tang, alger og andre lavtrofiske akvatiske proteinkilder. Forskningen vil bl.a. have fokus på dyrkning, fermentering, oprensning, fraktionering, sundhedsegenskaber, skadelige egenskaber, kvalitetskarakteristika samt forbrugerpræferencer. Der er endvidere særlige behov tilknyttet udnyttelse af restprodukter og sidestrømme fra plante-, husdyr- og fødevareproduktionen, samt fiskeri og akvakultur, f.eks. gennem teknologiafprøvning og bioraffinering/bioinformatik, herunder udvikling af enzymer til væsentlige procestrin.

Der er behov for reduktion af spild i hele fødevarsystemet, bl.a. gennem forbedret teknologi og PAT (Process Analytical Technology), som kan bidrage til at reducere fejlproduktion, men også behov for at se på muligheder som eksempelvis optimering af det organiske affald fra husholdningen. Dette skal bl.a. ske gennem forskning i nye metoder til skånsom separation af de forskellige biomassetyper, logistik og lagring. Der er behov for at udvikle bæredygtige materialer, ikke mindst fødevareemballage, der eksempelvis kan forlænge holdbarhed og bidrage til fødevarer sikkerhed. Recirkulation af plastemballage er et andet forskningsområde, hvor fødevarer sikkerhed er vigtig.

Der er behov for udvikling af nye koncepter og robuste afgrøder, der reducerer belastningen af klima og miljø, for forskning i hvorledes sidestrømme i industrien kan upcycles og anvendes til fødevarer og for viden om forbrugernes opfattelse og accept af nye bæredygtige fødevarer fra nye råvarer og fra sidestrømme. I forlængelse heraf er der behov for forskning rettet mod understøttelse og udvikling af incitamentsstrukturer og

adfærdsændringer (f.eks. kostomstilling), udvikling af urban farming og korte værdikæder samt konsekvenser af indsatser i forhold til traditionel produktion.

Der er behov for at sikre nye bæredygtige løsninger i forhold til fremstilling af eksisterende og nye fødevareprodukter. Der er behov for viden om, hvad forarbejdning (herunder nye procesteknologier) gør ved/for funktionaliteten, næringsværdien, fødevaresikkerheden og strukturen, smagen og kvaliteten af nye bæredygtige råvarer, og de fødevareprodukter de skal danne base for. Hurtigmetoder og online overvågning til processtyring og kvalitetskontrol er allerede delvist implementeret i fødevarebranchen, men der er behov for at forstå og implementere intelligent brug af data, kunstig intelligens og machine learning til udvikling af præcisionsjordbrug og i fødevareproduktion. Der er også behov for etablering af de overordnede dataplatforme og digitale infrastrukturer, der kan binde ting sammen i fødekæder/økosystemer.

I relation til madspild er der afgørende, at der er en ambitiøs strategi for forskning i og udvikling af nye og tilpassede fødevareingredienser, der blandt andet kan forlænge holdbarheden m.v. af fødevareprodukterne.

3.3 Forbrugere

Omstilling af kosten i en mere sund og bæredygtig retning vil indebære vidtgående ændringer i den typiske danske forbrugeradfærd og fødevareindtaget. Her kan digitale teknologier spille en væsentlig rolle eksempelvis i form af løsninger til adfærdsnudning og skabelsen af transparens i fødevareproduktionen for den enkelte forbruger. Det stiller krav til mere viden inden for bæredygtig kost målrettet forskellige forbrugersegmenter i befolkningen, således at både bæredygtighed, ernæring, fødevaresikkerhed og forskellige smagspræferencer tilgodeses. Forskningsbehovet drejer sig derfor også om at generere valide og detaljerede data om befolkningens fødevareindtag og viden om næringsindholdet i nye produkter på markedet samt data til opdaterede livscyklusvurderinger af klimaaftryk af fødevarer på det danske (og internationale) marked til kvalificering af de mest bæredygtige valg. Derudover er der behov for at udvikle metoder til kvantificering af helbredseffekter afledt af ændringer mod en mere bæredygtig og sund kost, samt forskning i metoder til implementering af de ønskede ændringer i fødevareproduktion og forbrugeradfærd. Der er behov for forskning, der anlægger et integreret og systemorienteret perspektiv på fødevareproduktion og -forbrug.

Med større forbrug af plantebaseret kost eller anden kost med lavt CO₂-aftryk vil forskning i effekter på folkesundheden og ændringer i mikrobiomet i mennesker være vigtig. Forskellige plantebaserede fødevarer ændrer mikrobiomet i forskellige retninger, og da mikrobiomet kan have stor indflydelse på menneskets sundhed, bør forskning i sundhed og sikkerhed, også i forhold til tarmens mikrobiologiske økosystem, igangsættes.

3.4 Husdyr, foder, stalde og væksthuse

Der er særligt behov for udviklingen af nye løsninger, der reducerer udledning af drivhusgasser fra husdyrproduktionen (særligt metan og lattergas fra kvæg- og svineproduktionen). Forskningsbehovene retter sig bl.a. mod genetik, avl, sundhed, gødnings-

håndtering (teknologier, der kan indfange eller omdanne metan fra staldluft og gylleopbevaring) og management og samspil mellem dyrenes fordøjelsessystemer og mikrobiomer samt ingredienser og tilsætningsstoffer til foder, som samlet set kan reducere mængden af drivhusgasser (og andre negative miljøfaktorer), der udledes pr. kg produceret kød og mælk.

Der er behov for forskning med henblik på udvikling af management, produktionssystemer og foder, der udnytter det nuværende og fremtidige genetiske potentiale for lavt klimetryk per produceret enhed i husdyr, og samtidig sikrer høj råvarekvalitet, fødevarer-sikkerhed og dyrevelfærd. Forskningen skal fokusere på såvel økologiske som konventionelle husdyrproduktionssystemer med brug af robuste husdyr/racers genotyper og deres konsekvenser for produktionen af drivhusgas dyrevelfærd og råvarekvalitet. Helt central er generering af viden om samspillet mellem fodring, management, biologi og sikkerheden i den estimerede reduktion af klimagasser med henblik på gennem avl at kunne regulere høj energiudnyttelse og lav GHG-produktion. Derudover er der behov for forskning i hvilke krav, lav udledning af klimagasser stiller til opstaldning og management for at tilgodese dyrevelfærd og holdbarhed hos højtydende genotyper. Mange husdyr flyttes gennem livet, hvorfor systemudviklingen bør omfatte hele kæden fra fødsel til slagtning.

Der er behov for løsninger, der hæmmer GHG-producerende mikroorganismer på tværs af emissionskilder, herunder øget viden om mikrobiomers betydning for emissioner, effektivitet og sundhed/-velfærd. Der er behov for at kunne styre vommens mikrobiologi i køer med henblik på reduktion af metan-dannelse, samt forbedret foderudnyttelse, særligt hos svin, med henblik på at reducere arealforbruget til foderproduktion og mindske importen af soja. Målet bør både forfølges gennem avl, management og fodring. I forlængelse heraf er der behov for forskningsmæssig dokumentation af, hvordan alternative fodermidler med lavt CO₂-aftryk – protein og energikilder (korn) – omsættes i husdyr (specielt én-mavede husdyr), samt hvordan disse fodermidler kan produceres til en konkurrencedygtig pris, herunder belysning af optimal proteintildeling og betydning for kvælstof og fosforudnyttelsen i kvæg. I forhold til den animalske produktion er der samtidig behov for at have fokus på kvaliteten af produkterne (særligt kød og mælk) fra dyr, der er fodret med alternative proteinkilder, som erstatning for sojaprotein i forhold til videre forarbejdning og ernæringsmæssig kvalitet. Vedrørende fisk er der behov for forskning i optimeret udnyttelse af vilde bestande ligesom bidraget fra opdræt af såvel fisk som lavtrofiske akvatiske arter skal øges for bæredygtigt at forsyne befolkningen og befolkningstilvæksten globalt. Akvakultur har generelt et lavt CO₂-aftryk, men kan afhængigt af de konkrete produktionsmetoder (f.eks. havbrug versus landbaserede anlæg) have andre negative aftryk på miljøet. Der er behov for forskning i nye cirkulære produktionsformer som f.eks. aquaponics.

Der er behov for udvikling af metoder til måling og dokumentation samt teknologier og løsninger til reduktion af emissioner (særligt metan) fra stalde, herunder emissioner fra gødningshåndteringssystemer og ressourcetab i forbindelse med husdyr sygdomme og -dødelighed, samt udvikling og afprøvning af filtre, der kan reducere udledning af metan. Optimering af produktionsklimaet i væksthuse, svinestalde og kyllingefarme kan reducere energiforbruget og udledningen af drivhusgasser, samt forbedre omkostningseffektiviteten. Dertil kommer klimavenligt hold af udegående husdyr og samspil med biodiversitet og dyrevelfærd.

Forskningsbehovene retter sig også mod at udnytte data og digitale teknologier som f.eks. sensorer. Samtidig er der behov at udnytte drone- og satellitbaserede platforme mere. Specielt i forhold til droner er der stort potentiale i at opsamle mere frekvente data baserede på forskellige sensorer og at udvikle autonome (drone)systemer, som kan samle data op. Derudover gælder det om at etablere de data- og digitale infra-strukturer, der kan samle, forædle og udstille data, ofte på tværs af sektorer. Det gælder bl.a. i forhold til måling, monitorering, dokumentation og reduktion af emissioner. Anvendelse af storskaladata har også stor betydning i forhold til effektiv, klimavenlig avl. Der er behov for udvikling af modeller og online-systemer til overvågning af metanproduktionen fra den enkelte ko (f.eks. metanmålere i foderautomater) og monitorering og prædiktering af udledningen af drivhusgasser i real-time på sektions-/staldniveau. Systemerne skal også kunne dokumentere effekten af alle tiltag i forhold til fodring, avl og management på bedriften og samlet for sektoren. Der er behov for forskningsbaserede modeller til cost-benefit analyser af de enkelte tiltag, dels for at sikre en effektiv offentlig regulering, og dels for at sikre at tiltagene bliver implementeret på landbrugsbedrifterne.

Der er behov for forskning i nye fødevareteknologiske løsninger i relation til in vitro produktion af "kød" og "mælk" fra animalske celler samt forskning i deres smag, sundhedsmæssige kvalitet og funktionelle egenskaber set i forhold til traditionelle animalske produkter. Der er endvidere behov for forskning i in vitro og in vivo forskning i fodermidler og tilsætningsstoffer, der nedsætter metanudslippet fra drøvtyggere. In vitro forskningen giver mulighed for hurtig screening af et stort antal muligheder, hvoraf de mest lovende kan testes in vivo. Der bør endvidere fokuseres på verifikation af måleteknik og livscyklusvurderinger (LCA) i forhold til bæredygtighedsperspektiver. I forlængelse heraf er der behov for forskning rettet mod understøttelse og udvikling af incitamentsstrukturer og adfærsændringer (f.eks. kostomstilling) samt konsekvenser af indsatser i forhold til beskæftigelse, fødevareforsyning og samfund.

3.5 Skov

Forskningsbehov knytter sig både til øget binding og lagring af CO₂ i vedmasse og jord i forskellige typer af eksisterende skov, en forøgelse af skovarealet, samt forskning i hvordan skovrejsningen kan understøtte en høj biodiversitet og øge lagring i træprodukter med lang levetid.

Der er behov for mere viden om kulstofkredsløbet, især optag og lagring af CO₂ i vedmasse og jord, i både naturlige skovøkosystemer og ved forskellige typer af skovforvaltning, herunder tilvækst og træartsvalg, samt kulstoffets opholdstid i forskellige træprodukter. Der er behov for forskning i, hvordan der sikres en samfundsøkonomisk optimal balance mellem lagring i økosystemerne, lagring i slutprodukter og substitution af fossilt brændsel og fossilt baserede materialer. Der mangler endvidere viden om metanudledningen, som potentielt kan modvirke positive klimaeffekter af øget kulstoflagring i forskellige bevoksningstyper og ved forskellig hydrologi.

Genetisk forædling af skovtræer er en effektiv og miljøvenlig måde at øge produktionen og kvaliteten af skove på. Forædlingsmateriale med optimal tilpasning til forskellige miljøforhold, herunder klimaforandringer, er af stor strategisk betydning for skovindustrien og samfundet. Skovtræsforædling er derfor en vigtig forudsætning for fremtidige skove med høj tilpasningsevne, modstandsdygtighed, kvalitet, produktionskapacitet og

genetisk diversitet. I denne sammenhæng er det imidlertid vigtigt, at forædling i form af tilpasning til specifikke miljøforhold ikke reducerer den generelle genetiske diversitet og tilpasningsevne. Her har Danmark unikke muligheder for at påtage sig en internationalt førende rolle ved at udvikle og implementere genomisk selektion i skovforædlingsprogrammer.

I forhold til skovrejsning er der et behov for forskning i potentialet for kulstofbinding ved naturlig tilgroning i forhold til traditionel skovrejsning for at kunne afveje hensyn til biodiversitet og kulstofbinding såvel som forskning i skovlandbrug (kombination af føde- vare- og tømmerproduktion) som middel til samtidig kulstoflagring, forøgelse af biodiversitet, miljøforbedring og fødevareproduktion. Der er tillige behov for forskning i, hvorvidt det klimamæssigt er mest hensigtsmæssigt med skovrejsning kontra fastholdelse af landbrug på arealer med høj produktivitet. Der er et grundlæggende forskningsbehov i at kvantificere synergier, konflikter og trade-offs mellem hensynet til forskellige samfundsgoder fra skove som f.eks. kulstoflagring, produktion (herunder substitution af energitunge bygningsmaterialer), beskyttelse af biodiversitet, drikkevandsforsyning etc.

Der er behov for viden om de klimamæssige effekter ved forskellig brug af træ til forsyning med materialer og energi, herunder fremstilling af biomasse og bioraffinering, og hvornår der er et trade-off med andre produkter. Der er et behov for udvikling af træbaserede produkter med henblik på lagring af kulstof i produkter med lang levetid. Der er behov for forskning i træes egenskaber som materiale og udvikling af træbaserede produkter med lang levetid, der kan bidrage til lagring af kulstof. Der er behov for øget forskning i og udvikling af bioraffinering med henblik på at øge anvendeligheden af restbiomasse fra træ og anden vegetation til erstatning af fossile eller andre fremstillingsmæssigt energitunge materialer.

3.6 Vand og hav

3.6.1 Rent vandmiljø og sikring af grundvand

Der er behov for forskning i forhold til effekten på reduktion af kvælstof og fosfor i vandmiljøet som følge af udtagning af lavbundslande, vådgøring af arealer og etablering af vådområder. Ved målrettet regulering af kvælstof og fosfor placeres indsatsen, så den resulterende miljøpåvirkning bliver mindst mulig. En målrettet og udledningsbaseret regulering af kvælstofemissionen kræver en forskningsmæssig indsats i forhold til udvikling af sædskifter med lav-emission, hvor udvaskningen er vedvarende lav. Desuden kræver det, at der kan opgøres et udvaskningspotentiale for et vilkårligt sædskifte, men hertil mangler værktøjer.

3.6.2 Fiskeri, fiskeopdræt samt anden akvakultur

Der er brug for forskning inden for miljø- og klimavenlig fiskeri, fiskeopdræt samt anden akvakultur. Inden for fiskeriforskning er der behov for at udvikle mere selektive og miljø-skånsomme redskaber samt at have fokus på en forvaltning af fiskeriet, der reducerer påvirkningen af økosystemer. Samtidig er der behov for øget viden om, hvordan forskellige presfaktorer interagerer med hinanden, og hvordan man kan få mere ud af havets ressourcer på en bæredygtig måde. Disse forskningsbehov er både på kort og lang sigt.

Der er behov for at skabe mere grundlæggende viden om fiskeriets klimapåvirkning. Dette kræver, at man vurderer fiskeriet fra en holistisk vinkel, hvor alle energikrævende komponenter belyses. Dette skal gøres ved at hente information fra diverse tilgængelige datakilder (Danmarks statistik, EU mv.). Denne viden skal sammenstilles med viden om miljøpåvirkninger fra fiskeriet, som i høj grad kan være i konflikt med ønsket om klimavenligt fiskeri. Herunder skal rammerne for lovgivning og miljøcertificering analyseres. Den fremkomne viden kan anvendes til at pege på teknologi samt forvaltning af fremtidens fiskeri og havmiljø.

Inden for akvakultur er der behov for yderligere udvikling af de teknologier, som allerede i dag understøtter akvakulturens cirkulære anvendelse af vand. Det gælder recirkulerings-teknologi (vand) med fokus på optimeret, bæredygtig drift og med minimeret ressourceanvendelse samt vandrensningsteknologi (bl.a. End-Of-Pipe rensning) med fokus på reduceret udledning af næringsstoffer, organisk stof og hjælpestoffer. Der er endvidere behov for forskning i forhold til optimering af foderudnyttelse med henblik på minimering af foderbehov og tab af næringsstoffer til vandmiljøet, foderudvikling med henblik på alternative råvarer og cirkulær økonomi / anvendelse af biomasse. Der er også behov for viden inden for miljøteknologi, der understøtter produktion af lavtrofiske arter (skaldyr og tang) med lavt miljø- og klimaaftryk samt fremme af fiskesundhed og reduktion af hjælpestoffer og medicinforbrug i akvakultursektoren. Der er endvidere behov for mere viden inden for opdrætsteknologi for nuværende og nye højværdiarter såsom østers.

Akvakultur er en industri med et meget stort potentiale for yderligere vækst både i Danmark og EU pga. en stigende efterspørgsel på højkvalitets protein og sunde fødevarer. Udnyttelsen er imidlertid stærkt begrænset af de miljømæssige implikationer af en udvidet produktion under de nuværende produktionsforhold (f. eks. eutrofiering, habitatødelæggelse, spredning af sygdomme, og udvikling af antibiotikaresistens). Blandt konsekvenserne af sygdomme og mortalitet er en øget CO₂-udledning og direkte påvirkning af vandmiljøet i form af habitatforringelse, eutrofiering, udvikling og spredning af antibiotikaresistens og nedsat biologisk diversitet.

Der er et behov for udvikling af bæredygtige former for akvakultur, herunder ikke mindst landbaseret akvakultur, og akvakultur af nye, alternative, organismer, f.eks. invertebrater, mikroalger og tang. Konkrete forskningsbehov til optimering af akvakulturproduktion samt en reduktion af miljøbelastningen fra industrien er derfor nedbringelse af sygdomsproblemer i hele produktionskæden (bedre dyrevelfærd og sikrere fødevarer), karakterisering af nye algetoksiner, herunder karakterisering af nye toksiner og udvikling af kvantitative metoder til brug for "early warning", optimering af foderudnyttelse (mindre spild til det omgivende miljø), udvikling af bæredygtige alternativer til antimikrobielle behandlingsstrategier (mindre brug af antibiotika), forståelse af mikrobiomets betydning for vækst og sundhedstilsand (holoomic-baseret tilgang), samt udforskning af enkeltcelle- og metagenombaserede teknikker til overvågning af udvikling og spredning af antibiotikaresistens i akvakultur.

3.7 Cirkulær bioøkonomi

Der forudses et øget forskningsbehov på muligheder for at inkludere levende ressourcer fra havet, herunder blå biomasse, i den cirkulære økonomi. Der er brug for at udvikle en

bedre og mere komplet teknologisk-økonomisk analytisk og empirisk baseret ramme omkring vores vurdering af, hvordan vi udvikler den cirkulære økonomi. Det kræver fokus på datasiden i forhold til overblik over de centrale materialestrømme og -anvendelser. Det kræver statistiske sammenstillinger af større præcision, end der nu er til rådighed særligt i de sektorer, der ikke i dag er kortlagt i samme grad som de, der knytter sig direkte til landbrugets og i nogen grad skovbrugets hjemlige biomasseproduktion. Det kræver også et overblik over den økonomi og de eksternaliteter, der knytter sig til biomasseproduktion og de mest oplagte (gen-)anvendelsesteknologier for biobaserede materialer såvel herhjemme som uden for landets grænser. Data og modeller for disse skal kobles til økonomiske sektormodeller, internationale handelsmodeller, cost-benefit modeller og tilsvarende, der kan understøtte en analyse af hvilke alternative – helt eller delvis cirkulære – udviklingsveje, der bedst kan understøtte klimamålsætningen uden samtidig at skabe andre miljøproblemer. Forskningen kan samtidig bedre identificere reguleringsmæssige flaskehalse og systemfejl, samt identificere muligheder for at ansøge innovation i den cirkulære økonomi.

4. Danske forsknings- og innovationsmæssige forudsætninger

4.1 Planteproduktion og jorde

Forskningen inden for planteproduktion og jorde er generelt på et højt, internationalt niveau i Danmark. Det gælder både inden for økologi, miljø og biologi samt genetik. Også inden for teknologi og digitalisering af landbrug og planteproduktion er forskningsmiljøer på de danske universiteter og andre forskningsinstitutioner langt fremme.

4.2 Proteiner, fødevarer og foder

Danske forskningsinstitutioner og virksomheder har gode muligheder for at skabe et konkurrencemæssigt forspring inden for udvikling og produktion af nye (f.eks. plantebaserede) proteinværdikæder, nye forarbejdningsteknologier og nye produkter inden for foder og fødevarer. Den danske forskning er bl.a. koncentreret omkring forskning i grundlæggende forståelse af de nye proteinkilder, herunder ernærings- og sundhedsmæssig værdi, funktionalitet, struktur, holdbarhed, smag og fødevarer sikkerhed samt afprøvning, opskalering og implementering af disse i industrien. Forskning i forståelsen af nye proteinkilder er vigtig for at sikre, at disse kan godkendes til foder og fødevarer dvs. ud fra et ernærings-, sundheds- og sikkerhedsmæssigt perspektiv. Generelt skal der forskes i konkrete praksisser og netværk med sigte på at udvikle viden om og metoder til at accelerere en grøn omstilling i alle led i de forskellige værdikæder.

4.3 Husdyr, foder og stalde

Den danske forskning i husdyr, foder og stalde er bl.a. koncentreret omkring veterinær- og husdyrvidenskab, kvantitativ genetik og genom-forskning. Forskning i kødkvalitet og mælkekvalitet i relation til produktionsstrategier kan nævnes som en styrkeposition. Der forskes i mikroorganismer med fokus på biogas og metan fra lagret gylle, og der samarbejdes på tværs af institutioner omkring udviklingen af intelligente klimastyrings-systemer, cirkulært byggeri og vand, miljøteknologi og bæredygtighed. Også forskning i fiskeri og akvakultur – herunder opdræt af lavtrofiske arter – samt fødevarekvalitets-forskning er en styrkeposition.

4.4 Skov

Danmark har forskningskompetencer inden for skovbrug og skovøkologi (inkl. kulstofopgørelser og kulstofbalancer i jord) samt miljø- og skovøkonomiske analyser (f.eks. relevant vedrørende *trade-offs*). Danmark har eksisterende forskningsinfrastruktur i form af langvarige skovforsøgsarealer, der kan anvendes til detaljerede studier af skovenes klimaeffekt, men der vil være brug for udbygning af forsøgsarealet i forhold til at imødekomme en del af de nye forskningsbehov. Danmark har både forsknings- og innovationskompetencer inden for træ som materiale.

5. Danske erhvervsstyrker

Den danske fødevareklynge (som består af erhverv bygget op omkring landbrug, fiskeri og fødevareproduktion) er et af de største erhvervsområder i Danmark og beskæftiger samlet 186.000 personer, udgør 5,2 % af BNP og står for knap en fjerdedel af vareeksporten i Danmark. Danmark har et antal store globale virksomheder inden for mejeri, slagteri, frø, bryggeri og enzym- og ingrediensproduktion. Det danske landbrugs- og fødevareerhverv har i international sammenligning et meget højt videns- og forskningsniveau samt et stærkt rådgivningssystem.

Flere danske virksomheder anvender allerede i dag de procesteknologier, som ventes brugt ved produktion af fødevarer baseret på ikke-animalske proteinkilder til erstatning for bl.a. kød og mælk. Disse processer skal yderligere optimeres, og viden skal anvendes til produktion af nye alternative (især plantebaserede) produkter. Internationale virksomheder forventes snart at kunne introducere ikke-husdyrproduceret "kød" på markedet. Detailhandlen spiller en nøglerolle, hvis forbrugerne skal ændre adfærd og nye typer af varer skal markedsføres og efterspørges – og dermed produceres. Danmark har en række store kæder, der med fordel kan indgå i arbejdet.

Der er allerede et nært samarbejde mellem flere videninstitutioner og erhvervet, f.eks. i forhold til produktion af enzymer og af dyrefoder.

Den danske planteproduktion har stor eksport af prydplanter og af økologisk produktion og er meget fokuseret på reduceret ressourceforbrug, men inden for skov- og træproduktion har Danmark ikke en stor erhvervsstyrke. Den årlige hugst i de danske skove udgør kun ca. 20 % af det årlige træforbrug i Danmark, men skovbruget kan huse forsknings- og demonstrationsprojekter. Danmark har internationalt anerkendte industrier inden for vinduesindustri, gulve, møbelindustri, isolerings- og pladematerialer samt andet, der kan medvirke til udviklingen af træbaserede produkter til den grønne omstilling. Eksisterende netværk inden for innovative landbrug-fødevareindustri-gastronomi-forbrug vil kunne orienteres mod handlingsorienterede løsninger med stort op- og udskaleringspotentiale.

Forskningsindsatsen skal ske i et tæt forpligtende samarbejde i hele innovationskæden fra universiteter og GTS-institutter til klynger, rådgivningssystem, primærproducenter og producenter af udstyr og andre input til land- og skovbrug, således at der opnås den bedst mulige effekt af indsatsen. Det forskningsbaserede myndighedsberedskab under Miljø- og Fødevareministeriet er en helt afgørende faktor til at løfte opgaverne. Via myndighedsberedskabet vil der kunne igangsættes den nødvendige involvering af relevante forskningsmiljøer og interessenter, inden konkrete projekter sættes i værk.

Akvakulturindustrien er i årevis blevet konfronteret med de miljømæssige problemer med produktionen. Industrien har et stort ønske om at omstille til en mere bæredygtig produktion, og har efterspurgt alternative behandlingsmetoder i sygdomsbekæmpelse

samt bedre kendskab til udbredelse og effekter af giftige alger. Der er et enormt økonomisk og miljømæssigt potentiale i at optimere produktionen af højkvalitetsprotein fra akvakultur og i at udvikle nye produkter til reduktion af tabet. En større samlet national satsning på området vil kunne bidrage markant til at udvikle nye løsninger og dermed gennemføre en grøn omstilling, der både vil have positive lokale miljøeffekter og på større skala vil kunne nedbringe CO₂-emissionen fra erhvervet.

6. Klimarådets anbefalinger vedr. forskningsbehov

Klimarådet anfører, at fremtidens fødevarer i højere grad skal være plantebaserede, hvis klimamålene skal nås. I 2050 skal fødevarerforbruget og -produktionen i hele verden således se markant anderledes ud. For at kunne brødføde en voksende verdensbefolkning og samtidig sikre et rimeligt niveau af natur- og drikkevandsbeskyttelse, skal fremtidens fødevarer fremover i langt højere grad være plante- og/eller laboratoriebaserede, og produktionen skal ske langt mere ressourceeffektivt. En fastholdelse af nuværende produktionsmønstre vil ikke flugte med klimamål og FN's bæredygtighedsmål. Klimarådet anfører, at ophør af dyrkning af kulstofrige lavbundsjorder er det mest oplagte reduktionstiltag i jordbruget. Hertil kommer øget optag og lagring af CO₂ som følge af skovrejsning på omlagte produktionsarealer.

I omstillingen mod 2030 og 2050 anlægger Klimarådet to spor: Implementeringssporet og udviklingssporet:

- Implementeringssporet repræsenterer alle de løsninger og teknologier, som allerede kendes, og som er nødvendige at implementere for at nå det første stykke ad vejen mod 70 pct.-målet i 2030. Med dette spor opnås omkring 60 pct. reduktion under visse forudsætninger, bl.a. udtagning af kulstofrige lavbundsjorde, forbedret gyllehåndtering, øget anvendelse af biogas, ændret foder til malkekvæg og omlægning af produktionsarealer, herunder skovrejsning, inden 2030.
- Udviklingssporet derimod repræsenterer de mere ukendte, strategiske omstillingselementer, der skal til for at nå i mål med en reduktion på 70 pct. i 2030, og som også skal sikre, at målet om klimaneutralitet i 2050 nås. Fødevarer og landbrug er et område, hvor de gode tekniske redskaber ikke er oplagte. Klimarådet foreslår, at man allerede nu begynder at overveje, hvordan man kan udvikle dansk landbrug og omlægge danskernes fødevarerforbrug i en retning, der er bæredygtig og konsistent med den langsigtede ambition om klimaneutralitet. Denne proces indeholder to forskellige tilgange: 1) En teknisk tilgang, som ser på nye teknologier i landbruget og helt nye måder at producere fødevarer på, og 2) en forbrugerrettet tilgang, som skal få danskernes fødevarer vaner til at gå i en mere klimavenlig og plantebaseret retning.

Klimarådet foreslår, at der satses på udvikling af forarbejdningsteknologier, bioraffinering og stammecellebaseret produktion, således at planter i stigende grad kan erstatte animalsk input til fødevarerproduktionen og sammen med kostændringer vil medvirke til at nedbringe udledningerne og miljøbelastningerne. Når miljøomkostningerne indregnes, vil plantebaseret fødevarerproduktion i 2050 kunne give betydeligt billigere produkter sammenlignet med de animalsk baserede. Dette vil ifølge Klimarådet kunne drive en mere plantebaseret fødevarerefterspørgsel globalt og i Danmark. I en dansk kontekst

peger dette i retning af en fødevareproduktion, der i højere grad baserer sig på højteknologisk, bæredygtig dyrkning af arealer, hvor plantebaserede råvarer går til såvel direkte forbrug som til input til bioraffinering, forædlede fødevarer, foder, medicinalindustrien, den kemiske industri og energiproduktion. Med bioraffinering kan der produceres plantebaserede proteiner, som kan erstatte animalske ingredienser i fødevarer til konsum. Plantebaserede proteiner kan også bruges som dyrefoder eller input til stamcellebaseret kød- og mælkeproduktion. Dette vil kunne reducere efterspørgslen efter animalske produkter, og frigøre arealer hvor der i dag dyrkes foder til den animalske produktion. Disse arealer vil kunne bruges til f.eks. yderligere plantebaseret fødevareproduktion, produktion af energiafgrøder eller omlægning til naturarealer og skovrejsning med fokus på CO₂-optag og -binding, miljøgevinster, øget biodiversitet, grundvandssikring og rekreative værdier. I den forbindelse fastslår Klimarådet, at der så hurtigt som muligt bør skabes bedre viden om emissionsfaktorer og faktiske arealforhold for organiske lavbundsjord.

Negative udledninger bliver et nøgleområde inden 2050. Ifølge Klimarådet vil det næppe være samfundsøkonomisk optimalt at reducere alle udledninger til nul i landbruget. De tilbageværende udledninger skal derfor kompenseres via optag af CO₂, de såkaldte negative udledninger. Danmark kan suge CO₂ ud af atmosfæren gennem skovrejsning, optag af kulstof i jorder, skovlandbrug, biokoks eller lagring af kulstof fra biogene kilder eller luft. Byggeri i træ kan både bidrage til lagring af CO₂ i de anvendte træmaterialer og reducere mængden af CO₂-intensive byggematerialer som beton og stål. Klimarådet opfordrer regeringen til at inddrage disse potentialer i en fremtidig klimaplan. Skal Danmark være klimaneutral, skal disse redskaber anvendes i betydeligt omfang og bane vejen for en klimanegativ fremtid efter 2050, hvilket stort set samtlige klimascenarier fra FN's klimapanel, IPCC, peger på bliver nødvendigt for at begrænse temperaturstigningen til 1,5 grader.

7. Klimapartnerskaber- nes anbefalinger vedr. forskningsbehov

Ud af regeringens 13 klimapartnerskaber er Klimapartnerskabet for fødevarer- og landbrugssektoren særligt relevant for CO₂-reduktioner inden for landbrug, jorde og skove m.m. I det omfang, de øvrige partnerskaber kommer med anbefalinger af relevans for området, som vurderes at medføre forskningsbehov, er de også kort refereret nedenfor.

7.1 Klimapartnerskabet for fødevarer- og landbrugssektoren

Partnerskabet anbefaler, at der etableres et antal større, flerårige og udfordringsdrevne forskningspartnerskaber, som sikrer tværfaglighed og myndighedsinddragelse og nedbryder søjletænkning. Som eksempler nævnes, at der sikres tilstrækkelige forsknings- og investeringsmidler til virkemidlerne græsprotein, biokul (SkyClean), biofiltre og stof-fet x (foder). Derudover fremhæves vigtigheden af forsknings- og udviklingsindsatser vedr. udtagning af lavbunds-jorde og samspillet med klimatilpasninger, miljø, natur, biodiversitet, samt samspil i forhold til at efterspørge produktion af grønne fibre til at erstatte fossile polymerer og byggematerialer. Partnerskabet anbefaler, at der iværksættes forsknings- og udviklingsaktiviteter, som kan føre til reduktion af **metan- og lattergasudledningen**, mere **klimaeffektive fodermidler og -systemer**, bedre anvendelse af **restbiomassen** til andet end klimaoptimeret foder, **klimaoptimerede sædskifter af græs/kløver- og græs/lucerne**-blandinger, samt udvikling af pløjefri udsåningsteknikker og sædskifter til mindskning af tab af kulstof og mindre brug af energi ved dyrkning. Partnerskabet anbefaler, at der sættes midler af (for eksempel i Innovationsfonden) til at etablere partnerskaber med henblik på at udvikle teknologier og forretningsmodeller for udnyttelse af dansk produceret biomasse til fødevarer ingredienser og materialer, herunder **biopolymerer**. Der bør også nævnes stalde og staldteknologier, ligesom biogas og biokul bør nævnes. Partnerskabet anbefaler, at der iværksættes forsknings- og udviklingsaktiviteter mht. **planterforædlingsarbejde**, herunder at de nødvendige rammer og ressourcer for samspil mellem forskning og erhverv sikres. Det samme gælder **avl og genetik**, hvor partnerskabet anbefaler, at der sikres samspil mellem forskning og erhverv inden for alle husdyr. Partnerskabet anbefaler, at der sættes ressourcer af til at videreudvikle de nødvendige teknologier til **afgasning af halm** og sikring af returnering af fibre (kulstof) på landbrugsarealer. Partnerskabet anbefaler, at der sættes midler af til forskning og udvikling af teknologier og løsninger, som gør det muligt at omstille processer med fossile energiinput. Som opfølgning på Partnerskabet om vandeffektivitet i fødevarerindustrien (DRIP) anbefales det, at der afsættes midler i regi af Innovationsfonden til en indsats målrettet klimaoptimale, **vandeffektive løsninger** og branchekoder i forhold til fødevarer sikkerhed. Derudover skal det afsøges, om der kan indføres mere tydelige incitamenter til udvikling af **bæredygtige emballager**, og eksisterende cirkulære

indsamlingsystemer skal understøttes. Partnerskabet har endvidere to anbefalinger om henholdsvis øget **skovrejsning** og skovproduktion samt erstatning af fossile resourcer eller energitunge materialer i byggeriet med træ. Der er ikke direkte knyttet forskningsbehov til de to anbefalinger, men det anbefales, at skovrejsningsordningen tilpasses med et hensyn om klimaoptimeret træartsvalg, stort årligt nettokulstofoptag og produktion af træ til anvendelse i træprodukter med lang levetid. Disse anbefalinger er i overensstemmelse med Klimarådets anbefalinger og de beskrevne forskningsbehov vedrørende skov i afsnit 3 ovenfor. Endvidere er der tilsvarende anbefalinger om og fokus på øget brug af træ i byggeriet fra Klimapartnerskabet for Bygge- og anlægssektoren og Klimapartnerskabet for Affald og vand, cirkulær økonomi, som ligeledes nævner øget skovrejsning.

7.2 Klimapartnerskabet for energi- og forsyningssektoren

Til realisering af 70 %-målsætningen skal **biogasproduktionen** udbygges med 8,9 TWh fra 4,4 TWh i 2019 til 13,3 TWh i 2030. De 13,3 TWh biogasproduktion svarer til det samlede, forventede naturgasforbrug i Danmark i 2030. I industrien kan biogas erstatte naturgas, mens det i transportsektoren kan bruges som brændsel, f.eks. som metan eller konverteret til flydende brændsler. Frem mod 70 %-målsætningen i 2030 er der kun forventet mindre ændringer i energiforbruget af de **tre øvrige biobrændsler – biomasse, bioaffald og biodiesel**. Energiforbruget fra **biomasse** forventes at falde med 6,4 TWh fra 43,1 TWh i 2019 til 36,7 TWh i 2030. Dermed falder biomassens andel af det samlede energiforbrug fra ca. 23 % i 2019 til 21 % i 2030. Biomasse har spillet en stor rolle som erstatning for kul og naturgas i energiproduktionen, men reduceres mod 2030, bl.a. fordi der i højere grad bruges varmepumper i den individuelle opvarmning, og fordi der generelt er en mindre el-produktion fra kraftvarmeverker. Energiforbruget fra **bioaffald** forventes at stige med 0,8 TWh fra 6,3 TWh i 2019 til 7,0 TWh i 2030, bl.a. fordi bioaffald i højere grad forventes at kunne erstatte fossilt affald i affaldsenergianlæg. Energiforbruget fra **biodiesel** og bioethanol forventes at stige med 2,1 TWh fra 2,6 TWh i 2019 til 4,7 TWh i 2030. Biodiesel og bioethanol bruges som iblanding i diesel og benzin og har været et tidligt virkemiddel til omstilling af transportsektoren, drevet af iblandingskrav. I dag udgør biobrændstoffer ca. 4 % af det samlede brændselsforbrug i transportsektoren. Biobrændstoffer er hovedsageligt baseret på raps med iblanding af andre olieholdige afgrøder. Mod 2030 forventes biobrændstoffer at spille en større rolle i omstillingen af især den tunge del af transportsektoren. Og så anbefaler partnerskabet generelt, at kompostering udfases, da der er andre mere hensigtsmæssige genanvendelsesmetoder.

7.3 Klimapartnerskabet for affald, vand og cirkulær økonomi

Partnerskabet anbefaler forskning og udvikling inden for **cirkulær bioøkonomi**, blandt andet så der over tid kan udvindes flere forskellige produkter fra samme biomasse gennem kaskadeudnyttelse. Regeringen bør udarbejde en **national bioøkonomistrategi** for den fremtidige prioritering af produktion og anvendelse af forskellige typer biomasse, herunder forskellige scenarier for øget biomasseproduktion og højværdianvendelse for 2030 og 2050. Regeringen skal understøtte forskning, udvikling og innovation inden for bioøkonomi samt konkrete flagskibsprojekter, f.eks. avancerede bioraffineringsanlæg i Danmark. **Biogasbranchen** vil monitorere lækager fra biogasanlæg, og forsyningssektorer kan arbejde med onlinemåling af lattergas og øget procesforståelse med henblik

på at undgå, at bakterierne producerer lattergas. Partnerskabet anbefaler en begrænsning af deponering af slam, som indeholder værdifulde ressourcer, der bør udnyttes mest muligt og understøttes med forsknings- og udviklingsmidler. Det gælder såvel **fosfor**, der er en yderst begrænset ressource i verden, som produktion af brændstof m.m. Partnerskabet anbefaler, at reglerne for genanvendt **fødevareplast** revurderes. EU-agenturet EFSA fastsætter regler for brug af genanvendte materialer til fødevarekon-takt. Danmark bør arbejde for, at EFSA undersøger regelsættet, og sikre at det er tilpas-set en cirkulær økonomi. Generelt fremhæver partnerskabet, at der er store ressour-cebesparelser og klimapotentialer ved at **reducere madspild** i hele værdikæden, som bør understøttes.

7.4 Klimapartnerskabet for produktionsvirksomhed

Partnerskabet anbefaler **skift fra fossile brændsler til biogas** i højtemperatursproces-ser, der ikke kan elektrificeres. Der er behov for en national biogasstrategi, der sikrer produktionsindustrien adgang til minimum 3 PJ biogas inden 2030. Der mangler ifølge partnerskabet LCA 1-værktøjer og solide data i miljøvaredeklarationer (EPD 2) for at kunne træffe bæredygtige beslutninger i indkøb, udbud og produktion. Det anbefales, at der udvikles standardiserede **LCA- og EPD-værktøjer** til brug for brancher og virksomheder.

7.5 Klimapartnerskabet for Det Blå Danmark

Klimapartnerskabet anbefaler, at regeringen arbejder for, at EU's kapacitetsordning ændres, så den tilgodeser investeringer i klimateknologi og understøtter grøn omstilling af fiskeflåden.

7.6 Klimapartnerskab for life science og biotech

Partnerskabet anbefaler, at der afsættes yderligere midler til videre forskning inden for **metanreduktion** i kvægproduktion, produktion af **alternative proteiner til fødevarer og foder, fodertilægsstoffer**, brug af **bæredygtige biobrændstoffer** som fortræng-ning af fossile brændstoffer, og at der afsættes midler til videreudvikling af biologiske alternativer til pesticider og kunstgødning, eksempelvis igennem Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram (GUDP). **Mikrobielle landbrugsprodukter** kan øge afgrødeud-byttet og erstatte kemiske pesticider og kunstgødning, samtidig med at det reducerer drivhusgas-udledning fra landbrugsjorde. Partnerskabet foreslår desuden, at der etable-res bioraffineringsanlæg i Danmark, der blandt andet kan producere avancerede **bio-brændstoffer**, eks. baseret på halm. Disse anlæg kan samtidig bruges til at raffinere forskellige typer biomasse til andre produkter – eks. biobrændstoffer, foder, ingredien-ser til fødevarer og bioplastik.

7.7 Klimapartnerskab for service, It og rådgivning

Partnerskabet kommer med en række anbefalinger med henblik på at reducere madspild. Bl.a. oprettelse af et videncenter for bæredygtig mad og måltider og en national måleenhed for måling af madspild. Især med henblik på effekt i food servicesektoren, men også hos forbrugerne, hvis adfærd anbefalingerne vil have positiv afsmittende effekt på.

7.8 Klimapartnerskab for handel

Partnerskabet fremhæver et uudnyttet potentiale i behandling af fødevarer tæt på udløb enten internt i virksomheder eller ved videresalg eller donation til f.eks. spisesteder med henblik på videre forarbejdning. Dette anbefales også af EU's Platform for Fødevarer og Madspild. Det vil mindske madspild og understøtte nye, bæredygtige, cirkulære forretningsmuligheder for start-ups og SMV'er. **Emballager** skal designes til genanvendelse, ligesom affaldssystemet skal understøtte genanvendelse. Det skal sikres, at materialeoparbejdning bliver et attraktivt forretningsområde i Danmark.

8. Internationale perspektiver

Danmark kan ikke nå i mål med klimamålsætningerne uden internationalt samarbejde. Deltagelse i europæisk og globalt forsknings- og innovationssamarbejde med fokus på reduktion af udledning af drivhusgasser fra landbrugs- og fødevarerektoren giver bl.a. danske forskere og virksomheder adgang til ny viden, flere forskningsmidler og talenter. Samtidig bidrager det internationale samarbejde til at synliggøre danske forskningsstyrker og grønne danske løsninger og teknologier og kan derved styrke Danmarks konkurrenceevne, vækst og beskæftigelse.

Analyser viser desuden, at adgang til internationale netværk og partnerskaber er af afgørende betydning for kvaliteten af dansk forskning, ligesom disse netværk og partnerskaber er en god måde at koble nationale F&I-programmer og initiativer sammen med EU-initiativer og globale indsatser.

Dansk forskning inden for landbrug- og fødevarerektoren er internationalt konkurrencedygtig, og danske forskere hjemtager en forholdsmæssig stor del af de konkurrenceudsatte midler i EU's rammeprogram for forskning og innovation. Danske forskere samarbejder med en række stærke internationale forskningsmiljøer gennem bl.a. netværk og partnerskaber som f.eks. i FACCE-JPI og Global Research Alliance, som har fokus på klima og fødevarereproduktion, samt EJP Soils som har fokus på jordkvalitet og klima.

I det kommende europæiske rammeprogram for forskning og innovation, Horizon Europe, vil den tematiske "klynge" til forskning og innovation i bioøkonomi, landbrug og miljø have en betydelig tyngde, og der er stort potentiale for høj dansk deltagelse og hjemtag af konkurrenceudsatte midler.

Der lanceres/videreføres desuden en række store, strategiske partnerskaber med fokus på fødevarer, bioøkonomi, naturressourcer, landbrug og bioøkonomi – alle med fokus også på fødevarerektorens klimaudfordringer. Nedenfor listes de partnerskaber, der umiddelbart vurderes relevante for dansk forskning. Listen er ikke bindende eller udtømmende, men skal læses som konkrete eksempler på relevante europæiske partnerskaber:

- A climate neutral, sustainable and productive Blue Economy
- Safe and sustainable food systems for people, planet and climate
- Accelerating farming systems transition: agro-ecology living labs and research infrastructure
- Circular Biobased Europe (BBI-JU 2.0)
- Animal Health
- Agriculture of Data
- Water Security.

Som et nyt tiltag i Horizon Europe bliver der desuden lanceret fem *missioner* for at finde løsninger på nogle af de europæiske borgeres største udfordringer, ikke mindst på klimaområdet. På fødevareområdet er det besluttet at definere en mission vedr. "Soil Health and Food". De konkrete mål og fokusområder inden for missionen forventes at blive defineret i løbet af 2020 i tæt dialog med medlemslandene og en bred kreds af interessenter ("citizen engagement"). Det kan være relevant for danske aktører at engagere sig i denne proces, for at missionerne kan understøtte de danske målsætninger bedst muligt.

Der er også perspektiver i et styrket samarbejde med lande uden for Europa. Dette samarbejde hviler ofte på bilaterale samarbejdsaftaler på regerings- og/eller institutionsniveau og involverer de offentlige forskningsfinansierende fonde. Bilateralt samarbejde kan f.eks. omfatte et fælles opslag og finansiering af aktiviteter under forskning, teknologi og innovation inden for bestemte sektorer, teknologier, fagligt-tematiske områder eller globale udfordringer, verdensmål mm. Bilaterale samarbejder indbefatter som regel et tværdisciplinært samarbejde og kan involvere myndigheder, virksomheder og forsknings- og uddannelsesinstitutioner.

De danske innovationscentre rundt om i verden fremhæver og vurderer, at der er efterspørgsel efter bilateralt F&U-samarbejde med Danmark om landbrug og fødevarer bl.a. med USA, Brasilien, Israel, Indien og Korea. Samarbejdsområder er f.eks. cirkulær bioøkonomi, bioteknologi, biokul og bæredygtige fødevarsystemer.

Det bilaterale samarbejde kan styrkes gennem en tæt national koordinering og opbygning af stærkere bilaterale netværk og flere projektsamarbejder samt ved at koble indsatsen tættere til programmer og aktiviteter i regi af internationale organisationer. Det gælder f.eks. Horizon Europe (inkl. de ovenfor nævnte partnerskaber), EUREKA, International Energy Agency (IEA) og Mission Innovation.