

Tommy Dalgaard, Nele Lohrum, Morten Graversgaard,
Mette Vestergaard Odgaard, Martin Hvarregaard Thorsøe og
Signe Normand

Bæredygtige produktionslandskaber og udviklingen af det industrialiserede landbrug i Danmark

Tiden i og omkring det 20. århundrede har været præget af meget store forandringer. Dette gælder i helt særlig grad for landbruget, der med sin industrialisering har mangedobbellet produktionen og tilpasset arealanvendelsen betydeligt; dels til de skiftende forhold i samfundet, men også i forhold til den naturressource, som er under et hidtil uset pres, både lokalt, nationalt og globalt.

I denne artikel gennemgås nogle af de vigtigste træk ved denne udvikling i forhold til bæredygtigheds-begrebet og udviklingen af det produktionslandskab, som det industrialiserede landbrug er en del af. Dette er samtidig et kulturlandskab, der spejler tidernes skiften og balancen mellem menneske og natur, socio-økonomi, produktion af fødevarer og andre arealrelaterede goder med de dertil hørende miljøpåvirkninger; og derved de forskellige bæredygtighedsdimensioner, som der til enhver tid styres efter, og som her tolkes i et generationsperspektiv med vægt på det økologiske råderum, der findes for landbrugets produktion, og dermed en miljømæssig bæredygtig udvikling.

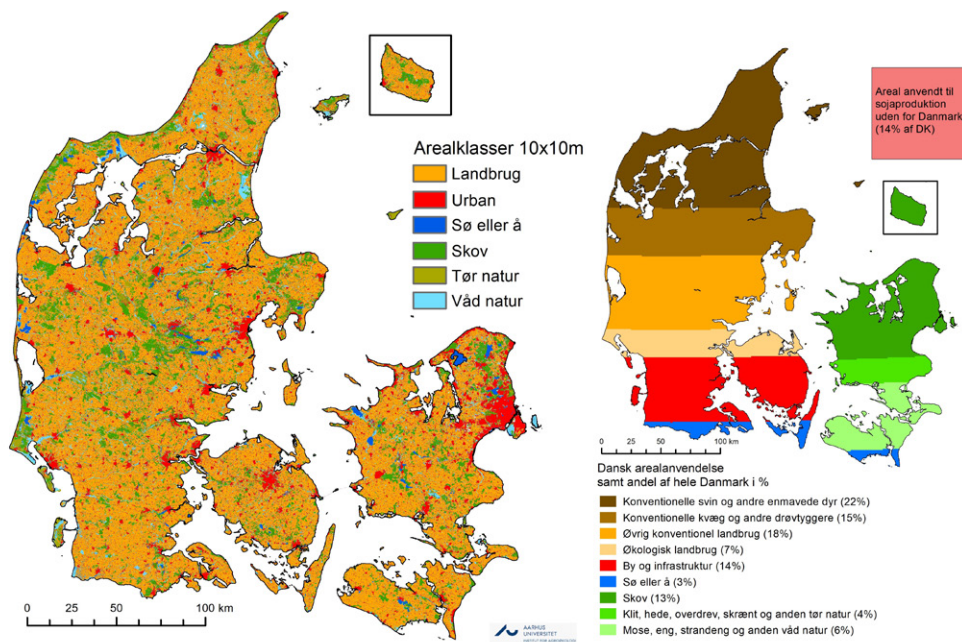
Produktionslandskabets udnyttelse

Danmark er i høj grad præget af det landbrug, som stadig dækker ca. tre femtedele af arealet, og som sammen med skovbruget forvalter ca. tre fjerdedele af vores land, se figur 1.¹ Landbrugets arealanvendelse har gennem generationer været præget af et tæt samspil mellem plante- og husdyrproduktionen og er det fortsat.² Figur 1 viser således, at ca. 22% af det danske areal i dag udnyttes til produktion af foder til svin og fjerkræ, mens ca. 15% af arealet går til konventionel produktion af kvæg og andre drøvtyggere. Hertil kommer økologisk produktion på mere end 7% af arealet (i dag faktisk hele 12%), hvoraf en stor andel er malkekvægbrug koblet til en planteproduktion med korn, bælgsæd, rodfrugter og andre grøntsager. De øvrige dele af landet dækkes af våde natur-

1 Danmarks Statistik 2022

2 Rømer 2004; Jensen 2007; Stenak et al. 2009; Dalgaard et al. 2009a

typer som moser, våde enge osv. (ca. 6%) og tørre naturtyper med klitter, heder osv. (ca. 4%), der begge i nogen grad spiller sammen med landbrugets arealforvaltning, mens egentlige skove dækker ca. 13%, og søer og vandløb i alt ca. 3%. Endelig dækker bymæssige bebyggelser med tilhørende infrastruktur ca. 14%, hvilket som et sammentræf svarer til det areal, der uden for Danmark tilgår til at producere de foderstoffer (i høj grad soja-protein), som importeres til fodring af husdyr i Danmark. Netto set er Danmark dog eksportør af planteprodukter, hvilket også indikeres ved de 18% af totalarealet (eller ca. 30% af landbrugsarealet), der ifølge figur 1 går til "Øvrig konventionel landbrug", dvs. planteproduktion til kornprodukter, rapsolie, kartofler og andre rodfrugter (f.eks. roer til sukker), bælgplanter osv.



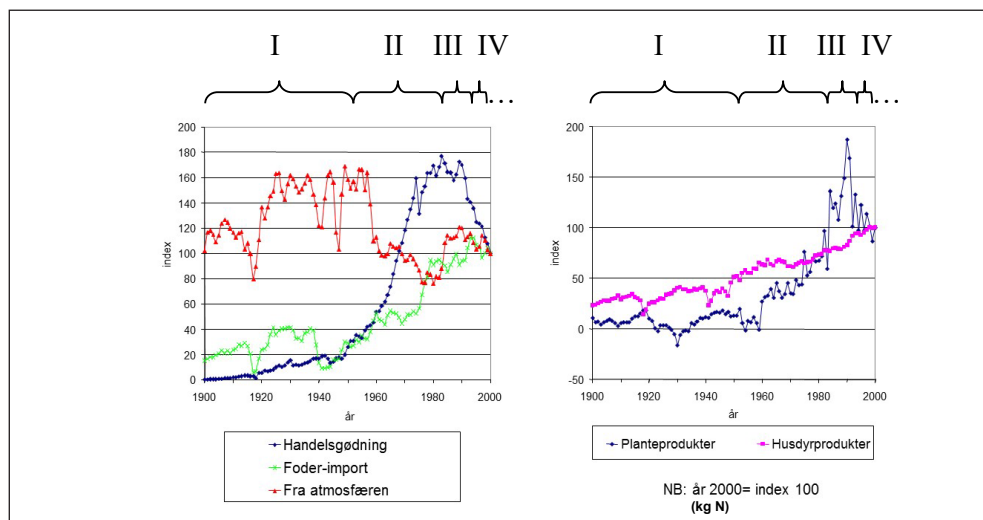
Figur 1: Kortet til venstre viser den geografiske fordeling af landbrug og øvrige arealanvendelsesklasser i nutidens Danmark. Kortet til højre skal tilsvarende forstås som et tankeeksperiment, hvor man forestiller sig, at al landbrugsproduktionen blev samlet i ét område (og fordelt på hhv. konventionelt svinebrug (inkl. fjerkræ og andre enmavede dyr), kvægbrug, økologisk landbrug mv.), mens alle byer blev klumpet sammen et andet sted, og så videre.³ Dermed illustrerer kortet, hvor meget de forskellige kategorier fylder arealmæssigt, men si-

3 Baseret på kortmateriale udarbejdet til Videnskab.dk på baggrund af Odgaard et al. 2021.

ger intet om, hvor produktionen foregår. Desuden viser den lyserøde firkant øverst til højre det estimerede areal uden for landets grænser, som går til at producere importeret foder. Bearbejdet Basemap2021 ifølge Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab 2024 v/ Gregor Levin. metode i Odgaard et al. 2021.

Det industrielle landbrugs udvikling

Efter århundreder med stabile driftsformer, udviklede det moderne danske landbrug sig op gennem 1800-tallet,⁴ men blev først for alvor grundlagt med mejeribrugets gennembrud i sidste halvdel af 1800-tallet.⁵ Herefter tog udviklingen frem mod dagens højproduktive, industrialiserede landbrug for alvor fart; en udvikling, som grundlæggende set kan opdeles i fire forskellige faser i og omkring det 20. århundrede (I-IV på figur 2), som hver især har præget arealanvendelsen gennem en forandret brug af input-faktorer (figur 2, tv.) og resulterende plante- og husdyrproduktion netto output (figur 2 th.).



Figur 2: Udviklingen i det industrialiserede landbrug i det 20. århundrede, opdelt i fire hovedfaser I-IV, baseret på ændringer i landbrugets nationale kvælstof (N) balance, som indikator for den biologiske produktions intensitet og effektivitet. Kvælstoffer nemlig den centrale

4 Se Bjørn 1988a, Bjørn 1988b samt artiklerne i nærværende udgave af Landbohistorisk Tidsskrift omkring landbruget i 1800-tallet af Gormsen & Bavnshøj og udgangspunktet med stabile dyrkningssystemer 1100-1800 af Dam.

5 Dalgaard et al. 2008; Dalgaard et al. 2009b

komponent både i de proteiner, der indeholdes i de producerede husdyr- og planteprodukterne (graferne t.h.), og i de tre væsentligste typer af input for at opretholde denne produktion (graferne t.v.). Graferne til venstre viser således importeret N i form af handelsgødning og foder samt nedfald og fiksering fra atmosfæren ved hjælp af bælgplanter, mens grafen til højre viser netto eksporten af hhv. husdyr- og planteprodukter (ligeledes i form N). I øvrigt gælder det, at kvælstofbalancen, beregnet som forskellen mellem importeret og eksporteret N (ifølge graferne t.h. og t.v.) er en god indikator for såvel landbrugets kvælstofudnyttelse som for landbrugets kvælstoftab, og derved en indikator for landbrugets miljøeffektivitet og miljømæssige bæredygtighed over tid. F.eks. gennem de tab der bidrager til landbrugets forurening med kvælstofholdig nitrat til vandmiljøet, og i form af luftformige ammoniaktab, der gennem sin både lang- og kortdistance spredning påvirker sårbare naturtyper. Dalgaard et al. 2009b og Dalgaard et al. 2014.

- Fase I (i det 20. århundrede indtil ca. 1945) karakteriseres ved det traditionelle blandede landbrug, hvor en stor del af den kvælstof-forsyning, der driver landbrugets produktion, kom fra afgrøder, som gennem deres rodknoldbakterier kan fikserer kvælstof fra luften (særligt kløver, lucerne, vikke, sneglebælg osv.).⁶ Disse indgik i kvæg og andre grovfoderædende husdyrs foderforsyning og bidrog derved gennem husdyrgødningen til planternes næringsstofforsyning. Husdyrproduktionen blev desuden drevet af en efterhånden stigende foderimport, dog afbrudt under de to verdenskrige, og alt andet lige bidrog mekaniseringen og den svagt stigende import af handelsgødning til en jævnt stigende produktion af husdyrprodukter, men et meget begrænset overskud af planteprodukter til eksport.
- Fase II (ca. 1945-1983) er drevet af en eksponentiel stigende import af industrielt syntetiseret kvælstof-handelsgødning, som bidrog til en ligeledes eksponentielt stigende planteproduktion og øget overskud af særligt korn til eksport. Samtidig steg foderimporten, mens kvælstof fikseret fra atmosfæren faldt, idet ikke kvælstoffikserende salgsafgrøder og grovfoderafgrøder i højere og højere omfang kunne gødes med handelsgødning og de samtidigt stigende mængder af husdyrgødning.
- I fase III (ca. 1983-1992) toppede handelsgødningsforbruget, bl.a. fordi der simpelthen ikke var nogen økonomisk udbyttegevinst ved fortsat at øge denne indsatsfaktor, men også fordi miljømæssige bæredygtighedshensyn, hvor overskydende kvælstof gav iltsvind i havene og sundhedsskadelig nitrat i grundvandet, gjorde en politisk regulering af kvælstofforbruget nødvendig. Investeringerne gik derfor imod nye teknologier til at øge udnyttel-

6 Jensen & Reenberg 1986

sen af husdyrgødningen og en stadig bedre udnyttelse af husdyrenes foder (f.eks. med kunstige aminosyrer) hvorved både en stor planteproduktion og en stadig stigende husdyrproduktion kunne opretholdes, selv om handelsgødningsforbruget faldt betydeligt.

- Fase IV kan defineres med den mere post-produktivistiske dagsorden, der blev indledt med EUs såkaldte MacSherry reform, hvor den hidtidige landbrugsstøtte i mindre grad bliver givet per produceret enhed, men i højere grad kobles til andre hensyn, såsom miljøbeskyttelse, landdistrikts- og landskabsudvikling. Et eksempel kan være støtte til omlægning til økologisk jordbrug, som dog typisk stadig er højt industrialiseret og specialiseret, men ikke benytter importeret handelsgødning eller pesticider mv., har høj fokus på dyrevelfærd og en generelt lavere dyretæthed med brug af foderafgrøder, der i højere grad baserer sig på lokale ressourcer.

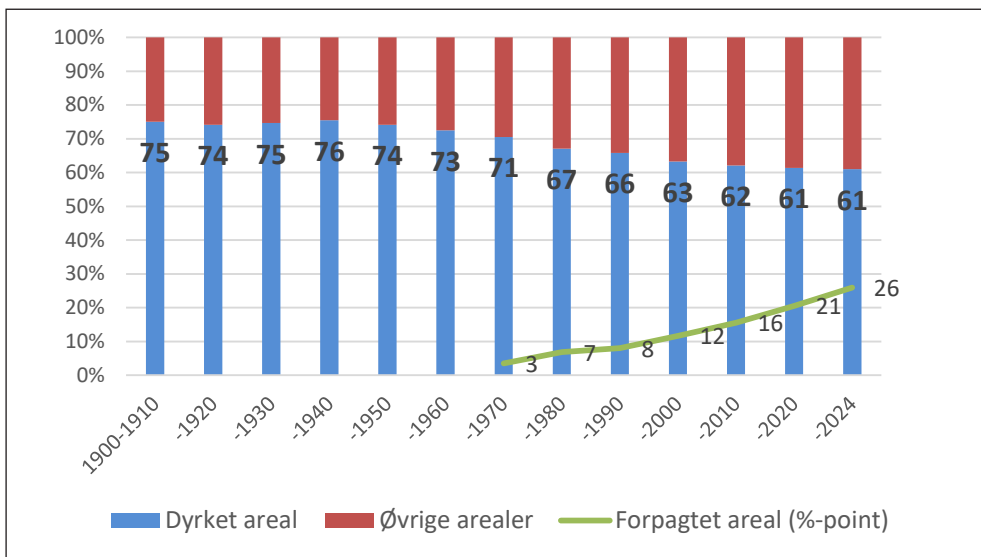
I dagens accelererede og foranderlige vækstsamfund er der nok i virkeligheden flere nye faser på spil samtidig, hvor industrialiseringen af landbruget fortsat buldrer derudaf på stadig større og mere automatiserede produktionsanlæg, med stadig færre fuldtidslandmænd, men samtidig en ret stabil landbefolkning, og en stigende bybefolkning med væsentlige arealanvendelsesinteresser.⁷ Man kan derfor diskutere, om fase IV burde omdefineres, ikke mindst i lyset af de helt aktuelle dagsordener omkring Den Grønne Trepert, Klimaloven og det nyeste forslag om en Biodiversitetslov.⁸ I nærværende artikel afgrænses faseopdelingen dog til den historiske udvikling i det 20. århundrede, og en opdatering af graferne i figur 2 må afvente fremtidige studier. I de kommende afsnit ser vi dog nærmere på den nyeste udvikling i det dyrkede areal, ejerforhold og udbytter, og som afslutning analyseres udviklingen i et langsigtet bæredygtighedsperspektiv, helt frem til i dag.

Landbrugets overordnede udvikling og ejerforhold

Set i et hundrede-års perspektiv har det dyrkede areal i Danmark været forholdsvis stabilt høj, om end vigende, fra 75% af arealet først i 1900-tallet til ca. 60% af arealet i dag (figur 3).

⁷ Odgaard et al. 2021

⁸ I de kommende år sættes dagsordenen med implementeringen af den Grønne Trepartsaftale fra November 2024 (<https://mgtp.dk/aftaler/>), klimaloven fra Juni 2020 (<https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2020/965>) og en forventet ny biodiversitetslov, som anbefalet i Biodiversitetsrådets rapport fra 2023 (<https://www.biodiversitetsraadet.dk/viden/aarsrapport-2023>).



Figur 3: Udviklingen i det dyrkede areals andel af Danmarks totale areal siden år 1900. Størstedelen heraf dyrkes af ejerne til landbrugene, men siden midten af 1960'erne med en stigende andel forpagtet areal, dvs. lejede arealer, som ejes af andre end den landbruger, som driver marken, herunder som afgræsning. Fra Danmarks Statistik 2024a; 1965 og flere årgange. Se også uddybende beskrivelser i Otte Hansen 2021.

I fase I (indtil 1945, jf. figur 2, 3) lå andelen med landbrug således omkring tre fjerdedele af arealet, mens det gennem fase II, over en periode på ca. 40 år, faldt med ca. 10 %-point og i øvrigt fortsatte med at falde frem til omkring årtusindeskiftet (Fase III og IV). For at sikre et højt produktivitsniveau blev der i denne periode lagt et særligt fokus på ny teknologi. Rationalisering via mekanisering og specialisering blev således i 1960'erne og fremefter set som en ideel vej mod en stærkere landbrugssektor og var grundlaget for den strukturudvikling, politiske indgreb, regulering og tilskud, der fandt sted.⁹ En politik, som har drevet en stadig større produktion per arealenhed, og en husdyrproduktion, som gennem alle årene på figur 2 har været støt stigende, samtidig med at størstedelen af arealet frem til i dag er gået til produktion af foder til husdyrene, sådan som det også er vist på figur 1. Man kan så spørge sig, hvor-

⁹ Ingemann 1997

for landbrugsarealet de seneste årtier, tilsyneladende er stabiliseret på omkring tre femtedele af arealet? Dette skyldes nok flere forhold: For det første nok politiske forhold, hvor landbrugsarealet i højere grad segregeres i intensivt dyrkede jorde på de mest industrialiserede brug, og en større andel af jorde, som ikke længere dyrkes intensivt (f.eks. i ådale og forskellige former for naturpleje, hobbybrug osv.), og/eller i statistikken tæller som landbrug, selv om det er taget mere eller mindre midlertidigt ud af landbrugsdrift (f.eks. til juletræer, energiafgrøder eller med støtte til braklægning, blomsterbrak, udtagning af til småbiotoper osv.), eller i det hele taget dyrkes mere ekstensivt med græsningsordninger, miljøstøttetilsagn, økologisk landbrug osv.

Efter en relativt begrænset og konstant udvikling frem til omkring 1960 tog strukturudviklingen for alvor fat, og i 2023 var der ca. 7.500 fuldtidsbedrifter mod mere end 200.000, da antallet var på sit højeste i 1940'erne.¹⁰ Med den stigende bedriftsstørrelse ses flere og flere bedrifter, hvor det er vanskeligt at organisere et ejerskifte i traditionel forstand til nye selvejere. Som en konsekvens ses også en stigende grad af forpagtning (figur 3), og der eksperimenteres i dag med nye former for ejerskab af jord og bygninger. Samtidig betyder strukturudviklingen, at det at være landmand i dag ikke kun handler om at forvalte jorden, arbejdskraften og dyrene. Planlægning og håndtering af salg, indkøb og risikostyring er stadigt vigtigere på grund af stigende usikkerhed på eksportmarkederne, og desuden udgør en række eksterne aktører, såsom banker, realkreditinstitutioner og maskinstationer, en vigtig ramme for beslutningstagningen på bedrifterne. Op igennem 1800-tallet oprettedes nye banker, sparekasser og realkreditinstitutter, som gav gode muligheder for udvikling af selvejerlandbruget, og det danske realkreditvæsen med en billig og stabil adgang til lånekapital fremhæves ofte som et væsentligt grundlag for landbrugets udvikling og udformningen af de danske landdistrikter, som vi kender dem i dag.¹¹

I sammendrag er en klar tendens over den seneste generation således de ændrede bedrifts- og ejerforhold. Mens landbrugsbedrifterne frem til slutningen af 1900-tallet i helt overvejende grad dyrkede deres egen jord, og der tilsvarende kun var få ejendomme, som bortforpagtede betydelige arealer, gælder det, at op mod halvdelen af landbrugsbedriftenes areal i er dag forpagtet og derfor ikke ejet af den, der driver jorden (figur 3). Dette forhold kan være meget vigtigt for at forstå den konservatisme, der i dag kan være i forhold til ændringer i arealernes grundlæggende anvendelse, og derfor måske også det stagnerende fald i det samlede dyrkede areal. I det kommende afsnit vil vi se nær-

10 Bolding et. al. 2022; Kærgaard & Dalgaard 2014; Kyed 2000 samt Danmarks Statistik 2024a og flere årgange.

11 Thorsøe og Noe 2023

mere på, hvordan valget af de afgrøder, der dyrkes, på kort sigt kan være mere omskiftelige, men samtidig se på, hvilke større mønstre med kontinuitet og dermed kronologisk konstans,¹² der i et længere generationsperspektiv viser sig i kulturlandskabet.

Et landbrug mellem kontinuitet og forandring

Langsigtede studier af landbrugets arealanvendelse kan give vigtige bidrag til forståelsen af udviklingen i samfundet og i interaktioner med miljøet i tid og rum.¹³ Opmærksomheden har således typisk været fokuseret omkring interaktioner mellem landbrug og aspekter af miljøbeskyttelse, biodiversitet og genoprettelse af naturarealer,¹⁴ men der findes også studier af samspil med hensyn til management og innovation.¹⁵ I den forbindelse er der et stort behov for viden om virkningerne af tidligere ændringer i landbrugets arealanvendelse på nutidens landbrugslandskaber og viden om, hvordan tidligere landbrugspraksis og overgange har påvirket den nuværende arealanvendelse. Studier af historiske systemer og langsigtede datasæt kan således give en værdifuld indsigt i såvel succeser som fiaskoer i forbindelse med tidligere tiders bæredygtighedsbestræbelser, som også er relevante for nutidens beslutninger omkring arealanvendelse og i et generationsperspektiv.

Her gives et eksempel på nogle af de omfattende, historisk-statistiske data, der er under digitalisering og syntese i forbindelse med Sustainscapes.org Forskningscenteret.¹⁶ Som et eksempel, sammenstiller figur 4 således historiske (1907) og nyere (2010) statistiske landbrugsdata for afgrøderne hvede, byg og rug, hvis arealandele er illustreret på sogne-niveau, kategoriseret ved hjælp af tertilerne 'lav', 'medium' eller 'høj'. Øverst ses sognekort for år 1907, som nederst på figuren er sammenlignet med tilsvarende data fra 2010, visualiseret i såkaldte konkordanskort, der viser overgange mellem år 1907 og 2010; herunder arealer med stabil arealanvendelse. Derved illustreres sammenhængen mellem historiske og nutidige mønstre i arealanvendelsen. F.eks. viser 'højhøj' indikationen (mørkegrøn) af hvede på Sjælland og rug i Jylland, at mønstre for andelene af disse to kornarter i dag minder om situationen for over 100 år siden. Tilsvarende indikerer kategorien 'lavlav' en fortsat relativ lav produktion af f. eks. hvede i Vestjylland – hvilket giver god mening taget i betragtning, at dette

12 Dalgaard 2006

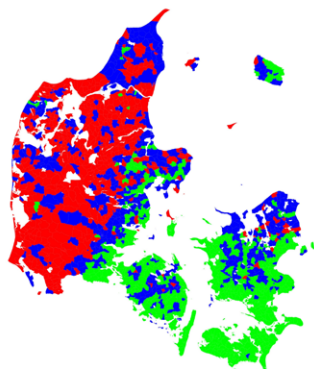
13 Lohrum et al. 2021; Lohrum et al. 2024

14 Macchi et al. 2020; Turley et al. 2020; Duru et al. 2015.

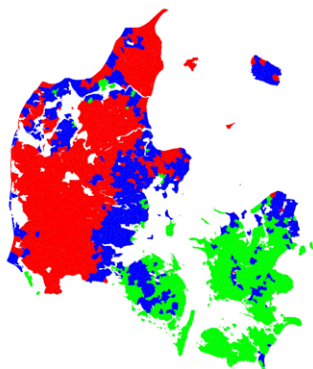
15 Prober et al. 2013

16 Sustainscapes.org "Center for bæredygtige landskaber i en foranderlig verden" er et Novo Nordisk Challenge Forskningscenter, som løber frem til 2028. Se særligt ph.d.-afhandling af Lohrum 2025.

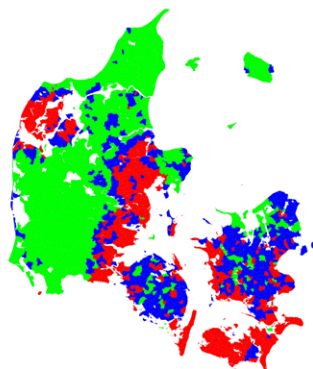
Areal 1907: Hvede



Byg



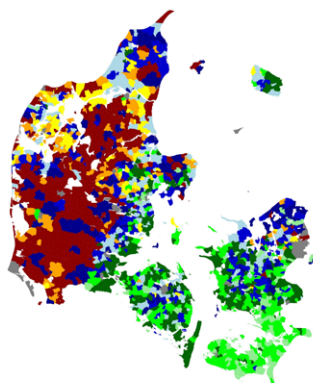
Rug



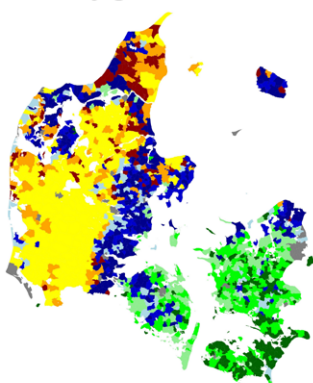
høj lav medium

Sammenligning 1907-2010:

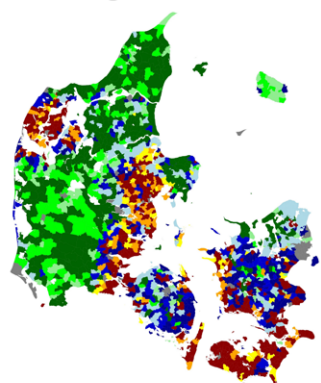
Hvede



Byg



Rug



højhøj højmed lavlav medhøj medmed
højlav lavhøj lavmed medlav NA

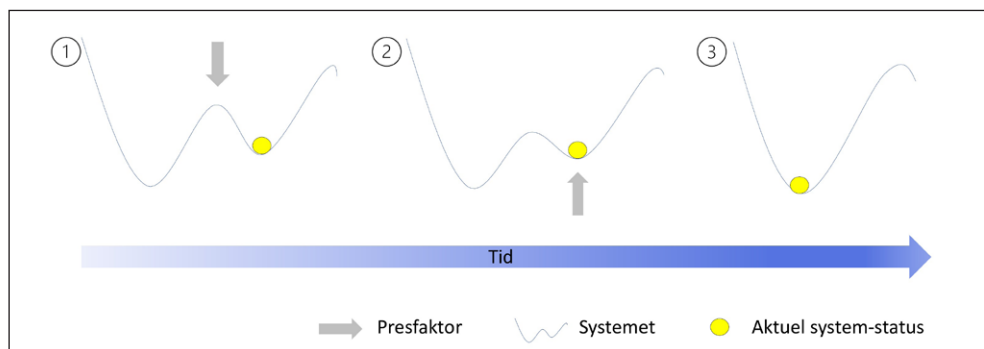
Figur 4: Fordelingen af arealer med hvede, byg og rug år 1907 (øverst) sammenlignet med situationen i år 2010 (nederst), ifølge sogndata fra Danmarks Statistik (1907, 2010), nord for Kongeå-grænsen, fordelt på tre lige store arealandelsklasser = høj, medium og lav tertiler. Bemærk der mangler data for enkelte sogne, ligesom data fra købstæder ikke er nedtaget= NA. Disse områder svarer dog kun til 0,2% af arealet.

områdets sandende jorde er mindre egnede til netop hvededyrkning. Særlig interessant er dog nok at se på de forandringer, der sker i de regionale mønstre; f. eks. i forhold til dyrkningen af byg for hele området fra den jyske højderyg og vestpå. Udviklingen er her gået fra et historisk lavt (1907 niveau) til et nutidigt højt (2010) niveau ('lavhøj' = gul signatur). Dette skifte tyder på, at regioner, der i 1907 blev betragtet som marginale for denne afgrøde, gennem nybrud inden for landbrugsteknologi, forbedringer i jordforvaltning, ændringer i markedskrav osv., er blevet transformeret fra et område, hvor der ikke tidligere dyrkedes så meget korn i form af byg, til et 'hot spot' dyrkningsområde for denne afgrøde. Sådanne transformationer afspejler den bredere globale tendens mod intensivering af landbruget, hvor fokus har været på at maksimere produktivitet, ofte på bekostning af miljømæssig bæredygtighed. På samme vis har landvinding og dræning fra midten af 1800-tallet og ca. 100 år frem inddraget hidtil ufrugtbare arealer og sikret en gradvis udvidelse af dyrkningsarealet. En række af disse jorder har imidlertid vist sig at være sårbare, idet dræningen af lavbundsjorder med et højt indhold af kulstof, der igen bliver frigivet til atmosfæren, når lavbundslande bliver til landbrugsjord og opdyrket, i dag står for omkring en tredjedel af landbrugets samlede CO₂-udledning.¹⁷

Det historisk-geografiske perspektiv, som sådanne undersøgelser giver, kan vise sig afgørende for at forstå de bæredygtigheds-udfordringer, som moderne landbrugssystemer står overfor. Kontinuiteten af visse arealanvendelsesmønstre og intensiveringen af landbrugspraksis over tid har nemlig skabt en række komplekse miljømæssige og sociale udfordringer, som skal løses for at opnå bæredygtige landbrugssystemer. Målet er, på baggrund af de digitaliserede data tilbage til de ældste tilgængelige historisk-geografiske sognestatistikker fra 1837 og fremad, at danne vigtige lektioner for fremtidig landbrugspolitik og -praksis, hvor der ses et presserende behov for at anerkende og adressere de langsigtede konsekvenser af historiske såvel som nutidige beslutninger omkring arealforvaltning. Figur 5 illustrerer således den konceptuelle forståelse af de ændringer i jordbrugssystemets status, som der eftersøges i sådanne datasæt. I forhold til bæredygtighedsbegrebet ledes der her efter markante ændringer i landbrugssystemets status (som f.eks. den ændrede udbredelse af byg på kortene i figur 4), såvel som elementer med lang kontinuitet (såsom områderne med relativt meget rug i vest, og hvede i øst på figur 4), for derigennem at kunne identificere landbrugssystemernes robusthed (resiliens) over for forandringer, såvel som de faktorer der bevirker ændringer, samt deres konsekvenser for de forskellige bæredygtighedsdimensioner såsom produktionsøko-

17 Nielsen et al. 2022; Danmarks Statistik 2024a

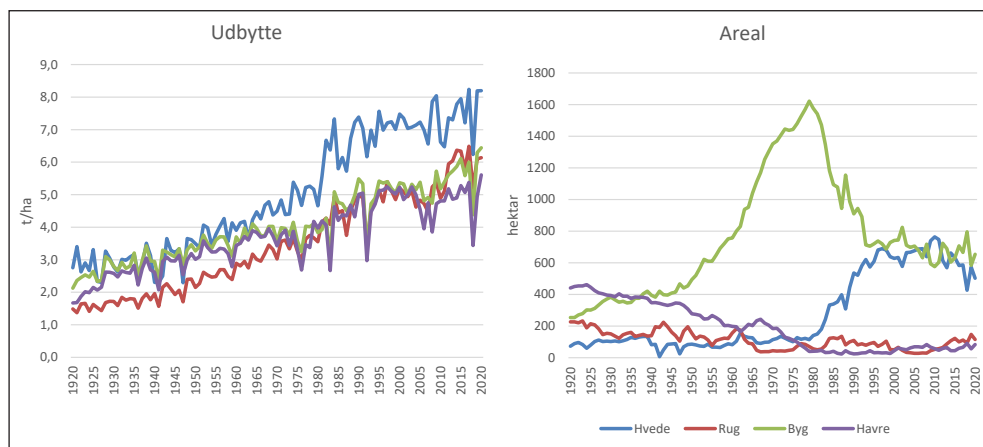
nomi, miljøpåvirkninger og ændrede vilkår for landbrugernes udvikling af nye og attraktive driftstyper.



Figur 5: Konceptuel beskrivelse af hvordan en presfaktor (f.eks. ændrede miljøforhold, ændret klima eller ændrede markedsforhold) påvirker bæredygtigheden af et system (i dette tilfælde landbrugssystemet) til forskellige tider. Det kunne f.eks. være ved, at det på figur 2 omtalte nitrattab ændrer vandmiljøets tilstand ved en bundvending i en fjord efter flere års ekstra belastning, eller hvis klimaet gør det mere attraktivt at dyrke en ny afgrøde, eller EU's landbrugspolitik fremmer ændret korndyrkning, f.eks. mere byg, hvorfor status for dyrkning af en sådan afgrøde ændres. Dette er illustreret ved situation 1 og 2, hvor landbrugssystemet er påvirket, men afgrødeproduktionen uændret, mens situation 3 illustrerer en påvirkning af systemet, hvor afgrødeproduktionen ændres, illustreret ved at den gule kugles position reduceres i y-aksens retning.

I virkeligheden er der selvfølgelig mere end den ene viste presfaktor på den konceptuelle figur 5, ligesom presfaktoren kan stå på i mange år i træk, før der sker en ligevægtsforskydning som eksemplificeret med bundvendingen i en fjord som resultat af mange års tab af kvælstof. Ligeledes dækker de forenklede kort på figur 4 selvfølgelig over store forandringer i den mere end 100-årige periode mellem de to tidssnit, hvilket illustreres med graferne i figur 6. Dels er de høstede udbytter per areal ikke konstante over tid, og udviklingen er forskellig for de forskellige afgrøder, hvorfor en sammenligning målt per udbytte ville give et andet resultat end sammenligningen målt per areal i figur 4. Ydermere ses det, at arealerne af de enkelte kornsorter kan ændre sig meget fra år til år (f.eks. på grund af vejrmæssige udsving, såsom tørkeår). De mest markante spring over tid har dog været bygarealets meget store, stigende udbre-

delse fra midten af 1950'erne og til midten af 1980'erne. Dette skyldtes i første omgang, at arbejdshestene i løbet af 1950'erne stort set blev udkonkurreret af traktoren, hvilket frigjorde et foder-havreareal svarende til mere end 10% af landbrugsarealet.¹⁸ Her var byg den oplagte alternative afgrøde, som både var et godt foder til den stigende svineproduktion og samtidig var egnet til at dyrke i monokultur og på alle jordtyper, herunder de store nye, med gult markerede områder på figur 4 nederst i midten (se også forklaringer ovenfor). Fra først i 1980'erne gik bygarealet dog kraftigt tilbage og blev i stort omfang erstattet af vinterhvede, dels fordi der kom attraktive nye vinterhvedesorter (anledt af Pajbjergfondens succesrige sort Kraka), dels fordi der kom svampemidler på markedet, som kunne bekæmpe gulrust og meldug i korn og særligt gav muligheder for højere hvedeudbytter (se figur 6, tv.).



Figur 6: Udvikling i afgrødeudbytter (grafven tv.) og besåede arealer (grafven th.) for de fire mest udbredte kornarter i Danmark 1920-2020. Fra Danmarks Statistik 2024a, 1965 og flere årgange.

¹⁸ Dalgaard et al. 2008; Dalgaard et al. 2009b

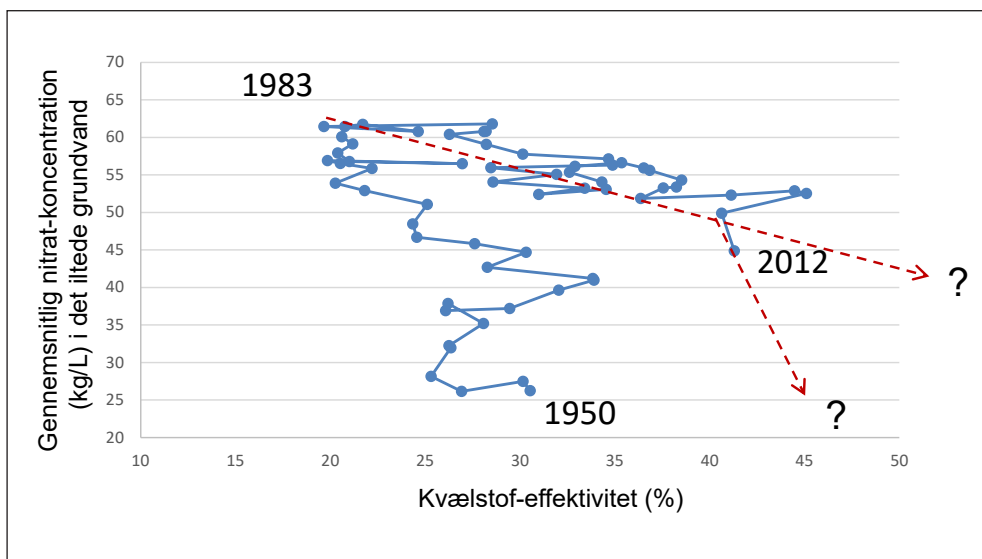
Økologisk bæredygtighed og effektivitet

Normalt skelner man mellem tre dimensioner af bæredygtighed; økonomisk, social og økologisk bæredygtighed, også kaldet miljømæssig bæredygtighed. Denne artikel fokuserer særligt på sidstnævnte, udtrykt som evnen til at forvalte naturressourcerne på en måde, som opfylder den nuværende generations behov uden at bringe de fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i fare.¹⁹ En vigtig parameter for at måle landbrugets bæredygtighed er i den sammenhæng effektiviteten, målt som output (dvs. produktudbytterne på figur 2 th.) per input (dvs. inputfaktorerne vist på figur 2 tv.), her målt i kg kvælstof (N). Figur 7 viser således på x-aksen udviklingen i landbrugets kvælstofeffektivitet: summen af kg N i plante- og husdyrproduktionen, divideret med summen af kg N i landbrugets inputfaktorer, for årene 1950-2012. Som det ses, faldt N-effektiviteten fra 1950 frem til 1983 fra ca. 30% til ca. 20%, mens den siden er steget, og nu ligger på ca. 40-50%. Hvis en generation sættes til godt 30 år, svarer det til en ret imponerende fordobling af effektiviteten over den seneste generation efter et fald på ca. 1/3 i generationen før. Imidlertid siger N-effektiviteten mest om den produktionsmæssige og dermed økonomiske bæredygtighed i landbruget. I figur 7 er N-effektiviteten (på x-aksen) derfor sammenholdt med et udtryk for den miljømæssige, eller såkaldte økologiske bæredygtighed, udtrykt ved koncentrationen af kvælstof i miljøet²⁰ i form af nitratkoncentrationen i de øvre/ iltede grundvandsmagasiner lige under landbrugsarealerne, som vist på y-aksen.²¹

19 Jf. Verdenskommissionen for Miljø og Udviklings rapport fra 1987: *Our Common Future* (Brundtland-rapporten) samt de nærmere definitioner af økologisk bæredygtighed i Dalgaard et al. 2006.

20 Som bekendt er kvælstof i miljøet en central presfaktor, der både påvirker livet i vandmiljøet og dermed biodiversiteten, f.eks. ved såkaldte bundvendinger i de indre farvande omkring Danmark, samt sundheden af det drikkevand vi drikker, og som i stort omfang netop pumpes op under landbrugsarealerne. Hansen & Rytter 2024; Dalgaard et al. 2014, Schullehner et al. 2018.

21 Opgjort på baggrund af metoder og data fra Hansen et al. 2017.



Figur 7: Sammenligning af udviklingen i kvælstof-effektiviteten (som udtryk for den økonomiske bæredygtighed) og nitratkoncentrationen i grundvandet lige under landbrugsjorden (som udtryk for den miljømæssige, dvs. økologiske bæredygtighed) i perioden 1950-2012.²² De stiplede røde trend-linjer og tilhørende spørgsmålstegn illustrerer situationer, hvis henholdsvis den nuværende udvikling fremskrives, versus et muligt skifte i landbruget, hvor udviklingen hurtigere går i en mere bæredygtig retning, både økonomisk og miljømæssigt, og dermed mod en miljøtilstand svarende til den, der var for generationer tilbage.

På figur 7 ses et tydeligt sving omkring 1983 i udviklingen af både den økonomiske og den miljømæssige dimension af landbrugets bæredygtighed, og data viser netop denne trend-ændring først i 1980'erne som det vel nok væsentligste vendepunkt i det 20. århundrede, på grænsen mellem fase I+II og fase III+IV (jf. figur 2).²³ Mens landbrugets produktionseffektivitet er forøget meget kraf-

22 Lidt ligesom man i arkæologien benytter sig af kulstof-14-metoden, er alderen af det kvælstof, der findes i miljøet, her målt ud fra koncentrationen af radioaktive isotoper, for et statistisk sikkert antal målepunkter fordelt over hele landet. Herved er det muligt at følge den langsigtede trend for dansk landbrug tilbage til tiden lige efter 2. verdenskrig. Der afventes statistisk sikre tal for den nyere udvikling efter 2012, idet der er en vis forsinkelse på resultater fra de seneste år.

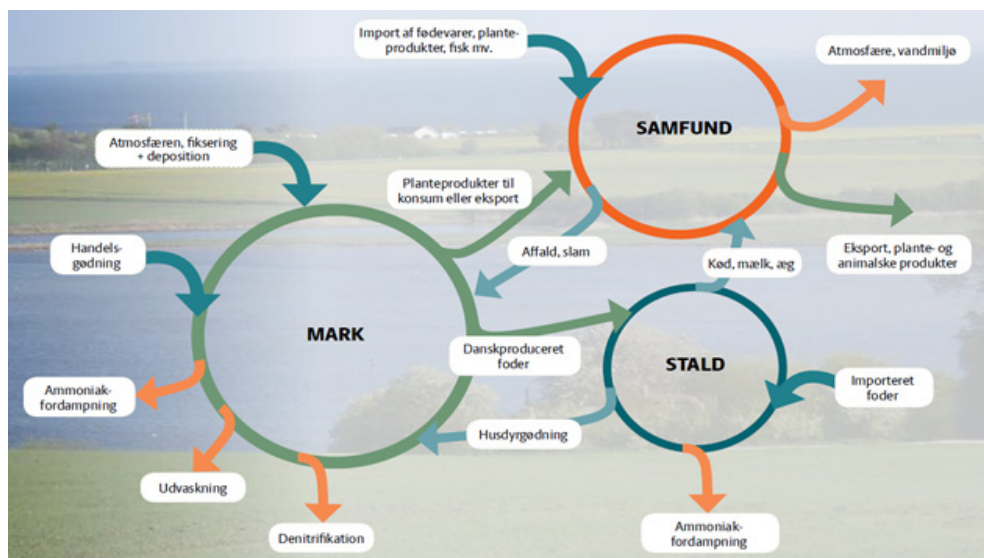
23 Den russisk-amerikanske Nobelprisvinder Simon Kuznets definerede netop sådanne vendepunkter i grafer over økonomisk vækst (her indikeret ved væksten i landbrugsproduktionen givet ved kvælstofinput) og miljømæssig kvalitet (her indikeret ved kvælstofkoncentrationen i grundvandet).

tigt over den seneste generation, har der kun været en ret begrænset effekt i form af reduceret N i vandrecipienten, hvor nitratkoncentrationen i dag er på samme niveau som i 1960'erne, selv om N-effektiviteten dengang var meget lavere. Derimod sås en meget kraftig stigning i nitratkoncentrationen fra 1950-1983, svarende til fase II på figur 2, hvor input af både handelsgødning og importeret foder steg relativt kraftigere end udbytterne, og tabet til miljøet derfor steg meget betydeligt, i forhold til den efterfølgende periode, hvor fokus var på effektiv N-udnyttelse frem for mere input som middel til at opnå en høj produktion (svarende til fase II og IV på figur 2). Forklaringen på 'svinget' i udviklingen på figur 7 er desuden at finde i ændringer i arealanvendelsen, hvor den før nævnte opdyrkning af lavbundarealer og andre marginale jorde i højt omfang fandt sted før 1983 (med et relativt større tab per areal til følge), mens udbytterne målt i forhold til input samtidig steg relativt mere efter 1983. Se både figur 7; og figur 6, hvoraf det fremgår, at hvedearealet steg kraftigt samtidig med, at udbytterne af hvede steg relativt hurtigere. Men det store spørgsmål er selvfølgelig, hvor denne udvikling fører os hen? Og hvordan samfundet og dermed jordbruget reagerer på de udfordringer, der helt tydeligvis er i denne udvikling, markeret med spørgsmålstejnene og de stiplede trendlinjer i figur 7? Desværre har det til nærværende studie ikke været muligt at vise nyere data end for 2012,²⁵ men det bliver overordentlig interessant at følge, om der findes lignende markante trendskeft over de senere år, og ikke mindst med de kommende års implementering af Den Grønne Trepert mv. Meget tyder nemlig på, at der fortsat er brug for en ekstraordinær indsats for at opnå den ønskede større reduktion i nitratkoncentrationen jf. figur 7.²⁴

Landbruget som en del af løsningen på samfundets bæredygtighedsudfordringer

Med industrialiseringen har både markbruget, husdyrbruget og det omkringliggende samfund udviklet sig med specialisering, stordriftsudnyttelse og nye teknologier, men er med de stadigt større stofstrømme fortsat tæt sammenkoblede (figur 8). Således er samfundets forbrug af landbrugsprodukter, herunder balancen mellem husdyr- og planteprodukter, den reelle driver for landbrugets produktionsudvikling og udledning af næringsstoffer og drivgasser til miljøet. Dvs. løsningen på landbrugets bæredygtighedsudfordringer er en samfundsudfordring og omfatter en balance mellem økonomi, miljø og sociale forhold for at kunne overkomme de stadigt mere udfordrende presfaktorerer, f.eks. i forhold til vandmiljøets tilstand og formålet med den kommende implementering af Den Grønne Trepert.

²⁴ Thorling et al. 2024



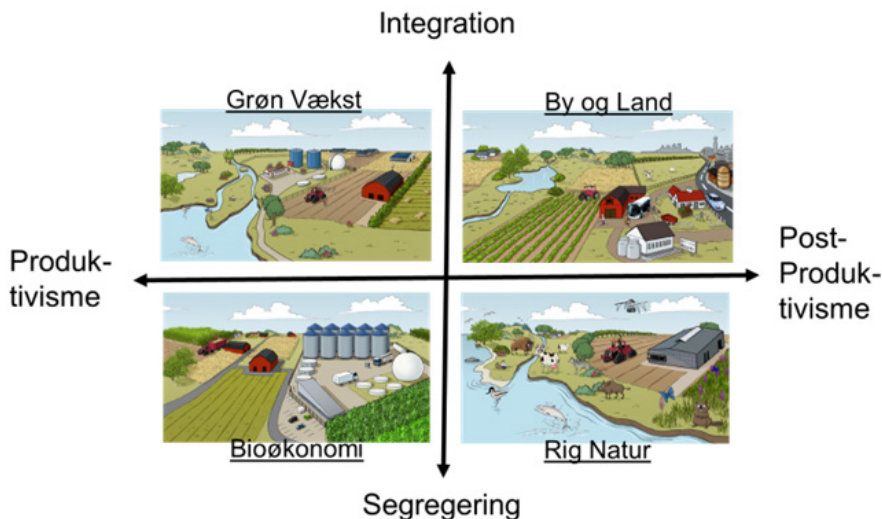
Figur 8: Oversigt over stofstrømme til- og fra landbruget, fordelt på mark og stald i samspil med det omkringliggende samfund (opgjort med kvælstof som målestok ligesom i figur 2 og 7). Input-posterne er markeret med blå pile, mens tabsposter er vist med orange pile (i form af ammoniak-fordampning, udvaskning af især nitrat til vandmiljøet og denitrifikation til bl.a. lattergas og frit kvælstof til atmosfæren), og idet husdyr- og planteprodukterne, illustreret med grønne og blå pile, dels cirkulerer mellem marken, stalden og den danske samfunds-økonomi, og / eller udveksles med verdensmarkedet. Fra Knudsen et al. 2017.

En differentieret udvikling med flere dagsordener på en gang

Særligt den seneste generations udvikling i fase IV på figur 2 og udviklingen efter årtusindeskiftet peger som sagt i flere forskellige retninger på en gang. Disse samtidige hovedtrends er forsøgt illustreret på figur 9, med tilhørende fire hovedscenarier i krydsfeltet mellem integration eller segregering af de forskellige former af landbrug i landskabet,²⁵ og den produktivistiske over for den post-produktivistiske dagsorden.²⁶

²⁵ *Land sharing versus land sparing* er lignende begreber, som også bruges internationalt, særligt i forhold til strategier til fremme af biodiversitet.

²⁶ En uddybende beskrivelse af de fire hovedscenarier med tilhørende illustrationer, animationer, beregningseksempler, dokumentation og kort kan findes på <https://fremtidenslandbrug.dk/>.



Figur 9: Spændfeltet for udviklingen af dagens landbrug, illustreret med fire samtidige hovedscenarier, dels 1) en fortsættelse af det nuværende såkaldte "Grøn Vækst" paradigme, dels tre alternativer i form af 2) en stærkere "By og Land" kobling med flere lokale ofte økologiske brug, 3) Dedikeret plads til "Rig Natur" i afgrænsede områder, og 4) fokus på "Bioøkonomi" klynger, f.eks. omkring store bioraffineringsanlæg. Se nærmere forklaringer i teksten. Hver især har disse scenarier tråde tilbage til udviklingen af det moderne, industrialiserede landbrug på baggrund af den løbende teknologiudvikling og effektivisering i tiden omkring det 20. århundrede og en udgangssituation, hvor landbruget var selvforsynende og i balance med naturgrundlaget.

En gennemgående trend er den produktivisme, der med nye teknologier og øget produktionseffektivitet kan øge eller fastholde produktionen og samtidig kan drive en øget miljøeffektivitet under mantraet 'mere for mindre' (illustreret med Grøn vækst og Bioøkonomi-scenarierne på figur 9). Man kan sige, dette svarer til en fortsættelse af den øverste stiplede linje-trend på figur 7, hvor landbruget under et hele tiden bliver mere effektivt og dermed kan reducere sine inputfaktorer, uden at det går ud over en fortsat udvikling af produktionen. I modsætning hertil går en post-produktivistisk trend (illustreret med By og Land samt Rig Natur scenarierne på figur 9), hvor der enten efterspørges lokale, håndforarbejdede ofte økologiske fødevarer (f.eks. fra gårdbutikker i nærheden af byerne eller ferieområder) eller en mere rig natur i forbindelse rekreative oplevelser eller i højere og højere grad med krav om fredede områder og såkaldt urørt natur (f.eks. i de nye naturnationalparker og indhegnede områder såsom Lille Vildmose).

En anden gennemgående trend er den stigende specialisering, hvor ikke bare de forskellige produktionsgrene segregeres i stadig mere specialiserede former for planteproduktion (kornavlere, kartoffelavlere, økologiske grøntsagsavlere osv.) eller husdyrproduktion (mælkeproducenter, fjerkræavlere, slagtesvin-, smågriseproducenter osv.), men også udspalter sig i større bioøkonomiske klynger med disse brugstyper og relaterede forarbejdningsindustrier. Som eksempler kan nævnes sukker på Lolland, mælk i Nord- Vest og Sønderjylland, kartofler omkring kartoffelmelsfabrikkerne eller dyrkning af rodfrugter til konsum, som ved Danroots – det tidligere Tange Frilandsgrønt i Midtjylland – og gulerødder på Lammefjorden. Desuden ses nye typer af produktioner fra biogasanlæg (biogas kombineret med el/kraftvarme, og biobaserede gødninger; husdyr- som plantebaserede), solceller og vindmøller på markerne, samt fremvækst af nye bioraffineringsanlæg, der kan udvinde proteiner fra afgrøder, som ellers kun kunne bruges til foder (f.eks. græs, lucerne og kløvergræs; der samtidig har et højere udbyttepotentiale end korn), pyrolyseanlæg, der ud fra biomasse producerer biokul til lagring af CO₂ i jorden, kombination med såkaldte power-to-X anlæg, der kan konvertere overskydende energi og biomasse til nye brændstoftyper såsom brint, ammoniak eller metanol til f.eks. fly og skibe, eller udvinding af højværdi ingredienser af mælk, kartofler osv. Alt sammen noget som kan bidrage til at koncentrere den landbaserede produktion og dermed Bioøkonomiscenariet på figur 9, og alt andet lige, potentielt set bidrage til en lavere udledning til miljøet, illustreret med trenden for den nederste stiplede linje og pil på figur 7.

En væsentlig kritik går dog på, at denne udvikling ofte ikke samtidig tilgodeser en række andre samfundsbehov og grønne goder, som i stigende grad efterspørges i vores post-moderne og post-produktivistiske samfund. Dette gælder f.eks. muligheder for bosætning og liv på landet, herunder understøttelse af småbrug og lokal fødevarerproduktion – også omkring byerne – såvel som en mere differentieret grøn vækst på landet (dvs. de to integrationsscenarier på figur 9). Modsæt argumenteres der for, at specialiseringen og segregeringen i et intensivt landbrug i bioøkonomiske klynger (eller landbrugs-industriparker om man vil) netop giver mulighed for at producere de ønskede mængder på et mindre areal, og dermed giver plads til mere natur andre steder i landet, herunder mere urørt natur (typificeret med Rig Natur scenariet i figur 9).

Overordnet set kan vi sige, at bæredygtighedsperspektivet, herunder generationsperspektivet, er helt afgørende, når landbrugets udvikling skal tolkes, og hver af de beskrevne faser for jordbrugets udvikling i og omkring det 20. århundrede er udtryk for forskellige vægtninger og opfattelser af, hvad der leder til en bæredygtig udvikling diskuteret i spændfeltet mellem de fire udviklingsscenarier på figur 9. Som vel aldrig før er der i dag ønske om og vilje til at

præge udviklingen i landbruget. Alternative visioner spirer fra en Grøn Ungdomsbevægelse, der ønsker at udvikle et såkaldt Levedygtigt Landbrug,²⁷ som “... med en respekt og ydmyghed over for landbrugernes urimelige rammer for at kunne omstille sig, med en brutal ærlighed om, hvor svært det bliver at løse de økologiske, sociale og økonomiske kriser, vi står midt i, og ikke mindst med et helhedsorienteret bud på et alternativ til det nuværende”, mens den nye Grønne Trepartsaftale bliver fremhævet som historisk, med tilknyttede meget store investeringsplaner, som vil forandre landbruget i et tempo, som sjældent er set, og som derfor kræver grundige refleksioner og vidensgrundlag med historisk dybde.²⁸

Konklusion

Denne artikel omkring det industrielle landbrugs udvikling og bæredygtighed i et nutidigt og historisk perspektiv har med fokus på den miljømæssige bæredygtighed (også kaldet økologisk bæredygtighed) belyst, hvordan samtænkning af det miljømæssige, det sociale og det økonomiske har udviklet sig i og med det 20. århundredes danske produktionslandskab. Denne udvikling og principperne omkring bæredygtighed er centrale for at forstå både de udfordringer og potentialer, der er forbundet med en bæredygtig fremtid for landbruget.

Miljømæssigt og økologisk har landbrugets intensivering, herunder dræning af lavbundsjorde, og ændringer i dyrkningsarealernes omfang og anvendelse, med en først stærkt stigende og senere aftagende brug af næringsstoffer, ført til en betydelig miljøbelastning. Mekaniseringen og det stigende pres på at optimere jordens produktivitet har skabt ubalancer, særligt i forholdet mellem land og by, og som i denne artikel illustreret med tidsserier af landbrugets kvælstofbalance og øgede stofstrømme mellem landbrugets marker og husdyrproduktion samt det omkringliggende samfund og miljø. For at adressere nutidens udfordringer peger analysen derfor på behovet for at gentænke landbrugsproduktionslandskabet i grænsefeltet mellem produktivisme og postproduktivisme og med udvikling af nye integrerede såvel som segregerede produktionsformer. Dvs. nogle steder tages intensivt opdyrket landbrugsjord ud af drift eller omlægges til mere ekstensiv dyrkning, samtidig med at en øget effektivitet i produktionen på de resterende jorde såvel som på de ekstensiverede jorde

27 Den Grønne Ungdomsbevægelse (2024) har udgivet et manifest for et Levedygtigt Landbrug.

28 Aftale om et Grønt Danmark. Aftale mellem regeringen, Landbrug & Fødevarer, Danmarks Naturfredningsforening, Fødevareforbundet NNF, Dansk Metal, Dansk Industri og Kommunernes Landsforening. Økonomiministeriet: <https://oem.dk/nyheder/nyhedsarkiv/2024/juni/regeringen-og-parterne-i-groen-trepart-indgaar-historisk-aftale-om-et-groent-danmark/>.

fortsat vil kunne bidrage til at reducere tab. Herunder kan en reduceret, men fortsat udviklet husdyrproduktion samt omlægning til plantebaserede proteinkilder, både til human ernæring og som foder (f.eks. græsprotein), spille en central rolle i at mindske landbrugets miljøpåvirkning.

Samspillet med samfundets økonomiske og sociale vilkår har været afgørende for bæredygtigheden i det industrialiserede landbrugs udvikling. Landbruget har gennemgået en betydelig intensivering og rationalisering, der har medført markante strukturændringer og øget internationalisering. Intensiveringen har ofte været drevet af ønsket om at maksimere produktionen og værditilvæksten gennem brug af flere og billigere indsatsfaktorer, hvilket har haft konsekvenser for balancen mellem input og output fra erhvervet og dermed for såvel den økonomiske som den miljømæssige/økologiske bæredygtighed. Fremtidens landbrugspolitikker bør derfor balancere økonomisk vækst med hensynet til miljøet, hvor fremme af bæredygtige produktionsformer og teknologier vil være afgørende for at sikre en mere stabil og robust økonomisk struktur. Socialt har landbruget været præget af funktionsændringer, hvor det industrielle landbrug i stigende grad har domineret på bekostning af småbrug og landdistrikternes diversitet. Her kan en bæredygtig fremtid for landbrugslandskabers udvikling med fordel omfatte en omstruktureret zonering med fokus på at fremme multifunktionelle landskaber, hvor forskellige zoner dedikeres til specifikke formål såsom intensiv produktion, ekstensiv dyrkning og naturgenopretning. Dette vil kræve en tættere koordinering mellem landbrugspolitik og planlægning, hvor hensyn til både økologiske, økonomiske og sociale faktorer inddrages for at sikre en mere bæredygtig udvikling.

Samlet set fremhæver artiklen, at bæredygtighed i landbruget kræver en integreret tilgang, hvor fortidens erfaringer og nutidige udfordringer sammen tænkes til fremtidens løsninger. Helt centralt står kvantificeringer af ændringer i arealanvendelsen og det industrialiserede landbrugs betydelige påvirkning af balancen mellem input og output og et ikke bæredygtigt omfang af tab til miljøet, illustreret i forhold til kvælstof. Således er en løbende bæredygtigheds-evaluering af landbruget afgørende vigtig, dels for at styre den fremtidige udvikling i en bæredygtig retning, men også for at forstå og tolke den historiske udvikling i et bæredygtighedsperspektiv. Dette er netop formålet med nærværende samling af artikler fra Landbohistorisk Selskabs temamøde med titlen "Bæredygtigt landbrug? – et historisk perspektiv". For det industrialiserede landbrugs vedkommende er der bestemt brug for en ny udvikling i de kommende år; en udvikling der allerede er i gang, og som gerne skulle afspejle den kommende generations behov til det kulturlandskab, der arves fra generation til generation.

Litteraturliste

- Pedersen, B.H.; Arendt, L.M.; Slothuus, C.F. & Møller, F.S. (2022): *Portræt af danske landmænd*. DST Analyse 2022:9. Danmarks Statistik, København.
- Bjørn, C. [red.] (1988a): I: *Det danske landbrugs historie*. Bind 2. 1536-1810. Landbohistorisk Selskab, Odense.
- Bjørn, C. (1988b): "1810-1860". I: *Det danske landbrugs historie*. Bind 3. 1810-1914. Landbohistorisk Selskab, Odense.
- Dalgaard, T. (2006): "Driftsformer i de seneste 50 års landbrug". I: *Bygder. Regionale variationer i det danske landbrug fra jernalder til 2000*, red. P.G. Møller & M.S. Kristiansen. Landbohistorisk Selskab, Gl. Estrup, Auning, s. 149-160.
- Dalgaard, T.; Ferrari, S. & Rambonilaza, M. (2006): "Introduction: Features of environmental sustainability in agriculture: some conceptual and operational issues". I: *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*. Vol. 5, Nos. 2/3, s.107-115.
- Dalgaard, T.; Guul-Simonsen, F. & Liboriussen, T. (2008): "Landbruget i Romantikken". I: *Romantikken Verden. Natur, menneske, samfund, kunst og kultur*, red. O. Høiris & T. Ledet. Aarhus Universitetsforlag, Aarhus, s. 87-106.
- Dalgaard, T.; Guul-Simonsen, F.; Kjeldsen, C. & Liboriussen, T. (2009a): "Det moderne landbrug". I: *Modernitetens Verden. Natur, menneske, samfund, kunst og kultur*, red. O. Høiris & T. Ledet. Aarhus Universitetsforlag, Aarhus, s. 423-442.
- Dalgaard, T.; Kyllingsbæk, A. & Stenak M. (2009b): "Agroøkohistorien og det agrare landskab 1900-2000". Kapitel 12. I: *Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år. Fra digevoldinger til støtteordninger*, B. Odgaard & J.R. Rømer. Aarhus Universitetsforlag, s. 253-281.
- Dalgaard, T.; Hansen, B.; Hasler, B.; Hertel, O.; Hutchings, N.; Jacobsen, B.H.; Jensen, L.S.; Kronvang, B.; Olesen, J.E.; Schjørring, J.K.; Kristensen, I.S.; Graversgaard, M.; Termansen, M. & Vejre, H. (2014): "Policies for agricultural nitrogen management – trends, challenges and prospects for improved efficiency in Denmark". I: *Environmental Research Letters*, Environ. Res. Lett. 9 (2014) 115002.
- Danmarks Statistik (2022): *Arealdække 2021*. Nyt fra Danmarks Statistik. Nr. 423. 14. december 2022.
- Danmarks Statistik (1965): *Landbrugsstatistik 1900-1965*. Bind I og II. Danmarks Statistik, København.
- Danmarks Statistik (2024a): *Bedrifter med forpagtning efter enhed, areal og forpagtning*. FORP1. Statistikbanken. Danmarks Statistik, København.

- Danmarks Statistik (2024b): *Mindre CO₂ og lattergas fra landbruget siden 1990*. Nyt fra Danmarks Statistik, 13. september 2024 – Nr. 266.
- Den Grønne Ungdomsbevægelse (2024): *Levedygtigt Landbrug – et manifest*. Økotopia.
- Duru, M.; Therond, O. & Fares, M. (2015): “Designing agroecological transitions; A review”. I: *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), s. 1237-1257.
- Gormsen, G. & Bavnshøj, P. (2025): “Hvor rig jorden end af naturen er... – om bæredygtighed i dansk landbrug i 1800-tallet”. I: *Landbohistorisk Tidsskrift* 2024.
- Hansen, B.; Thorling, L.; Schullehner, J.; Termansen, M. & Dalgaard, T. (2017): “Groundwater nitrate response to sustainable nitrogen management”. I: *Nature*. Scientific Reports 7: 8566.
- Hansen, J.W. & Rytter, D. (2024): *Iltsvind i danske farvande 29. august – 25. september 2024*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Rådgivningsnotat nr. 53.
- Ingemann, J. (1997): *Forestillingen om det effektive landbrug: på sporet af dansk landbrugs strukturudvikling*. Arbejdsrapporter fra Institut for Økonomi, Politik og Forvaltning 1997:2. Aalborg Universitet.
- Institut for Miljøvidenskab (2024): *Basemap04 2021*. <https://envs.au.dk/om-instituttet-1/faglige-omraader/samfund-miljoe-og-ressourcer/arealanvendelse-og-gis/basemap/basemap04-geotiff-til-download>
- Jensen, K.M. & Reenberg, A. [red.] (1986): *Landbrugsatlas Danmark*. Det Kongelige Geografiske Selskab, CA Reitzels Forlag, København.
- Jensen, S.P. (2007): *Fra stilstand til vækst. Studier i dansk landbrugs udvikling fra 1682 til 1914*. Landbohistorisk Selskab.
- Kaaring, L. [red.] (2020): *Naturligvis – Landskabsmalerier af Allan Otte*. Fuglsang Kunstmuseum, HEART –Herning Contemporary Museum of Modern Art og Kunstmuseum Brandts.
- Knudsen, L. (2017): *Fakta om kvælstof i landbruget og vandmiljøet*. Pjece udarbejdet med input fra Dalgaard, T.; Olesen, J.E.; Jensen, L.S.; Jensen, J.E.; Hvid, S.K.; Piil, K.; Gertz, F.; Pedersen, C.Å.; Wiborg, I.A. & Østergaard, H.S. SEGES, Skejby, Aarhus.
- Kyed, K. (2000): *Dansk jordbrug som erhverv – i det 20. århundrede*. Frederiksberg, 2000.
- Kærgård, N. & Dalgaard, T. (2014): *Dansk landbrugs strukturudvikling siden 2. verdenskrig*. I: *Landbohistorisk Tidsskrift* 2014 1-2.
- Lohrum, N. (2025): *Agroecology and system transitions from historical, geographical and socio-ecological perspectives. Bridging the gap between a tale of two times: reading the future using the past*. PhD afhandling. Aarhus

- Universitet, Sustinascales.org “Center for bæredygtige landskaber i en foranderlig verden” og Institut for Agroøkologi. Graduate School of Science and Technology.
- Lohrum, N.; Graversgaard, M. & Kjeldsen, C. (2021): “Historical Transition of a Farming System towards Industrialization: A Danish Agricultural Case Study Comparing Sustainability in the 1840s and 2019”. I: *Sustainability*, 13(22), 12926.
- Lohrum, N.; Normand, S.; Dalgaard, T. & Graversgaard, M. (2024): “Unveiling the frontiers: Historical expansion and modern implications of agricultural land use in Denmark”. I: *Journal of Environmental Management*, 359, 120934.
- Nielsen, O.K. et. al. (2022): *Denmark's National Inventory Report 2022. Emission Inventories 1990-2020 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol* Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 494.
- Macchi, L.; Decarre, J.; Goijman, A.P.; Mastrangelo, M.; Blendinger, G.; Gavier-Pizarro, G.I.; Murray, F.; Piquer-Rodriguez, M.; Semper-Pascual, A. & Kuemmerle, T. (2020): “Trade-offs between biodiversity and agriculture are moving targets in dynamic landscapes”. I: *Journal of Applied Ecology*, 57(10), 2054-2063.
- Odgaard, M.V.; Kristensen, T. & Dalgaard, T. (2021): *Illustration af arealanvendelse i Danmark, og fordelingen på forskellige typer af landbrug*. Dokumentationsnotat bag Videnskab.dk (2021) figuren “Sådan bruges Danmarks areal – hvis man samlede alt landbrug, byer, vand, skov med mere”. <https://videnskab.dk/kultur-samfund/nyt-danmarkskort-saa-meget-fylder-dansk-landbrug>. Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi. Case no. 2021-0232889.
- Hansen, H.O.; Møller, M.; Olsen, J.V. & Pedersen, M.F. (2021): *Fremtidens ejerformer i dansk landbrug – udfordringer og løsninger*. Forenet Kredit, København.
- Prober, S.M.; Thiele, K.R. & Speijers, J. (2013): “Management legacies shape decadal-scale responses of plant diversity to experimental disturbance regimes in fragmented grassy woodlands”. I: *Journal of Applied Ecology* 50(2), s. 376-386.
- Regeringen (2024): *Aftale om et Grønt Danmark*. Aftale mellem regeringen, Landbrug & Fødevarer, Danmarks Naturfredningsforening, Fødevarerforbundet NNF, Dansk Metal, Dansk Industri og Kommunernes Landsforening. 24. juni 2024.
- Rømer, J.R. (2004): “Foldudbyttet i Danmark fra 1600-tallet til 1837”. I: *Landbohistorisk Tidsskrift* 2004-1, s. 41-59.

- Schullehner, J.; Hansen, B.; Thygesen, M.; Pedersen, C.B. & Sigsgaard, T. (2018): "Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study". I: *International Journal of Cancer* 143, s. 73–79.
- Stenak, M.; Rømer, J.R.; Näsman, U. & Odgaard, B. (2009): "Landskabsforandringer gennem 2000 år." I: *Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år. Fra digevoldinger til støtteordninger*, re. B. Odgaard & J.R. Rømer. Aarhus Universitetsforlag, s. 283-301.
- Thorling L, Albers CN, Hansen B, Kidmose J, Johnsen AR, Kazmierczak J, Mortensen MH & Trolborg L (2024): *Grundvand. Status og udvikling 1989–2023*. Teknisk rapport, GEUS 2024. ISBN Online: 978-87-7871-616-3. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland.
- Thorsøe, M.H. & Noe, E. (2023): "Nye finansielle forventninger-konsekvenser for bosætning og erhverv i landdistrikterne". I: *Økonomi & Politik* 01/2023, s. 41-52.
- Turley, N.E.; Bell-Dereske, L.; Evans, S.E. & Brudvig, L.A. (2020): "Agricultural land-use history and restoration impact soil microbial biodiversity". I: *Journal of Applied Ecology* 57(5), s. 852-863.
- Verdenskommissionen for Miljø og Udvikling (1987): *Report on the World Commission on Environment and Development "Our Common Future"* (Brundtland-rapporten). United Nations General Assembly A/42/427.
- Videnskab.dk (2021): *Sådan bruges Danmarks areal – hvis man samlede alt landbrug, byer, vand, skov med mere*. <https://videnskab.dk/kultur-samfund/nyt-danmarkskort-saa-meget-fylder-dansk-landbrug>

English summary

The production landscape of the 20th century was formed by industrialized agriculture. With around 60% agricultural land today, and an even higher proportion of around 75% a hundred years ago, Denmark forms an interesting case study of agriculture and sustainable development in landscapes with a very high proportion of agriculture.

This paper especially focuses on assessments of the development within the ecological sustainability dimension of the agricultural production landscape. Four main phases (I-IV) are derived from the development of input factors to and output from Danish agriculture, in the form of Nitrogen (N) from imported fertilizers, fodder and the atmosphere, in comparison to the crop- and livestock production. Phase I last until after the 2nd World War, representing the traditional mixed agricultural system with low external input. Phase II represents a period with exponential growth in both input and output, lasting until the mid-1980s. In Phase III, the fertilizer import is significantly reduced but the

focus on production, and in particular a higher output/input efficiency, is maintained. Finally, phase IV was initialized by the EU MacSherry reform in 1992, including set-aside of land, and an emphasis on a new balance between agricultural production and other societal needs in a more and more globalized economy.

A so-called Kuznets curve, linking the growth in agricultural production, based on N inputs, and related effects on environmental quality from Nitrogen losses, showed a major shift around 1983, i.e. between phase I-II and phase III-IV, and the question is of course whether new shifts are on the way, or similar shifts could be identified earlier in history? Data series presented, and concepts of resilience, press-factors and system change, are used to discuss this development in relation to the dimensions of ecological, economic and social sustainability. This includes a discussion of the balance between segregation and integration (land sharing versus land sparing) on one hand, and the balance of productivism and post-productivism on the other hand, leading to four main agricultural development scenarios, namely 1) Green Growth, 2) A new rural-urban interface, 3) Biobased economy, and 4) A rich nature. In reality, the development of modern agriculture is a balance between these parallel trends, crystallizing differently in different parts of the country. Based on long-term time series with maps of agricultural production over the past 200 years presented, it is possible to compare these development trends to the traditional agricultural systems and use this as a discussion of the further agricultural landscape development. Concerning industrialized agriculture from a sustainability perspective, a new development is certainly needed and has already started. The challenge lies in ensuring that the needs of future generations can be met within the cultural landscapes inherited from generation to generation, hoping the findings of this paper, together with other papers in this special issue, can contribute to this quest.

Forfatterpræsentation

Tommy Dalgaard (født 1970) er professor ved Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi, hvor han arbejder med udvikling af bæredygtige jordbrugssystemer og landskaber, herunder i et historisk perspektiv. Er med til at lede Sustainscapes.org (2021-2028) og Land-CRAFT.dk (2022-2034) forskningscentre, FN TFRN kvælstof-ekspertpanelerne, og en række nationale og internationale forskningsprojekter. Har bidraget til >500 videnskabelige publikationer, bl.a. omkring landbrugets historie til Trap Danmarks 6. udgave, Aarhus Universitets Verdensbøger og bogen om Dansk Landbrug 1945-2020.

Nele Lohrum (født 1976) er post-doc ved Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi, og tilknyttet SustainScapes.org, “Center for bæredygtige landskaber i en foranderlig verden” Novo Nordisk Challenge Forskningscenteret. Herfra er hun også forfatter til ph.d.-afhandlingen *Agroecology and system transitions from historical, geographical and socio-ecological perspectives. Bridging the gap between a tale of two times: reading the future using the past* og en række relaterede videnskabelige publikationer og rapporter.

Morten Graversgaard er tenure-track adjunkt ved Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi. Han er tilknyttet SustainScapes.org forskningscenteret, Land-CRAFT.dk samt en række nationale og internationale forskningsprojekter. Hans forskning fokuserer på governance og udvikling inden for vandforvaltning, landbrugsgeografi og samspillet mellem klima og samfund i både nutidige og historiske kontekster.

Mette Vestergaard Odgaard er Akademisk medarbejder ved Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi – Jordbrugssystemer og Bæredygtighed. Hun er tilknyttet SustainScapes.org forskningscenteret og Land-CRAFT.dk, samt en række nationale og internationale forskningsprojekter med fokus på bæredygtig arealforvaltning og geografisk dataanalyse.

Martin Hvarregaard Thorsøe er lektor ved Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi, hvor han bl.a. arbejder med ejerformer i jordbruget, herunder i et historisk perspektiv, herunder i tilknytning til Land-CRAFT.dk og Danish Society for Economic and Social History.

Signe Normand er professor ved Aarhus Universitet, Institut for Biologi. Direktør for Center for Bæredygtige Landskaber i en Foranderlig Verden (SustainScapes.org) ved Aarhus Universitet, CO-PI for Land-CRAFT.dk Pioneer “Center for Landscape Research in Sustainable Agricultural Futures” og leder af det danske biodiversitetsråd.