

Vidensyntese: Muligheder og potentialer for skovlandbrug inden for rammerne af økologi

Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Martin Jensen¹, Christoffer Grønne³, Laura Attrup Bille³, Julie Rohde Birk³, Birgit Ingvorsen³, Julie C. Henriksen³, Anne Grete Kongsted², Martin H Thorsøe² og Tommy Dalgaard²

1: Aarhus Universitet, Institut for Fødevidenskab

2: Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

3: Innovationscenter for Økologisk Landbrug, ICOEL

Datablad

Titel:	Vidensyntese: Muligheder og potentialer for skovlandbrug inden for rammerne af økologi
Forfattere:	Christoffer Grønne, Laura Attrup Bille, Julie Rohde Birk, Birgit Ingvorsen og Julie C. Henriksen fra Innovationscenter for Økologisk Landbrug (ICOEL). Seniorforsker Martin Jensen fra Institut for Fødevarevidenskab v. AU. Seniorforsker Anne Grete Kongsted, lektor Martin H Thorsøe og professor Tommy Dalgaard fra Institut for Agroøkologi v. AU <i>Forfattere er angivet ved de enkelte kapitler og afsnit</i>
Fagfællebedømmelse:	Seniorrådgiver, Søren Ugilt Larsen, Institut for Agroøkologi, AU, (hele dokument på nær husdyr miljø i afsnit 2.1 og dyrevelfærd afsnit 2.4), samt professor Lene Juul Pedersen, Institut for Husdyr- og veterincærvidevidenskab (afsnit 2.4 vedr. Dyrevelfærd)
Kvalitetssikring, DCA:	Chefkonsulent Lene Hegelund, DCA Centerenheden, AU
Rekvirent:	Departementet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Dato for bestilling/levering:	01.10.2023 / 20.08.2024 (udkast til kommentering) / 02.09.2024 (levering) / 06.09.2024 (revideret levering)
Journalnummer:	2023-0615254, 2024-0738797
Finansiering:	Rapporten er udarbejdet på baggrund af en allonge til "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Miljøministeriet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Aarhus Universitet i Ydelsesaftale Planteproduktion 2023-2026".
Ekstern kommentering:	Ja. Landbrugsstyrelsen har kommenteret på et udkast til besvarelsen. Kommentarer og forfatteres håndtering af disse kan findes via dette LINK .
Eksterne bidrag:	Ja, rapporten er udarbejdet i samarbejde mellem AU og Innovationscenteret for økologisk landbrug (ICOEL). Bidrag fremgår af Baggrund samt angivelse af forfattere ved de enkelte kapitler og eller afsnit
Kommentarer til bestilling:	Bestillingen fra LBST på en Vidensyntese om Regenerativt landbrug og skovlandbrug i økologisk jordbrug er af faglige årsager delt op i to vidensynteser, så der foreligger hhv. en vidensyntese om 'Regenerativt landbrug i økologisk landbrug' og en vidensyntese om 'Muligheder og potentialer for skovlandbrug inden for rammerne af økologi'. Denne rapport dækker skovlandbrug.
Kommentarer til besvarelse:	Rapporten blev første gang leveret den 02.09.2024. I nærværende udgave er der tilføjet en konklusion. Rapporten præsenterer resultater, som ved udgivelsen ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere

publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.

Citeres som:

Jensen M, Grønne C, Bille LA, Birk JR, Ingvorsen B, Henriksen JCS, Kongsted AG, Thorsøe MT og Dalgaard T. 2024. Muligheder og potentialer for skovlandbrug inden for rammerne af økologi – en vidensyntese. 92 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 06.09.2024.

Rådgivning fra DCA:

Læs mere på <https://dca.au.dk/raadgivning/>

Forord

Nærværende vidensyntese er udarbejdet efter ønske fra Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri's departement, som har bestilt en vidensyntese, der analyserer mulighederne og potentialerne for henholdsvis Regenerativ landbrug og Skovlandbrug i Danmark inden for rammerne af økologisk jordbrug. Nærværende rapport udgør skovlandbrugs delen.

Vidensyntesen vedr. skovlandbrug ønskes at bestå af "en sammenfatning af eksisterende viden, herunder Aarhus Universitets notat "Beskrivelser af skovlandbrug" (Jensen et al., 2023). Analysen skal indeholde definitioner af skovlandbrugsdyrkningsmetoden inden for rammerne af økologi, evt. beskrevet i forskellige hovedtyper. Herudover ønskes en beskrivelse – og gerne kvantificering - af dyrkningsmetodernes effekter på klima, miljø, biodiversitet og dyrevelfærd samt beskrivelser af, hvordan skovlandbrug og regenerativt jordbrug kan medvirke til at fremme jordens robusthed over for ekstremt vejr. Det ønskes beskrevet, hvordan skovlandbrug kan spille sammen med øvrige økologiske produktionsformer, samt hvad der eksisterer af barrierer for udbredelsen af skovlandbrugsdyrknings-metoden. Analysen bedes også indeholde oplysninger om andre EU-landes støtteordninger til skovlandbrug, herunder udbredelse og virkemidler i det omfang, det er muligt at indhente data."

Vidensyntesen trækker både på den tilgængelige videnskabelige viden og på praktiske erfaringer. Arbejdet er udført af Aarhus Universitet (AU) og Innovationscenter for Økologisk Landbrug (ICOEL), der repræsenterer hhv. den forskningsmæssige og praktiske viden inden for emnet. Der er i vidensyntesen lagt vægt på at inkludere eksperter med forskellige videnskabelige baggrunde og forskellige praktiske og normative synsvinkler

Vidensyntesen giver en sammenstilling af viden fra bl.a. fire nyere DCA rapporter udgivet fra 2019 til 2024 omhandlende aspekter af skovlandbrug og yderligere suppleret med ny viden på de relevante områder. I besvarelsen er benyttet en række tekstuddrag fra disse rapporter, som er tydeliggjort i rapporten ved [blå skriftfarve](#). Dette gør det muligt at give læseren adgang til at se de originale kilder, som forhåbentlig giver bedre dybdeforståelse og videre inspiration. Generaliserede baggrundserfaringer fra skovlandbrug men også fra andre træplantningformål, er også inddraget, for at sikre at denne viden bringes i spil og øge sandsynligheden for succes for nye skovlandbrugsinteressenter. For spørgsmålet om andre EU landes støtteordninger samt udbredelse og virkemidler i udlandet har det ikke været muligt inden for tidsrammen at identificere og inkorporere den nødvendige viden, da en afventet sammenlignende EU-rapport 'White Paper' (Dauby et al. in prep) om netop disse forhold først forventes færdig i oktober.

Sammendrag

Potentiale og perspektiver for fremtidig udvikling af skovlandbrug (SL) i dansk økologisk landbrug.

Økologisk jordbrug har meget fokus på skånsomme produktionsmetoder, som bidrager positivt til at bevare og fremme biodiversitet og til mere bæredygtige løsninger inden for miljø- og klimaaspekter. Skovlandbrug (SL) vurderes generelt at have overlappende mål og interesser i dette fokus, og kan i flere tilfælde bidrage til at øge effekten yderligere i forhold til biodiversitet, miljø og klima. Integrationen af SL med økologi kan derfor potentielt blive en dyrkningsmæssig spydspids for, hvor bæredygtig dansk landbrug kan blive.

For nogle områder har SL også potentiale til at bidrage til løsning af de særlige udfordringer i økologien, som er afledt af de økologiske regler, f.eks. bidrag til reduktion af belastning med kvælstof (N) og fosfor (P) i systemer med udegående husdyr, især grise og fjerkræ, men også udfordringer i økologien med store negative drivhusgasbalancer i husdyrproduktionen, herunder hos udegående husdyr, og især hos kvæg og andre drøvtyggere, kan potentielt reduceres hvis kulstofbinding i SL-træer kan indgå i bedriftens CO₂ balance. Forskningen peger på, at SL-systemer tilpasset til formålene, potentielt kan give markante effekter, både på reduktion af N og P fra landbrugsjord via bedre håndtering af nedbør og via optag i træerne. Træernes evne til at vokse hurtigt og binde store mængder af kulstof i biomassen over og under jorden samt øge indhold i jordens organiske kulstof, gør SL interessant i relation til bedriftens CO₂ balance, og hvis der bliver mulighed for at inddrage akkumuleret kulstof fra trævækst her, kan det blive særlig interessant for økologiske husdyrbrug

Hvis SL-systemer optimeres i forhold til biodiversitet, vil det desuden kunne øge arts- og habitatvariationen markant i forhold til almindelig økologisk jordbrugsproduktion, og her vil økologiens forbud mod pesticider give mulighed for, at træplantninger giver fuld effekt i forhold til biodiversitet. Den uforstyrrede jord under træerne er afgørende for at opnå et højt indhold af jordboende organismer, som har stor effekt på jordens struktur, porøsitet, beluftning og infiltrations- og dræningsegenskaber, som samlet påvirker jordens frugtbarhed positivt.

SL implementeret i et optimeret design i forhold til indhold, omfang og placering i landbrugslandskabet kan desuden bidrage til at tilbageholde, forsinke og reducere gasformige emissioner (f.eks. ammoniak fra husdyrenes gødning) samt overfladeafløb af ekstrem nedbør, som både kan forebygge erosionsskader på landbrugsarealet, men også vil have betydning for risikoen for oversvømmelse på andre arealer nedstrøms. En reduceret vanderosion betyder, at jordens indhold af organisk materiale, N og P, som vigtige dyrkningsressourcer, ikke tabes så nemt fra landbrugsarealerne, og dermed ikke belaster vandmiljøet.

SL-systemer kan også bidrage til fremtidig tilpasning til ekstremer i relation til høje temperaturer, hvor skyggen fra træer især kan reducere temperaturlastningen for udegående husdyr, men også skabe læ i efterår og vinterperiode og dermed sikre bedre dyrevelfærd på friland. Træplantninger, der kan bidrage med læ og robusthed i landskabet, kan betyde at konsekvenser af forventede fremtidige, flere og voldsommere storme bliver mindre på afgrøder.

Produktionsmæssige synergieffekter ved skovlandbrug

Grundideen i SL er at udnyttelsen af det tredimensionelle dyrkningsrum, sammen med komplementariteten af forskellige afgrøders ressourcebehov i tid og sted, giver potentiale for merproduktion på SL-arealer sammenlignet med rene monokulturer. For at realisere dette potentiale kræves der meget og specifik viden om konkurrenceforhold og synergimuligheder mellem afgrøder og træplantninger. Ikke alle match af afgrøder

og træplantninger giver merproduktion, men nogle systemer og kombinationer af arter tyder på, at det er muligt at opnå en betydelig merproduktion under visse betingelser. Der er et stort behov for mere viden om disse konkurrence- og synergiaspekter under danske lysbegrænsede forhold og med de klimatiske og jordbundsmæssige betingelser, der findes i dansk højt mekaniseret jordbrug.

Da merproduktion i SL ikke altid kan omsættes til økonomisk merværdi, er det af stor betydning hvilke SL systemer, samt hvilke arter og afgrøder, der anvendes, for at sikre økonomiske fordele af SL; både på kort sigt, men også i forhold til en øget produktionsmæssig og økonomisk robusthed set over en længere år-række. Økonomisk konkurrenceevne af SL i forhold til dyrkning af mono-afgrøder er relativt lidt undersøgt, og foreløbige resultater tyder på, at SL i ren produktion uden tilskud har svært ved at konkurrere, men samtidig gælder der, at nogle typer af SL med særlige karakteristika, ser ud til at være mere økonomisk interessante end andre. Ydes der tilskud til SL, enten grundbetaling eller specielle afgrødetilskud, kan konkurrenceevnen forbedres, men først ved tilskud/betaling for positive- eller afbødede negative eksternaliteter, i form af diverse økosystemtjenester, biodiversitet, CO₂ betaling etc., bliver SL generelt konkurrencedygtig med almindeligt landbrug. Der er derfor et stort behov for at udvikle viden om, hvordan disse økosystemtjenester bedst kan opnås i praksis, og værdisætte disse økosystemtjenester og dermed gøre det økonomisk rentabelt for landmanden som arealforvalter at investere i de mest fordelagtige former for skovlandbrug.

Økonomien er generelt den vigtigste barriere for etablering af SL, også inden for økologisk jordbrug. Bl.a. relativ høje investeringer i starten til træplantninger, og forsinket høst fra træerne og dermed langsom tilbagebetaling, udfordrer landmanden i beslutningen om at etablere SL eller ej, og hvordan en sådan etablering bedst designs. Manglende viden om en række både praktiske og komplekse aspekter; f.eks. omkring nye arter, samdyrkning og tilhørende optimale match af arter og afgrøder, udfordrer jordbrugeren i beslutningsprocessen. Men også regulatoriske aspekter, kan opfattes som barrierer for landmanden, der ser regler som restriktive, komplekse at anvende og ufleksible for ændringer over tid, herunder risiko for ændringer i tilskudsordninger i fremtiden. Alt dette udfordrer landmanden i forhold til at etablere SL systemer, som naturligt har en lang tidshorisont.

Samlet kan implementering af SL i Danmark, herunder i økologisk jordbrug, give mulighed for at opnå en række attraktive effekter og udvikle løsninger, som er efterspurgt af både jordbrugeren, forbrugeren og samfundet som sådan. Dette kan omfatte mål om forbedret produktivitet i økologien (såsom gennem sustainable intensification), og en generel øget økonomisk konkurrenceevne af dansk økologi, samt i høj grad målet om at levere en lang række økosystemtjenester af værdi for samfund og forbruger.

For at kunne opnå disse fordele med de mest kosteffektive metoder, og med størst formålseffekt, er der behov for meget mere forskning og udvikling relateret til specifikke danske forhold og de forskellige formål med SL, således at kritisk videnmangel vedrørende fremtidig implementering af SL kan dækkes. Herunder er behovet for vidensbaseret undervisning, formidling og rådgivning inkl. udvikling af beslutningsstøttesystemer afgørende for at støtte de praktiske jordbrugere i valg vedrørende SL.

Indholdsfortegnelse

Forord	4
Sammendrag	5
1 Indledning og baggrund	9
1.1 Indledende betragtninger	9
1.2 Skovlandbrug, formål og definitioner	10
1.2.1 Typer af skovlandbrugssystemer	11
1.2.2 Formål med SL	13
1.2.3 Udbredelse af skovlandbrug	14
1.3 Skovlandbrug som landbrugspraksis – overvejelser og principper	14
1.4 Økonomiske overvejelser om bæredygtighed og aspekter af rentabilitet af skovlandbrug i DK	22
1.5 Specifikke standarder og retningslinjer for skovlandbrug i Danmark i økologi	24
2 Effekter på miljø, klima, biodiversitet og dyrevelfærd	25
2.1 Generel introduktion til effekter	25
2.2 Miljøeffekter af SL i økologi	26
2.2.1 Specifikke SL-systemer miljøeffekter	29
2.2.2 Specifikke SL-systemer (husdyr)	29
2.3 Klimaeffekter af SL i økologi	30
2.3.1 Generelle effekter af SL	30
2.3.2 Specifikke SL-systemer rettet særligt mod optimering af kulstofbinding og klimaeffekter	34
2.4 Biodiversitetseffekter af SL i økologi	38
2.4.1 Generelle effekter af SL	38
2.4.2 Specifikke effekter af SL-typer rettet mod øget biodiversitet	44
2.5 Dyrevelfærd - effekter af SL i økologi med husdyr	45
2.6 Skovlandbrug med fokus på frugt, bær eller nødder i kombination med omdriftsafgrøder eller græsningsarealer	47
2.7 Tilpasning til klimaekstremer	48
2.7.1 Betydning af økologi for SL-effekter	54
3 Implementering i dansk økologisk landbrug	55
3.1 Nuværende status for implementering i Danmark	55
3.2 Hvordan skal danske SL-systemer se ud?	56
3.2.1 Tilpasning til Danmark	56
3.2.2 Eksempler på designs af skovlandbrug (med og uden husdyr)	56
3.2.3 Træarter og afgrøder som er tilladte i Danmark	60
3.3 De primære udfordringer ved at implementere SL i DK og mulige løsninger	62

3.3.1	Tidshorisont og investering.....	62
3.3.2	Dyrkningsmæssige og praktiske udfordringer	63
3.3.3	Salg af produkter.....	64
3.3.4	Udvikling og brug af Decision Support Systems (DSS) til design og beregninger ift. SL.....	64
3.3.5	Opsummering.....	65
4	Barrierer og støtteordninger	66
4.1	Økonomiske, videnskabelige og regulatoriske udfordringer.....	66
4.1.1	Økonomiske aspekter som barriere (<i>se også afsnit 1.3.</i>).....	66
4.1.2	Videnskabelige barrierer:.....	68
4.1.3	Regulatoriske barrierer	68
4.1.4	Skaleringsmuligheder.....	69
4.1.5	Finansielle tilskud og støtte ordninger	72
4.1.6	Landbrugerens betragtninger vedr. barrierer	74
5	Konklusion	76
6	Referencer	78

1 Indledning og baggrund

Forfattere: Martin Jensen (AU FOOD), Christoffer Grønne og Laura Attrup Bille (ICOEL)

1.1 Indledende betragtninger

Skovlandbrug (SL) italesættes ofte som et meget lovende og mere bæredygtigt landbrugsproduktions-system, men er indtil nu kun implementeret i meget begrænset omfang i moderne tempereret jordbrugsproduktion. Potentialet for at SL kan bidrage til at gøre jordbrugsproduktionen mere klima- og miljømæssigt bæredygtig fremadrettet synes markant og behovet for ændringer synes indlysende. Integrationen af SL i eksisterende økologiske eller konventionelle produktionssystemer er dog ikke uden udfordringer og en række barrierer gør at avlerne tøver med implementering. Denne vidensyntese vil forsøge at give et overblik over om skovlandbrug kan bidrage med særlige fordele i økologisk produktion ved f.eks. at øge driftsproduktiviteten, bidrage til at løse særlige udfordringer i økologisk produktion eller give særlige økosystem- og biodiversitetseffekter af værdi for samfundet.

SL set som dyrkningskoncept er overordnet set uafhængig af om det udfoldes i konventionelt landbrug eller økologisk landbrug. Beskrivelser af systemernes formål, sammensætning og funktionalitet vil langt hen ad vejen være ens i de to rammer. De forskellige rammebetingelser i økologi og konventionel produktion i både plante- og husdyrproduktion må dog forventes at ville påvirke bl.a. hvilke systemer der vælges, design og plantetæthed af træer, rotationspraksis for afgrøder, pasningsmetoder og også størrelsen af de effekter på miljø, klima og biodiversitet, der potentielt kan opnås. I det omfang økologiske systemer potentielt allerede bidrager mere til disse effekter end konventionelle landbrugssystemer, kan ekstragevinsten måske være mindre ved at integrere skovlandbrug i økologi end i konventionelt jordbrug. Den samlede effekt for miljø, klima og biodiversitet forventes dog at være størst i økologisk drevet skovlandbrug.

Produktionsudbytter er i mange tilfælde lidt mindre i økologisk end i konventionel afgrødeproduktion, det såkaldte Yield GAP (Seufert et al, 2012). SL systemer udnytter det tredimensionelle dyrkningsrum og afgrøders komplementære ressourcebehov så måske kan SL tilvejebringe en 'sustainable intensification' og dermed måske øge udbytterne i den økologiske afgrødeproduktion og dermed sikre en bedre og evt. også mere robust økonomi. Dette forudsætter dog at en højere samlet SL biomasse produktion modsvares af tilsvarende højere samlet afsætningsværdi og bedre dækningsbidrag. Forskelle i tilskudsrammer og afsætningspriser i konventionel og økologisk produktion påvirker også den samlede produktionsøkonomi og vil potentielt påvirke de økonomiske muligheder ved integrationen af SL i økologi. Er det muligt at opnå 'premium prices' for afgrødeprodukter fra SL, kan det være med til at forbedre overordnet konkurrenceevne på markedet.

I økologi udgør brug af husdyrgødning herunder gylle eller organiske gødninger en særlig udfordring i forhold til risikoen for tab af næringsstoffer, bl.a. via fortsat mineralisering af næringsstoffer efter høst af afgrøder og dermed særlig risiko for tab af næringsstoffer til det omgivende miljø. Krav om udegående dyr i økologi giver også særlig risiko for næringsstofftab i økologi (Jørgensen et al., 2024). Træerne i SL kan potentielt bidrage til at optage og fastholde overskydende næringsstoffer. Kravet i økologi om udegående husdyr kan også give udfordringer for dyrevelfærden, f.eks. skader ved høj varmebelastning, som potentielt kan reduceres via skygge fra træer i folde. Økologisk produktion omfatter normalt også en høj frekvens af mekanisk renholdelse mod ukrudt, som dels kan påvirke jordens dyrkningsegnethed negativt pga. komprimeringsskader, men som også indebærer et højt forbrug af fossil energi og dermed en høj CO₂ belastning. SL-systemer kan potentielt bidrage til at binde væsentlige mængder af CO₂ i træer over og under jorden

samt i jordens organiske pulje under og tæt ved træerne, som kan bidrage til at den samlede CO₂ balance i økologisk produktion forbedres. På samme måde kan brugen af træer til CO₂ binding og lagring, hvis det kan indregnes efter reglerne, potentielt forbedre bedrifts CO₂ balancen for landbrugsproduktion med husdyr (Jensen et al., 2024).

Der er behov for at dokumentere om og hvordan de mange potentialer anslået for SL dyrkningssystemer kan realiseres inden for økologisk produktion og afklare hvad der udgør de vigtigste barrierer for hvordan SL i økologi kan udfoldes fremover.

1.2 Skovlandbrug, formål og definitioner

Forfattere: Martin Jensen (AU FOOD), Christoffer Grønne og Laura Attrup Bille (ICOEL)

Som angivet i Jensen et al. (2023) dækker SL over mange forskellige kombinationer af landbrugs- og havebrugsafgrøder med forskellige træer og buske og med forskellige produktionsformål som kan ændre sig dynamisk over tid med trævæksten. Træerne er typisk højeværditræer til enten frugtavl, bioenergi eller kvalitetstømmer, men kan også være rettet direkte mod forbedring af biodiversitet, miljø og klima i f.eks. hegn, småbiotoper og randzoner mod vådområder eller som læ/skygge/skjul/foder i forbindelse med husdyrproduktion på friland. Diversiteten i systemerne er meget stor i forhold til produktionsformålet for landbrugsdelen med variation i træ-buskdelen, arter/artsmiks, arealmæssig kvantitet, specifikke designs med både 2D- og 3D-udnyttelse af arealer, hvor træer giver bedre mulighed for at udnytte det 3-dimensionelle produktionsrum både over og under jorden, tidshorisonter for høst, pasningsintensitet, kombinationer med omdriftsafgrøder eller græs og forskellige rotationsmønstre, husdyrhold mv. Værdiskabelsen fra trækomponenten kan fremkomme dels som muligheden for produktion af direkte høstbare og indtægtsskabende produkter og dels opnåelse af indirekte fordele i afgrødeproduktionen via forbedrede dyrkningsforhold eller højere prissætning for omdriftsafgrøden som SL produkt. En optimal sammensætning af omdriftsafgrøder og træafgrøder kan via øget udnyttelse af det tredimensionelle produktionsrum og udnyttelse af komplementaritet i ressourceudnyttelse hos de kombinerede arter resultere i en højere samlet biomasseproduktion på et SL-areal end for omdriftsafgrøden og træafgrøden hver for sig, dvs. SL kan have et potentiale for det man kalder 'sustainable intensification' når det udfoldes især i økologisk regi men også i konventionel dyrkning. Endelig kan der opnås indirekte økosystemfordele som relaterer sig til forbedring af en række aspekter af miljøet og omgivelserne samt forbedret biodiversitet som potentielt har værdi for samfundet, men kan være vanskeligere at værdisætte og få betaling for hos avleren (se kapitel 2).

Potentialet for et merudbytte har drevet meget af udviklingen i SL i både vestlige lande med intensivt og højtudviklet landbrug og i udviklingslande, hvor landbruget generelt er mindre intensivt og udviklet, men hvor træer har kunnet øge udbyttet og gøre produktionen mere robust. SL har potentialet til både at øge produktiviteten i regioner med meget gunstigt klima for plantedyrkning, men også i regioner hvor ekstreme klimaforhold udgør en stressfaktor for plantedyrkning. Skovlandbrug kan bidrage til at reducere varme, lysindfald, vindtryk og stabilisere temperaturen omkring afgrøderne (Martini et al., 2020). Skovlandbrug er derfor udbredt i Sydeuropa og Asien, primært grundet de miljømæssige fordele ved SL og at det naturlige lysindfald er højt og produktiviteten dermed ikke reduceres markant af let skygge fra træer. I Nordeuropa ses i de seneste år en stigende interesse, hvor det ligeledes bl.a. er de miljømæssige fordele, der tiltrækker opmærksomhed, blot andre fordele end syd på.

Formålet med SL er dermed i Danmark ikke kun at øge produktiviteten, men også at skabe bæredygtige og robuste landbrugssystemer, der stabiliserer udbyttet af landbrugsarealet og bidrager med en række økosystemeffekter og biodiversitet. Som beskrevet i næste afsnit muliggør skovlandbrug en lang række forskellige effekter, der spænder fra en mere varieret og sammensat landbrugsproduktion til mere målrettede klima-, miljø- og biodiversitetsmæssige forbedringer af dyrkningssystemet. Dette gælder både for konventionelle og økologiske landbrugsproduktioner. Skovlandbrug har derfor et stort potentiale til at bidrage med løsninger på mange af de bæredygtighedsproblemer, som det danske landbrug står overfor.

1.2.1 Typer af skovlandbrugssystemer

Skovlandbrug er et dynamisk og komplekst koncept, der dækker mange forskellige systemer, men som alle indebærer et princip om multifunktionel anvendelse og produktion på landbrugsarealerne, ved at inkorporere træer og/eller buske på markfladen (EURAF, European Agroforestry Federation) (Se Lawson (2023) for EU briefing oversigt). Klassificeringen af skovlandbrug i hoved- og undertyper med en fælles terminologi er vigtig som baggrund for præcis kommunikation omkring systemer og deres effekter.

I princippet kan skovlandbrug udtrykkes og udføres som et kontinuum af forskellige blandinger i forskellige forhold og med forskellige produktionsformål og driftsformer samt i forhold til forskellige økosystem services og funktioner man kan opnå (McAdam et al. 2009). Yderligere kan blandingsmønstret beskrive systemet, f.eks.:

- Homogen fuldflade miks: Total blanding af afgrøder på areal (ingen enhedsseparation).
- Rækkebaseret miks af afgrøder: Række-separerede afgrøder i blandingsmønstre per areal
- Parcelbaseret miks af afgrøder: Miks af tilstødende men separerede areelle miniparceller af enkeltafgrøder (Patch work mønster areal).
- Kantafgrænsede flademiks: F.eks. læhegn, bevoksninger mod vandløb og søer.

Kombinationer kan yderligere beskrives som arealbaseret procentvis bidrag fra enkeltafgrøder, f.eks. miks af to afgrøder i forholdet 50%:50% eller 80%:20%, eller miks af flere 3 afgrøder, f.eks. i forholdet 70%:20%:10%. Træarealet opgøres ofte i forhold til trækrønernes arealdækning, men hvis omdriftsafgrøder dyrkes helt ind til stammen er denne metode ikke dækkende som beskrivelse. Alternativt beskrives blandingsarealer faktisk med f.eks. antal grise/ha og antal træer/ha, i forhold til sæson og samtidighed og om der er homogen fordeling eller spatial afgrænsning/mønster.

Tidsforskudte eller samtdyrkning af afgrøder kan også anvendes til typificering og også den agroøkologiske situation (fugtigt lavlandsmiljø, tørt lokalt miljø) kan bidrage til karakterisering af skovlandbrugssystemer.

Typeinddeling for afgrødekombinationer er f.eks. vist i den Herder et al. (2018) og Mosquera-Losada et al. (2018) og f.eks. anvendt til opgørelse af arealomfang af enkelttyper af SL i EU ud fra arealanvendelsesstatistik.

Der anvendes internationalt en lang række ord og typebeskrivelser for produktioner, som hører under konceptet skovlandbrug - på engelsk agroforestry. Centrale beskrivende ord nævnes her som baggrund for forståelsen af den store variation i typer (syntetiseret liste med relevans for EU-regionen fra flere kilder, primært den Herder et al. (2018), Mosquera-Losada et al. (2018) og McAdam et al., (2009).

Silvo-pasture systems – Skovlandbrug med husdyr

Silvo-arable systems - Skovlandbrug med planteavl, både landbrug og havebrug

Alley cropping - Skovlandbrug med højeværdi træer, tømmer eller frugt og nøddetræer
Multi-purpose silvo-pasture (spredte frugttræer på græsningsarealer, eks. Streuobst i Tyskland)
Multi-purpose silvo-arable (frugttræer på omdriftsarealer)
Alley-coppice – energitræer i bælte i omdriftsafgrøder eller i græs
Tree based intercropping (TBI) – bruges ofte om samme system som alley cropping
High natural and cultural value agroforestry (HNCV eller HNVf) SL med høj natur og kultur indhold
Poly-culture - skovlandbrug med mange arter i blanding
Riparian buffer strips - læhegn, småbiotoper, randzoneplantninger omkring vandløb og søer
Homegardens (urban, periurban og landzone) - nyttehaver – frugttræer/buske kombineret med grønsager
Permakultur – såvidt muligt flerårige afgrøder og træer, så lidt nyplantning og kultivering som muligt
Forest farming - indsamling af frugt og bær, honning, dekorationsmateriale fra skove
Forest grazing – egentlig skovareal med græsning

HNVf Agroforestry (High natural and cultural value agroforestry, EUdefinition, Paracchino et al. 2006) er mindre velbeskrevet i forhold til klassificering, men omtales som en systemgruppe, der har et af de højeste indhold af biodiversitet og habitatvariation samt naturværdier (Pointereau et al. 2007). De er kendetegnet ved et lavt input af næringsstoffer og pesticider og med en lille grad af mekanisk behandling af jorden. Moreno et al. (2018) inddrager skoveng, græsset skov, eng-mosaik rig på læbælter og småbiotoper under kategorien, som også kaldes HNCV (high nature and cultural value) og beskriver variation i struktur, arter og drift på disse arealer detaljeret.

Ikke alle disse systemer vurderes at have høj relevans for og stor skalerbarhed i et intensivt dansk jordbrug.

Jensen et al. (2023) har defineret og beskrevet nogle hoved- og undertyper af SL, som forventes at have væsentlig interesse og dermed relevans for danske jordbrugsproduktionsforhold, herunder økologisk produktion. Relevansen skal ses ud fra både de givne klimatiske og praktisk/tekniske forhold i dansk intensivt jordbrug, de vurderede økonomiske og skaleringsmæssige potentialer i systemerne og mulighederne for særligt at bidrage positivt til øget biodiversitet samt forbedrede miljø- og klimaeffekter. Alle typer er relevante for både økologisk og konventionel produktion, men nogle typer som f.eks. hovedtype 2 og 3 (som beskrevet nedenfor) kan tilbyde særlige fordele i økologi på grund af krav om husdyr på friland.

Det skal bemærkes, at selvom de foreslåede SL systemer nedenfor er rettet mod at optimere enkelt effekter, vil de samme typer også bidrage bredt til andre effekter. Man kan derfor indenfor rammen både have 'snævre SL-systemer, der primært bidrager rigtig meget til at opnå én eller nogle få effekter, men også 'brede SL-systemer', der omfavner et mere holistisk ønske om at nå effekter på mange områder

De valgte hovedtyper og undertyper er inddraget fra og beskrevet nærmere i Jensen et al. (2023), herunder aspekter af trædelens omfang, systemets design, artsvalg og effekter.

Hovedtype 1: Skovlandbrug med fokus på at opnå klimaeffekter via kulstofbinding og kulstoflagring

Undertype 1.1: Hurtigvoksende træarter i stævningskultur med høj C-bindingspotentiale og kort omdriftstid: Sammen med enten omdriftsafgrøder eller græsningsarealer.

Undertype 1.2: Mellem til hurtigvoksende træarter med høj vedkvalitet og lang omdriftstid. Sammen med enten omdriftsafgrøder eller græsningsarealer.

Undertype 1.3: Læhegn med blandede men hurtigvoksende træarter og lang omdriftstid. Sammen med enten omdriftsafgrøder eller græsningsarealer.

Hovedtype 2: Skovlandbrug med fokus på at fremme biodiversitet.

Undertype 2.1: Skovlandbrugssystem med flerrækkede hegn i planteavl.

Undertype 2.2: Skovlandbrugssystem med husdyr

Hovedtype 3: Skovlandbrug med fokus på samproduktion med husdyr (miljø, dyrevelfærd, foderforsyning)

Undertype 3.1 Grise på friland (hele eller dele af produktionstid). A. Sæson-differentieret system, B. Helårssystem.

Undertype 3.2 Kvæg (drøvtyggere)

Undertype 3.3 Fjerkræ

Hovedtype 4: Skovlandbrug med fokus på frugt, bær eller nødder i kombination med omdriftsafgrøder eller græsningsarealer

Undertype 4.1: Skovlandbrug med større og ældre enkeltstående frugttræer i rækker som i alley cropping, kombineret med omdriftsafgrøder (grønsager eller landbrugsafgrøder)

Undertype 4.2: Skovlandbrug med større enkeltstående spredte frugttræer eller frugttræer i rækker som i alley cropping, kombineret med græsningsarealer til slæt og eller græsning med husdyr.

Undertype 4.3: Skovlandbrug med mindre og tætplantede frugttræer og bærearter dyrket som enkelttrækker eller flerrækkede bæltter i omdriftsafgrøder (grønsager eller landbrugsafgrøder).

1.2.2 Formål med SL

Da SL generelt vurderes at bidrage meget til miljø, klima og biodiversitet har det tidligere primære fokus på øget produktivitet ændret sig til nu et stort fokus på hvilke miljø-, klima- og økosystem- og biodiversitetseffekter SL kan bidrage med. Overordnede og positive effekter af skovlandbrug som dyrkningssystem på miljø, biodiversitet og klima områder er beskrevet i Jensen et al. (2019) og Dalgaard et al. (2019). Emnet behandles her i detaljer i kapitel 2.

Formålet med SL vurderes derfor i dag ofte i forhold til hvordan SL generelt bidrager til at øge modstanddygtigheden af landbruget over for klimaforandringer ved at binde kulstof, reducere udledningen af klimagasser og reducere produktionstab forårsaget af ekstreme vejrhændelser som hyppige skybrud, flere og voldsommere storme, længerevarende tørke, eller perioder med særligt meget nedbør. Derudover ses formålet med skovlandbrug i forhold til bidrag til at øge biodiversiteten i produktionslandskabet og forbedre økosystemtjenester generelt. Kendte økosystemtjenester, som skovlandbrug direkte bidrager til, inkluderer beskyttelse mod erosion, forbedret infiltration, reduceret tab af næringsstoffer (Burgess og Rosati 2018, Kay et al. 2019), og øget biodiversitet (Torralba et al. 2016). Se kapitel 2.

1.2.3 Udbredelse af skovlandbrug

I Europa dyrkes skovlandbrug på 15,4 millioner hektar, svarende til 8,8% af landbrugsarealet (den Herder et al., 2017). Dette er udelukkende landbrugsarealer, og inkluderer dermed ikke afgræssede naturarealer eller køkkenhaver. Af det totale skovlandbrugsareal er ca. 98% afgræsset skovlandbrug, og kun 2% er skovlandbrug i kombination med planteavl (hvoraf en stor andel er permanente afgrøder) (Pardini et al., 2010). Ifølge Mosquera-Losada et al. (2018) fylder skovlandbrug mindre end 10% af potentialet i Europa.

Der ses en signifikant vækst i arealet med skovlandbrug i Danmark, dog fra et særdeles lavt niveau. Fra 2023 blev det muligt at anmelde en samlet mark med skovlandbrug. Tidligere har man skulle tegne selvstændige marker med omdriftsafgrøder og selvstændige marker med frugt, bær og nødder. Afgrødekoderne lyder 'skovlandbrug med permanent græs', 'skovlandbrug med græs i omdrift', 'skovlandbrug med omdriftsafgrøder' og 'skovlandbrug med permanente afgrøder' ([Grundbetaling og tilskudsberettigede arealer 2024 - Landbrugsstyrelsen \(lbst.dk\)](#)). I 2023 blev der i Danmark anmeldt 23 hektar med støtteberettiget skovlandbrug, hvoraf 9,25 hektar var økologisk skovlandbrug. I 2024 er der anmeldt 47 hektar med støtteberettiget skovlandbrug, hvoraf 35 hektar er økologisk skovlandbrug, dvs. en stigning på 278%. Af skovlandbrugsarealet der er anmeldt med skovlandbrugskoder dyrkes Ca. 70% i kombination med permanent græs eller omdriftsgræs, ca. 20% i kombination med omdriftsafgrøder, og ca. 10% i kombination med permanente afgrøder (data hentet fra Landbrugsstyrelsens LandbrugsGIS for 2024, udtræk d. 29/08/2024). Ca. 84% af skovlandbrugsarealet i Danmark er anmeldt med afgrødekoden 'skovlandbrug, ikke støtteberettiget' (data hentet fra Landbrugsstyrelsens LandbrugsGIS for 2024, udtræk d. 29/08/2024). Den store andel af skovlandbrug der ikke er støtteberettiget, vurderes at være et udtryk for at der har været interesse for skovlandbrug inden det var muligt at modtage grundbetaling for systemerne.

Internationalt definerer nogle kilder skovlandbrug som værende mindst 10% trædække på en given mark (Zomer et al., 2009). Med denne definition gælder et skovlandbrugssystem som både skov og landbrug, da FAO definerer skov som med mindst 10% trædække over et areal på mindst 0,5 hektar (FAO-FRA, 2023). En lignende definition i DK vil give friere rammer, og give plads til både små og store bedrifter.

1.3 Skovlandbrug som landbrugspraksis – overvejelser og principper

Forfatter: Martin Jensen (AU FOOD).

I det følgende gennemgås på et generelt plan principper og en række praktiske aspekter af SL i forhold til bl.a. valg af systemer, etablering og pasning mv. Den generaliserede bredt etablerede viden er her kun ledsaget af et begrænset antal referencer. Også på etableret viden overført fra andre områder f.eks. bioenergiplantninger, læhegnplantninger og frugt- og bærplantninger, er der kun anført et begrænset antal referencer, da det ikke er formålet med denne rapport at dække alle disse områder i dybden. Afsnittet skal ses som vigtig basisviden for at sikre succes med SL plantninger.

I forbindelse med etablering af SL på en økologisk landbrugsbedrift kan en række lokale forhold have betydning for valg af overordnet SL-system, hvilke afgrødekomponenter og trækomponenter der inddrages, i hvilket omfang der plantes træer og hvordan pasning og høst mv. tilrettelægges. Træerne vokser til over lang tid, så den dynamiske udvikling af det samlede system bør indgå i planlægningen af SL over en længere årrække så udbytte mål sikres opnået. Udbytte skal tænkes bredt i forhold til formålet med at etablere SL på bedriften, både effekter direkte på økonomisk bæredygtighed og stabilitet i indkomst, men også

opnåelse af mål i relation til f.eks. miljø, klima og andre økosystemeffekter, samt biodiversitet og dyrevelfærd. Det er derfor en kompleks proces at undersøge og beslutte hvordan det optimale SL-system ser ud for den enkelte bedrift. Da forskningen i SL inden for rammerne af økologi endnu er meget ung og meget begrænset i omfang både i Danmark og i sammenlignelige klimaer i udlandet, mangler der meget viden for at beslutningsprocessen kan baseres på dokumenteret viden.

Uanset om målet for SL i økologi er primært fokuseret på at opnå større produktion og mere bæredygtig økonomi eller om det er mest fokuseret på at opnå miljø-, klima- og biodiversitetsfordele og evt. med en acceptabel potentiel reduktion i økonomisk udbytte, så må det være et mål at alle SL-systemer så vidt muligt etableres således, at der kan opnås så høj en mål opnåelse og værdi af træplantning som muligt inden for et givent SL-system.

En række generelle forhold vedrørende optimering af SL kan uddrages fra forskning og erfaringer, herunder fra konventionelle systemer, men som har relevans også for økologiske forhold. Og viden og erfaringer fra dyrkning af træer i andre systemer end SL kan med fordel inddrages hvor der ikke er specifik viden om SL tilgængelig.

Plantevalg. Ligesom landmanden tilpasser sit almindelige valg af omdriftsafgrøder, græsningsarealer og eller husdyrarter til bedriftens lokale betingelser er der behov for tilsvarende at tilpasse valget af træ- eller buskarter og dyrkningsformål til bedriftens lokale forhold, som f.eks. jordens bonitet, jordens generelle fugtighed og det lokale klima, eks læ, vind, nedbør, vinter- sen forårsfrost, temperatursummer i vækstsæsonen. Et lokalitetsbaseret artsvalg for træerne er kritisk for at udbytte mål for trækomponenten sandsynligvis kan opnås. Tilsvarende kan den genetik (sort, proveniens mv) der bruges inden for arten være afgørende for lokal succes. Viden om tilpasset plantemateriale kan f.eks. indhentes fra regionale erfaringer i frugt og bærpåproduktion, fra læplantning, bioenergiplantninger og skovdyrkning. Dette kan være med til at sikre generel biomassetilvækst, sikre at artsdiversitet opnås, men også sikre at frostskafer under blomstring af frugt- eller nøddetræer ikke eliminerer frugt- eller nøddeudbytte. Forkerte plantevalg kan ende med fejlslagne plantninger eller begrænset succes. Der er behov for at udvikle og formidle mere detaljeret rådgivning om disse planterelaterede valg og konsekvenser af dem rettet mod jordbrugere, herunder tilgængelighed af økologisk relevant plantemateriale eller konventionelt relevant materiale (altid med dispensation). Denne rådgivning skal justeres over tid efterhånden som konkrete erfaringer og viden om træernes specifikke egenskaber opnås fra egentlige SL-systemer.

Etablering. Etablering af træ- og buskarter skal ske med anvendelse af optimale plantningsmetoder og på optimale tidspunkter på året og ved brug af plantemateriale af høj kvalitet, dvs. optimale plantestørrelser og høj plantefysiologisk kvalitet, klimatilpasset genetik, sundt plantemateriale uden sygdomme og med så stor grad af robusthed og evt. resistens mod vigtige skadegørere som mulig, men med hensyntagen til omkostninger ved køb og plantning. Jordbearbejdning forud for plantning og planlægning af vandingsmuligheder indgår som vigtige aspekter forud for etableringen. Viden fra etablering af frugtplantager, læhegn, skovplantninger kan indgå i forhold til typen af SL-plantning der er i spil. Efter plantning er ukrudtsbekæmpelse omkring træerne afgørende for succesfuld tilvækst af træerne. Manglende ukrudtsbekæmpelse giver så høj konkurrence om vand og næring at mange træplantninger enten går til eller viser meget langsom vækst, som er langt fra de optimale vækst mål. Viden om ukrudtsforebyggelse og -bekæmpelse, herunder med økologiske metoder, kan indhentes fra bl.a. økologisk frugtavl eller læplantningsområdet. Vandning kan være kritisk for at opnå sikker etablering og god tilvækst over tid. Især i de første år efter plantning kan vandning være kritisk for overlevelse, og især ved etablering af lidt større planter. Erfaringer fra økologisk

frugtavl bør inddrages for SL med frugt og nøddetræer. Jørgensen (2023) har samlet erfaringer og udfordringer i forhold til etablering og pasning af fire nye danske skovlandbrugsbedrifter. Ved plantning i det åbne land må der endvidere påregnes væsentlige udfordringer med planteskader på skud og bark forårsaget af dyrevildt, harer og mus samt på rødder af mosegrise. Disse kan ødelægge plantninger hvis der ikke forebygges. Nogle træ- og buskarter synes mere udsatte end andre.

Pasning. Optimal pasning over tid af træer eller buske i SL-systemer er afgørende for at træerne udvikler sig som planlagt og giver den biomassetilvækst eller frugt og bærudbytte som forventes. Det kan f.eks. dreje sig om beskæring, opstamning og formning af træer til høj vedkvalitet, beskæring af trækroner for begrænsning af lyskonkurrencen på nabo-omdriftsafgrøder når træerne bliver større, beskæring for at sikre adgang af maskiner til pasning og høst af omdriftsafgrøder, beskæring og udtynding for vækststyring og optimering af frugt- og nøddesætning og reduktion af angreb af sygdomme og skadedyr.

Afhængig af træernes formål kan gødskning være afgørende. Mens læhegn oftest ikke behøver særskilt gødskning for at træer og buske udvikler sig tilfredsstillende vil både bioenergiplantninger samt frugt- og bærplantninger kræve gødskning for at give fuldt udbytte. Økologiske gødningsmidler og metoder kan bruges bl.a. med erfaringer fra økologisk frugtavl.

For at få god succes skal træerne i SL-delen ses som noget der skal dyrkes aktivt (intensivt) og ikke blot overlades til naturlig betinget vækst (ekstensivt). For alle processer i relation til plantning, pasning og høst af produkter gælder det at rationel drift er afgørende for at få økonomisk udbytte af investeringer i træer eller buske i SL.

Valg af systemer – overvejelser om effekt på afgrøde-produktivitet og lokal tilpasning

Jensen et al. (2023) har givet indledende vurderinger af hvordan enkelttyper af de foreslåede SL-systemer vurderes at påvirke produktivitet af afgrøder og SL-systemet samlet. Her betyder størrelsen af det areal, der udtages fra omdriftsafgrødedyrkning meget, men også om træerne står samlet på separate arealer (f.eks. bioenergiplantning, produktionslæhegn eller frugttræer i rækker uden afgrøder imellem), eller om de er fuldt integreret og placeret spredt inde i omdriftsafgrødearealet (alley-crop med enkelttræer med afgrøder helt til stammen og mellem træer i rækken). I alley-crop fladeplantninger, hvor rækkeafstand og afstand mellem træer i rækken er næsten ens, vil en meget større del af omdriftsafgrøderne derfor stå tæt på et træ og blive udsat for konkurrence om lys, vand og næringsstoffer end hvis konkurrencen primært er lokaliseret kun ved kanten af en afgrænset træbevoksning. Størrelsen af konkurrencen afhænger dog meget af hvordan træerne i begge situationer passes og beskæres og om der kan kompenseres med vanding og evt. ekstra gødskning.

Mens produktionslæhegn og bioenergiplantninger vurderes at klare sig bedst på middelgode og gode jorde, kan de også udvikle sig fornuftigt men dog med lavere tilvækst og udbytter på mindre gode jorde. De tåler en relativ kraftig vindeksponering og er ikke særlig udsat for frostskafer og kan derfor dyrkningsmæssigt indgå i SL i hele landet og på mange jordtyper. Alley-crop systemer med dyrkning af spredte, opstammede enkelttræer til høj kvalitetsved vil kunne dyrkes i de fleste egne i Danmark med undtagelse af meget sandede eller marginale jorde og meget vindudsatte områder (eks. delområder i Midt-, Vest- og Nordjylland), hvor tilvækst og formdannelse er udfordret. Frugt, bær og nødder kan dyrkes på de fleste jorde med tilpasning af dyrkningsmetoder, sorter og grundstammevalg til jordbunden, men en række frugterarter med tidlig blomstring klarer sig normalt ikke så godt i frugtproduktionshenseende på meget vindeksponerede lokaliteter eller regioner og heller ikke i regioner og på lokaliteter med sen forårsfrost i blomstringstiden (Midtjylland og lavt liggende arealer).

Areal andel af afgrøde og træer i SL-systemer

Balancen mellem arealomfanget og den produktionsmæssige betydning af trækomponenten og omdrifts-afgrøden/græsafgrøden i SL-systemer vil ofte skifte over tid efterhånden som træer vokser til. I nogle tilfælde vil trædelen nå sit maksimale kroneomfang allerede efter få år; bioenergiplantninger måske efter 5-10 år, frugt- og nøddetræer samt læhegn måske efter 20 år og fritstående opstammede træer til højkvalitetsved i alley-crops måske først efter 40-50 år. Løbene beskæring og evt. reduktion af plantetal ved udtynning/fældning over tid kan sikre at omfanget af træernes arealdække kan styres og begrænses til et acceptabelt niveau. I nogle alley-crop systemer med træer kan produktionen skifte fra i de første år at være næsten 100 % omdriftsafgrødebaseret til efter 40-60 år at have måske 30-50 % trækronedækket areal og udbytte af nødder og ved derfor af meget større betydning for den samlede produktion. I dansk sammenhæng vurderes de økologiske omdriftsafgrøder/græs at ville have størst vægt i produktionen, dels på grund af typisk højere økonomisk afkast/areal end for trædelen, men også på grund af interne driftsfæhigheder, f.eks. behov for græsningsarealer til husdyrfoder. Træandelen forventes derfor generelt at være i den lave ende. Jensen et al. (2024) har derfor i beregningsestimater af klimaeffekter benyttet trædække/kronedække-arealprocenter på 10-15 % af samlet SL-areal, som et skønnet forventet gennemsnit over en lang årrække. Ved plantning af f.eks. flere enkelttrækkede læhegn/ha, der sidebeskæres kraftigt årligt, kan arealprocenten med træer (areal der ikke kan dyrkes med omdriftsafgrøder) komme ned på under 5 %. Hvor stort et procentisk træareal, der skal til for at systemet kan kategoriseres som et SL diskuteres stadig og kan være udfordrende at opgøre med træers udvikling over tid og endvidere om man bruger kronedække eller netto udtaget areal, der ikke kan dyrkes med omdriftsafgrøder, som basis for beregning, men arealprocenter er ofte defineret overordnet i tilskudsmodeller (se kap. 4).

Konkurrence-aspekter

I alle årene i en SL-driftsperiode/eller i permanente SL-systemer vil træerne give konkurrence til afgrøderne således, at både det reducerede omdriftsafgrødeareal og produktiviten af afgrøden på omdriftsarealet påvirkes. Forskellige omdriftsafgrøder har forskellige tolerancer for disse konkurrenceparametre og forskellige træarter og trædyrkningssystemer medfører forskellig grad af konkurrence. På samme måde vil dyrkingen af forskellige afgrøder potentielt have en indvirkning på træer i et SL-system via f.eks. dybdegående maskinel jordbearbejdning tæt på træerækken, beskæring af kroner for adgang for høstmaskiner mv. tæt på træerækken og potentielt positive eller negative 'spill-over' naboeffekter af gødskning og evt. økologiske bekæmpelsesmidler. Ved en optimering af det samlede produktionsudbytte og værdi i SL-systemer vil det være naturligt at vægte produktiviten af den komponent der bidrager mest til dækningsbidraget per areal, som oftest vil være omdriftsafgrøden/ græsafgrøden til husdyr. Dette afhænger dog af formålet med SL og evt. tilskudsmuligheder.

Optimal match af afgrøder og træsystemer

I princippet kan alle nuværende økologisk dyrkede omdriftsafgrøder og græs kombineres med alle de forskellige træ-systemer, arter og formål. Men på grund af den forskellige konkurrencesituation mellem enkeltafgrøder og træsystemer vil produktiviten samlet blive påvirket forskelligt. For nogle parametre eks. vand og gødning kan der evt. kompenseres med ekstra tilskud tæt på træerne eller rodbeskæring af træerne, men f.eks. for lys er det ikke muligt at kompensere direkte men kun indirekte via modificering af træernes form, antal og placering, forskudte vækstperioder for træer og afgrøder mv. Hvis meget konkurrencefølsomme afgrøder kombineres med træsystemer, der giver meget skygge og stor konkurrence om vand og næring, vil produktiviten af omdriftsafgrøden blive påvirket markant tæt på træerækken og systemer med stor arealandel af træer vil dermed kunne risikere lave omdriftsafgrødeudbytter. Hvis man omvendt

kombinerer omdriftsafgrøder, der påvirkes meget lidt af konkurrencen fra træer, med træsystemer, der kun giver begrænset skygge og konkurrence på naboarealer, vil produktiviteten af omdriftsafgrøderne bevares ret højt selv tæt på træerne og dermed få en meget begrænset konsekvens for afgrødeproduktionen på det samlede omdriftsareal

Træers bidrag til konkurrence.

Skygge og dermed konkurrence om lys fra træerne kan være ret forskellig afhængig af om der anvendes træer med store blade og tætte kroner med kraftig skygge (f.eks. ær, storbladet lind, ægte kastanje) eller træer med små blade og lysåbne kroner (eg, ask, alm. røn) og hvor hurtigt træerne vokser til. Graves et al. (2007) lavede modelberegninger af hvordan skyggen og konkurrencen fra eg, fuglekirsebær, valnød og poppel i alley-crop systemer ville påvirke udbyttet af forskellige omdriftsafgrøde-rotationer (hvede-græs, hvede-oliefrø-solsikke eller majs) over en omdrift på 60 år og viste klare forskelle i hvordan træerne vil påvirke afgrøderne. Eg, der vokser langsom til og har små blade og lav konkurrence om lys, gav kun en lille reduktion af udbyttet i hvede-græs rotation selv efter mange år. Fuglekirsebær, der har større blade og vokser lidt hurtigere, reducerer derfor lidt tidligere udbyttet i en hvede-oliefrø-solsikke rotation. Valnød, der vokser endnu hurtigere, har stor negativ effekt på hvede-oliefrø-solsikke rotation allerede efter 15 år. Poppel, der vokser meget hurtigere end de øvrige træarter, vil allerede efter 10 år skygge så meget at majsproduktionen anslås til at blive halveret. Modelleringer er lavet både med 50 og 113 træer/ha og viser klart at høj plantetæthed giver mere konkurrence. Forudsætninger om udvikling af træer i modeller kan afhænge meget af pasning, beskæring og evt. udtynding og derfor skal disse forskelle kun bruges som vejledende. Nogle træarter tåler beskæring og styning godt og kronestørrelsen kan derfor justeres løbende og træerne evt. stammes op så kronen sidder højt og skyggen for direkte solindstråling dermed flytter sig over tid. Diffus lysindstråling kan have høj fotosynteseeffekt og stadig give god vækst. Konkurrencen fra træer under jorden om vand og næring påvirkes af træers evne til at danne dybe rødder (f.eks. eg, fuglekirsebær) eller om de primært har overfladiske rødder (poppel, mange nåletræer). Hvis højtliggende træer rødder beskæres løbende ved årlig jordbearbejdning, kan træernes optag af vand og næring flyttes lidt ned i jorden og derved reducere konkurrencen med afgrøden i overfladen. Ligeledes kan nogle træers evne til N-fixering (f.eks. rødæl) påvirke den lokale konkurrencesituation for N i jorden og måske endda bidrage til N-forsyningen lokalt. Valnød kan afsandre kemiske stoffer bl.a. juglone til jorden, som virker allelopatisk hæmmende på vækst hos en række andre plantearter (Schardey 2021). Ved intensiv pasning af træerne dyrket på landbrugsmæssig intensive arealer friholdt for ukrudt helt ind til stammen, vil konkurrencen på afgrøden forventes at være mindre end i forhold til ikke passede træer og systemer med ukrudt/urtefodposer/buskads omkring stammen. Ydermere kan der opstå en potentiel konkurrence for lys i ydersæsonerne, der kan medvirke til en lavere udbytte af afgrøder tættest på beplantning. Træernes rumlige fordeling er derfor vigtig, når man balancerer mellem fordelene og ulemperne i skovlandbrugssystemer (Swieter et al. 2022).

Ændret produktivitet af omdriftsafgrøder i SL

Jensen et al. (2023) har beskrevet aspekter af konkurrencen fra træer i SL-systemer på omdriftsafgrøder (uddrag bringes herunder). [Konkurrencen mellem omdriftsafgrøder og træer er meget kompleks med mange potentielle interaktioner og konsekvenser af konkurrencen må forventes at variere afhængig af dyrkningsmetoder, jordbund og klimaforhold.](#) Da det meste viden om SL-træers påvirkning af afgrøders produktivitet i tempererede områder stammer fra udenlandske undersøgelser og også fra konventionel dyrkning (eks. Tyskland, Frankrig, England, Nordamerika) kan viden ikke overføres som absolutte værdier til

dansk økologi, men giver dog vigtig information om forskellige afgrøders følsomhed og hvad der betinger dette, som kan bruges til valg af afgrøder og SL-system.

Generelt vil trækroner have en vis reducerende effekt på udbyttet meget tæt på træerne (Pardon et al., 2018) men aftager med afstand fra træækken. Ivezic et al. (2021) fandt typisk relative afgrødeudbytter på mellem 50-80% i alley crop systemer sammenholdt med kontrol-arealer uden træer og fandt ingen alley crop-arealer, hvor afgrøden gav et merudbytte i forhold til kontrolafgrøder. De viste også at afgrødeudbyttet typisk falder med stigende træetæthed og træalder. Pardon et al. (2020) fandt reduktion i udbytter i en række landbrugsafgrøder på fra 5-15 % i afstande på fra 3-30 m fra ældre træer af valnød. Mindst tab sås i vinterhvede og størst i sukkerroer. Vaccaro et al. (2022) fandt meget lille effekt af let skygge på bygudbytter. Carrier et al (2019) fandt i Tree based intercropping (alley cropping) kun små negative effekter på udbyttet af nogle afgrøder og kun aller tættest på træerne men med variation mellem år. De tilskrev denne effekt overjordisk konkurrence om lys og øget ukrudtskonkurrence nær træer og fandt ingen stærk effekt af afstand til træer på jordfugtighed. Enårige afgrøder var mere påvirket af afstanden til træer end foderafgrøder. Konkurrencen om vand især til forårets etablering og hurtige plantevækst betyder, at efterårssåede afgrøder (vinterhvede og vinterbyg) eller flerårige afgrøder (græs) klarer sig bedst tæt på træerne, mens forårssåede vandkrævende afgrøder som kartoffel og majs vil udfordres markant af konkurrencen om vand i foråret (Pardon et al. 2018). Ud over reduktion i udbyttet vil også kvaliteten af kartofler (eks tørstofprocent) kunne forringes. Muligheden for at kompensere for konkurrence via vanding i foråret kan overvejes på disse afgrøder. Majs og kartofler kvitterer positivt på højt lysniveau og varme, så skygge fra træer kan få stor negativ effekt på disse afgrøder. Jo ældre og større træerne er jo større reduktion i udbytter tæt på træerne for de følsomme afgrøder.

For bioenergiplantninger og evt. læhegn der stævnes med få års intervaller, er der mulighed for at tilrettelægge årlig rotation af omdriftsafgrøder, sådan at de mest lyskrævende arter dyrkes i året lige efter nedskæring, mens de mest skyggetolerante omdriftsafgrøder dyrkes i de sidste år før stævning, hvilket samlet vil kunne reducere negative effekter af skygge i systemet.

For græsningsarealer ses der typisk nogen nedgang af græsprодукtionen på grund af skygge fra træer (Kongsted og Jensen, 2020, PAF notat) men afhængig af træart, plantetæthed og placering/design.

Der er generelt næsten ingen viden fra danske forsøg, der belyser forskellige afgrøders kvantitative og kvalitative udbytterespons på konkurrencen fra træer og hvor dyrkningsbetingelserne (lys, læ, vand og gødning, træarter, design mv) og pasningsmetoder mv. er velbeskrevet.

Komplementaritet mellem afgrøder og træers ressourcebehov

En af grundideerne i SL er at udnytte forskellige afgrøders komplementære behov for ressourcer (især lys, vand og næringsstoffer) over tid og sted og bedre udnyttelse af det tredimensionelle rum over og under jorden, hvor ressourcen opnås (Jose and Holzmueller, 2021). For at reducere konkurrencen om lys mellem afgrøder og træer kan f.eks. tidlige afgrøder kombineres med sene afgrøder, f.eks. en kombination af ramsløg, der har vækstperiode fra februar til juni med valnøddetræer, der har ret sent udspring og derfor ikke giver væsentlig skygge indtil midt maj. Jo mindre tidlig overlap jo mindre sæsonmæssig samlet lyskonkurrence og jo bedre udnyttelse af hele vækstsæsonen inkl. ydersæsoner og dermed større potentiel samlet udbytte per areal per sæson. For nogle afgrøder kan der være kritiske vækstperioder i sæsonen, hvor behovet for lys og dermed energi fra fotosyntesen påvirker frøsætning og kernefyldning for at opnå godt udbytte og her skal der være særlig fokus på konkurrence om lys.

Konkurrence om optag af vand og næringsstoffer fra jorden kan potentielt reduceres, hvis træernes rødder enten naturligt via artsvalg eller via mekanisk jordbearbejdning ligger i dybere jordlag end omdriftsafgrødernes rødder. Gødningsbehovet kan desuden variere over sæsonen hos arter. Tilsvarende har træer ofte et lavere generelt behov for næringsstoffer end nogle omdriftsafgrøder. Konkurrencen om vand er kompleks og mangesidet og kan være positiv i starten af en tør periode på grund af reduceret transpiration fra omdriftsafgrøder i skygge, men senere vil træerne potentielt udtørre jorden endnu kraftigere. Veletablerede træer vil kunne optage vand fra dybere jordlag og derfor kunne klare en tørke situation i længere tid end en typisk omdriftsafgrøde. Nyplantede træer kan dog være ret følsomme for tørke og har ikke samme robusthed.

Udover komplementaritet mellem omdriftsafgrøder og træer i forhold til selve dyrkningen kan der også være forskellige krav og behov der vedrører pasningsaktiviteter og sæsonbetonet høst der skal passe sammen tidsligt, sikre adgangsmuligheder på marker og arbejdsmæssig kapacitet. Det er en klar fordel hvis kritiske pasningsaspekter og høst-aktiviteter hos omdriftsafgrøder og hos træerne ligger på forskellige tidspunkter i sæsonen og hvorved arbejdsressourcer kan udnyttes/fordeles jævnt over året. For nogle SL-systemer, f.eks. frugt, nødder og bærbuske, er der kritiske aktiviteter både forår, sommer og efterår under høst, der kan overlappende med aktiviteter på omdriftsafgrøder, mens noget beskæring af træer kan gøres om vinteren. Læhegn og bioenergiplantninger har typisk primært pasningsopgaver med beskæring og høst, der ligger uden for dyrknings-sæsonen. Adgang til høst og mekanisk renholdelse mv. omkring f.eks. frugt- og nøddetræer er kritisk og kræver enten at der er afsat ekstra areal til dette, eller at høsten først finder sted efter at omdriftsafgrøden er høstet.

Træers potentielle bidrag til at forbedre dyrkningsklimaet for omdriftsafgrøden

Træer kan i nogle situationer forbedre de klimatiske dyrkningsbetingelser på naboarealerne, således at omdriftsafgrøder eller græs potentielt kan opnå højere udbytter/ha end på arealer uden træer. Man kan tale om potentielle klima-tilpasnings- og synergi-muligheder via optimerede match af afgrøder og systemer. I Danmark er det først og fremmest bedre læ for kraftig vind, der kan forbedre mikroklimaet bag læhegn og dermed give højere udbytter i en afstand fra læhegn. Omdriftsafgrøder, der kvitterer særligt for højere temperaturer, f.eks. hvede og majs, vil forventes at kunne opnå særlige udbyttefordele ved øgede temperaturer. Andre træplantninger end læhegn kan også give læeffekter, men effekterne vil variere afhængig af træ-systemets design og omfang. Vindbelastningen varierer meget i Danmark og ikke alle regioner vil måske kunne opnå dyrkningsfordele ved øget læ.

Jensen et al. (2023) diskuterer aspekter af mulige fordele som inddrages her. [Afgørdeudbytter kan blive påvirket positivt af højere temperaturer og fugtighed samt mindre mekanisk stress fra vind i læ bag f.eks. læhegn \(Kort 1988\). Erfaringer med udbytteforøgelse ved brug af læhegn under vestdanske forhold indikerer merudbytter i læ for korn på 9 % \(Nielsen et al. 1996\) som bakker op om tidligere danske læhegnsforsøg, der viste generelt mellem 5-10 % øgede afgørdeudbytter i læzonen end uden for læzonen og med op til 15 % ekstraudbytte i særligt varmekrævende afgrøder \(Forsøg ved Frode Olesen 1960-1979, citeret i Nielsen et al. 1996\). Jørgensen \(2023\) har i sit notat fra ROBUST-projektet nævnt flere eksempler på tidligere undersøgelser af effekten af læhegn på danske afgørdeudbytter. Foereid et al. \(2002\) fandt generelt en lille afgørdeeffekt på byg i læ for pilebælter som energiplantning under danske forhold på Sjælland, hvilket bekræfter at læeffekter kan være regionalt betingede.](#)

I nogle tilfælde kan dette øgede udbytte kompensere for, dels det manglende udbytte fra det areal træerne optager, dels det reducerede afgørdeudbytte, der normalt ses tættest på træerækken (Mudiyanse-lage 2021). I en amerikansk undersøgelse havde nogle lokaliteter i Midtvesten positiv effekt af læ på afgørdeudbyttet.

vækst og andre negative udbytteeffekter. Nord-syd læretning gav bedste merudbyttevirkning. Varmeelskende afgrøder som majs og sojabønne gav henholdsvis 18% og 21 % højere udbytte i læ på arealer med positiv respons, mens hvede gav 13 % merudbytte i læ. Undersøgelsen viste at lidt over halvdelen af de undersøgte marker havde et højere afgrødeudbytte i læsiden bag læhegn end på marker uden læhegn, og i 57 % af disse positive lokaliteter var merudbyttet bag nordligt placerede læhegn stort nok til at kompensere for det tab af afgrødeproduktion som var forårsaget af dels træarealet og dels et reduceret udbytte tæt på hegnet (Mudiyanselage 2021). Dvs. afgrødeproduktionen på hele arealet var ikke reduceret på grund af plantning af læhegnene. Stoeckeler (1962) anførte, at læbælter højest må beslaglægge 5% af det samlede jordstykke, for at det øgede udbytte i læ kan kompensere for tab af produktion forårsaget af plantning af læbælter (resultat givet med forbehold for relevans i dag).

Smalle læhegn har derfor størst chance for at opnå denne effekt.

På et givent areal, med defineret trævækst og afgrøde under givne betingelser, vil der derfor teoretisk forventes være et kompensationspunkt for hvor mange træer, hvor stort areal og hvordan der plantes før fordelene ved læ bliver opvejet af negative effekter af det reducerede afgrødeareal og reducerede udbytte tæt ved træerne.

Let skygge fra træer kan potentiel nedsætte varmebelastningen, reducere vandtab og sikre åbne stomata og dermed aktiv fotosyntese ved meget høje temperaturer evt. i situationer kombineret med tørke. Da det vurderes at Danmark sjældent oplever ekstremt høje temperaturer, der begrænser plantevæksten i længere perioder og lys er en begrænsende faktor for produktivitet i Danmark, vil skygge fra træer normalt kun ses som en potentiel negativ påvirkning af plantevækst (Dupraz et al., 2018). Med mere ekstreme sommerkøle temperaturer og i kombination med tørkeperioder kan der potentielt opstå situationer, hvor en let skygge fra træer vil kunne bevare en højere produktion end på arealer uden træer. Ved plantning af læhegn eller træer tæt i rækker skal retningen overvejes, da øst-vest rækkeplantninger kan give markant og daglig langvarig skygge og ingen direkte sol på nordsiden og næsten ingen daglig skygge på sydsiden, mens nord-syd plantning vil fordele skyggen ligeligt på begge sider af et hegn (Donat et al., 2023). Det har betydning for hvor meget lys der tilbydes omdriftsafgrøden og dermed vækst tæt på træerne samlet for begge sider af et hegn, men har også betydning for f.eks. frugttræers produktivitet og frugtkvalitet.

Land equivalent ratio (LER)

I nogle situationer vil den samlede produktivitet på SL-arealet øges med plantning af træer. Den samlede produktivitet på et areal udtrykkes ofte som en land equivalent ratio (LER), der angiver hvor mange ha der skal til for træer og afgrøde hver for sig i ren dyrkning for at opnå en tilsvarende produktion, som der opnås ved samdyrkning på én ha (Tzonkova et al., 2012). LER værdier over 1 angiver at udbyttet ved samdyrkning er større end hvis afgrøder og træer blev dyrket hver for sig, mens en LER på under 1 angiver at konkurrencen mellem træer og afgrøder samlet medfører mindre udbytte end ved dyrkning i ren afgrøde eller træer. Franske forsøg med forskellige træarter viste LER værdier mellem 1-1,4 i alley cropping med f.eks. enkelt-rækker af træer af poppel, valnød, fuglekirsebær, og eg plantet i omdriftsafgrøder (Graves et al., 2007). I et review af Tzonkova et al. (2012) er der anført eksempler på LER værdier på 2,40 i poppel og sojabønne SL alley cropping i Canada og LER på 1,28 i England i alley cropping med poppel med rotation af hvede-bønner-hvede-græs-byg-bønner.

Tilsvarende LER data er ikke fundet for danske forhold. LER udtrykker kun arealmæssig produktivitet, men ikke om det højere udbytte har samme kvalitet eller medfører højere indtægt eller dækningsbidrag.

De ovenfor anførte aspekter af etablering og dyrkning der påvirker valg af system og match af afgrøder og træer kan ikke stå alene, men skal suppleres af økonomiske overvejelser (Thiesmeier og Zander, 2023). Der vurderes at være et økonomisk konkurrenceforhold mellem træer og afgrøder i afsætningspriser og dækningsbidrag, men også indbyrdes mellem systemer er der konkurrence om potentielt dækningsbidrag, som samlet skal tilpasses valg på den enkelte bedrift. Udvikling af økonomisk bæredygtige SL forretningsmodeller er generelt ret lidt undersøgt og udgør samtidig et af de allervigtigste beslutningsgrundlag for nye SL-producenter (Thiesmeier og Zander, 2023).

1.4 Økonomiske overvejelser om bæredygtighed og aspekter af rentabilitet af skovlandbrug i DK.

(se også afsnit 4.2.1 vedr. økonomiske barrierer).

Forfattere: Christoffer Grønne og Laura Attrup Bille (ICOEL), Martin Jensen (AU-FOOD).

Der er generelt kun publiceret ret få økonomiske analyser af SL-systemer sammenlignet med almindelig landbrugspraksis, og de fleste anvender mange antagelser i deres modelberegninger og kun ganske få SL-analyser er baseret på konkrete data fra praksis. Viden om SL som særligt tiltag i forhold til økologiske landbrugssystemer mangler. I nogle cases er SL integreret som del af et økologisk system.

Thiesmeier og Zander (2023) analyserede i et meta-review den økonomiske konkurrenceevne af forskellige nordamerikanske og europæiske SL-systemer i forhold til tilsvarende landbrugsproduktion uden træer og i forhold til skovdyrkning. Analysen sammenlignede resultater af modelleret økonomiske nøgletal både med og uden generelle landbrugssubsidier, og indregning af potentielle særlige tilskud for effekter af CO₂-binding og reduceret N- og P-tab, samt særlige økosystemtjeneste-tilskud rettet mod bl.a. miljø og biodiversitet. I artiklen er forskellige basis-landbrugstilskud fra forskellige EU-lande i forhold til forskelligt gældende regler over tid kort angivet og effekter af disse tilskud i forhold til almindelig landbrugsdrift og skovlandbrug vurderet. De konkluderede at i de fleste tilfælde er SL ikke økonomisk konkurrencedygtigt uden tilskud i forhold til almindeligt landbrug og selv med basis-tilskud er der kun få cases hvor SL er konkurrencedygtigt i forhold til almindeligt landbrug. Hvis fremtidige potentielle tilskud fra CO₂-binding og bidrag fra reduceret N- og P-tab samt estimerede værdier af andre økosystemservices (fx if. øget biodiversitet, robusthed overfor klimaforandringer, kraftig nedbør med erosion, læeffekter, biomasseproduktion osv.) indregnes bliver SL i flere tilfælde konkurrencedygtigt i forhold til almindeligt landbrug. De fleste studier er på Silvo-arable SL-typer og kun få er på Silvo-pasture SL-typer. Da de økonomiske modeller bruger mange antagelser om f.eks. udbytter over tid, forrentning af investeringer, afsætningspriser for både landbrugsprodukter og træprodukter, skal disse vurderinger benyttes med forsigtighed men giver indsigt i nogle betydende faktorer for økonomien i SL. SL-cases der viser god økonomi er typisk karakteriseret ved høj produktivitet af trædelen med høj salgspris, træartsvalg der er godt tilpasset til lokale jordbunds- og klimaforhold, intensiv rationel pasning ud fra specialviden om træproduktionen og produkter, og SL-systemet er optimalt tilpasset det enkelte landbrug. SL kan desuden være interessant hvis landbrugsafgrøden som indgår i SL-systemet har en lav salgspris og rente på investeringer er på et lavt niveau. Et generelt økonomisk problem for SL er den store startinvestering og den lange tilbagebetalingstid for trædelen, samt usikkerheden om udvikling af markeder og evt. tilskudsmuligheder set over en lang årrække.

Köthke et al. (2022) undersøgte i et global meta-review hvilken evidens der ligger til grund for forskningens konklusioner om både økonomiske, udbyttmæssige og økosystemeffekter. Økonomiske resultater i form

af udbytte er blevet intensivt undersøgt men dækker oftest kun lokale regioner og ikke globale forhold. Endvidere blev produktivitetsspekter overvejende undersøgt i relation til omdriftsafgrødeudbytte, mens græsnings-, dyre- og træudbytter er inddraget i mindre omfang. Der er kun lavet få undersøgelser, der viser det totale systemudbytte i SL. Köthke et al. (2022) konkluderede at evidensgrundlaget for vurdering af økonomiske resultater af SL således ikke kan anses for at være tilstrækkeligt til at konkludere på økonomiske resultater af SL.

Træerne i skovlandbrug skal bidrage så meget som muligt til bedriftens økonomi. Skovlandbrug kan i enkelte cases føre til en større indtjening per arealenhed end monokulturlandbrug (Xu et al., 2019), både ved en mere nuanceret produktion (frugt/bærrhøst, høst af ved til byggematerialer eller flis, dyrevelfærd), og ved at bidrage til et landbrug der er modstandsdygtigt over for forstyrrelser (Martini et al., 2020). På den måde skaber skovlandbrug et mere robust landbrugssystem og kan dermed måske bidrage til en mere sikker økonomi.

Der er flere økonomiske udfordringer ved skovlandbrug (Raskin and Osborn, 2019). For det første kræver det et helt nyt sæt kompetencer (arbejde med frugter eller træer) for de fleste landmænd, og det kan derfor være uoverskueligt at ændre dyrkningsform. For det andet er der en udfordring med afsætning og forbrugervillighed, da forbrugerne gerne vil have klimavenligt mad med høj dyrevelfærd (Madindeks, 2023), men ikke er villige til at betale en merpris (Danmarks statistik, 2022). Hvis den samlede økonomi af skovlandbrug skal være markedsdrevet, skal der ske en vanecændring for forbrugeren i Danmark. Alternativt skal udbredelsen og implementeringen af skovlandbrug være tilskudsrevet, for at invitere en større andel af bedrifter, og ikke kun pionerer og ildsjæle, til at overveje skovlandbrug som en realistisk, alternativ, dyrkningsform. For det tredje, er meldingen fra de økologiske landmænd, at de er interesserede i skovlandbrug, men at etableringsomkostningerne er for store, samtidig med at det er svært at overskue rentabiliteten på investeringen, da træer ofte vil have en årrække uden høst/produktion efter etableringen. Til sidst er mangel på økologisk plantemateriale og høje plantepriser en afgørende stopklods for økologerne (Kilde pers. kommunikation til Innovationscenter for Økologisk Landbrug (ICOEL)).

Et omfattende projekt om mange af effekterne ved skovlandbrug, som også tager stilling til økonomien, er projektet ROBUST. ROBUST ledes af Innovationscenter for Økologisk Landbrug (ICOEL), med støtte fra Landbrugsstyrelsens Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram (GUDP) og Fonden for Økologisk Landbrug. I projektet bliver der udviklet forretningsplaner, som forventes at belyse nogle scenarier og inspirere til mulige afsætningskanaler, samt rentabiliteten af skovlandbrug. Skovlandbrug som dyrkningsform i det moderne danske landbrug anses som værende relativt nyt. Derfor bliver der lavet mange antagelser i projektet for at komme i mål med effekterne af økonomi. Hvis landmændene skal være villige til selv at betale for etableringsomkostningerne, kræver det nuancerede og sikre bud på det økonomiske potentiale for et skovlandbrugssystem. Der mangler derfor flere referencepunkter på økonomien af skovlandbrug, for at kunne give bedre bud på den økonomiske fremtid for skovlandbrugere. Jørgensen (2023) anfører i sit notat fra ROBUST projektet, at det ikke er muligt ud fra data i de danske helt unge SL-bedrifter eller udvalgte udenlandske især engelske SL-bedrifter at sige noget generelt omkring økonomien i SL. Den store variation imellem systemer og den måde de udmøntes på fra start og over tid gør det generelt vanskeligt at give generelle vurderinger.

Der er de seneste år igangsat mange projekter for at udvikle, undersøge og udbrede skovlandbrug i Danmark, med en række forskellige formål: at afklare hvilke typer af skovlandsbrugssystemer der er succesfulde, den forventede økonomi i skovlandbrug, effekter på biodiversitet og økosystemtjenester, og de klima- og miljømæssige forbedringer man kan forvente ved at udbrede skovlandbrug i stor skala. Det er dog en

udfordring, at udbytter af trædelen oftest først fremkommer efter en del år, og der vil derfor gå en årrække før økonomiske vurderinger kan endeligt afgøres og systemer anbefales.

1.5 Specifikke standarder og retningslinjer for skovlandbrug i Danmark i økologi.

Forfattere: Christoffer Grønne og Laura Attrup Bille (ICOEL).

Skovlandbrug er anerkendt af EU som et relevant virkemiddel til en mere klimavenlig landbrugsproduktion. I den nye EU CAP Strategic Plans (2023-2027) er skovlandbrug nævnt som et obligatorisk dyrkningssystem, der skal være nationalt støtteberettiget (EU CAP, 2023). Det skal sikre, at landmænd fortsat kan modtage støtte for deres eksisterende skovlandbrug, og opfordre flere landmænd til at etablere skovlandbrug i lande hvor der ikke er tradition for det (herunder det meste af Norden). Tiltaget har også til formål at fremme integrationen af flere landskabselementer i agerlandet og herved skabe et mere diversit landbrugsland, som understøtter mere biodiversitet.

EU har præsenteret forskellige muligheder for medlemslandene, som på den ene eller anden måde begrænser antallet af træer pr. arealenhed. Det kan enten være med et fastsat maksimum, ingen øvre grænse, eller ved at sætte krav til et minimumsantal træer.

I Danmark er EU's krav implementeret ved at skovlandbrug har fået egne afgrødekoder, som definerer skovlandbrug som kombineret dyrkning af træer og/eller buske med traditionel landbrugsdrift (planteavl/husdyrhold). Dermed er SL systemer blevet berettiget til grundbetaling. Arealet skal være mindst 0,3 ha og sammenhængende, med den unikke forskel fra tidligere systemer, at træer og mark kan registreres samlet. Der kræves mindst 100 godkendte træer pr. hektar, med op til 40 meters afstand mellem træbælter, samt op til 40m fra markens kant til det første træbælte. Hvert bælte kan indeholde 1-3 rækker af træer eller buske, og op til 100 spredte træer af andre arter pr. hektar er tilladt. Systemer der passer ind i afgrødekoderne for lavskov eller *arealer med frugt/bærtillæg* kan også ses som skovlandbrug, men skal designes anderledes for at modtage støtte. Se Landbrugsstyrelsens hjemmeside for uddybende vejledning om afgrødekoderne .

2 Effekter på miljø, klima, biodiversitet og dyrevelfærd

Forfattere: Martin Jensen (AU FOOD), Anne Grete Kongsted (afsnit 2.2.2 og 2.5), Tommy Dalgaard (AU AGRO).

2.1 Generel introduktion til effekter

Forfattere: Martin Jensen (AU FOOD) og Tommy Dalgaard (AU AGRO).

Formålet med dette kapitel er at give en samlet oversigt over SL-effekter på klima, miljø, biodiversitet og dyrevelfærd samt beskrivelser af, hvordan SL kan medvirke til at fremme jordens og jordbrugets robusthed over for ekstremt vejr. Da der kun er lavet meget få økologiske SL-studier i Danmark og systemerne endnu har begrænset alder og resultaterne af igangværende projekter afventes, er der endnu kun meget begrænset viden om effekter i dansk økologi. For at kunne give retningslinjer og første bud på effekter af SL må der derfor inddrages generel SL-viden fra udenlandske forsøg, der ofte er udført i konventionelle systemer. De mulige potentialer set specifikt i forhold til økologi kan derfor kun vurderes indledende ud fra dette vidensgrundlags, indtil egentlige SL-undersøgelser i en økologisk ramme er tilgængelige fra danske forhold.

Viden om generelle SL-effekter på miljø, klima, biodiversitet er tidligere behandlet i en række DCA-notater og rapporter (Jensen et al., 2019; Dalgaard et al., 2019, Jensen et al., 2023; Jensen et al., 2024). I det følgende inddrages udvalgte uddrag og konklusioner fra disse.

I Jensen et al. (2019) er den generelle kvalitative konklusion omkring SL, at der er en effekt i form af reduceret jorderosion og en potentiel øgning af jordens frugtbarhed gennem bedre jordstruktur og øget infiltration af vand. Skovlandbrug medfører desuden en reduktion i tab af næringsstoffer fra udvaskning og overfladeafløb, samt en mulig reduktion af pesticidforbruget. Ift. klimaet er der generelt et lille -mellem potentiale for reduktion af drivhusgas-udledninger ved øget kulstofbinding i jord og vedmasse afhængig af system og omfang, samt et mellemstort potentiale for tilpasninger til et ændret klima, særligt i form af forbedret mikroklima gennem skygge for græssende dyr. Jensen et al. (2019) pointerede dog at både skovlandbrugssystemerne og effekterne af dem på økosystem tjenester varierer stærkt afhængig af jordbund, regionalt klima, træartsdiversitet, dyrkningsintensitet og management og en generalisering af effekter vil derfor dække over en ganske stor variation. Også ift. understøttelse af biodiversiteten er der generelt store eller mellemstore positive effekter. Skovlandbrug øger generelt den genetiske, strukturelle og funktionelle variation på et dyrkningsareal sammenlignet med landbrugsproduktion herunder græsningsarealer og skov og dette giver mulighed for øget biodiversitet og forbedret næringsstofkredsløb.

Jensen et al. (2019) skønnede ud fra et litteratur-review størrelsen af de positive økosystemeffekter af SL sammenlignet med 'rene' landbrugs- og havebrugsproduktioner som 1) øget biodiversitet (vurderet stor effekt), 2) forbedret miljø (reduktion af jorderosion (mellem til stor effekt), øgning af jordens frugtbarhed gennem bedre jordstruktur med øget infiltration af vand (mellem til stor effekt), reduktion af tab af næringsstoffer (kvælstof og fosfor) fra udvaskning og overfladeafløb (mellem til stor effekt), 3) forbedret klimaforbegyggelse og tilpasning (øget kulstofbinding i jord og vedmassen (stor effekt) samt forbedret mikroklima gennem skygge for græssende dyr (mellem stor effekt). Desuden viser en del studier øget total biomasseproduktion. Hertil kommer en væsentlig positiv effekt på øget dyrevelfærd (stor effekt). Referencen for konklusionerne i Jensen et al. (2019), ift. effekterne af skovlandbrug, er et traditionelt dyrkningsystem, hvor

produktionen af markafgrøderne (herunder arealer med fritgående husdyr) og træer/vedplanter foregår hver for sig.

Dalgaard et al. (2019) foretog et første skøn af de relative effekters størrelse på fire danske relativt unge økologiske SL (startet i 2011, 2015, 2016, 2018) med brug af skalaen, ingen, lille, mellem, stor effekt. Næsten alle parametre blev vurderet at have positive effekter i de fleste af SL-systemerne. For miljø var det især forebyggelse af jorderosion og forbedring af jordfrugtbarhed, der havde mellem til stor effekt. For klimaforandringer vurderedes forebyggelse og tilpasning at have mellem til stor effekt, og for biodiversitet var der mellem til stor effekt over for jordbundsfauna, vilde planter, bier, nyttedyr og fugle. Effekter på dyrevelfærd vurderedes generelt at være store. Den økologiske driftsform vurderedes at give særlige fordele af SL, f.eks. vedr. biodiversitet, da der ikke anvendes pesticider og kun organiske gødningsstoffer, og ift. kravet om husdyr på friland kan SL give særlige forbedringer af klimaet for husdyrene, bl.a. skygge og læ. Økologisk drift angives af Strandberg et al., (2015) at give 30 procent mere biodiversitet end konventionelt jordbrug og betydningsfuld af SL bygger derfor oven på dette.

Det noteres at vurdering af enkeltbedrifter er et dynamisk øjebliksbillede af udviklingen over tid for forskellige systemer, hvilket gør det vanskeligt at foretage generelle vurderinger af effekt og sammenligninger af systemer.

I forbindelse med vurderingen af effekter af SL vil der i de efterfølgende afsnit opdelt efter effekttype først blive givet en introduktion til viden om generelle effekter af SL og derefter mere specifik viden for de foreslåede SL-systemer af Jensen et al. (2023), i det omfang viden er behandlet for de enkelte effekttyper. Nedenfor indgår uddrag fra både Jensen et al. (2023) og Jensen et al. (2024).

Forskellige skovlandbrugstyper varierer meget i indhold, omfang og intensitet og de forventede effekter vil derfor også udvise meget stor variation mellem typer. Med henblik på at etablere en mere realistisk baggrund for en mulig kvantificering af effekter, forsøgte Jensen et al. (2023) at kvalitativt definere, afgrænse og beskrive 4 hovedtyper af skovlandbrug og adskillige undertyper, som vurderes relevante i dansk jordbrug og som vurderes at kunne give et væsentligt bidrag til klima, miljø og/eller biodiversitet. Hovedtyperne er: 1) SL-typer rettet mod kulstofbinding og lagring, 2) SL-typer rettet mod øget biodiversitet, 3) SL-typer rettet mod samdyrkning med husdyr og 4) SL med frugt, bær og nøddetræer. De fire hovedtyper kan kombineres med enten omdriftsafgrøder eller græsarealer (se typer i kap. 1). Hver type blev i Jensen et al. (2023) defineret og karakteriseret ud fra baggrundsviden, og beskrevet med indledende forslag til afgrænsning, mulig effekt på produktivitet, mulighed for synergier og trade-offs mellem systemer, samt barrierer for udbredelse af systemet. Da størrelsen af effekterne af de foreslåede typer og deres skalérbarhed vurderes at være forskellige, vil det samlede potentiale for bidrag til klima, miljø og biodiversitet for typerne også være forskelligt. Klimaeffekter af hovedtype 1 og de tre undertyper af den, rettet mod kulstofbinding og lagringspotentiale, er beskrevet i Jensen et al. (2024) og inddrages her specifikt vedr. klimaeffekter.

2.2 Miljøeffekter af SL i økologi

Forfattere: Martin Jensen, Anne Grete Kongsted (2.2.2) og Tommy Dalgaard

Introduktion til generelle effekter af SL - med omdriftsafgrøder og med husdyr

Der er generel enighed om at næringsstoff tilbageholdelse er bedre og med lavere udvaskning til følge i SL (Burgess og Rosati 2018). En metaanalyse af jordens næringsstoff tilbageholdelse fra 53 publikationer viste

at skovlandbrug var signifikant bedre end i landbrug eller i skovbrug alene (Torralba et al. 2016). Nåletræer giver lidt mindre effekt på jordens fertilitet end løvtræer, og hjemmehørende løvtræsarter og buske giver bredere økosystem services (Howlett et al. 2011, i Santiago-Freijanes et al. 2018).

Skovlandbrug med anvendelse af træer og læhegn i bæltter resulterer i mindre overfladeafstrømning og større tilbageholdelse af vand på arealet ved øget infiltrationskapacitet, og dermed en afledt mindre jorderosion og risiko for fosfortab. Denne effekt er størst hvis der er tale om skrånende arealer, og hvis træbælterne følger konturerne i terrænet (Christen og Dalgaard, 2013; Torralba et al. 2016)

Benhamou et al. (2013) viste at træ- og buskhegn i et landbrugsland øgede evapotranspirationen og dermed gjorde jorden mere tør omkring hegnene og gav et lidt mindre vandafløb fra arealet. Jo mindre nedbør, jo større var reduktionen i vandafløbet fra landbrugsarealer med hegn. Hegn på marken betød et mindre tab af N fra arealet, som forklaredes med et større optag af kvælstof og øget lagring i hegnplanter end i markafgrøder. Bladtab til arealer nær på hegnene gav øget organisk indhold og kulstof samt øget N indhold i jorden i forhold til landbrugsafgrøden og den mere tørre jord betød mindre mineralisering, som samlet opbyggede N puljen i jorden tæt på hegnene. En mulig negativ effekt af den mere tørre jord på denitrifikation er ikke regnet ind, men det vurderes samlet at hegn bidrager positivt til N balancen i skovlandbrug. Jo flere læhegn jo bedre tilbageholdelse af næringsstoffer og jo mindre erosion (Benhamou et al. 2013). Placering af læhegn på tværs af arealhældningen hæmmer overfladeafløb bedst.

For bidrag til reduceret N-udvaskning vil træer i en vis afstand fra stammen (skønnet minimum svarende til kroneudbredelse) og i ret stor dybde forventes at optage og lagre N overskud fra afgrødedyrkning, således at N tab vil blive reduceret (Wolz et al., 2018). Potentialet afhænger af en række forhold, bl.a. hvor stort næringsstofoverskuddet fra afgrødeproduktionen er, tidspunkt på året for overskud, træets størrelse og relative nytilvækst til binding af N. Andersen et al. (2024) anfører at nitratretentionen i rodzonen er højere i skovlandbrugssystemer sammenlignet med andre dyrkningssystemer uden træer, og dette nitrat kan bruges af afgrøden og forebygge udvaskning samt udslip af lattergas (Elrys et al., 2023; Gross et al. 2022). For SL med husdyr er dette indikeret i dansk sammenhæng (Manevski et al. 2019). Potentialet for nitratretentionen afhænger af flere biotiske og abiotiske faktorer samt det specifikke dyrkningssystem (Mettauer et al. 2023).

Jensen et al. (2019) vurderede miljøeffekter til at omfatte bl.a. tab af næringsstoffer til vandmiljøet gennem udvaskning eller overfladeerosion, samt ændring i jordens frugtbarhed afhængig af effekter på jordstruktur, herunder jordens hydrauliske egenskaber (ledningsevne og infiltration).

Næringsstofftilbageholdelse er signifikant bedre i skovlandbrug end for marker i omdrift. Dette er for udvaskning af kvælstof især knyttet til at der er en større optagelse af kvælstof i efterårs- og vinterperioden i skovlandbrug samt optag fra dybere jordlag. Typisk giver skovlandbrug med anvendelse af læhegn og træer mindre overfladeafløb af vand og bedre tilbageholdelse af vand på arealet og afledt mindre erosion, og dermed mindre risiko for fosfortab. Der er generelt en øget mængde af regnorme i skovlandbrug, som sammen med den uforstyrrede jord under trævækst øger jordens infiltrationsevne. Den større fordampning af vand fra træer giver en større udtørring af jorden, især i dybden, men dette afhænger af artsvalg af træer i systemet. Afstanden mellem træer/læhegn/småbiotoper påvirker erosion og tab af kvælstof og fosfor ved overfladeafløb - jo højere tæthed, jo større bidrag til at reducere jorderosion.

Jacobsen og Jensen (2021) har på baggrund af litteratur-review (Jacobsen et al., upubliceret manuskript) om træers mulige bidrag i SL til at håndtere øget nedbør fremover i landbrugslandskabet lavet et afledt notat om effekterne, hvor uddrag herfra gives. Klimaforandringer i Nordeuropa forudsiges at ville resultere

i flere og mere intense nedbørhændelser med mere regn i løbet af vinteren, men også flere af de skybrud som sommeren. Store mængder vand, der kommer i løbet af kort tid, kan være ødelæggende for afgrøder, der bliver oversvømmede og i værste fald kvalt, hvis vandet ikke kan komme væk fra marken. Det vand, der kan bevæge sig væk fra marken, vil gøre det af den letteste vej. Det kan være ned i jorden (infiltration), op i luften (fordampning og planteoptag) eller via overfladeafstrømning. Overfladeafstrømning kan have problematisk følger pga. vanderosion, der kan tage sediment, kulstof og næringsstoffer med til åer, søer og til sidst åbent hav. I vandmiljøet gør sediment og næringsstoffer skade, mens de på marken er helt essentielle for gode dyrkningsvilkår. Det er derfor vigtigt for både landbruget og miljøet at undgå vanderosion. Fordampning og planteoptag af vand er afhængige af temperaturen og vegetationen på marken og er i sidste ende begrænset heraf. Disse to faktorer kan ikke alene fjerne vand fra et skybrud med samme hastighed, som det kommer til marken. Infiltration og tilbageholdelse af regnvand i jorden, står hermed tilbage som en hensigtsmæssig måde at aflede overskydende regnvand på. Hvis regnvandet bliver tilbageholdt som plantetilgængeligt vand i marken, kan det potentielt blive brugt på et senere tidspunkt af afgrøder og træer, hvor det gør gavn.

Buffere med træer og buske langs åer er allerede kendte som et værktøj til at tilbageholde overfladeafstrømning, sediment og næringsstoffer. Det samme gør sig gældende for træer og buske i løvbælter og hegn oppe på markfladen. I flere forsøg har man også observeret at under permanent vegetation (herunder især træer og buske) er der en øget infiltration ned i jorden. Det skyldes, at der i uforstyrret jord og langs træers dybe rødder opstår lange ubrudte gange ned i jorden, som vandet nemt kan løbe ned i. Samtidig er træer og buske gode til at optage vand over en længere periode af vækstsæsonen, hvilket gør at jorden ofte ikke er vandmættet i en zone under dem. De skaber altså plads til vand i jorden. En overvejelse her er dog om hurtig nedsivning af vand også betyder at næringsstoffer og pesticider også potentielt transporteres med ned i dybere jordlag hurtigere og dermed udfordrer beskyttelsen af grundvand. Dette spørgsmål er ikke beskrevet videre her.

Med den rette placering og omfang af træplantning og de rette arter af træer kan der skabes et sted, hvor vandet hurtigt kan løbe hen, når skybruddene rammer, uden at vi får for meget overfladeafstrømning eller oversvømmelser af afgrøderne.

Styring af nedbøren bevidst i terrænet er især et relevant værktøj på jorde, der er særligt udsatte for vanderosion og/eller oversvømmelse, dvs. jorde der naturligt har en lav dræningsevne, og jorde, der skrånede. Der er en generel tendens til at de lerede jorde i Østdanmark dræner dårligt, og at det meste regnvand her løber igennem store kanaler i jorden, såsom i regnormegange og langs dybe planterødder. Hældningen i landskabet er af betydning, og erosion ses tydeligst i landskaber med hældning over 12°. Derudover er jordens tekstur og struktur også vigtig. Silt og finsand er den fraktion af jorden der lettest eroderes, og dermed er jordbundstyperne JB2, JB4 og JB6 de mest udsatte. Jakobsen og Jensen (2021) konkluderer på baggrund af denne viden, at hvis man kan styre vandet, kan man også opnå en vis styring af tab af N og P.

Jordens frugtbarhed, herunder indhold af organisk materiale og næringsstoffer er fundet at være øget i skovlandbrug sammenlignet med landbrug i omdrift eller i skovbrug alene. Nåletræer giver lidt mindre effekt på jordens fertilitet end løvtræer. Opbygning af øget indhold af humus/organisk stof i jorden giver sammen med den uforstyrrede jord øget mikrobiologisk liv.

Træplantninger i det åbne land vil i nogle forhold have næringsstof effekter, der ligner dem, der ses i skov og skovbryn. Processer involveret i og værdier af udvaskning af kvælstof fra skove er beskrevet i detaljer f.eks. i Gundersen et al. (2006). I Danmark betyder den luftbårne deposition af N især meget for risikoen for

udvaskning fra skove. Men også omdrift - renafdrift, nedbørsforhold og jordbundsforhold påvirker niveauet af N-tab markant. Etablering af ny skov på landbrugsjord giver oftest et ret stort N overskud og udvaskning af N (20-100 kg N/ha/år) lige efter plantning, da unge træers behov er meget lavt. 4-5 år efter plantning betyder træernes markant øgede tilvækst at N udvaskningen falder til 5-8 kg N/ha/år (Gundersen, 2008). I gammel skov over 30 år er udvaskningen typisk 10-15 kg/ha/år. Udvasning over disse niveauer i gammel skov kan skyldes ubalancer i ekstern luftbåren tilførsel. Sammenligning af N-balancer i skovbryn med indre skov (Gundersen, 2008) viste at N indholdet i jorden under og omkring skovbryn var markant højere end inde i skoven, hvilket tilskrives en stor atmosfærisk N afsætning i skovbryn associeret med høj landskabelig ruhed, mens afsætningen er meget lavere inde i skoven (mindre ru flade). Det betyder at små skove eller træbevoksninger med stor randandel vil have højere udvaskning end større skove. N belastningen i skovrande kan nå helt op på 100 kg N/ha/år betinget af gennemdryp og afhænger af atmosfærisk N tilførsel, der varierer fra sted til sted i DK afhængig af udledning, men ofte ligger i intervallet fra 15-40 kg N/ha /år og. Disse plantealder- og positionseffekter vil også påvirke N balancer i træbaserede skovlandbrug og herunder skovlandbrug med læhegn. Disse aspekter mangler at blive belyst i danske SL-systemer.

2.2.1 Specifikke SL-systemer miljøeffekter

Jensen et al. (2023) beskrev ikke SL-typer rettet særligt mod optimering af miljøeffekter, men det vurderes at tilpasning af design og omfang i forhold til at opnå maksimal miljøeffekt er en reel mulighed, men vil ofte indgå som en delmængde af andre systemer, og beskrives derfor ikke yderligere her.

2.2.2 Specifikke SL-systemer (husdyr)

Forfattere: Martin Jensen og Anne Grete Kongsted

Miljøeffekter i SL-systemer med husdyr omtales her da det i nogle forhold adskiller sig fra øvrige SL-systemer (se også særlige aspekter af husdyrsystemer og dyrevelfærd, afsnit 2.4).

Som beskrevet i Jørgensen et al. (2024) er tab af næringsstoffer en særlig udfordring i økologisk grise- og fjerkræproduktion, hvor dyrene har adgang til foldarealer året rundt. Jensen et al. (2023) belyser, at etablering af træer på foldarealer forventes at reducere risikoen for næringsstofftab af flere årsager. Først og fremmest er (veletablerede) træer mere robuste end kløvergræs, der ofte ødelægges af dyrenes fouragering, især i vinterperioden. Træer kan således sikre et afgrødedække, der i det tidlige forår kan opsamle næringsstoffer afsat i løbet af vinteren. Derforuden har træer et dybt rodnet, der kan opsamle næringsstoffer fra dybe jordlag. Endelig har træer i vækstsæsonen et stort vandoptag, der kan ændre jordens vandbalance og reducere risikoen for udvaskning. Samtidig forventes træerne at kunne mindske risikoen for tab af fosfor via overfladeafstrømning.

I Danmark er miljøaspekter ved økologisk griseproduktion på friland særligt undersøgt. Jensen et al. (2023) gav et overblik over danske forsøg med især grise, men også kvæg og fjerkræ i forbindelse med SL. De første danske forsøg med grise i samproduktion med træer blev gennemført i 2009, hvor udegående slagtegrise fik adgang til et areal beplantet med bl.a. græs og piletræer (Horsted et al., 2012; Jørgensen et al., 2018). Formålet var at undersøge muligheder for at kombinere produktionen af udegående grise med energiafgrøder, med særligt henblik på at reducere næringsstofftabet fra arealerne. Efterfølgende (fra 2011

og frem) etablerede flere økologiske storskala griseproducenter pil, og især poppeltræer, på græsmarker med udegående lakterende søer.

Næringsstofftab fra de nævnte systemer med søer er undersøgt af Jakobsen et al. (2018) og Manevski et al. (2018). Resultaterne fra disse studier indikerer en markant lavere risiko for udvaskning af nitrat på arealer med træer sammenlignet med arealer etableret med kløvergræs. Dog understreges det, at træplantning alene ikke er tilstrækkelig til sikre god næringsstofhusholdning på arealerne, hvor der ofte er et højt næringsstofoverskud. Det er derfor afgørende først og fremmest at fokusere på faktorer som dyretæthed og foderinput for at sikre god næringsstofhusholdning på foldarealer (Jørgensen et al., 2018; Kongsted et al., 2019; 2020), men etablering af træer kan være med til at sikre fastholdelse af de afsatte næringsstoffer.

For at optimere træernes effekt er det afgørende at vælge arter, der er robuste over for grisenes adfærd. Erfaringer fra praksis viser, at veletableret pil, poppel, mirabelle, hvidtjørn, eg, hyld og birk generelt er velegnede, hvorimod nødde- og frugttræer har vanskeligere ved at klare sig (Kongsted, 2020; Birk, 2021). En anden vigtig egenskab er roddybde. Pil og poppel har typisk en lavere roddybde end skovarter som eg, bøg, ask og fuglekirsebær (Jensen et al., 2019). Samtidig er det dog ønskeligt, at træerne har en kraftig vækst og dermed højt næringsstoffoptag. Netop pil og poppel er kendetegnet ved deres hurtige vækst og evne til at tåle styning, hvilket gør dem særligt velegnede. Scenarieanalyser i Kongsted et al. (2020) baseret på danske forsøg med pil (Larsen, 2020) viser, at etablering af f.eks. piletræer på 50% af foldarealet potentielt kan medføre en fraførsel på ca. 30 kg N per ha årligt, hvis træerne stynes før løvfald og den grønne biomasse fjernes. Analysen er baseret på et to-markssædskifte, hvor der dyrkes en kornafgrøde på arealet hvert andet år. Tab af kornudbytte på træarealet er inkluderet. Potentialitet for genvækst og fjernelse af næringsstoffer afhænger dog af flere faktorer, herunder jordbundsforhold, plantetæthed, driftspraksis og høsttidspunkt. Under danske forhold er der således afrapporteret kvælstofudbytter varierende fra 14,5 kg (høst oktober) til 83,4 kg (høst august) per ha for pil (Larsen et al., 2020) samt 108 kg N per ha ved høst i september. Opnåede fosforudbytter for pil varierer tilsvarende fra 2,8 kg (høst oktober) til 18,5 (høst september) (Larsen et al. 2020). Foreløbige erfaringer fra et igangværende projekt (OUTFIT) tyder på et lavere potentiale for poppel, hvor der er lykkedes at fjerne op til 56 kg N per ha ved høst i september (Larsen, 2022; Larsen et al 2024).

Sidst, men ikke mindst er det vigtigt at være opmærksom på, at den ønskede effekt af træerne i grisefolde kun opnås, hvis grisene kan motiveres til at afsætte fæces og især urin på arealet med træer. Forskning tyder på, at grisenes gødeadfærd påvirkes af placeringen af vigtige ressourcer som f.eks. hytter og foder i forhold til træerne (Andersen et al., 2020). Der er en tendens til at en relativ høj andel af urinen afsættes i nærheden af hytten, men generelt er der begrænset viden om grises gødningsafsætning i foldene og om muligheder for at påvirke denne adfærd (Jakobsen, 2018).

2.3 Klimaeffekter af SL i økologi

Forfattere: Martin Jensen (AU FOOD) og Tommy Dalgaard (AU AGRO).

2.3.1 Generelle effekter af SL

Jensen et al. (2019) vurderer sammenfattende at skovlandbrug overordnet bidrager positivt til kulstofbinding og lagring, men med variation mellem typer af skovlandbrug og i forhold til sammenligningsgrundlaget. Det er vigtigt at få afklaret om kulstof i den overjordiske og underjordiske biomasse kan regnes ind i

bedriftens drivhusgasbalance eller det kun er jordens organiske kulstof der kan indregnes. Effekten afhænger meget af artsvalg, træalder, måledybde i jorden, jordens bonitet, nedbør, klima og management. I forhold til andre udledninger af klimagasser, især lattergas, spiller management en meget stor rolle for effekterne. Kulstofpuljer i jorden på græsningsarealer med dyr er relativt høje i forvejen, uden iblanding af træer, og her øger overgang til skovlandbrug ikke nødvendigvis kulstofindholdet i jorden. For landbrugsarealer i omdrift, der har lavere kulstofpulje i jorden, vil introduktionen af skovlandbrug kunne øge kulstofindholdet. Biomasseproduktionen samlet for trædelen og landbrugsdelen ved skovlandbrug er oftest mindre end eller på niveau med de rene enkeltproduktioner, men der findes også en række eksempler på at en samlet produktion i skovlandbrug kan være væsentlig større end i rene produktion, hvor blandingernes komplementære udnyttelse af lys og ressourcer giver øget produktion. Dette påvirker den samlede effekt på kulstofpuljer.

I nedenstående afsnit inddrages uddrag fra i Jensen et al (2019, internt notat).

Det positive bidrag fra SL til kulstofbinding og lagring varierer mellem typer af skovlandbrug og i forhold til sammenligningsgrundlag (Burgess og Rosati 2018, Torralba et al. 2016). Shi et al. (2018) gennemførte en metaanalyse af 427 parvise undersøgelser af jord fra skovlandbrug sammenlignet med plante eller husdyrbaseret produktion og fandt at kulstoflagringen var højere i alle 4 skovlandbrugstyper undersøgt, alley cropping, læbælter, silvopastures og homegardens, med et gennemsnit for alle typer og globale forekomster af skovlandbrug på 19 % højere kulstofindhold i jorden/ha. Undersøgelsen viste også effekter af træalder og jorddybden på kulstof lagring i jorden, samt gav en oversigt over mulige direkte og indirekte effekter på jordens frugtbarhed og stabilisering og anbefalede skovlandbrug som en effektiv metode til at øge kulstof lagring på verdensplan. Chatterjee et al. (2018) gennemførte også en metaanalyse af kulstofbalancer i jorden i skovlandbrug sammenholdt med omdriftslandbrug, græsningsarealer eller skov ud fra 78 publikationer med data fra i alt 858 steder. Overordnet globalt set var kulstofindholdet højere i skovlandbrug end i omdriftslandbrug, men mindre end i skov i 0-100 cm dybde. For tempererede regioner havde alley cropping 18,4 % højere kulstof indhold i jorden end omdrifts landbrug. Overordnet for det tempererede område var jordens organisk kulstof indhold 5,8 % højere i skovlandbrug end i omdriftsafgrøder, men var 5,3 % lavere i 0-100 cm dybde sammenlignet med græsningsjord. Skovlandbrug på mellem 10-20 års alder havde højere kulstof indhold end yngre skovlandbrug. Cardinael et al. (2017) beskrev kulstof indhold i jord samt kulstof i rodmasse og i toppen af træer i 6 forskellige franske skovlandbrugs systemer (silvoarable og silvopasture) mod en landbrugskontrol (omdriftsafgrøder). I de fleste cases var der tydeligt højere samlet kulstofindhold i jorden og i træbiomassen samlet end i omdriftslandbrugsjord. Der var en klar tendens til at indholdet steg med alderen af skovlandbruget, med højest indhold fra 18-40 år. Shrestha et al. (2018) konkluderer i sit review at silvopastures har en højere kulstofbinding og lagring og mindre emission af drivhusgasser end silvoarable skovlandbrug. De lister desuden kulstofbindingsrater, kulstoflagring og greenhouse gas emissions (GHG) fra en række forskellige systemer. Cardinael et al. (2018) reviewede 72 publikationer for kulstofbinding og lagring i 8 forskellige skovlandbrugssystemtyper og fandt store forskelle i egenskaberne afhængig af skovlandbrugstypen, regionen og klimaet og anbefaler at der udvikles mere valide nationale videnskabelige beregningskoefficienter for vurdering af kulstoflagringsmuligheder ved skovlandbrug. De bekræfter sammenhængen fundet af Shrestha et al. (2018) at skovlandbrug forbedrer kulstoflagringen mest i forhold til landbrugsplantedyrkning i omdriftsafgrøder og kun lidt eller ingen forbedring i forhold til græsarealer. Feliciano et al. (2018) bekræfter også Shrestha et al.'s resultat i en metaanalyse af 86 studier fra hele verden og angiver tal for kulstofopbygningen både over jorden og under jorden i forskellige systemer.

Pardon et al. (2017) undersøgte kulstof- og næringsstofindhold i jord i forskellige skovlandbrug (alley crop, arable fields) systemer i Belgien og fandt at kulstofindholdet i jorden var højere tæt på træerækken end i kontrol marker, men især for ældre træer var kulstofindholdet i jorden forhøjet helt op til 30 m fra træerækken. Grant et al. (2017) undersøgte konkurrencen mellem TBI (tree based intercropping) træerækker i omdrifts-afgrøder ved forskellige beskæringer og management og modellerede kulstoflagringen i relation til et balanceret udbytte af både landbrugsafgrøder og træer. Dette kan måske give et redskab til bedre at styre udviklingen i kulstoflagring over tid i skovlandbrug. Se også Mayer et al. (2022) for metaanalyse af jodens indhold af kulstof i tempererede SL.

Bidraget fra forskellige skovlandbrugssystemer varierer med typen og intensiteten. F.eks. fandt Kay et al. (2019) at kulstofbindingen i forskellige skovlandbrugssystemer varierede fra 0,09 til 7,29 tons C/ha/år, hvor den lave værdi refererer til skovlandbrug med mindre hegn og småbiotoper, som har lille arealmæssig udbredelse/ha og bevoksninger, der typisk har en ret lav tilvækstrate. Omvendt dækker de høje værdier over intensive plantninger med meget hurtigvoksende træarter i høj plantetæthed på bedre jorde, med stor arealdækning, som samlet har meget høj produktion af tørstof/ha/år. De mest intensive træsystemer giver dog kun lidt plads til fødevarer- og foderproduktion via omdrifts-afgrøder. Palma et al. (2007) og Reisner et al. (2007) estimerede kulstofbindingsrater på mellem 0,77 og 3 t C/ha/år for 'alley cropping' systemer, og Aertsens et al. (2013) foreslog en gennemsnitlig kulstofbinding på 2,75 t C/ha/år for skovlandbrug generelt. Disse tal skal vurderes i forhold til de anvendte metoder for indregning af kulstofbinding og især lagring som kan variere mellem studier. Især metoden til at indregne kulstof lagret i træbiomassen over og under jorden er der behov for at få konsolideret, så sammenligninger bedre kan foretages på samme grundlag.

Følgende er uddrag fra Jensen et al. (2023). SL-systemer rettet særligt mod klimaeffekter har typisk høj tørstofproduktion på det tilplantede træareal og lang lagringspotentiale, og jo højere arealandel jo større kan potentialet for kulstofbinding og lagring være. I forhold til klimaeffekter med kulstofbinding kan der ses både på potentialet for direkte kulstofbinding via plantning af træer i skovlandbrugssystemer, men også på hvor lang tid kulstoffet er bundet før høst. Træer der kan producere høj kvalitetsved med højere priser til anvendelse i f.eks. bygnings- eller møbelindustri (eks. eg, bøg, fuglekirsebær, valnød, ægte kastanje) har en potentiel meget længere C lagringsperiode, dels via lang omdriftstid og dels via mulig substitutionsværdi for andre materialer i efterfølgende anvendelse, og kan derfor have interesse på trods af at tilvæksten for disse træarter normalt er lavere end for f.eks. pil og poppel. Formålet med skovlandbrugssystemer til kulstofbinding kan derfor enten være fokuseret på produktion af hurtigvoksende arter til biomasse/ bioenergi, eller til produktion af højvæditræarter, eller kombinationer af disse 2 formål, således at der kan høstes biomasse løbende samtidig med en langsigtet opbygning af høj kvalitetsved (Morhart et al., 2014). Produktivitet i sådanne systemer er meget lidt undersøgt under danske forhold, men Ghaley og Porter (2014) har dog beskrevet et forsøg med stævningskoncept med pil, el og hassel i 10 m brede bæltter til bioenergi i omdrifts-afgrøder ved KU i Tåstrup.

Uanset formålet afhænger optimering af kulstofbinding i træer (vedmasse i rod og top) primært af hastigheden af træernes vækst, oftest opgjort som tons tørstof/ha og indholdet af kulstof i tørstoffet, heraf bindingspotentiale udtrykt i tons C/ha/år. For høj kvalitetsved er formning og beskæring af stammen desuden en central faktor som kan have betydning for tilvæksten og kvalitet af veddet. Forskellige træarter, har forskellige vækstrater og tilvækst/år ændrer sig over tid fra ung til ældre, og afhænger af en række forhold. For pil i bioenergiplantager giver et stævningsinterval på omkring 2-5 år højeste tilvækst/ha/år (Larsen et al., 2015), mens poppel i bioenergiplantninger typisk først opnår sin højeste årlige tilvækst/ha efter 6-8 år, og i skovbrugssystemer først efter 15-25 år, dvs. lange omdriftsintervaller øger produktionen (Jørgensen et al.,

2019). For andre løvtræarter kan den højeste årlige tilvækst forekomme først efter 20-års alderen (Jørgensen et al., 2019, Jensen et al., 2022). Tilvækstmønstre i forhold til alder vurderes at kunne være anderledes i fritstående fuldt eksponerede fuldkronede træer sammenlignet med træer, der gror i sluttet bestand som i skov eller lavskov, men der mangler viden om tilvækst i åbne landbrugslandskaber.

Påvirkning af jordens kulstofindhold

Dalgaard et al. (2019) og Jensen et al. (2023) sammenfatter overordnet effekten af skovlandbrug på jordens kulstofindhold som følgende: 1) Der opbygges et højere kulstofindhold i jord end i traditionel planteavlproduktion i omdrift, mens der ikke er tydelig forskel til græsarealer. 2) Den samlede kulstofopbygning stiger med alderen af træbeplantningen. Kulstofopbygningen er højest tæt på trærækkerne, men kan for ældre træer give effekter i betydelig afstand. 3) Management, fx beskæring af træerne, har betydning for produktivitet af træ og afgrøder samt formentlig på kulstoflagring.

Dalgaard et al. (2019) anfører at der findes en hel del litteratur på effekten af forskellige typer af skovlandbrug på jordens kulstofindhold. Det er dog af flere grunde vanskeligt at sige noget sikkert om den generelle effekt. Dels er litteraturen overvejende fra andre klimazoner end i Danmark – ofte fra Central- og Sydeuropa. Dels er der store metodiske udfordringer ved at måle disse effekter.

Det er således nødvendigt med dansk forskning på området, hvis mere præcise effekter skal dokumenteres. Med ovennævnte forbehold tyder litteraturen på at:

- Skovlandbrug opbygger et højere kulstofindhold end traditionel planteavlproduktion i omdrift, mens der ikke er tydelig forskel til græsarealer (fx Cardinal et al. 2017,2018, Shi et al. 2018, Shresta et al. 2018). Christensen og Olesen (2018) har anslået effekten af skovlandbrug på kulstof i jord til 0,2 ton C/ha/år under danske forhold.
- Den samlede kulstofopbygning stiger med alderen af træbeplantningen. Kulstofopbygningen er højest tæt på trærækkerne, men kan for ældre træer give effekter i betydelig afstand (Pardon et al. 2017)
- Management, fx beskæring af træerne, har betydning for produktivitet af træ og afgrøder samt formentlig på kulstoflagring (Grant et al. 2017).

Se endvidere Mayer et al. (2022) for metaanalyse af SOC i tempererede SL-systemer.

Klimagasser

I en evaluering af mulige effekter af skovlandbrug på miljø, klima og biodiversitet (Jensen et al., 2019; Dalgaard et al. 2019) vurderedes det, at skovlandbrug som dyrkningssystem generelt har en stor klimaeffekt relateret til især øget kulstofbinding i jord og i vedmassen over og under jorden. Udover direkte binding af kulstof kan skovlandbrug også bidrage til klimaeffekter via optag af overskydende N fra jord og dermed opnå lavere N indhold i jord, som potentielt kan reducere udledningen af drivhusgassen N₂O, og indirekte ved at træer kan bidrage til at reducere maskinelt energiforbrug på arealer (Hernández-Morcillo et al. 2018). N₂O-effekter af skovlandbrug er relativt lidt undersøgt (Kim et al. 2016; Guenet et al. 2021; Gross et al., 2022). Hvis træer plantes på våde arealer med højt organisk indhold, som derefter tørres ud pga. af

træernes større fordampning, vil emissionen potentielt kunne øges i stedet, primært som følge af øget omsætning af organisk stof og dermed udledning af CO₂ (Gyldenkerne et al., 2020).

2.3.2 Specifikke SL-systemer rettet særligt mod optimering af kulstofbinding og klimaeffekter.

Jensen et al. (2023) beskrev 3 undersystemer af SL som er rettet mod et potentiale for høj kulstofbinding og blev vurderet relevant for dansk landbrug og med stor skalerbarhed. Disse SL-systemer beskrives kort her, med beskrivelse af deres vurderede kulstofbindingspotentialer som beskrevet i Jensen et al. (2024) og i Klimavirkemiddel katalog af Andersen et al. (2024). Vurderingen er lavet ud fra konventionel dyrkning med korn som reference. Bidraget fra træerne vil i økologi forventes at ligne meget de der er beregnet for konventionel dyrkning, men forventes at ville adskille sig på nogle få punkter vedr. N klimagasser bl.a. fra f.eks. gødningsstoffer og energiforbrug.

Inddragelsen af kulstof i en midlertidig biomasse i SL-systemer er metodisk ikke afklaret endelig internationalt. Jensen et al. (2024) og Andersen et al. (2024) har brugt udtrykkene 'kulstofbinding' og 'opbygning af kulstof' og anvendes her begge om den netto-akkumulerede mængde kulstof eller CO₂ ækvivalenter/per år eller akkumuleret efter en årrække. Træer i skovlandbrug høstes efter få eller mange år, enten alene den overjordiske biomasse, så roden står tilbage og nye skud skyder frem; eller total fjernelse af træer, hvor roden også fjernes helt. Her anvendes termen 'kulstoflagring' om den midlertidige lagrings-effekt i træer, der opnås som gennemsnit over en længere omdriftsperiode, dvs. den gennemsnitlige mængde lagrede kulstof på arealet fra tid 0 til omdriftstidspunktet for høst af biomasse. Se Jensen et al. (2024) for detaljer i kulstofbalance beregninger, forudsætninger og baggrundsvariation. Størstedelen af teksten nedenfor er uddrag fra Jensen et al., 2024

Hovedtype 1: Skovlandbrug med fokus på at opnå klimaeffekter via kulstofbinding og kulstoflagring

Undertype 1.1: Hurtigvoksende træarter i stævningskultur med høj C-bindingspotentiale: Sammen med enten omdriftsafgrøder eller græsningsarealer. (Jensen et al., 2024)

Skovlandbrug med integrering af bioenergiplantninger ind i omdriftsafgrødedyrkning vurderes at være skalerbar på store landbrugsarealer i Danmark og kunne få en væsentlig udbredelse såfremt økonomi i afsætning af biomassen vil gøre dyrkning rentabel. C bindingsbidraget kan derfor potentielt blive betydeligt. Pil og poppel er to centrale arter for denne type produktion. Andre hurtigvoksende løvtræarter som tåler stævning er bl.a. arter på listen til lavskovsordningen, som kan være relevante til dette system og øge diversiteten og potentielt robustheden i disse systemer. Der kan plantes et antal bede med et antal træerækker enkeltvis eller dobbeltrækker (som til bioenergi) og med kort afstand mellem disse i hvert bed og med en afstand mellem bedene, der tilpasses maskinelle operationer på arealet. I danske forsøg benyttedes energitræer på mellem 10-20% af SL-arealet (Ghaley og Porter 2014).

Jensen et al. (2024) har reviewet viden omkring potentialet for biomasseproduktion i SL-typen ud fra en række primært danske forsøg, men også nogle udenlandske studier af bioenergiplantninger af pil og poppel. Disse gengives ikke her.

Ved beregning af potentialet for kulstoflagring er det antaget, at der plantes træer på 15% af SL-arealet, og at der vil være en uændret klimaeffekt på de resterende 85% af arealet, der har omdriftsafgrøder med

referenceafgrøden korn og dyrkningsmetoden for korn er konventionel. Det antages at der ikke tilføres gødning til træerne. Der henvises til Jensen et al. (2024) for detaljer vedrørende klimagasberegninger fra gødning, kalkning, fossilt energiforbrug osv. Ved omlægning fra korndyrkning til skovlandbrug vil der på areal-andelen med hurtigvoksende træer ske en kulstofbinding og kulstoflagring bestående af høstbar overjordisk biomasse, der eksporteres med intervaller, kulstoflagring i stub og rod (underjordisk biomasse), der er blivende på arealet (ved en permanent omlægning) og opbygning og lagring af organisk kulstof i jorden (SOC), der også antages at være blivende ved en permanent omlægning. Der henvises til Jensen et al. (2024) for en dybere gennemgang af baggrundsviden og variation for stævningstypen. Biomasse og kulstof i overjordisk høstbar biomasse, stub, rod og i jordens organiske pulje indgår i beregninger af kulstofbalancer, og høstet biomasse inddrages som gennemsnit over høstintervaller. Data fra biomasseproduktion i pil og poppel indgår som grundlag for opbygning af biomasse over tid.

Den samlede reduktion i CO₂-emission relateret til kulstofbinding ved dyrkning af hurtigvoksende træer er 3,98 og 5,81 ton CO₂ ækv/ha /år ved hhv. 5-års og 10-års høstinterval på de 15% af arealet med træer. Den samlede effekt på hele skovlandbrugsarealet er 0,60 og 0,87 ton CO₂ ækv/ha /år ved hhv. 5-års og 10-års høstinterval af træbiomassen.

Indregnes ændringer i klimagasser fra gødning, og energi bliver den samlede reduktion i emission af klimagasser på 5,2 og 7,0 ton CO₂ ækv/ha /år på arealet med træer med hhv. 5-års og 10-års høstinterval, svarende til en CO₂ reduktion på total i SL-systemet på 0,781 og 1,056 ton CO₂ ækv/ha/år på det samlede areal med skovlandbrug i forhold til referencen kornafgrøde.

Det antages, at kulstoffeffekten er en engangseffekt, som forudsætter at ændringen i landskabstypen fastholdes fremover. Dvs. efter de første 20 år er der ikke længere nogen kulstoffeffekt af betydning. Effekten af reduceret N-gødskning på lattergasemission vil til gengæld fortsætte med samme størrelse hvert år fremover, så længe denne dyrkningspraksis fortsætter.

Der er ikke udført beregninger af SL-typen med økologisk korn som reference og heller ikke for græsningsarealer som reference. Systemet vurderes fint at kunne integreres i økologisk dyrkning. Især lattergas- og metan-klimagasbalancen vil blive påvirket af bl.a. brug af økologiske gødninger samt forventet ændring i fossil energibrug via øget omfang af maskintimer til bl.a. mekanisk ukrudtsbekæmpelse.

Undertype 1.2: Mellem til hurtigvoksende træarter med høj vedkvalitet og lang omdriftstid. Sammen med enten omdriftsafgrøder eller græsningsarealer. Alley cropping. (Jensen et al., 2024)

Et skovlandbrugssystem med plantning af enkelttræer på afstand, men i rækker i marker med afgrøder rettet mod produktion af højkvalitetsved og lang tids omdrift evt. kombineret med nøddeproduktion eller frugtproduktion kaldes 'alley cropping' og vurderes at være en meget lovende form for skovlandbrug i Danmark, da den kan tilpasses moderne mekaniseret landbrug og tillader dyrkning af afgrøder eller græs imellem rækker (Quinkenstein et al., 2009; Tsonkova et al., 2012, Pardon et al., 2020). Potentialet for C binding i disse alley crop-systemer varierer meget afhængig af træart, plantetæthed og alder, men værdier på op til 2.75 tons C/h/år for arter med høj vedkvalitet er set og endnu højere værdier for højstammede poppeltræer til store veddimensioner i græsning fra 2,78-6,35 tons C/ha/år (20-30 års omdrift, reduktion fra 400 til 150 træer/ha efter nogle år) (Kay et al., 2019). Potentialet for at binde kulstof i lang tid på arealet med dette system kan være fra 30-60 år før høst. Træerne skal producere højkvalitetsved til byggeri og møbler, finér mv., hvor stammedelen af biomassen kan afsættes til væsentlig højere priser end til bioenergi. Nøddehøst kan indgå også i nogle typer. Økonomien er derfor en vigtig driver for at anvende dette system. En stor del af biomassen, grene og skæve stammer mv. må forventes stadig at gå til biomasse til energiformål

på grund af lav kvalitet og små dimensioner. Normalt opstammes træerne til en kronehøjde startende ved 4-6 m højde med ret stamme og uden sidegrene på stammen. Dette system tillader dyrkning af afgrøder helt ind til stammen og tillader selv høje maskiner at køre tæt på træærækken. Nogle systemer lader et areal i rækken stå udyrket og tager så mere plads ud af omdriftsarealet. Omdriftstiden for træerne kan være op til 30-60 år, afhængig af art og formål. En del af de nyetablerede økologiske danske skovlandbrug har etableret alley crop med frugt og nøddetræer, men også fuglekirsebær, spisekastanie og eg ses i systemerne.

Jensen et al. (2024) har reviewet viden omkring potentialet for biomasseproduktion og kulstofbinding i SL af alley crop typen ud fra udenlandske forsøg, da danske forsøg endnu er meget unge. Reviewet gengives ikke her.

For beregning af kulstofbinding i SL-systemet sammenholdt med korn som reference er der taget udgangspunkt i et typisk moderne fransk system med intensiv alley crop produktion med valnød og omdriftsafgrøder, som er vurderet som et af de SL-systemer, der er mest økonomisk interessant for moderne tempereret jordbrug og vurderes at have stor skalerbarhed. Det areal med træer, der udtages fra kornarealet, vurderes at kunne være mellem 1 og 4 % af dyrkningsfladen (f.eks. 100 træer med hver 1 m² samlet ikke dyrket areal om stammen = 100 m²/ha, dvs. 1 % af areal eller f.eks. 200 træer med hver 2 m² = 400 m² udyrket areal = 4 % af areal). I beregninger antages forenklet, at kornarealet er bevaret fuldt ud. Kronedækket ændres fra 0% ved etablering til skønnet 20% efter 60 år med løbende beskæring og tilpasning af kroner. Kronarealet kan derfor forenklet skønnes at være et gennemsnit af start til slut, dvs. 10% af hele arealet. På grund af reduceret lysindfald må der derfor forventes en reduktion i landbrugsafgrødernes produktivitet med tiden.

Kulstofbindingen i biomassen i alley crops på omdriftsarealer var på 1,235 tons C/ha/år svarende til akkumuleret kulstof i biomasse over 60-årig omdrift på 74,1 tons C/ha (Cardinael et al., 2017). For kulstof i jorden anvendes tilsvarende tal fra Cardinael et al. (2017) på 0,24 tons C/ha/år, dvs. akkumuleret 14,4 tons C/ha for en 60-årig periode. Klimabidraget fra træer og SOC til lagring af kulstof er der forsamlet på i alt 3,14 tons CO₂ ækv/ha/år.

På grund af øget konkurrence mod afgrøden, når træerne bliver store, må en vis reduktion i afgrødeproduktivitet forventes over tid. Denne kan påvirke og evt. reducere lattergas bidraget fra korn, hvis gødsningsomfang eller pasningsmetoder ændres efter mange år. Træerne vil via tab af løv, døde kviste, frø, døde rødder mv give et planterestebidrag til jorden, selvom noget beskæring sandsynligvis vil blive fjernet fra arealet. Træer i alley cropping er desuden vist at kunne optage og binde noget N, som dermed ikke bidrager til lattergas. Vi antager her, at det reducerede bidrag fra omdriftsafgrøden og optag af N i træerne over tid udliges med et forventet øget bidrag af planterester fra træerne over tid, således at effekterne samlet er neutral. Den samlede klimaeffekt af alley crop skovlandbrug for type 2 SL bliver dermed på 3,072 tons CO₂ ækv/ha/år. Som anført i Jensen et al. (2024) er en række af de anførte antagelser og vurderinger ovenfor baseret på skøn og bør revurderes og valideres, når ny viden findes. Estimerer dækker derfor over væsentlig usikkerhed.

Undertype 1.3: Læhegn med blandede men hurtigvoksende træarter og lang omdriftstid. Sammen med enten omdriftsafgrøder eller græsningsarealer. (Jensen et al., 2024)

Skovlandbrug med læhegn baseret på mellem-hurtigvoksende træarter minder meget om brugen af eksisterende læhegn i landskabet med den forskel, at det her antages at læhegnene står tættere og har en væsentlig større arealandel i omdriftsarealet end traditionelle læhegn har, og at der her tænkes på læhegn

som en produktionsenhed med høstbart indhold fra hurtigvoksende blandede træarter frem for buske, dvs. mere en slags produktionslæhegn. Læhegn i skovlandbrug vil som traditionelle læhegn bidrage væsentligt til at reducere vind- og vandbaseret jorderosion på landbrugsarealer, forbedre dyrkningsklimaet for afgrøden, give mulighed for større biodiversitet i landskabet og virke som spredningskorridorer for fauna og flora. Effekterne vil ligne dem, der er beskrevet for traditionelle læhegn, men vil på grund af det større areal kunne give øget input for en række af disse effekter.

Læhegnplantning i Danmark er en kendt teknologi og med relativt kendte effekter på vind og jorderosion. Læhegn kan blive meget gamle og kan stadig være funktionelle hvis de vedligeholdes, og har derfor oftest en meget lang omdriftstid, hvilket tilsiger at kulstof bundet i biomasse og jord i læhegn har en lang lagringsperiode. Drexler et al. (2021) undersøgte i en metaanalyse af 64 læhegn kulstofbindingen i læhegn og fandt at C bindingen var mellem 2,1 og 5,2 tons C/ha/år i læhegnarealet. SOC var op til 32 % højere under læhegn end i kontrol omdriftsafgrøder, mens der ikke var øget SOC i læhegn sammenlignet med græsarealer. 84 % af bundet kulstof var i træbiomassen mens 16 % var i jordens SOC-pulje. Jo ældre læhegnet er des større er SOC opbygningen (Biffi et al., 2022). Når læhegn fjernes helt/ryddes tabes den opbyggede pulje af kulstof i jorden på arealet med tidligere læhegn dog igen over nogle år, så bevaring af eksisterende læhegn vurderes at have stor betydning (Van Den Berge et al. 2021). Forventningen er, at læhegn i skovlandbrug, med den større arealandel vil blive forvaltet på en måde, så de også kan bidrage med høst-bare effekter og dermed også have et egentligt produktionsformål, der kan give et bidrag til bedriftens samlede økonomi. Der ses i dag eksempler på, at læhegn stævnes helt ned, og biomassen sælges som flis til bioenergi. Det forventes, at dette vil blive en mulighed for udnyttelse af læhegn i økologisk skovlandbrug også.

Forudsætningerne i beregning af kulstofbindingspotentialer i SL med produktionslæhegn omfatter bl.a. at arealandelen af læhegn udgør 15 % af det samlede SL-areal. Herudover antages det, at læhegnets overjordiske biomasse er midlertidig, der stævnes hvert 20. år, og den høstede biomasse eksporteres, men læhegnet i øvrigt er permanent omlagt. I forhold til estimering af kulstofbinding i høstet biomasse anvendes metoden, hvor man kun indregner gennemsnittet af det opbyggede kulstof i toppen fra år 0 til år 20, dvs. kun halvdelen af det oplagrede høstbare kulstof efter år 20 som basis for beregninger. For kulstof i rødder og stub bruges den fulde C binding, med antagelse om at disse bevares efter stævning (permanent omlægning). Jordens indhold af organisk kulstof antages som for stævningskulturen ovenfor tilsvarende som værende en permanent omlægning efter stævning.

Jensen et al. (2023; 2024) har reviewet viden omkring potentialer for biomasseproduktion i produktionslæhegn SL-typen ud fra relativt få udenlandske studier af læhegn, der dækker over væsentlig variation i alder, arealstørrelse og arter mv. Den eneste danske undersøgelse af læhegn er udført af Levin et al. (2020), der beregnede den stående kulstofmængde og ændringer i hegn og småbiotoper i Danmark på baggrund af LiDAR-analyser. Da der ikke indgik værdier for SOC og læhegn og småbiotoper indeholder en større andel af buske og småtræer end de produktionslæhegn, der er foreslået i SL her, er det valgt ikke at benytte disse tal i beregninger.

I kulstofbindingsberegningen (Jensen et al., 2024) er der i stedet taget udgangspunkt i tal fra Drexler et al. (2021) (metaanalyse af et datasæt for 64 læhegn i England og Tyskland), som vurderes at repræsentere en forventet gennemsnitlig tilvækst svarende til plantninger dækkende hele Danmark og på alle jordtyper. Der antages derfor med udgangspunkt i Drexler et al. (2021) en opbygning af kulstof i biomasse over og under jorden på læhegnarealet (gns. 20 årig periode) på 4,37 tons C/ha/år fordelt på 2,23 tons C/ha/år i høstbar top og 2,09 tons C/ha/år i rødder og stub og derudover en kulstofopbygning på 0,9 tons C/ha/år i SOC. Den samlede mængde lagrede kulstof i biomassen og i SOC på læhegnarealet (regnet for 20-årig

periode) er derfor 15,05 tons CO₂ ækv/ha/år. Ved 15 % læhegn af det samlede SL-areal udgør bidraget fra læhegnet en ekstra lagring på 2,26 tons CO₂ ækv/ha/år fra læhegnsdelen. Justeres for N klimagasemissioner, energiforbrug og kalkning vil klimaeffekten af det samlede skovlandbrugssystem med 15 % læhegnsareal samlet være reduceret med 2,44 tons CO₂ ækv/ha/år i skovlandbrugssystemet med læhegn i forhold til korn som reference. Beregningerne er baseret på estimater med stor variation og en række antagelser, og der er behov for forskning der kan korrigere og validere tal for danske forhold. Regler omkring metoder til at beregne klimavirkemidler for SL med biomasse akkumulering over tid og inkludering af eksport af biomasse med intervaller, er stadig til diskussion internationalt og disse beregninger skal derfor ses som foreløbige.

Der er ikke lavet beregninger i forhold til økologisk korn eller i forhold til økologisk græs som reference, som begge ville være af interesse.

I Andersen et al. (2024) nævnes at for SL undertype 1.2 (alley cropping) og 1.3 (produktionslæhegn) er der i nyere tid blevet rapporteret at nitrifikation i jorden ændres i forhold til afgrøder. Øget nitrifikation blev observeret i træærækken af alley cropping, hvorimod en lavere nitrifikationsrate blev observeret i nærheden af læhegn (Mettauer et al. 2024). Skovlandbrug er observeret til at ændre jordstruktur og stabilitet, øge jordens vandinfiltrations-rate samt reducere jordens pH, hvilket påvirker nitrifikationen i jorden. Der er dog brug for nye undersøgelser om skovlandbrugs effekt på nitrifikation og dermed betydning for reguleringen af N-emissioner (Litza 2022; Biffi et al. 2022).

2.4 Biodiversitetseffekter af SL i økologi

Forfattere: Martin Jensen (AU FOOD) og Tommy Dalgaard (AU AGRO).

2.4.1 Generelle effekter af SL

Andersen et al. (2024) konkluderer generelt at SL bidrager positivt til både makro- og mikrobiodiversitet både over og under jorden, sammenlignet med reference-/monokultursystemet (én afgrøde i tid og rum). Skovlandbrug er botanisk divers, da det involverer en kombination af træer og afgrøder dyrket på samme tid og rum (Santos et al. 2022). Derudover understøtter tilstedeværelsen af træer en række flere arter, blandt andet diverse fugle og insekter, hvilket øger makro-biodiversiteten med hensyn til antal arter og overlevelse (Edo et al., 2024). Træerne agerer både levested og fødeemne for ønskværdige dyr (funktionel biodiversitet) samt understøtter og forbinder omkringliggende natur. Træer er med til at øge jordens mikrobielle diversitet både i forhold til funktionel diversitet og mikrobiel hyppighed, sammenlignet med arealer af monokultur. Ydermere understøtter træer jordens makrofauna såsom orme og biller. Både jordens fauna og mikrobielle liv er med til at opretholde jordens kvalitet gennem dannelse og vedligeholdelse af jordstrukturer og regulering af jordbunds-processer, såsom nedbrydning af organisk stof (Cotrufo & Lavelle 2022). Det forventes derfor at integrationen af træer i produktionssystemerne kan bidrage til øget biologisk frugtbarhed i jorden (Beule et al., 2022). Den positive indvirkning på biodiversiteten bør være tilfældet selv for hurtigvoksende lavskov med kort omdriftstid, som typisk høstes hvert 3.-4. år. Der er også stærk indikation af, at skovlandbrug er gavnligt med hensyn til skadedyr, sygdom og ukrudtsbekæmpelse pga. større overflod af skadedyrs naturlige fjender (Pumariño et al., 2015).

Jensen et al. (2019) giver en generel introduktion til SL og biodiversitet, som her gives i uddrag. Biodiversitet omfatter f.eks. for flora: afgrøder, plantede vedplanter, vild naturlig flora, 'ukrudt', svampe, bakterier, mycorrhiza og for fauna: pattedyr, fugle, krybdyr, insekter (bier især), jordlevende invertebrater. Skovlandbrug øger generelt den genetiske, strukturelle og funktionelle variation i habitatet på dyrkningsarealet sammenlignet med landbrugsproduktion i omdrift, flerårige græsningsarealer med husdyr og skovdyrkning. Dette giver mulighed for øget udbud og diversitet over tid af føde, ly og læ, levesteder, ynglesteder og sikrer arters mulighed for at udleve deres naturlige adfærd. Dette øger faunabiodiversitet for både pattedyr, fugle og insekter.

Biodiversiteten på græsningsarealer med dyr er relativt høj i forvejen, uden iblanding af træer, og her øger overgang til skovlandbrug ikke nødvendigvis biodiversiteten i jorden, mens biodiversiteten over jorden ofte vil kunne forbedres noget. På arealer i omdrift er der oftest lav biodiversitet, og her vil introduktionen af skovlandbrug kunne øge biodiversiteten relativt meget.

Biodiversiteten forventes overordnet at ville blive større ved større artsdiversitet i træplantningen, med øget succession og større strukturel habitatvariation, øget andel vertikale strukturer, mindre mekanisk behandling af jorden, og mindre anvendelse af sprøjtemidler og uorganiske gødningsstoffer. Jo større areal jo bedre effekt på biodiversitet, men selv ret små arealer vurderes at bidrage positivt. Afstanden mellem træer/læhegn/småbiotoper og sammenhængen mellem disse via spredningskorridorer påvirker biodiversiteten og arters spredningsmuligheder i landskabet - jo mindre afstand, jo større biodiversitet forventes. Den bedre biodiversitet forventes at resultere i en let forøget forebyggelse og bekæmpelse af skadedyr via naturlige predatorer og især en bedre bestøvning af afgrøderne via øget diversitet og forekomst af vilde bier. For jordbundsorganismer er uforstyrrelse og fødekilder afgørende for diversiteten og intensiteten, hvilket træer bringer ind i skovlandbrug.

Dalgaard et al. (2019) beskriver videre hvordan SL påvirker biodiversiteten: Skovlandbrug er generelt anerkendt for at bidrage til forbedret biodiversitet i områder med landbrugsproduktion (Jose 2012), men dette dækker over en stor variation i såvel plantevalg (træer, buske og andre afgrøder) som dyrkningssystem, herunder kombination med husdyrhold. Som baggrund for en kvalificeret vurdering af biodiversitetseffekter beskrev Dalgaard et al. (2019), hvordan forskellige organismegrupper påvirkes af dyrkningsforholdene, og hvilke krav det stiller til dyrkningssystemerne, hvis de forskellige grupper skal tilgodeses. (følgende er uddrag herfra).

I det omfang skovlandbrug bidrager til øget mangfoldighed i plantearter, hvad enten det er arter af træer og buske, andre afgrøder eller vilde planter, vil det generelt gavne faunadiversiteten. Dyrkningspraksis i det enkelte dyrkningssystem vil dog vekselvirke med dette og påvirke omfanget af den gavnlige effekt. Som dele af dyrkningssystemet vil jordbearbejdning og forstyrrelser forårsaget af store pattedyr, som grise og køer, eller hønsefugle have markant effekt på alle vilde arter, planter såvel som dyr. Brug af pesticider vil generelt mindske biodiversiteten. Således viser undersøgelser en 30% reduktion i biodiversiteten for konventionelt drevet landbrug (uden pesticider) sammenlignet med økologisk landbrug (Strandberg et al. 2015).

Basale grundbetingelser for jordbundslivet er uforstyrrelse og fødetilgængelighed. Organisk materiale som førne og humus skaber både fødegrundlag og habitat for jordbundsdyrene, hvilket er grunden til at der generelt er højere diversitet i træbevoksninger uden jordbearbejdning og med sub-habitater, der fremkommer ved vertikale lagdelinger og horisontal heterogenitet. Sammenlignet med en dyrket mark vil der være mindst en fordobling i mikrolededyrenes diversitet og det samme for regnorme, men gradueret efter

grad af forstyrrelse og alder af vedbeplantningen. I vedbaserede blandingsafgrøder (Tree-based Intercropping) er der målt større diversitet, antal og biomasse af regnorme i træerækkerne sammenlignet med landbrugsafgrøden (Cardinael et al. 2019). Træsarten er også af betydning, hvor poppel havde den største regnormebiomasse sammenlignet med løn og hvidask i blanding med soja (Price and Gordon 1999). I rækkerne med sojabønne var der flere orme sammenlignet med askerækkerne. I en fire år gammel dansk pileplantage etableret midt på en dyrket mark var biomassen af den anektiske regnorm, *Lumbricus herculeus*, der laver dybe gange lodret ned i jorden, 2-3 gange højere i pileplantagen sammenlignet med den omgivende dyrkede mark (Krogh et al. 2018).

Vilde bier er vigtige bestøvere både af vilde planter og afgrøder. Skal et område være et godt levested for vilde bier, skal en række basale behov være opfyldt (fx Strandberg et al. 2015; 2018 a,b). For det første skal der være egnede rede-steder; for det andet skal der være føderessourcer (pollen og nektar) gennem hele sæsonen; og for det tredje skal der være egnede overvintringssteder. Endelig har mange bier behov for adgang til rede-materiale, fx blade af udvalgte plantearter, som reden fores med. Langt hovedparten af de vilde bier flyver ikke særlig langt, max. 200-400 m, dog kan flere humlebiarter flyve længere – op til 1,5-2 km. For at bierne skal have gavn af plantning af træer eller buske, som fx æble, kirsebær, hassel eller frugtbuske, der alle er gode pollen og nektarkilder, skal der altså inden for selve dyrkningsarealet være områder, som er friholdt for jordbearbejdning, hvor bierne kan have deres reder (langt hovedparten af vilde bier er jordboende) og desuden skal der være andre planter, der supplerer fødeudbuddet når der ikke er blomster på de dyrkede arter, således at der ikke opstår perioder uden tilgængeligt pollen og nektar. Selvom vilde bier bidrager signifikant til bestøvningen af afgrøder, er det i sig selv ikke et argument for bevarelsen af biodiversiteten, idet det kun er et begrænset antal arter, der er af betydning for økosystemtjenesten og de fleste arter besøger kun sjældent afgrøder (Kleijn et al. 2015).

Nyttedyr eller naturlige fjender er en samlebetegnelse for en række organismegrupper som fx rovinsekter, rovmidler, edderkopper, snyltehvepse og løbebiller, der har det tilfælles, at de bidrager til den naturlige bekæmpelse af skadevoldere i jordbruget. Naturlige fjender stiller på tværs af organismegrupper krav om at der skal være egnede levesteder til at gennemføre hele livscyklus, det rette mikroklima og desuden skal der være adgang til alternativt bytte og for flere grupper også pollen og nektar (Strandberg et al. 2015). Afgrøden har afhængigt af hvor godt den opfylder disse krav en varierende værdi som levested for naturlige fjender. I de tilfælde hvor skovlandbrug øger plantediversiteten og giver mere stabile levesteder grundet en væsentligt forøget omdriftstid, kan skovlandbruget bidrage til en forøget tæthed af nyttedyrene og dermed i visse tilfælde til forbedret naturlig bekæmpelse af skadevoldere.

Mange organismegrupper har i en del af deres livscyklus behov for forhold, der normalt ikke findes på dyrkningsfladen. For eksempel har mange insekter behov for uforstyrrede områder til reder (fx jordboende bier) eller til overvintring (fx løbebiller og bier). Ligeledes har mange fugle og pattedyr, der er lever i agerlandet, behov for uforstyrrede forhold i yngletiden. Det gælder fx lærker, viber, agerhøns, harer og råvildt. Natur- og biodiversitetsværdien af arealet vil generelt afhænge af det landskab, der er omkring dyrkningsfladen i form af fx småbiotoper og større naturområder. Disse kan variere meget.

En økologisk dyrkningspraksis giver nogle særlige forudsætninger for at opnå biodiversitetsforbedringer. Det er således veldokumenteret, at økologisk jordbrug gennemsnitligt bidrager til i gennemsnit 30 procent mere biodiversitet end konventionelt jordbrug (Strandberg et al. 2015). (uddrag slut)

Jensen et al. (2023) giver supplerende viden om betydningen af en række dyrkningsmæssige tiltag eller virkemidler som har indflydelse på biodiversiteten i skovlandbrugssystemet som medtages i uddrag her. Nogle af disse er specifikke for skovlandbrugssystemet, andre er mere generelle.

De generelle tiltag omfatter:

- Jordbearbejdning
- Gødskning
- Pesticidanvendelse

De specifikke for skovlandbrug omfatter:

- Træartsvalg og -diversitet
- Mængde og tæthed af træer
- Kontinuitet

De generelle og specifikke tiltag skaber sammen med de naturgivne fysisk-kemiske forhold rammerne for den biodiversitet skovlandbrugssystemet kan understøtte med ressourcer i form af habitat, føde, redesteder og sikkerhed

Floristisk diversitet er positivt for diversiteten af insekter, heriblandt bier og andre bestøvere (Nicholls & Altieri 2013) og også for naturlige fjender, hvilket medfører færre problemer med skadedyr (Staton et al. 2021). Derfor er det vigtigt at have blomstrende planter i skovlandbrugsøkosystemer. Dette kan både være tokimbladede urter der vokser under trædelen (fodposen) og blomstrende træer og buske der indgår i den træagtige beplantning. Slåning af fodposen reducerer de nyttige effekter af de naturlige fjender (Staton et al. 2022). Nogle bestøvere, som humlebier, har brug for en lang sæson med blomster, og derfor er det vigtigt at blomstrings-sæsonen indgår i planlægningen, når der vælges arter, der skal indgå i skovdelen af økosystemet (Strandberg et al. 2021a).

Formålet med pesticider er at eliminere effekter af skadedyr på afgrøder, men de medfører også en række utilsigtede effekter på uskadelige dyr og nyttige dyr (Hedemand og Strandberg 2009). De utilsigtede effekter finder sted på marken, hvor eksempelvis bestøvende insekter kan blive påvirket, men de sker også, når vinden blæser pesticiderne væk fra markerne og ud i markomgivelserne. Selv en afdrift på 5% af den dosis herbicider, der bruges på marken, til omgivelserne kan påvirke både blomster-mængde og blomstrings-tidspunkt både i fodposen (Carpenter et al. 2020; Strandberg et al. 2021b) og i hegn (Kjær et al. 2006). Sprøjtefri randzoner reducerer afdriften af pesticider til hegn og dermed også påvirkningen af hegn (Kjær et al. 2014) og giver også en øget biodiversitet både i markkanten og i fod-posen (Strandberg et al. 2013; Strandberg et al. 2015). Insekticider kan direkte reducere mængde og diversitet af nyttedyr som bestøvere, rovinsekter og andre nyttedyr (Serrão et al. 2022). Ved at vælge et økologisk skovlandbrugssystem kan man undgå pesticiders negative påvirkning af nyttedyrene i skovlandbrugsøkosystemet. Viden om betydningen af økologiske godkendte sprøjtemidler på biodiversitet bør dog undersøges for et komplet billede af fordele i økologi.

Jordbearbejdning påvirker diversiteten af arthropoder i jorden og på jordoverfladen negativt. Dette medfører at biodiversiteten for denne gruppe falder med stigende grad af jordbearbejdning (Munkholm et al. 2020). Både diversitet og antal falder. Dette gør at der i pløjede systemer er færre nyttedyr som edderkopper, løbebiller og snyltehvepse, der alle er med til at begrænse mængden af skadedyr (Munkholm et al. 2020). En nedgang i mængden af dyr på markoverfladen og i jordbunden har afsmittende virkning på mængden af føde der er til rådighed for insektædende fugle og pattedyr (Munkholm et al. 2020). Den reducerede jordbearbejdning gør desuden at en større andel af ukrudtsfrø findes på jordoverfladen, hvor

de er til rådighed for frøædende fugle, leddyr og gnavere, som der findes flere af i pløjefri dyrkningssystemer (Munkholm et al. 2020).

Jensen et al. (2023) (uddrag) skriver videre at planters kolonisering af nye habitater, som nyetablerede skovlandbrugssystemer er, kræver tid. Dette skyldes at arterne både skal have tid og mulighed til at sprede sig til- og til at etablere sig i det nye habitat. Både skovarter og korridorspecialister vil have mulighed for at etablere sig i trædelen af skovlandbrug (Lohmus et al. 2014). Korridorspecialisterne er plantearter, der bedre trives med forholdene i et forholdsvist lysåbent habitat som træerne i skovlandbrugssystemer ofte vil udgøre. Selv om man skaber et skovlandbrugssystem der giver et godt grundlag for at understøtte en betydelig højere biodiversitet end andre landbrugsøkosystemer, så indfinder det samlede biodiversitetspotentiale sig altså langsomt. For at opnå en høj biodiversitet er der derfor vigtigt at trædelen er langlivet, og ikke ren-afdrives. Derfor er hjemmehørende relativt langsomt voksende træarter som eg, bøg og fuglekirsebær, der giver værdifuldt tømmer, gode for biodiversiteten. Ikke alene skal de stå på det samme sted i mange år før de har værdi som tømmer, de har også betydning som ressourcer for en lang række af insekter, fugle og pattedyr. Ved økologisk dyrkning opnås der ligeledes over tid nogle biodiversitetsmæssige gevinster. Sammenligning af økologiske og konventionelle planteavlsbedrifter viste således, at biodiversiteten stiger med tiden efter omlægning (Strandberg et al. 2015). Biodiversitet kræver tid og plads.

Valget af træart er vigtigt for hvilken biodiversitet et område potentielt kan rumme (Jensen et al., 2023). Dette skyldes at de forskellige træarter bl.a. har forskellige arter af svampe og insekter tilknyttet (Bruun et al. 2022; Kennedy & Southwood 1984). Dette kan både være generalister og specialister, men antallet varierer fra træart til træart (Kennedy & Southwood 1984). Det er fundet at træarter med ectomykorrhiza som fx eg, bøg og lind m.fl. danner basis for flere arter af svampe og leddyr end træarter uden ectomykorrhiza (Bruun et al. 2022). For at opnå den størst mulige effekt af valget af træart er det væsentligt at træerne står i mange år og at den tilknyttede biodiversitet ikke påvirkes af fungicider og insekticider. Hjemmehørende arter som eg og bøg er blandt de vigtigste arter for biodiversitet, men også bærbærende arter har stor betydning, da deres blomster udgør en ressource for bestøvere og deres frugter bl.a. er vigtige for fugle (Snow & Snow 1988).

Påvirkning med herbicider kan ligeledes påvirke træerne som ressource for andre organismer (Kjær et al. 2004). Dette skyldes at herbiciderne ved afdrift kan påvirke mængden af blomster og bær, som er tilgængelige for insekter og fugle (Kjær et al. 2004; Kjær et al. 2006). Denne effekt sker ikke i økologisk dyrkning, hvor herbicider er forbudt. For fugle er det yderligere vist at diversiteten af fuglearter tilknyttet træer og buske stiger med forøgelsen af arealet med buske og træer i landbrugsøkosystemer (Wilson et al. 2017). Til gengæld er det også påvist at egentlige agerlandsfugle som trives med store arealer uden træer går tilbage med øget andel af træer i dyrkningssystemet (Wejdling 2017). Endvidere har plantning af hegn større effekt i simple landskaber, end i landskaber med en kompleks struktur med forekomst af småbiotoper (Wejdling 2017). Dette skyldes formentlig at rigeligt med småbiotoper gør at der er mange fugle i forvejen.

Mængden af træer er også af betydning, da en øget mængde sandsynligvis vil gøre systemet mere attraktivt for den del af biodiversiteten der er skov og korridortilknyttet (Lohmus et al. 2014). I skovlandbrugssystemer med planteavl vil trædelen oftest være etableret i form af rækker, der kan have forskellig afstand betinget af afgrødedelens behov. Hvis rækkerne er tætte fx med 24 m imellem rækkerne, er der ringe mulighed for i konventionelle systemer at anvende sprøjtefri randzoner. Af biodiversitetsmæssige hensyn er det derfor en fordel at systemer med kort afstand imellem træækkerne bliver dyrket uden sprøjtemiddel-anvendelse. Det kan typisk være økologisk dyrkning.

Kontinuitet er væsentligt for hvilken biodiversitet der kan indfinde sig i dyrkningssystemet. Det gælder både på markfladen og i skovdelen. På markfladen vil uforstyrret jordbund danne basis for en rigere flora og fauna, som med tiden tilpasser sig det uforstyrrede system. Dette skyldes at jordbearbejdning, særligt pløjning, har stor betydning for hvilken fauna der kan være i jorden og på markfladen. Det gælder artsrigdommen såvel som individantallet. Derfor er metoder der medvirker til at reducere jordbearbejdningen vigtige for SL-økosystemets kontinuitet og dermed for den biodiversitet et SL-system kan understøtte. I skovdelen har kontinuitet i tid ligeledes stor betydning for biodiversiteten. Ved at anvende træer der bliver gamle sikrer man at den biodiversitet der er tilknyttet disse træer får tid til at indfinde sig fra omgivelserne. Hurtigt voksende træer som poppel, birk og rødæl kan iblandes for hurtigere at opnå en størrelse på træerne som understøtter den del af biodiversiteten der har gavn af større træer (Heilmann-Clausen 2020). Ud over kontinuitet i rum er det også vigtigt at der er kontinuitet over tid, forstået således at der hele tiden er træer af forskellig alder i systemets skovdel. Derfor er anvendelse af renafrift til skade for den biodiversitet skovlandbrugssystemet kan understøtte, idet en nulstilling af trædelen også er en nulstilling af biodiversiteten i systemets skovdel.

Et skovlandbrugssystem med husdyr vil naturligt have en begrænset jordbearbejdning, selv om den kan være betydelig med svin på friland og dermed er der basis for en højere biodiversitet end i et system med planteafgrøder og jordbearbejdning. Selv i et konventionelt husdyrsystem vil pesticidanvendelse være begrænset.

På baggrund af ovenstående vil et skovlandbrugssystem, der bedst muligt understøtter biodiversitet, være karakteriseret af at være økologisk eller alternativt pløjefrit og her bedst i den form der hedder conservation agriculture (CA) som sprøjtefri. Det økologiske skovlandbrugssystem udmærker sig ved ikke at anvende sprøjtemidler, hvilket gør at det indeholder en højere biodiversitet end et tilsvarende konventionelt system. Det er fundet at der som gennemsnit er 30% flere vilde plante- og dyrearter i marken og de marknære biotoper i økologiske dyrkningssystemer (Strandberg et al. 2015). Hvis der anvendes sprøjtemidler på dyrkningsfladen, vil en biodiversitetsgevinst kunne opnås ved at have sprøjtefri randzoner i kanten af markerne. Herved opnås en forøget biodiversitet, samtidig med at afdrift af sprøjtemiddel fra markanvendelse vil have en reduceret effekt på træerne i skovdelen. Dette har både betydning for træernes vækst, frugtsætning og den biodiversitet skovdelen kan understøtte.

Valget af træarter, der plantes i skovdelen, har væsentlig betydning for biodiversiteten. Ved at vælge træarter, der har interaktion med mange andre arter, øges biodiversiteten i systemet. Et højere antal arter af træer giver mulighed for at trædelen skaber ressourcer for biodiversitet over en stor del af sæsonen. Ressourcer som fordeles over sæsonen, kan være blomster der understøtter bestøverfaunaen og frugter der understøtter frugtædende pattedyr, fugle og leddyr. Samtidig betyder en øget mængde af leddyr at der bliver ressourcer for dem som lever af disse – det gælder grupper som parasitoider, rovinsekter, fugle og pattedyr. Heriblandt er arter der også fungerer som nyttedyr, fx som arter der kan indgå i en biologisk bekæmpelse af skadedyr (uddrag fra Jensen et al. 2023 slut).

Dalgaard et al. (2019) vurderede biodiversitetseffekter af fire unge danske økologiske SL-systemer, to med husdyr og to med frugt- og bær-elementer. Vurderingen af effekter af så unge systemer er meget vanskeligt og hvis arealet med træer eller buske tilmed er ret lille vurderes effekten på biodiversiteten at være meget begrænset. En større variation i træ- og buskarter, der tilbyder mere føde, læ, skjul, ynglesteder og overvintningssteder vil fremme effekterne, lige som uforstyrret jord og uforstyrrede urtefodposer omkring træerne kan øge biodiversiteten af SL-systemerne.

2.4.2 Specifikke effekter af SL-typer rettet mod øget biodiversitet.

Jensen et al. (2023) har beskrevet forslag til indhold og opbygning af SL-systemer med eller uden husdyr, der specifikt har til formål at fremme biodiversitet mest muligt. Denne er beskrevet som hovedtype 2 (se kap 1 for alle typer). Uddrag fra rapporten gives her.

Hovedtype 2: Skovlandbrug med fokus på at fremme biodiversitet.

Hovedtypen indeholder to undertyper og det beskrives hvordan elementer og pasning mv kan tilpasses et ønske om en høj biodiversitetseffekt.

Undertype 2.1: Skovlandbrugssystem med flerrækkede hegn i planteavl.

Det vil være en fordel for biodiversiteten, hvis der plantes flere forskellige arter af træer og buske i flerrækkede hegn. Det kunne f.eks. være 5 eller flere arter. Dette giver mulighed for at tilgodese en høj biodiversitet. Træarterne må gerne have en klumpet fordeling i hegnet. Det vil ligeledes være fordelagtigt for biodiversiteten, at de arter der indgår, har interaktioner med et højt antal andre arter af dyr og svampe. Arter med blomster, frugter eller nødder har fordele for biodiversiteten. Arter der blomstrer på forskellige tidspunkter over sæsonen giver ressourcer for bestøverfaunaen over en længere periode. Det vil være en fordel for biodiversiteten, hvis trædelen drives ved plukhugst, således at trædelen eksisterer kontinuert i tid og rum. Det vil styrke biodiversiteten hvis der i en del af dyrkningssystemet skabes småbiotoper, fx lysninger der er omkranset af træer, se (Dalgaard et al. 2019) for flere muligheder for at integrere småbiotoper i landbrug. Småbiotoper kan fx placeres i områder med jord af ringe bonitet. Hvis floraen i trædelens fodpose ikke bliver sprøjtet, slået eller jordbehandlet vil denne være en ressource for en lang række af arter. En fodpose der ikke bliver sprøjtet, slået eller græsset er fx vigtig for diversiteten af sommerfugle og bestøvere (Varah et al. 2013).

Det vil være en fordel hvis marken ikke sprøjtes eller jordbehandles. Sekundært kan der udlægges bufferzoner mod skovdelen, som reducerer påvirkningen med pesticider fra vindafdrift. Økologisk dyrkning vil sikre trædelen og fodposen mod pesticidpåvirkning. Conservation agriculture vil sikre markfladen mod pløjning, hvilket giver en markant forøgelse af leddyr-mængden. Dette vil være en fordel for biodiversiteten af leddyr og de arter der lever af leddyr, fx fugle. Det vil også give mulighed for en øget bestand af nyttedyr. På den anden side anvendes der typisk en større mængde herbicider i CA som påvirker vilde planter i og omkring marken.

Undertype 2.2: Skovlandbrugssystem med husdyr

Husdyrhold i skovlandbrug med græsningsarealer kræver ingen eller begrænset anvendelse af pesticider og heller ikke årlig jordbehandling. Dette giver en kontinuitet på markerne som er vanskeligere at opnå i et system hvor der dyrkes afgrøder. For biodiversiteten er der derfor gevinster ved husdyr frem for planteavl. Tætheden af dyr kan dog blive så høj at det får negative konsekvenser, da husdyr ved for høj tæthed påvirker biodiversiteten negativt. Skovdelen kan også nemmere varieres, da der ikke er det samme behov for at kunne færdes med store maskiner. Dette gør at skovdelen lettere kan organiseres, så der fremkommer folde med trægrupper og læ fra flere sider. Lige som i planteavlsdelen vil diversitet af træer fremme den medfølgende diversitet af insekter og fugle mm. Driften af træerne vil gavne den tilknyttede biodiversitet ved plukhugst og indslag af træer der får lov at blive gamle og også til at blive stående eller liggende efter

at de er døde. Stående og liggende dødt ved er af stor betydning for svampe og insekter der er tilknyttet dette substrat. Hulrugende fugle vil ligeledes kunne anvende stående døde træer.

Floraen vil blive påvirket af græsningen, hvilket kan være godt fordi det giver plads til konkurrencesvage plantearter. Hvis husdyrtætheden bliver så høj, at det går ud over mængden af blomster begrænses resourcerne for vilde bier og andre insekter, der har blomsterne som ressource. Det er således fundet at diversiteten af bestøvere er lavere i et husdyrsystem end i et planteavlssystem, og årsagen angives at være at fodposen græsses i husdyrsystemet (Varah et al. 2013). Ydermere var diversiteten af bestøvere i husdyrsystemet ikke signifikant forskellig fra diversiteten i det konventionelle system (Varah et al. 2013). Bestøversamfundene kan tilgodeses ved at etablere småbiotoper til biodiversitet, og også ved at indføre et rotationsprincip hvor delområder og dele af fodposen på skift friholdes fra græsning. (uddrag fra Jensen et al. (2023) slut).

Kvantificering af biodiversitetseffekter i økologiske SL-systemer er generelt vanskelig, men igangværende danske projekter har fokus på dette område i nyetablerede eller unge økologisk SL-systemer (bl.a. Robust projektet).

2.5 Dyrevelfærd - effekter af SL i økologi med husdyr

Forfatter: Anne Grete Kongsted

Dyrevelfærd generelt for SL.

Der er blandt praktikere en udbredt opfattelse af, at etablering af træer og buske på udearealer forbedrer dyrevelfærden (f.eks. Stadig et al., 2018). Et omfattende tværeuropæisk studie, hvor 30 interessentgrupper fra 11 forskellige lande blev interviewet om fordelene ved skovlandbrug, understøtter denne opfattelse. I Danmark blev øget dyrevelfærd fremhævet som den vigtigste fordel, mens dyrevelfærd på tværs af lande blev nævnt som den næstvigtigste fordel, kun overgået af øget biodiversitet (García de Jalón et al., 2017).

En gennemgang af den videnskabelige litteratur, som blandt andet præsenteret af Kongsted et al. (2021); Jensen et al. (2023) og Andersen et al. (2023), understøtter de positive effekter på dyrevelfærden. Etablering af træer og buske i systemer med udegående husdyr skaber et mere differentieret nærmiljø, der i højere grad afspejler deres oprindelige, 'naturlige' habitater sammenlignet med åbne græsmarker. Dette varierede nærmiljø, med flere 'klimazoner', giver dyrene valgmuligheder for at opretholde deres termiske komfort, hvilket reducerer risikoen for varme- og kuldestress samt, for grisenes vedkommende, solskoldning.

Varmestress

Både udegående kvæg, får og grise (Buckner et al. 2008; Fogsgaard et al., 2017; Schild, 2018; Veissier et al., 2018) samt sandsynligvis også høns og slagtekyllinger (Lin et al., 2006) er under tempererede klimaforhold i risiko for at være udsat for periodisk varmemstress. Risikoen er særlig høj i de produktionsfaser, hvor dyrene har en betydelig varmeproduktion, såsom hos søer og køer i sendrægtigheden og laktationen (Feyera & Theil, 2017). Denne risiko forventes at stige, da fremskrivninger peger på et varmere klima i sommerperioden. Selvom de forskellige husdyrarter reagerer forskelligt på varmemstress, er søgning af skygge og køligere omgivelser en fælles og central adfærdsmæssig respons på varme og solrige dage (Blackshaw & Blackshaw, 1994; Schild et al., 2018; Pent et al., 2020; Oliveira et al., 2021).

Træer på udearealerne kan forbedre dyrenes evne til at termoregulere gennem to mekanismer. For det første reducerer træernes kroner solindstrålingen, hvilket mindsker den direkte varmebelastning på dyrene. For det andet kan træerne påvirke en række mikroklimatiske parametre, herunder jordtemperatur og lufttemperatur (Gosme et al., 2016; Schild et al., 2018; Oliveira et al., 2021), hvilket betyder, at ophold under træerne forventes at have en afkølede effekt sammenlignet med åbne græsarealer. Effektstørrelsen afhænger af træernes morfologiske karakteristika, placering og systemets overordnede design. For eksempel er træer med tætsiddende og store blade, såsom fuglekirsebær, hylde og vildæble, effektive til at reducere solindstrålingen. Omvendt er skyggeeffekten generelt mindre hos såkaldte 'lystræer' som poppel, pil, birk og mirabel (Wiström et al., 2019). Kronens størrelse, bevoksningens højde og træernes placering i forhold til verdenshjørnerne påvirker skyggeprojektionens form og omfang. For eksempel giver træer plantet i rækker fra øst til vest en større skyggeeffekt under danske forhold sammenlignet med placering fra syd til nord.

Kuldestress og beskyttelse mod rovfugle

Som beskrevet i Andersen et al. (2023) kan etablering af visse træer eller buske sandsynligvis reducere risikoen for kuldestress hos udegående husdyr i vinterperioden, særligt for dyr, der ikke har adgang til et indendørs lejeareal. Nyfødte lam og kalve er især udsatte for nedkøling i kolde og blæsende perioder. Plantning af stedsegrønne træer, der kan skabe læ og beskytte mod vind, såsom sitkagran, rødgran, fyr, kristtorn og enebær, kan derfor potentielt have en positiv effekt på dyrevelfærden.

Derforuden kan etablering af træer give fjerkræ (Dawkins et al., 2003), og muligvis også pattegrise og lam, en oplevelse af at være beskyttet mod rovfugle som nævnt i litteraturgennemgangen af Jensen et al. (2019, upubliceret).

Differentieret fødeudbud på udearealer

Etablering af træer kan potentielt bidrage til et mere differentieret fødeudbud for udegående husdyr, afhængigt af træart og driftspraksis, som gennemgået i Kongsted og Jensen (2020), Andersen et al. (2023) samt Jensen et al. (2023). Et fremtidigt mere ekstremt klima kan potentielt påvirke udegående husdyrs græsforsyning (Kristensen et al., 2020a). Veletablerede træer er generelt mere robuste over for tørke end græs som følge af deres dybere rodsystem. I tropiske klimazoner betragtes såkaldte "fodertræer" således som en vigtig ernæringskilde for drøvtyggere under ekstrem tørke, hvor græsudbyttet og -kvaliteten er nedsat (Vandermeulen et al., 2018). Under danske forhold er potentialet for fodertræer mindre, da både udbyttet og kvaliteten af græs generelt er højt, selv under tørkeforhold. Dog kan hurtigvoksende træer som pil, der tåler gentagne høst, og hvor genvæksten (blade og stængler) har en relativt høj palatabilitet og foder-værdi (f.eks. Luske et al., 2017a,b; Kongsted et al., 2024), formentlig fungere som et værdifuldt supplement til udegående dyrs foderforsyning. Dette kræver dog, at træerne etableres i designs, der minimerer konkurrencen om næringsstoffer og lys mellem træerne og kløvergræsset.

Sammenfatning

Sammenfattende indikerer både praktiske erfaringer og videnskabelig litteratur, at etablering af træer på arealer til udegående dyr har en positiv effekt på dyrevelfærden. Dog er der stadig begrænset viden om udegående dyrs termiske komfort under danske forhold samt træernes indvirkning på dyrenes adfærd og temperaturregulering. Dette inkluderer spørgsmålet om, hvordan antallet af træer og skyggeeffekten bedst tilpasses flokstørrelsen for at undgå øget konkurrence mellem dyrene om en begrænset ressource. Yderligere forskning er således nødvendig for at sikre, at træer integreres i systemer og design, der maksimerer deres positive effekt på dyrenes termiske komfort og velfærd, samtidig med, at en høj foderforsyning på

græsningsarealerne opretholdes. I Jensen et al. (2023) præsenteres forslag til specifikke skovlandbrugssystemer for grise og kvæg, som gennem sæson-differentierede tilgange forventes at kunne opretholde både høj foderforsyning og dyrevelfærd. Disse systemer er dog endnu ikke afprøvet.

2.6 Skovlandbrug med fokus på frugt, bær eller nødder i kombination med omdriftsafgrøder eller græsningsarealer.

Forfatter: Martin Jensen (AU FOOD).

Jensen et al (2023) beskriver baggrundsviden og specifikke systemer for skovlandbrug med fokus på frugt, bær eller nødder. Her gives uddrag.

Dyrkning af skovlandbrug med frugt og bær er ofte knyttet til ønsket om at diversificere produktionen og øge robustheden af dyrkningssystemet både økonomisk og miljømæssigt (Jamar et al., 2016). Det er derfor ofte knyttet til økologisk produktion. SL med frugt og bær er derfor ikke specifikt rettet mod enten at give øget kulstofbinding, øget biodiversitet eller forbedret miljø, men vil ofte bidrage på alle disse områder. Bidragene kan være væsentlige i nogle systemer og mindre i andre systemer. Systemer med relativ få men større frugttræer f.eks. valnød, ægte kastanje, hassel plantet som enkelttræer i græsarealer eller omdriftsafgrøder er kendt fra især Mellemeuropa som alley crop modeller dyrket i omdriftsafgrøder (Cardinal et al. 2017, Kay et al. 2019) (se overlap med Alley crops ovenfor med høst af ved af høj kvalitet af nøddearter, se ovenfor under type 1.2), mens systemer med små men mange frugttræer eller bærbuske/ha tættere på moderne intensive frugtavlssystemer er meget mindre udbredt. I enkelte tilfælde kombineres ret intensiv frugttræedyrkning med grønsager under træerne. Et mere traditionelt system er spredte storkronede gamle frugttræer i græsningsarealer især (Streuobst).

Det vurderes at pris og kvalitetskonkurrenceforhold på frugt og bær som produkt gør det mindre rentabelt at dyrke intensive plantagesystemer som skovlandbrug, men årsagssammenhænge for udbredelsen er dog meget lidt belyst. Skovlandbrug med intensiv frugt og nøddeproduktion i samdyrkning med husdyr især hønse- og andefugle ses bl.a. i økologisk dyrkning, hvor fuglene kan bidrage til at holde ukrudtskonkurrencen nede. Ved samdyrkning med større husdyr er beskyttelse af træerne mod skader fra husdyrene kritisk. Mere ekstensiv husdyrgræsning under større enkeltstående æble- eller nøddetræer ses i bl.a. Mellem- og Sydeuropa. Det eksisterende areal med frugt, bær og nøddeproduktion i Danmark er relativt begrænset og muligheden for en yderligere skalering af frugt og nøddedyrkning som del af SL-systemer skal ses i forhold til afsætningsmuligheder for frugt og nødder. Det samlede skaleringsbidrag af denne type baseret enten på konvertering af eksisterende frugtplantager til SL eller nye SL-arealer må derfor forventes at være begrænset set i forhold til muligheder i andre SL-typer.

Vedrørende kulstof lagring i SL-systemer med frugt, bær eller nøddetræer i alley cropping, behandles dette i kap 2.

En særlig Tysk - Østrigsk traditionel model for ekstensiv samdrift af store frugttræer med græssende husdyr, især kvæg og får, anvendes især anvendes i skrånende bjergrigt terræn.

'Streuobst kan være både æbler, pærer og kirsebær, som dyrkes på frøstammer som resulterer i store og høje træer, hvorunder enten kvæg eller får græsser. Streuobsten udnyttes kommercielt (mostfremstilling) og til privat sankning. Udbyttet er lavere end i kommercielle plantager, og høsten mere problematisk. Tyske naturstøtte programmer foreskriver at der for at opnå støtte til Streuobst skal være min. 15 træer pr ha og

max 60 træer pr ha (undtagelsesvis 99 træer/ha), med en stammehøjde på 1.6 m. (<http://streuobst.naturpark-sued EIFEL.de/pflanzung>). Der findes omfattende litteratur og beskrivelser af Streuobst og dets betydning for omgivelserne. Generelt beskrives øget biodiversitet i forhold til forskellige former for konventionel drift, for både, insekter, fugle pattedyr og jordboende organismer (Herzog 1998, Simon et al. 2010, Horak et al. 2013, Lauri et al. 2016, Kajtoch, 2017).

Jensen et al (2023) beskriver 3 undertyper af SL med frugt og nøddetræer som vurderes relevante i DK. (uddrag her).

Undertype 4.1: SL med større og ældre enkeltstående træer i rækker som i alley cropping, kombineret med omdriftsafgrøder enten grønsager eller landbrugsafgrøder. Træarter kan f.eks. være valnød, ægte kastanje, hassel, cideræbler, industriæbler til juice. Maskinel høstmulighed antages. Forventet træantal fra 100-400 træer per ha, evt. udtyndet over tid. Øget kroneareal forventes med øget alder.

Undertype 4.2: SL med større enkeltstående spredte træer eller træer i rækker som i alley cropping, kombineret med græsningsarealer til slet og eller græsning med husdyr (f.eks. kvæg, får, grise). Beskyttelse af træer mod skader fra dyr er kritisk. Træarter kan f.eks. være valnød, ægte kastanje, hassel, cideræbler, industriæbler til juice. Maskinel høstmulighed antages. Forventet træantal fra 100-400 træer per ha, evt. udtyndet over tid. Øget kroneareal forventes med øget alder.

Undertype 4.3: SL med mindre og tætplantede frugt og bærarter dyrket som enkeltrækker eller flerrækkede bæltter i omdriftsafgrøder, grønsager eller landbrugsafgrøder. Arter kan være alle almindelige dyrkede frugt- og bærtræer og -buske som enkeltart eller som artsblandinger. Robuste sorter der tåler klimæet i det åbne land er afgørende for succes. Forventet træantal fra 1000-3000 træer per ha i det træplantede delareal, areal andel af frugttræer på hele arealet på fra f.eks. 10 -50 %. Via løbende beskæring og svagt voksende grundstammer ændres kronearealet kun lidt over årene.

Disse systemer er ikke nærmere vurderet i forhold til klima, miljø og biodiversitetseffekter, men vurderes at kunne bidrage til alle aspekter men måske især til biodiversiteten. Viden omkring biodiversitet i økologiske frugt og bærplantager kan give baggrund for at vurdere hvad man kan forvente ekstra i SL med økologisk frugt og nødder set i relation til en ren omdriftsafgrøde.

2.7 Tilpasning til klimaekstremer:

Forfattere: Martin Jensen (AU FOOD) og Tommy Dalgaard (AU AGRO).

Effekter af SL og økologi på tilpasning til ekstremt vejr - robusthed i jord og dyrkning.

Ifølge IPCC (2021) kommer klimaforandringer i Nordeuropa (NE) til at resultere i flere og mere intense nedbørhændelser, højere temperaturer, og måske flere perioder med tørke og risiko for flere og kraftigere storme.

Skovlandbrug yder beskyttelse mod både vind- og vanderosion af jorden (Burgess og Rosati 2018, Kay et al., 2019). Højere nedbørsmængder i løbet af vinteren, men også flere skybrud i sommerperioden giver øget risiko for udvaskning af næringsstoffer, eks N og P både ved nedsivning i jorden og via dræn men også ved overfladeafløb til vandløb, søer og hav. Næringsstofftilbageholdelse konkluderes at være bedre og med lavere udvaskning til følge i skovlandbrug (Burgess og Rosati, 2018). Jo flere læhegn jo bedre tilbageholdelse af næringsstoffer og jo mindre erosion (Benhamou et al., 2013). Træer kan potentielt fungere som en

naturlig beskyttelse mod ekstreme vejrphenomener (Hernández-Morcillo et al., 2018) og reducere effekten af f.eks. tørke, kraftig vind og jorderosion forårsaget af overdreven nedbør. Skovlandbrug kan derfor være et vigtigt værktøj til at opbygge adaptiv kapacitet (robusthed) i vores landbrugssystemer (Quandt et al., 2023). Skovlandbrug har potentialet til at styrke et landbrugssystems robusthed over for de ekstreme vejrforhold, klimaforandringerne medfører. Dette er specielt undersøgt og bevist for mange tropiske og subtropiske områder men har også øget fokus i tempererede områder. Torralba et al (2016) fandt i sit metareview af 53 publikationer en meget stor og signifikant effekt af skovlandbrug på erosion både i silvoarable og silvopasture systemer, men også en signifikant effekt på jordfrugtbarhed og næringsstofbalancer i disse systemer. Indhold af organisk materiale og næringsstoffer, var signifikant bedre i skovlandbrug end i landbrug eller i skovbrug alene (Torralba et al., 2016).

Jensen et al. (2019) vurderede den relative størrelse af effekterne fra SL på baggrund af en litteratur gennemgang. SL forbedrede generelt miljøet via reduktion af jorderosion (medium-stor effekt), forøgede jordens frugtbarhed gennem bedre jordstruktur med øget infiltration af vand (middel-stor effekt), reducerede næringsstofftab af nitrogen og fosfor fra udvaskning og overfladeafstrømning (middel - stor effekt). De anfører videre (uddrag):

Skovlandbrug vurderes generelt at øge landbrugsproduktionens tilpasning til klimaændringer gennem større resiliens (modstandskraft) over for klimaekstremer. Størrelsen af effekterne kan dog variere meget. For afgrøder vil introduktionen af træer afhængig af betingelserne kunne ændre temperaturpåvirkningen af afgrøderne ved at tilbyde delvis skygge, via læ øge luftfugtigheden og temperatur, reducere eller øge risiko for frostskaeder, reducere eller øge udtørring af afgrøden, samt ændre jordfugtighed. Disse effekter kan være både positive og negative afhængig af situationen og størrelsen af effekter også forskellige.

Skovlandbrug yder beskyttelse mod vind og udtørring af afgrøder og kan reducere mekaniske skader. Læhegn reducerer fordampningen i frugtavl og dermed vandbehovet, øger lufttemperaturen og luftfugtigheden lidt, men kan også øge risikoen for skader fra udstrålingsfrost i vindstille nætter i blomstringsperioden for frugttræer.

Se også kap 1 vedr. konkurrence- og komplementaritetseffekter mellem træer og afgrøder samt hvordan træer kan påvirke klimaet med potentiale for højere afgrødeudbytter.

Jensen et al. (2023) omtaler at variation i trækomponenten, artsrækket og vækstmæssigt forventes at øge robustheden over for klimaekstremer, sygdomme og skadedyr og kan potentielt være bedre i mere artsdiverse plantninger end i enkeltklonsplantninger. Artsblandinger kan typisk udnytte de samlede ressourcer mere effektivt og på grund af forskellig modstandsdygtighed mod klimaekstremer og de edafiske ændringer det medfører, samt over for sygdomme og skadedyr, vil konsekvensen i nogle tilfælde være mindre med artsdiverse SL-systemer. Desuden kan der i nogle tilfælde opnås højere udbytter i blandede træplantninger end i en enkeltklonsplantning. Dette kan også betyde at artsrige bioenergiplantninger f.eks. forventes at kunne optage mere overskydende kvælstof og fosfor end enkeltklonsplantninger, og sikre endnu bedre lokale infiltrationsegenskaber for vand ned i jorden via mere varieret rodfordeling. Etableres træplantninger på en måde i skrånende landskaber, langs med konturlinjer, således at overflade afstrømning af vand med N og P reduceres og tilbageholdes lokalt, vil det bidrage til at reducere tab ud i vandmiljøet og reducere eutrofiering (Dalgaard et al 2019). Dette vil samtidig reducere markskader af jorderosion og reducere risiko for oversvømmelser ved ekstreme nedbørsmængder. En optimal placering i landskabet mod disse fordele er dog ikke nødvendigvis optimal for rationel maskindrift i marker.

Jacobsen et al (upubliceret ms) har lavet et review af videnskabelig litteratur omkring hvordan SL kan bidrage til at håndtere fremtidens større og mere intense nedbør. Et dansk sammendrag af dette er lavet af Jakobsen og Jensen (2021) som her gives i uddrag fra (videnskabelige referencer i upubl ms inddrages ikke her, afventer publicering).

I Danmark og flere andre lande i Nordeuropa har vi en ret intens landbrugsproduktion. Især i Danmark har vi en meget høj andel af dyrket jord. Store mængder vand, der kommer i løbet af kort tid, kan være ødelæggende for afgrøder, der bliver oversvømmede og i værste fald kvalt, hvis vandet ikke kan komme væk fra marken. Det vand, der kan bevæge sig væk fra marken, vil gøre det af den letteste vej. Det kan være ned i jorden (infiltration), op i luften (fordampning og planteoptag) eller via overfladeafstrømning. Oversvømming af marken sker, når disse afledningsveje ikke kan fjerne vandet lige så hurtigt, som det kommer. Det vil ske oftere, når skybrud bliver hyppigere og mere intense. Overfladeafstrømning kan have sine egne problematiske følger pga. vanderosion, der kan tage sediment, kulstof og næringsstoffer med til åer, søer og til sidst åbent hav. I vandmiljøet gør sediment og næringsstoffer skade, mens de på marken er helt essentielle for gode dyrkningsvilkår. Det er derfor vigtigt for både landbruget og miljøet at undgå vanderosion. Fordampning og planteoptag af vand er afhængige af temperaturen og vegetationen på marken og er i sidste ende begrænset heraf. Disse to faktorer kan ikke alene fjerne vand fra et skybrud med samme hastighed, som det kommer til marken. Infiltration og tilbageholdelse af regnvand i jorden, står hermed tilbage som en hensigtsmæssig måde at aflede/forsinkeafledning af overskydende regnvand på. Hvis regnvandet bliver tilbageholdt som plantetilgængeligt vand i marken, kan det potentielt blive brugt på et senere tidspunkt af afgrøder og træer, hvor det gør gavn.

Træer

Buffere med træer og buske langs åer er allerede kendte som et værktøj til at tilbageholde overfladeafstrømning, sediment og næringsstoffer. Det samme gør sig gældende for træer og buske i læbælter og hegn oppe på markfladen. I flere forsøg har man også observeret at under permanent vegetation (herunder især træer og buske) er der en øget infiltration ned i jorden. Det skyldes, at der i uforstyrret jord og langs træers dybe rødder opstår lange ubrudte gange ned i jorden, som vandet nemt kan løbe ned i. Samtidig er træer og buske gode til at optage vand over en længere periode af vækstsæsonen, hvilket gør at jorden ofte ikke er vandmættet i en zone under dem. De skaber altså helt enkelt plads til vand i jorden. Med den rette placering og de rette arter af træer kan vi skabe et sted, hvor vandet hurtigt kan løbe hen, når skybruddene rammer, uden at vi får for meget overfladeafstrømning eller oversvømmelser af afgrøderne.

Terrænet og jorden

Brugen af træer til at håndtere nedbør er især relevant på jorde, der er særligt udsatte for vanderosion og/eller oversvømmelse. Her taler vi om jorde, der naturligt har en lav dræningsevne, og jorde, der skråner. De fleste jordbrugere kender deres egne marker rigtig godt og ved, hvor dette kan være et problem. Der er en generel tendens til at de lerede jorde i Østdanmark dræner dårligt, og at det meste regnvand her løber igennem store kanaler i jorden, såsom i regnormegange og langs dybe planterødder. Vanderosion i Danmark er et relativt lille problem sammenlignet med mange andre steder i verden, det betyder dog ikke, at det ikke forekommer. Hældningen i landskabet er af betydning, men det ses tydeligst i landskaber med hældning over 12°. Derudover er jordens tekstur og struktur også vigtig. Silt og fin sand er den fraktion af jorden der lettest eroderes, og dermed er jordbundstyperne JB2, JB4 og JB6 de mest udsatte. Vestjylland vest for isstilstandslinjen er det mindst udsatte område i Danmark.

Ovenstående uddrag af Jakobsen og Jensen (2021) indikerer også at der er behov for dansk forskning i hvordan SL og træer kan bidrage mest effektivt til beskyttelsen af jorden mod erosion, især i relation til tab af næringsstoffer og at undgå skader fra oversvømmelser og hvordan effekten varierer med lokale forhold.

Jensen (pers com Martin Jensen, AU FOOD) har beskrevet nogle indledende teoretiske overvejelser om hvordan træerne virker i udvalgte situationer og om det er positivt eller ej for vandhusholdning og foreslår mulige karakterer/kriterier/principper for brugen af træplantninger i SL, der giver en stor erosions reducerende effekt og fastholder nedbøren lokalt eller forsinker afløb. (uddrag her). Øget lokal vandtilbageholdelse og infiltration kan bidrage til at mindske erosion på produktionsarealer, mindske overfladeafløb af N og P til vandmiljøer, reducere risikoen for akkumulering af større vandmængder på dyrkningsjorde, færre søer på marker og mindre ødelæggelser 'nedstrøms' ved oversvømmelser. Mindre søer i kortere tid på dyrkede arealer giver kortere perioder med vandmættede jorde og lokal iltmangel, og mindre skader på afgrøder på grund af iltmangel både vinter og sommer.

1. Brugen af træ- og buskplantninger til øget vandtilbageholdelse og infiltration vil udvise størst effekt og er mest påkrævet på jordtyper med lav vandgennemtrængelighed, dvs. primært jorde med mellem til højt lerindhold. Her vil overfladevand ikke kunne nå at synke i jorden hurtigt nok i perioder med høj nedbør og i stedet løbe af på overfladen. Sandjorde eller grusjorde vil normalt have høj naturlig porositet og kunne lede vand ned i jorden hurtigt, og den relative effekt af træplantning på øget vandfastholdelse og infiltration vil være mindre end på lerjorde. Jorde med højt organiske indhold har oftest også høj porositet og stor vandledningsevne. Mineral jord med lavt indhold af organiske materiale og noget lerindhold vil ved maskinel komprimering/traktose ødelægges strukturelt så vandtilbageholdelse og infiltration er stærkt reduceret. Her vil træplantninger også kunne bidrage til bedre vandhusholdning lokalt.
2. Effektiv tilbageholdelse og infiltration kræver at vandet ledes ind i træplantningen, på tværs af træbeplantningen, og ikke bare løber af langs med en beplantning. Dvs. beplantninger der følger konturer i landskabet vil være mere effektive og tilbageholde og potentielt infiltrere mere vand end hvis læhegn går 90 grader på konturlinjer.
3. Bredden af træplantningen vil øge sandsynligheden for at vandet når at synke ned før det når igennem plantningen. Større bredde giver større tilbageholdelse og infiltrationsmulighed. Enrækkede træer eller træer plantet spredt giver kun lille tilbageholdelse af vand og begrænset infiltration.
4. Plantning af større variation af træer og buske vil sandsynligvis give mere udbredt rodnet/mere variable rodtyper og rodstørrelser/større rodtæthed i jorden både for overfladerødder og dybere rødder, og dermed øge sandsynligheden for større tilbageholdelse og større infiltration. Genetisk helt ensartede plantninger med en art, en klon vil forventes at give ensartet rodmiljø og ensartet egenskaber for vandtilbageholdelse.
5. Træer og buske med meget forgrenede overfladiske rødder med stor rodtæthed vil sandsynligvis kunne tilbageholde overfladevand bedre end planter med kun dybe og mindre forgrenede rødder. Det handler om at få vandet ned i jorden i en fart om sommeren. Om vinteren ved langvarig nedbør er de dybe rødder også vigtige for at undgå mætning i overjorden.
6. Ældre plantninger hvor rødder er velfordelt over arealet og i dybden vil sandsynligvis kunne tilbageholde og infiltrere mere vand end yngre eller nyplantede træer og buske.

7. Ældre plantninger vil sandsynligvis have flere døde og delvis nedbrudte rødder, der skaber rodkanaler/ledningrør med meget stor hydraulisk ledningsevne ned i jorden.
8. Udtynding af plantebestand og fjernelse af top så roden dør vil forventes at fremme dannelse af døde rodkanaler med stor ledningsevne.
9. Plantearter, der har rødder, der skrumper væsentligt i diameter ved udtørring, dvs. dannelse af rørformede luftkanaler omkring rødderne, kan potentielt bidrage til hurtig ledning af vand ned i jorden efter en periode med tørke. Effekttørrelse er ukendt og begrænset til første korte tid efter tørke men kan potentielt bidrage til at det første vand kommer hurtigt ned til rødder i dybden og fastholde vand bedre på arealet. Meget tør jord kan oftest give risiko for større overfladeafløb.
10. Uforstyrrethed i træplantninger er en meget vigtig faktor for jordlevende organismers bidrag til øget infiltration i jord, dels f.eks. via regnormes bidrag til dannelse af jordaggregater og dermed stor porevolumen, der kan fyldes med vand eller luft og dels via mosegrise og muldvarpes etablering af større drækanaler i jorden, som kan lede meget vand ned i stor fart. Unge beplantninger, der holdes rent mekanisk i de første 3 år efter plantning, vil derfor have mindre vandtilbageholdende og infiltrationseffekter end ældre uforstyrrede bevoksninger. Meget smalle beplantninger eller spredte enkelte træer vil have mindre relativt uforstyrret areal omkring dem og mindre sandsynlighed for et højt indhold af jordboende organismer, og vil opnå mindre vandtilbageholdende og infiltrerende effekt via reduceret jordfauna.
11. Det at træer og buske kan fastholde mere vand på arealet (primært i rodzonen under beplantningen og med rodudbredelse mindst i kroneudstrækning) kunne teoretisk gøre at vandhusholdningen over tid ville være forbedret, dvs. tørkestress indtræder senere på arealet og kortere periode med kritisk stress indtil næste nedbør. Men da træerne også bruger meget vand er det usikkert hvor længe en positiv effekt på vandhusholdningen vil kunne ses. Det er ligeledes usikkert hvor langt væk fra træerne en mulig forbedret vandhusholdningseffekt kan ses. Det vil sikkert modsvares af et tilsvarende tørkebelastet areal ud fra træarealet ved langvarig tørke, der svarer til det areal, hvor træerødderne er udbredt. Observation af at græs bevarer vækst i længere tid under træer i starten af en tørke end åbne græsarealer, indikerer en mulig kortvarig positiv effekt på vandbalancen under træer, som også påvirkes af mindre fordampning af vand i kroneskyggen (uddrag fra Jensen, notat slut).

Der er behov for at undersøge og dokumentere disse teoretiske overvejelser nærmere for at kunne rådgive mere præcist om udformning og design af træ- og buskplantninger med henblik på bedre håndtering af nedbør i landskabet.

Træer kan også have indirekte effekter på jordens vandhusholdning og frugtbarhed via bl.a. ændringer i kulstofindhold og forbedring af habitatkvalitet for jordlevende organismer. Som nævnt ovenfor i kapitel 2 vedr. klimaeffekter og kulstofbinding i jord, øger SL jordens indhold af organisk materiale og kulstof både under træerne og i afstand fra træerækkerne. Dette påvirker jordens fertilitet via øget næringsindhold, men giver også bedre porøsitet og infiltrationsegenskaber, som øger luftsiftet i jorden og dermed øget ilt diffusion og fjernelse af skadelige gasser. Både rødder og mikroorganismer i jorden får stor gavn af dette. Jordbundsorganismene bidrager overordnet til en række økosystemtjenester, især jordkvalitet og infiltrationssevne (Alam et al., 2014). Den øgede mængde af regnorme i jorden under løvtræer og buske, hvor jorden er uforstyrret, bidrager også til en bedre porøsitet, beluftning og infiltrationsevne. Det kan også forventes, at der vil være en positiv effekt på landbrugsafgrøden fra træbeplantningens meso- og makrofauna.

Dalgaard et al. (2019) (uddrag inkl. tabel 1) vurderede 4 økologiske SL-systemer i Danmark og konkluderede generelt at der vurderedes at være en positiv effekt på erosion, reduktion af kvælstofstab, jordens frugtbarhed, klimaforebyggelse og klimatilpasning, men at meget unge plantninger med lille areal er usikre at vurdere og vurderes at have lille effekt i øjebliksvurderingen. De vurderede fire forskellige SL viser eksempler på kombinationer af økologisk planteavl, grønsagsproduktion, frugtavl og husdyr på friland i kombination med træer og buske. De indikative effekter på miljø, klima, biodiversitet og dyrevelfærd er sammenstillet i Tabel 1. Selvom de opgjorte effekter jf. tabel 1 er meget variable, og angivet med stor usikkerhed, er der dog en tendens til særlige muligheder for synergi ved kombination af skovlandbrug og husdyrhold på friland (Dalgaard et al., 2019). De viste eksempler omfatter kombination med grise eller gæs (Scenario 1 og 2). Tilsvarende positive effekter kan opnås i kombination med drøvtyggere (fx køer, får og geder) eller heste og kaniner, der alle er bedre til at udnytte energien fra græs og blade, og derfor i princippet er bedre egnede til at opnå en høj udnyttelse af det foder, der står til rådighed i skovlandbrugssystemet. Omvendt er kvælstofoverskuddet ofte lavere på arealer med græssende drøvtyggere sammenlignet med systemer med frilandsgrise, hvorfor effekten på kvælstofstab formentlig vil være lavere. Endelig bør særligt muligheden for kombination mellem skovlandbrug og fjerkræ nævnes, hvilket praktiseres i scenario 4. Ovenstående analyser og litteraturgennemgang viser, at det er meget svært at kvantificere effekterne og dermed differentiere de enkelte scenarier. Det konkluderes, at der er behov for uddybende forskning og afprøvning på området, ift. effekter af skovlandbrug under danske forhold.

Tabel 1. Indikative effekter af de fire gennemgåede scenarier for skovlandbrug i Danmark, målt ift. en situation hvor afgrøderne og skovplanterne var dyrket separat: 0= ingen effekt, += lille effekt, ++= mellem effekt, +++= stor effekt (ingen af de listede tiltag vurderedes at have en negativ effekt på miljø, klima eller biodiversitet). Det må bemærkes at der generel er stor usikkerhed og variation i effekter, afhængig af hvordan det enkelte system implementeres i praksis, særligt for Yduns Have der ikke har kørt i ret lang tid (indikeret med "?"). Ift. klimaeffekterne har det ikke været muligt at differentiere effekterne, hvilket indikeres med intervaller. Desuden omfatter nærværende studie ikke en vurdering af effekter på produktionen, og dermed heller ikke den betydelige effekt dette kunne have på alle andre indikatorer i kraft af ændret arealbehov (Dalgaard et al., 2019).

	Scenario 1: Hestbjerg	Scenario 2: Katrinelunden	Scenario 3: Kjærsgaard	Scenario 4: Yduns Have
Miljø:				
<i>Kvælstofstab</i>	+	+	+	?
<i>Pesticider</i>	+	+	+	?
<i>Erosion</i>	++	++	+	?
<i>Jordfrugtbarhed</i>	++	++	+	?
Klimaforandringer: Forebyggelse				
<i>Tilpasning</i>	+ - ++ + - +++	+ - ++ + - +++	+ - ++ + - +++	? ?
Biodiversitet:				
<i>Jordbunds-fauna</i>	++	+++	0	++
<i>Vilde planter</i>	+	++	0	++
<i>Bier</i>	+	++	+	+++
<i>Nyttedyr</i>	++	+++	+ 0	++
<i>Fugle</i>	+	++	+	++
<i>Pattedyr</i>	+	+		+

Andre effekter: <i>Dyrevelfærd</i>	+++	+++	0	+++
--	-----	-----	---	-----

2.7.1 Betydning af økologi for SL-effekter

Effekterne af SL i forhold til håndtering af klimaekstremer som omtalt i ovenstående afsnit vil principielt have samme funktion og retning i både konventionel og økologisk dyrkning. Men konsekvenser af SL kan potentielt have forskellig størrelse af effekter, da rammebetingelser i økologien er forskellige fra konventionel produktion. F.eks. kan risikoen for udvaskning af N ved overfladetab i situationer med ekstrem høj nedbør være ret høj i konventionel dyrkning med få sæsontildelinger af uorganisk N i løbet af sommerperioden, mens økologisk N gødning ofte frigives langsomt over sommeren, hvorfor N puljen, der i økologi kan udvaskes løbende, forventes at være mindre. Såfremt mineralisering af den organiske N gødning fortsætter hen i efteråret, vil N puljen, der kan udvaskes, måske blive større i økologisk dyrkning end i konventionel dyrkning i efterår og vinter. Betydning af SL træernes bidrag til at optage N i efteråret og fastholde nedbør lokalt/reducere erosion og dermed reducere overflade tab af N, kan derfor blive forskellig i de to systemer. Kravet om udegående grise i økologi giver en relativ høj N belastning på udearealerne, som er i stor risiko for at blive tabt ved nedsivning og overfladeaflob om efteråret og vinteren. En gunstig effekt af træerne på tilbageholdelse af nedbør og dermed et reduceret overfladetab af N og P, vil derfor i disse økologiske systemer være af særlig interesse.

Der er behov for mere forskning for at vise specifikt hvornår og hvordan SL kan bidrage til håndteringen af nedbør og N og P tab i økologien og hvor store effekter, der kan opnås via de forskellige mekanismer. At der er positive effekter af bufferzoner med træer til at tilbageholde N og P er dog generelt accepteret og jo større bredde jo bedre effekt på reduktion af overfladetab (Zhang et al., 2010; Mayer et al., 2007). Zhang et al. (2010) anfører at et 30 m bælte af træbevoksning som 'riparian buffer' (mod vandmiljø), der skråner mindre end 10 % kan fange op mod 85 % af alle undersøgte stoffer (N, P, pesticider, sediment). Zak et al. (2018) undersøgte effekten på N og P tilbageholdelse fra drænvand fra landbrugsmarker i Danmark med brug af såkaldte Integrated buffer zones (IBZs), som består af en sedimentations dam for jordpartikler, kombineret med et gennemstrømningsfilterbed tilplantet med rødde træer. De fandt at den månedlige gennemsnitlige N og P fjernelse i systemet var på 10-67% for total N og 31-69% for total P, hvor ydeevnen var højest i den varme årstid.

Der er altså et betydeligt potentiale for træer og SL til at bidrage med N og P fastholdelse også fra markdræn, som bør undersøges nærmere i økologi.

Pesticider, fungicider og herbicider kan principielt også udvaskes og tabes fra dyrkningsjorden ved høj nedbør, men da anvendelse af disse i økologi er forbudt eller stærkt begrænset til mindre skadelige stoffer, vurderes de positive effekter af bedre håndtering af ekstrem nedbør i SL at være mindre på dette område.

3 Implementering i dansk økologisk landbrug

Forfattere: Laura Attrup Bille, Christoffer Grønne og Julie Rohde (ICOEL) og Martin Jensen (AU FOOD)

3.1 Nuværende status for implementering i Danmark

Forfattere: Laura Attrup Bille, Christoffer Grønne og Julie Rohde (ICOEL)

I Danmark er skovlandbrugssystemer endnu meget sjældne og det samlede indberettede areal er ca. 300 hektar, svarende til ca. 0,01% af det dyrkede areal (DST; LandbrugsGIS for 2023). Der kan dog godt være systemer, som ikke er indberettet, og derfor vides det præcise antal hektar ikke med sikkerhed. Skovlandbrug er stadig et meget nyt koncept i Danmark, hvor f.eks. støtte til et defineret skovlandbrugssystem først blev berettiget i 2023. Dette faktum, koblet sammen med manglende viden om systemerne, er sandsynligvis nogle af de primære grunde til at skovlandbrug er så sjældent i Danmark.

Der er dermed et stort potentiale for at udvide arealet med skovlandbrug i Danmark og dermed skabe øget værdi inden for en række aspekter i økologisk landbrug (se kap. 1 og 2), hvis de rigtige designs af systemer kan findes.

Generelt kan produktionen i skovlandbrug være meget divers, da den kan indeholde produktion af forskellige afgrøder og husdyr, samtidig med at den indeholder produktionen fra træer og/eller buske. Træer og buske er typisk højværditræer til frugt-, bær-, eller nøddeavl, bioenergi eller kvalitetstømmer, men kan også være målrettet forbedring af biodiversitet, miljø, klima eller dyrevelfærd (Jensen et al, 2019).

Der er gode eksempler på vellykkede økologiske skovlandbrugssystemer i Danmark, som kan danne inspiration for fremtidige systemer:

- Hestbjerg Økologi holder grise under poppeltræer. Systemet er lavet for at øge dyrevelfærden, øge biodiversiteten og binde kulstof i jorden. Hestbjerg Økologi er de eneste i Danmark som har fire ud af fire dyrevelfærdshjerter hos COOP og de har formået at skabe den gode historie omkring deres produkt.
- Forum Østergaard har et skovlandbrug med æbletræer, nødder og enårige afgrøder mellem trærækkerne. En øget biodiversitet og en nuancering af produktionen har været det primære formål med skovlandbruget. Der er planer om at lave selvpluk når træerne for alvor bærer frugt, for at mindske egen arbejdsbyrde og på den måde bringe kunderne helt tæt på produktionen. Bedriften er et godt eksempel på hvordan skovlandbrug kan designes forholdsvist simpelt, uden at gå på kompromis med effektiviteten af produktionen.
- Nyborggaard har et skovlandbrug med frugttræer, nødder, bær, eg og adskillige andre træer og buske. Derudover producerer de hør, hamp, bælgplanter, korn og kløvergræs mellem trærækkerne. Nyborggaard har ønsket at øge biodiversiteten og producere fødevarer til human konsum i deres skovlandbrug. De er et godt eksempel på en produktion, som har en høj diversitet, men ikke har oplevet en betydelig forøgelse i arbejdstid for at administrere den øgede kompleksitet.
- Ellinglund har valgt at etablere tre forskellige skovlandbrugssystemer, som alle bidrager med forskellige funktion på bedriften. Skovlandbruget er generelt designet med fokus på at øge kulstofbindingen i jorden, jordfrugtbarheden, dyrevelfærden samt biodiversiteten på bedriften. Det ene

af de tre systemer er designet som en savanne med egetræer for at skabe skygge til dyrene. Bedriften er et godt eksempel på hvordan skovlandbrug kan bidrage med mange forskellige vigtige funktioner på en bedrift, både ift. natur, klima og produktion (se uddybning i afsnit 3.2.2.2)

3.2 Hvordan skal danske SL-systemer se ud?

Forfattere: Laura Attrup Bille, Christoffer Grønne og Julie Rohde (ICOEL)

3.2.1 Tilpasning til Danmark

Skovlandbrugssystemer er oprindeligt kendt fra bl.a. troperne og især udbredt i Sydeuropa. I troperne er systemerne ofte meget små og meget komplekse, hvoraf nogle kan beskrives som skovhaver (altså produktion i flere lag) på få hektar eller under en hektar, og hvor dyrkning og høst foregår med håndkraft. I Sydeuropa er skovlandbrug f.eks. kendt fra områder med oliventræer, kombineret med enårige afgrøder, eller skovlandskaber kombineret med græssende husdyr (den Herder et al., 2017). Lande i Nordeuropa, som Tyskland, England og det nordlige Frankrig har ladet sig inspirere af disse systemer og der findes i dag veletablerede skovlandbrugssystemer i disse lande, som er tilpasset et mere nordligt klima (Mosquera-Lozada et al., 2012) som også er relevante for Danmark. Der findes i dag gode samarbejder mellem Danmark og de andre nordlige lande i Europa ift. forskning og sparring omkring skovlandbrugssystemer og deres effekter, da det er disse systemer som er de mest relevante at lade sig inspirere af, i forsøget på at tilpasse SL-systemer til Danmark.

Skovlandbrugssystemer kan være meget komplekse og der er et utal af måder at designe systemer på. Systemerne kan både indeholde træer/buske, enårige afgrøder og husdyr, enten samtidig eller i perioder efter hinanden.

Overordnet er det vigtigt at tilpasse skovlandbrugsmodellen til en dansk kontekst ved at overveje følgende faktorer: (1) udvælgelse af relevante enårige og flerårige afgrøder (træer og buske), som passer til det danske klima; (2) design af systemerne, uden at gå på kompromis med ønsket arbejdsbyrde, produktion og effektivitet, og (3) design af systemerne så der opnås de bedst mulige klima-, miljø- og biodiversitetseffekter under danske forhold.

Ligeledes skal tidsperspektivet overvejes. Således kunne et skovlandbrugssystem først have enårige afgrøder mellem træerækkerne i f.eks. en årrække på syv år efter træerne er plantet. Efter de syv år, afløses de enårige afgrøder af permanent kløvergræs, med græssende dyr. Et sådant design løser potentielle udfordringer med produktion og høst af enårige afgrøder, når træerne har vokset sig store. Det er derfor lige så relevant at tænke i det tidsmæssige design, som at tænke i det spatiale design.

3.2.2 Eksempler på designs af skovlandbrug (med og uden husdyr)

Nedenfor beskrives to eksempler på en designmodel for hhv. et dansk skovlandbrugssystem med enårige afgrøder og et med husdyr. Eksemplerne bygger på to etablerede systemer i Danmark. Det er vigtigt at pointere, at når man skal designe et skovlandbrugssystem, bør man tage udgangspunkt i den enkelte bedrift og dennes specifikke potentiale og ønsker ift. produktion og klima-, miljø-, og biodiversitetseffekter.

Skovlandbrugssystemer er komplekse systemer og kan derfor designes på et utal af måder. Nedenstående skal derfor ses som eksempler til inspiration.

Et skovlandbrug med træer og afgrøder

Forum Østergaard ved Esbjerg er på i alt 200 ha. 21 af disse ha er skovlandbrug, hvoraf resten er i omdrift, med kløvergræs, frøgræs, maltbyg, brødrug, grynhavre, raps og vårhvede til konsum. De 21 ha skovlandbrug er designet således, at træerne dyrkes i otte alleer med to rækker af træer i hver allé (se også illustration 3.1 nedenfor). Mellem alleerne dyrkes der korn og andre afgrøder. Fem alleer er plantet i 2019 og yderligere tre alleer i 2021. Der er fire meter mellem træerækkerne i alleerne og to meters arbejdsareal på hver side af alleerne. Flere alleer er plantet med spiseæbler (såsom Ingrid Marie, Topaz, Alkmene og Pirouette) eller cider-/madæbler (såsom Guillevec, Camelot, Bramley og Dronning Louise) samt spredte nødder. I en allé eksperimenteres der med afgrøder, hvor både pyntegrønt (såsom kristtorn, båndpil), bær (såsom solbær, ribs og surbær), nødder (valnødder) og klatreplanter (såsom vin, humle og tornfri brombær) er plantet. Banerne med markafgrøder er 32 m brede, og skaber på den måde ingen hindring for kørsel med maskiner og dermed effektivitet.

Formålet med skovlandbruget ved Forum Østergaard har været at skabe en øget biodiversitet med plads til bestøvere hele året. Derfor er der også sået en blanding med stor variation af urteplanter imellem træerne i hver allé. Der har også været fokus på at øge kulstofbindingen og producere et varieret udvalg af fødevarer til humant konsum.

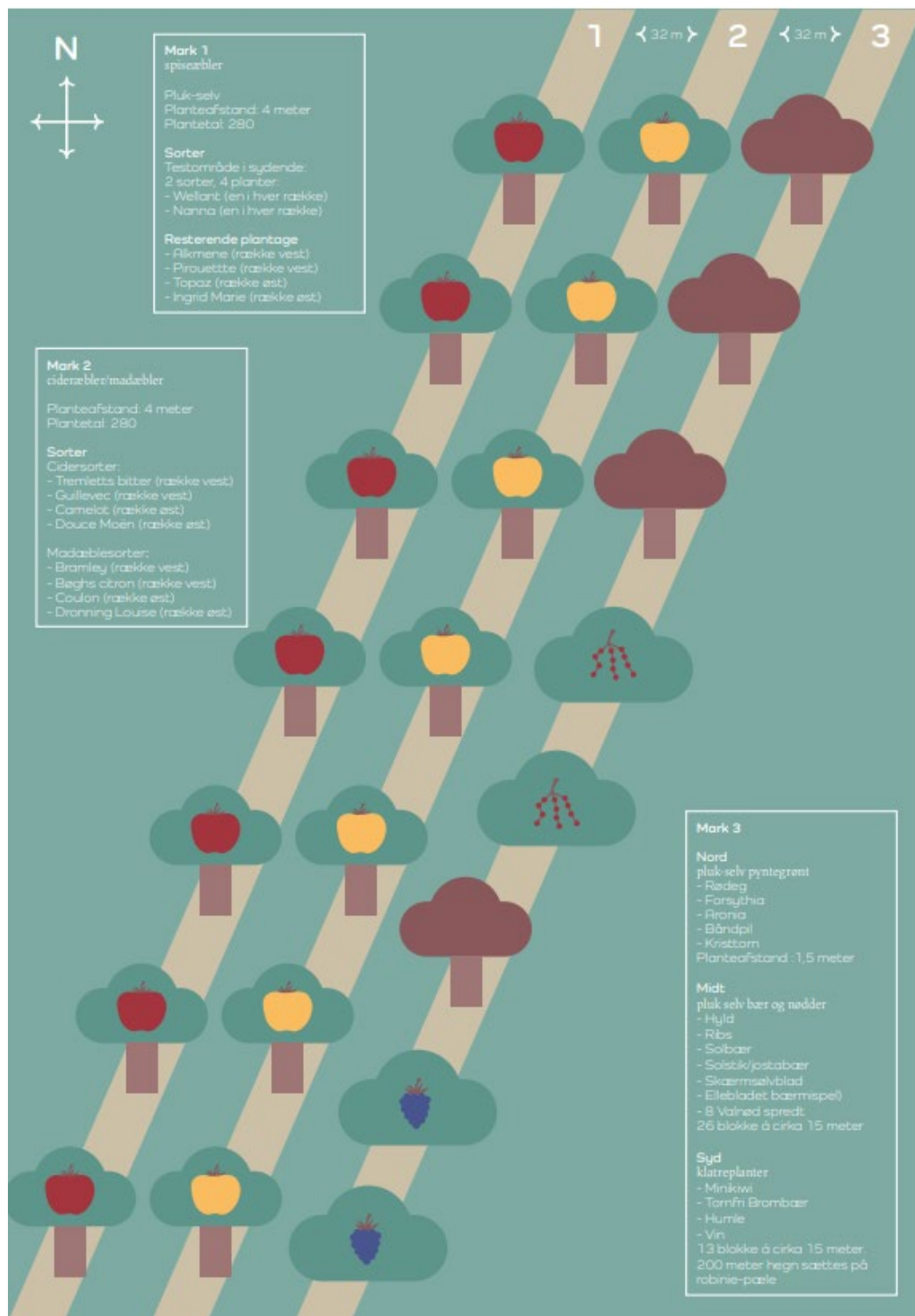


Illustration 3.1. Oversigt over systemdesign fra skovlandbruget ved Forum Østergaard (Fra kataloget: [skovlandbrug_i_praksis.pdf](#) ([robust-skovlandbrug.dk](#)))

Et skovlandbrug med træer og husdyr

Ellinglund er på i alt 600 ha, hvoraf 6 af disse er med skovlandbrug. Bedriften producerer mælk til Them Andelsmejeri fra de 300 malkekøer på bedriften. Skovlandbruget har i alt 2.977 træer og buske, og er delt op i tre marker med hver deres system (se også illustration 3.2 nedenfor). Alle systemerne er designet med henblik på køernes foder og velfærd. Den ene mark modtager overskudsvand fra ensilering, og her er plantet tre rækker med læhegnarter, som f.eks. gråpil, hvidpil, hassel, ask og røn. På sigt skal træerne indgå i dyrenes foder som løvhø. Køerne skal på sigt gå frit mellem læhegnene, hvor der er 24 meter mellem hver række. Den anden mark, er etableret med spredte egetræer, inspireret af Dehesa- og Montado-systemerne fra Spanien og Portugal. Her er plantet ca. 13 egetræer pr. ha. med omkring 4 slåenplanter per egetræ som fodpose. Her skal dyrene gå frit mellem egetræerne, som skaber vigtig skygge til dyrene. Den tredje mark har rækker af frugt, bær og nødder som æble, pære, hyld og hassel til human ernæring, med mange forskellige arter, så der skabes bedre biodiversitet. Dyrene skal på sigt gå mellem hegnene, som dog skal frahegnes.

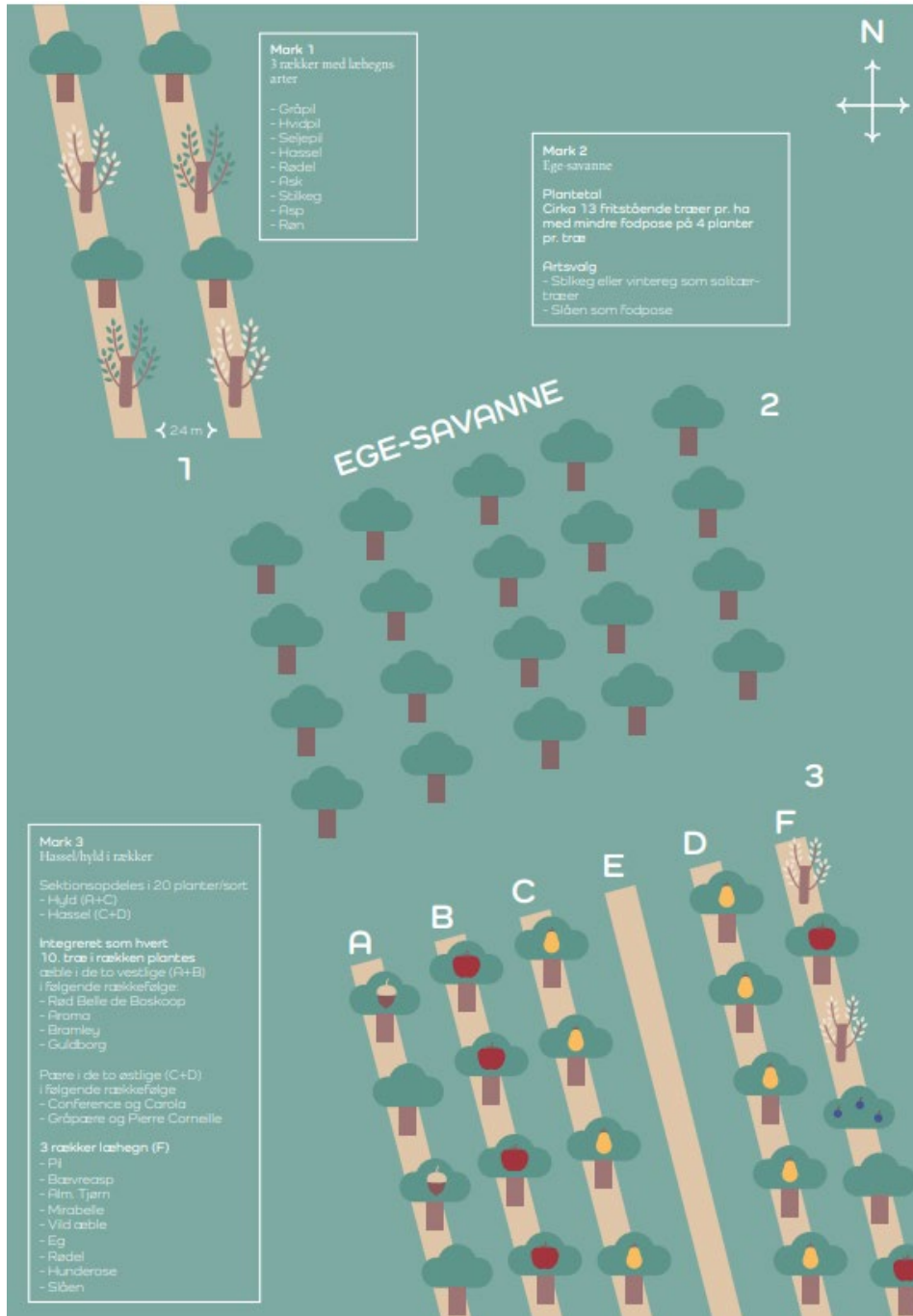


Illustration 3.2. Oversigt over systemdesign fra skovlandbruget ved Ellinglund (Fra kataloget: [skovlandbrug_i_praksis.pdf \(robust-skovlandbrug.dk\)](https://www.skovlandbrug.dk/robust-skovlandbrug))

3.2.3 Træarter og afgrøder som er tilladte i Danmark

Nedenfor er listet træer og buske, som er tilladte for et skovlandbrug i en dansk kontekst. Disse er grupperede efter hvilken type skovlandbrugssystem, der er tale om

Arter til Allé-dyrkning (alley-cropping) (arter af frugt, bær og nødder som er støtteberettigede med enten afgrøder eller husdyr mellem rækkerne)

- Alle arter inden for Prunus-slægten (f.eks. blomme, kirsebær, kræge, slåen), dog ikke glans-bladet hæg.
- Blåbær
- Brombær
- Bærmispel
- Hassel
- Havtorn
- Hindbær
- Hjertevalnød
- Hunderose
- Hylde
- Japan Kvæde
- Spisekastanje (ægte)
- Morbær
- Pære
- Ribs
- Rønnebær
- Solbær
- Stikkelsbær
- Surbær
- Tranebær
- Trækvæde
- Tyttebær
- Valnød (almindelig)
- Vindrue eller spisedrue
- Æble

Arter til lavskovsgræsning eller savannegræsning (silvopasture) (arter som er støtteberettiget under Lavskovsordningen) i kombination med husdyr

Alle arter indenfor slægterne:

- Ask
- Avnbøg
- Birk
- Bøg
- Eg
- El
- Elm
- Hassel
- Kirsebær (undtaget glansbladet hæg)
- Lind
- Løn
- Pile
- Poppel
- Spisekastanje
- Valnød

Husdyr i danske skovlandbrug

- Køer
- Grise
- Får
- Geder
- Høns
- Ænder

3.3 De primære udfordringer ved at implementere SL i DK og mulige løsninger

Forfattere: Laura Attrup Bille, Christoffer Grønne og Julie Rohde (ICOEL) og Martin Jensen (AU FOOD)

Helt overordnet mangler der mere specifik viden om skovlandbrugssystemer, som er relevante i en dansk kontekst. Viden om specifikke effekter af forskellige systemdesigns er afgørende for at skabe fremtidige skovlandbrugssystemer med de bedste effekter, både på klima-, miljø-, natur-, og produktionsområdet. Viden, som f.eks. hvor meget kulstof forskellige træarter binder i jorden over tid (relevant for både frugtbarheden af jorden og fremtidige CO₂-kvoter), samt hvilke synergier der eksisterer mellem træer og enårige afgrøder (relevant for udbytte, vandtilførsel samt næringsstofftilførsel og -udvaskning), er helt afgørende viden at få tilegnet sig, for at danske landbrugere kan se fordelene og en sikker fremtid i at omlægge til skovlandbrug. Derfor er der et stort behov for at udvikle på de eksisterende skovlandbrugssystemer i Danmark, at etablere nye systemer, samt at prioritere midler til forsknings- og udviklingsprojekter, som kan undersøge og kortlægge effekterne samt udbrede viden til landbrugere, rådgivere og forbrugere generelt. Fokusgruppeinterview med danske landmænd indenfor conservation agriculture og skovlandbrug har specifikt fremhævet behovet for erfaringsudveksling samt behovet for rådgivere med ekspertise i nye landbrugssystemer (Jorge FM Vélez, pers. com).

3.3.1 Tidshorisont og investering

En primær udfordring ved økologisk skovlandbrug er, at det er dyrt at etablere systemerne. Specielt økologiske frugt- og nøddetræer er dyre, og der er en generel mangel på udbud af økologisk plantemateriale (små træer). Modsat enårige afgrøder går der mange år før træerne giver et afkast. I etableringsfasen skal træerne holdes fri for ukrudt, evt. vandes, beskæres og der skal tilføres gødning. Afhængigt af træarter og produktion skal der måske også investeres i nye former for maskiner, som også kan være en høj startudgift.

Derudover kræver det også tid for landbrugeren at lære hvordan nye afgrøder (træer) skal dyrkes, passes, høstes og sælges. Det tager generelt tid at opsøge ny viden og overskue denne viden, samtidig med de andre produkter som også produceres på bedriften (Agroforestry in the EU: Briefing 2020 European Parliament).

På den måde er skovlandbrug en langtidsinvestering, som kræver tid og penge i starten, uden det store udbytte. Dette kan være en stor økonomisk udfordring for landbrugeren og også en mental udfordring for mange, da man ikke er vant til at tænke produktion i et sådant tidsperspektiv. Dertil kommer udfordringen med finansiering, da banker heller ikke er vant til at beskæftige sig med så lange tidsperspektiver i landbrugsregi og økonomien ved SL ikke altid er entydig positiv for konkurrenceevnen.

En mulig løsning på investeringsproblemet er bl.a. at designe systemerne, så der både er indtægtskilder på kort og på lang sigt. Bær giver et hurtigt afkast og kan f.eks. dyrkes sammen med frugttræer og træer til tømmer, som har et afkast på længere sigt. Dette vil sprede risikoen ud og skabe mere sikre og robuste systemer. Der er allerede etableret en række systemer i Danmark, som viser hvordan man kan nuancere sin produktion på forskellige måder (se afsnit 3.1 og 3.2.2). Der mangler dog stadig forskning, rådgivning og demonstrationssystemer i en dansk kontekst, som kan vise og udforske hvilke slags systemer, der er mest robuste og sikre ift. produktion over tid.

Derudover vil et eventuelt etableringstilskud til skovlandbrug også kunne understøtte, at flere landbrugere vælger produktionsformen, da det vil mindske startomkostningerne.

3.3.2 Dyrkningsmæssige og praktiske udfordringer

I kapitel 1 er generelle aspekter af konkurrence, synergier og komplementaritet mellem træer og afgrøder omtalt. Her sættes dette i relation til de praktiske og dyrkningsmæssige udfordringer for landmanden.

En dyrkningsmæssig udfordring drejer sig om at undgå at træerne og en naboafgrøde har en negativ effekt på hinanden og dermed mindsker udbyttet. Planter konkurrerer mod hinanden om ressourcer; lys, vand og næring, og derfor er det vigtigt at sørge for, at træerne f.eks. ikke kommer til at skygge så meget for naboafgrøden, at udbyttet af denne falder (Donat et al. 2023; Artru et al. 2017). For at undgå dette, er det vigtigt at etablere en passende afstand mellem træer og naboafgrøde (den specifikke passende afstand vil være afhængig af træart og hvilken naboafgrøde der dyrkes) og dyrke naboafgrøder, som passer til træernes størrelse. F.eks. kan man gå fra at dyrke enårige afgrøder mellem træærkerne, når træerne er små (Xu et al., 2019), til at have permanent græs med husdyr, når træerne er større og skygger mere

Det er vigtigt at pointere, at nyere forskning viser, at samspillet mellem planter, her træer og naboafgrøde, og også jorden og det økosystem de befinder sig i, er meget komplekst (se også afsnit 1.2 om generelle interaktioner mellem træer og afgrøder), og der mangler generelt forskning på området under danske eller nordeuropæiske forhold.

Når passende arter af træer og omdriftsafgrøde findes og de dyrkes med passende afstand, kan der opstå vigtige synergier. Synergier mellem afgrøder er kendt fra andre samdyrkningsystemer, hvor to eller flere afgrøder dyrkes samtidig, tæt på hinanden. To afgrøder med forskellige behov kan udnytte ressourcerne i et område mere effektivt sammen, f.eks. via forskellig roddybde, hvor én afgrøde vil udnytte vand og næring i det øverste jordlag, mens en anden afgrøde vil udnytte vand og næring i de nedre. Dette skaber potentielt et højere udbytte sammenlignet med hvis kun den ene afgrøde blev dyrket på området, samt mindsker udvaskningen af næringsstoffer, mindsker behov for vanding, og skaber øget biodiversitet i jorden. På den måde er skygge f.eks. ikke udelukkende en negativ ting, da skygge fra træer i fremtiden kan have en positiv effekt på naboafgrøden, grundet de stigende temperaturer og hyppigere perioder med tørke (denne positive effekt ses f.eks. nu i Sydeuropa).

Viden om synergier mellem træer og naboafgrøder i skovlandbrugssystemer i Danmark mangler og er vigtige at få identificeret. Specifikt drejer det sig om at identificere hvilke arter som ved samdyrkning komplementerer hinanden ift. ressourceudnyttelse, hvilken tæthed træer og naboafgrøder skal plantes med og hvor stor afstand, der skal være mellem bælteerne af træer, alt sammen set i sammenhæng med de aktuelle dyrkningsforhold og vækstbetingelser bl.a. jordtype. Derudover er det også vigtigt at undersøge synergierne i et mere helhedsorienteret perspektiv og undersøge om bestemte træer og naboafgrøder har bestemte

effekter på resten af det system, de dyrkes i, f.eks. om forskellige afgrøder vil påvirke jorden forskelligt, betydningen af N forsyning fra kvælstoffikserende træer (studier fra tropiske systemer viser potentiale for at N-fikserende træer kan dække hovedafgrødens behov for N, til dels eller helt, se bl.a. review af Nygren et al., 2012), allelopatiske effekter af juglone fra valnød, risiko for værtskifte for sygdomme og skadedyr mellem afgrøder og træarter.

Rent praktisk kan renholdelse af træerne i etableringsperioden være en udfordring for økologiske bedrifter, da det skal foregå på mekanisk vis med maskiner, eller med dække af jorden rundt om træerne, da brug af pesticider ikke er tilladt i økologiske systemer. Mekanisk renholdelse tager tid, men erfaringer fra danske SL-landbrugere viser ikke den store udfordring med dette (ICOEL, pers komm).

Derudover er det vigtigt at sikre sig, at skovlandbrugssystemet bliver designet således, at landmanden kan komme rundt med sine maskiner. Allerede etablerede systemdesigns i Danmark viser, at det er muligt at designe systemerne på en sådan måde, så længe det er tænkt ind fra starten.

3.3.3 Salg af produkter

Skovlandbrugsprodukter kan typisk ikke afsættes til den lokale foderstofforretning, og skovlandbrugere må derfor søge nye veje til afsætning af f.eks. frugt, nødder, bær, vedmateriale (tømmer, flis) osv. Landbrugere har ikke nødvendigvis kompetencer inden for, eller interesse i salg, ej heller i branding af produkter fra skovlandbrug. Samarbejde om afsætning mellem skovlandbrug med samme type produkter, eller f.eks. med økologiske frugt- og bærproducenter for salg kan være en vej at lette afsætningen. Kontraktsalg til industrien er også en mulighed. Hvis skovlandbrug skaleres op på ret store arealer med et samlet større udbud af enkeltprodukter, kan en fælles skovlandbrugsplatform for markedsføring og salg blive interessant, da det også giver bedre muligheder for fælles branding af alle skovlandbrugsprodukter og arbejde på at sikre merværdi/mersalgspris af skovlandbrugsprodukter

3.3.4 Udvikling og brug af Decision Support Systems (DSS) til design og beregninger ift. SL

DSS kan være et relevant redskab at bruge, når man skal designe fremtidige SL-systemer og give bud på, hvilke effekter forskellige systemdesigns vil have på produktion, vand, næring, biodiversitet, kulstofbinding etc. Det kan være en metode til at vurdere om systemerne bliver økonomisk rentable, hvilket der er et stort behov for.

De mest almindelige DSS som er brugt til SL-systemer er YieldSafe, WaNuLCAs, Hi-sAFe (Dupraz et al 2019). For at DSS kan komme med præcise og relevante scenarier, er det vigtigt at videreudvikle på eksisterende DSS, med mere specifikke data fra eksisterende skovlandbrugssystemer i Danmark, samt generelle data fra Danmark, såsom nedbør, jordtyper, temperatur, arter, faktisk udvikling over en årrække og forventet vækst. Ramil Brick et al (2022) giver en oversigt over databehov og målemetoder til at udvikle og monitorere SL-systemer i forhold til effekter og funktioner, og foreslår udvikling af en 'data driven' SL-strategi som grundlag for beslutninger.

Generelt mangler der langtidsstudier inden for SL-systemer, som kan generere data om effekterne af skovlandbrug på bl.a. kulstofbinding, jordforbedring og produktion over lang tid, som skal bruges i DSS. Grundet de manglende data, bruger modellerne i dag mange antagelser, og slutproduktet af DSS kan derfor ende med at blive meget upræcist. Der er derfor generelt et stort behov for at udvikle og formidle DSS via rådgivning, og også ift. at formulere støtteordninger, som baserer sig på relevant data i en dansk kontekst.

3.3.5 Opsummering

Skovlandbrugssystemer er stadig sjældne i Danmark, men har et stort potentiale for udvikling, hvilket b.la. kommer til udtryk i de vellykkede SL-systemer, som findes på nuværende tidspunkt. For at SL skal blive mere udbredt i Danmark, kræver det at man definerer specifikke systemdesigns, som passer til det danske klima, og som tager stilling til en række vigtige faktorer i tid og rum, som gælder: artsvalg af træer og potentiel enårig afgrøde mellem træerækker, faktorer i relation til produktion og effektivitet, og faktorer i relation til øgede økosystemfunktioner som klima-, miljø-, og biodiversitetseffekter. Ift. artsvalg af træer, er der en række definerede artslistes i Danmark, som er tilladte at anvende i forskellige støtteberettigede SL-systemer.

Der findes på nuværende tidspunkt en række udfordringer, som relaterer sig til en højere udbredelse af SL-systemer i Danmark. Den primære udfordring drejer sig om mangel på specifik viden, da det står i vejen for at kunne definere specifikke og vellykkede systemdesigns til det danske klima. Andre relevante udfordringer omhandler følgende: (1) høje investeringsomkostninger og lang tidshorizont på salg af produkter, (2) dyrkningsmæssige og praktiske udfordringer, omhandlende konkurrence/synergier mellem arterne i systemet, og udfordringer omhandlende b.la. renholdelse i træerækkerne og (3) udfordringer med salg af produkter fra SL-systemer. En del af løsningen på disse udfordringer omhandler generering af mere viden om effekterne af specifikke systemer. Et andet relevant redskab, som kan bidrage til at designe SL-systemer tilpasset en dansk kontekst, er Decision Support Systems, som dog stadig kræver udvikling, b.la. med mere præcise datainput.

4 Barrierer og støtteordninger

Forfattere: Birgit Ingvorsen, Julie Rohde Birk (ICOEL), Martin Jensen (AU FOOD), Martin H. Thorsøe og Tommy Dalgaard (AU AGRO)

I 2005 åbnede EU for tilskud til at etablere skovlandbrug, idet tilskud til etablering af skovlandbrug ("agroforstry") er reguleret af artikel 23 i Regulation 1305/2013, og bl.a. specificeret i 'measure 222' (European Union 2013, Torralba et al 2016). EU-artiklen har dog i starten kun været aktiveret i nogle lande, og i ganske begrænset omfang gennem tilskud til etablering og drift/pasning af skovlandbrug i en periode, gennem measure 8.2 i den fælles landbrugspolitik CAP 2014-2020 (Santiago-Freijanes et al 2018).

Den Europæiske Skovlandbrugsforening (European Agroforestry Federation, EURAF) samler løbende Policy Briefings på hjemmesiden EURAF.net, og i samarbejde med Agroecology Europe arbejdes der i regi af projektet Agromixproject.eu på et white paper omkring politikker til transformation af De Europæiske Landbrugslandskab med skovlandbrug (Dauby et al. 2024 in prep. forventet oktober 2024). Senere udgives tillige et overblik over de Europæiske skovlandbrugsordninger, der samles i www-mixed-project.eu. Et samlet Europæisk overblik over skovlandbrugsordninger, samt anbefalinger for implementering af ordninger i den kommende CAP-periode må afvente dette arbejde. European Agroforestry Federation (2024) giver en kort update på status for SL i EU og Pabst et al. (2024) giver i deres ppt præsentation (del af MIXED/Agromix projektet) en foreløbig gennemgang af forskellige ordninger i EU lande. Nyere eksempler på overblik over de forskelle typer af ordninger i EU og England mv. kan findes i artiklen af Thiesmeier og Zander (2023), ligesom de forskellige typer af regulering omkring regenerativt jordbrug i økologisk jordbrug er gennemgået i den parallelle myndighedsopgave om dette emne (se Hvarregaard Thorsøe et al. 2024 i Jørgensen et al., 2024), og i det kommende afsnit gennemgås desuden de nuværende ordninger for Danmark, med tilhørende økonomiske, videnskæssige og regulatoriske udfordringer.

4.1 Økonomiske, videnskæssige og regulatoriske udfordringer

Forfattere: Birgit Ingvorsen, Julie Rohde Birk (ICOEL), Martin Jensen (AU FOOD), Martin H. Thorsøe og Tommy Dalgaard (AU AGRO)

Udbredelse og opskalering af skovlandbrug i Danmark kan fremmes med forbedrede økonomiske incitamenter, uddannelsesprogrammer og rådgivningstjenester, samt en forenkling af de regulatoriske rammer, der gør det lettere for landbrugere at integrere skovlandbrug i deres driftspraksis.

4.1.1 Økonomiske aspekter som barriere (se også afsnit 1.3.)

Skovlandbrug anføres ofte at have potentiale til at give en mere bæredygtig økonomi sammenlignet med mono-afgrøde systemer. De begrænsede studier af økonomien i SL i europæiske systemer viser dog ikke utvetydig bedre økonomi i SL generelt men peger dog på særlige lovende systemer og særlige forhold af betydning for økonomien.

Thiesmeier og Zander (2023) analyserede i et meta-review den økonomiske konkurrenceevne af forskellige nordamerikanske og europæiske SL-systemer i forhold til tilsvarende landbrugsproduktion uden træer og i forhold til skovdyrkning. Analysen sammenlignede resultater af modellerede økonomiske nøgletal

både med og uden generelle landbrugssubsidier, og indregning af potentielle særlige tilskud for effekter af CO₂-binding og reduceret N- og P-tab, samt særlige økosystemtjeneste-tilskud rettet mod bl.a. miljø og biodiversitet. I artiklen er forskellige landbrugstilskud fra forskellige EU-lande i forhold til forskelligt gældende regler over tid kort angivet og effekter af disse tilskud i forhold til almindelig landbrugsdrift og skovlandbrug vurderet.

De konkluderede at i de fleste tilfælde er SL ikke økonomisk konkurrencedygtigt med almindeligt landbrug uden tilskud og selv med basis grundbetalingsstilskud er der kun få cases hvor SL er konkurrencedygtig i forhold til almindeligt landbrug. Hvis fremtidige potentielle tilskud fra CO₂-binding og bidrag fra reduceret N- og P-udledning samt estimerede værdier af økosystem tjenester indregnes bliver SL i flere tilfælde konkurrencedygtigt i forhold til almindeligt landbrug. De fleste studier er på silvo-arable SL-typer og kun få er på Silvo-pasture SL-typer. Da de økonomiske modeller bruger mange antagelser om f.eks. udbytter over tid, forrentning af investeringer, afsætningspriser for både landbrugsprodukter og træprodukter, skal disse vurderinger benyttes med forsigtighed men giver indsigt i nogle betydende faktorer for økonomien i SL.

Substituering af et dyrkningsareal med omdriftsafgrøde med lav økonomisk output med en træafgrøde med højere arealmæssig økonomisk output kan være en måde at tænke øget indkomst på i det samlede system. Wolz et al. (2018) foreslår f.eks. at europæiske SL-systemer med fordel kan fokusere på træer og buske med spiselige frugter eller nødder for at øge værdien af produktionen i trædelen. Den omvendte situation kan også være at en træafgrøde, f.eks. æblefrugtplantager, som først har høst af frugt et antal år efter plantning, kan få bedre økonomi tidligere ved at dyrke omdriftsafgrøder imellem træerne i de første år (Xu et al., 2019). Et casestudie af Pantera et al. (2018) om at introducere etårige afgrøder eller husdyr i eksisterende plantager med frugter, nødder eller tømmer af høj værdi, viste, at økonomiske og miljømæssige fordele kunne opnås, samtidig med at fødevarerproduktionen blev øget. Dette var dog baseret på den antagelse, at systemet allerede var rentabelt ved høst af frugter, nødder eller tømmer, og at den ekstra mængde arbejde på grund af inddragelse af enårige afgrøder og husdyr var økonomisk holdbar.

Sereke et al (2015) undersøgte økonomisk udbytte af en række SL-systemer med valnød (hybrider) og fuglekirsebær (frugt og nødder) i Schweiz. De langsigtede udbytter blev modelleret med Yield-SAFE-modellen, og rentabiliteten blev analyseret med Farm-SAFE-modellen. Ifølge analyserne var en blanding af træer og afgrøder i 12 ud af de 14 SL-cases mere produktiv end arealer med separate skovbrug eller agerbrugssystemer (LER værdier på 0,95-1,30). Rentabiliteten var i 68 % af de 56 økonomiske cases af SL, der blev analyseret, mere rentable end "business as usual" (BAU) referencen. Især systemer med innovativ markedsføring af frugt og nødder eller systemer med betalinger for økosystemtjenester, viste sig mere rentable. Dupraz and Liagre (2008) fandt også et positivt økonomisk resultat for alley-cropping med højværdi vedtræer.

Van Vooren et al. (2016) undersøgte rentabilitetsændringer af to 'Greening options' henholdsvis med permanente træagtige elementer (læhegn) og alley cropping. Fire markedsscenarier blev analyseret produktionsmæssigt og økonomisk på et repræsentativt landbrug i Flandern i Belgien. Den relativt tilbagediskonterede bruttomargin (relativt dækningsbidrag) på bedriftsniveau blev sammenlignet med BAU landbrugsdrift uden træer, og varierede mellem 91 % og 108 % af BAU scenarie, afhængigt af markedsforhold og politisk støtte. Beregningerne viste, at opfyldelse af krav om '5 % økologiske områder for grønne krav' via landbrug med levende hegn eller alley-cropping kun bliver økonomisk konkurrencedygtig i forhold til de traditionelle dyrkningssystemer med ekstra økonomiske stimuli (f.eks. ekstra grønne betalinger). Uden tilskud har både hegn og alley-cropping et lavere økonomisk afkast end BAU-muligheden. Når der tages højde for basis- og grønne betalinger, bliver resultaterne positive. Da økosystemtjenester er eksternaliteter,

er de som udgangspunkt ikke værdiansat, og de vil derfor have fordel af f.eks. en politisk initieret værdiansættelse eller en stærk branding i afsætningsleddet. Et kulstofmarked kunne gavne sådanne SL-systemer, men Van Vooren anfører at det nuværende EU-emissionshandelssystem (referenceår 2016) ikke tillader brug af kreditter fra arealanvendelse, ændring af arealanvendelse og skovbrugssystemer (LULUCF).

Ghaley et al (2014) gav tidlige danske vurderinger af hvordan mulige tilskud til eksternaliteter (betalte eller ikke betalte) ville påvirke økonomien i SL med forskellige omdriftsafgrøder og bioenergitræer eller bøgetræer. Studiet viser en metode til at skabe oversigt over en meget kompleks produktion i forhold til eksternaliteter.

Van Vooren et al. (2016) anfører videre at landmændenes beslutninger om SL eller ej hovedsageligt er baseret på økonomiske overvejelser, men at rentabilitet afhænger af mange faktorer. Et højere udbytte resulterer ikke altid i flere indtægter (Dupraz og Liagre, 2008), og både udbytter og indtægter er påvirket af træ- og afgrødetype, trææthed, træernes orientering, interaktioner mellem afgrøde og træer samt omkostninger og priser på afgrøder og træ. Der er brug for praktiske modeller for udbytte og økonomi for at skabe bedre transparens og rådgivning om økonomien i SL-systemer.

Sammenfattende kan følgende generelle praktiske erfaringer vedrørende økonomiske barrierer anføres:

- Høje startomkostninger: Etablering af skovlandbrug kræver betydelige investeringer i plantemateriale, hegn, renholdelse og eventuelle maskiner.
- Langsigtet investeringshorisont: Det tager flere år før træer bliver produktive med fx frugt eller nødder og endnu længere til fx tømmer, hvilket betyder, at der kan gå mange år, før investeringerne begynder at give afkast. Dette kan være en barriere for landbrugere, der er vant til årlige afgrøder og hurtigere afkast.
- Usikkerhed om afkast: Der er en vis økonomisk usikkerhed forbundet med skovlandbrug, da markedet for nogle af de produkter, der produceres (f.eks. nødder), kan være usikkert og ustabil. Denne usikkerhed kan afskrække landbrugere fra at investere i skovlandbrug.

4.1.2 Videnskæssige barrierer:

De fleste landbrugere mangler den nødvendige viden om skovlandbrug og hvordan det bedst implementeres. Der er behov for mere forskning, uddannelse og rådgivning for at hjælpe landbrugere med at forstå fordele og teknikker ved skovlandbrug. Forskningsbehovet for at sikre dansk relevant viden og dokumentation omhandler mange områder, både de dyrkningsmæssige udfordringer i ny samdyrkning, optimale match af afgrøder og træer for at opnå forskellige mål, praktisk viden om effektiv etablering, pasning og høst, samt alle udbyttmæssige og økonomiske aspekter af en ny produktions form, herunder salg og markedsføring af SL-produkter, rentabilitet med eller uden tilskud, samt regulatoriske aspekter hvordan SL kan indpasses i eksisterende økologiske landbrugssystemer. Viden i form af videnskæssige undersøgelser og erfaringer fra udenlandske skovlandbrug, kan give et første start-input til overvejelser og beslutninger, men i sidste ende er det afgørende at få etableret dansk viden. På grund af den mangeårige tidsskala i udvikling af SL er det en udfordring at få samlede vurderinger, der gælder for den længere dyrkningshorisont af SL.

4.1.3 Regulatoriske barrierer

Regulatoriske barrierer kan i nogle tilfælde gøre det vanskeligt at etablere skovlandbrug. Restriktioner på plantning af træer kan betyde at danske landmænd oplever kommunale afslag på etablering af skovlandbrug, bl.a. i områder hvor skovrejsning er uønsket, fx grundet landskabsæstetiske hensyn.

Skovlandbrug kræver en mere kompleks forvaltningsstrategi sammenlignet med konventionelt landbrug. Integrationen af træer, afgrøder og husdyr kræver omhyggelig planlægning og løbende tilpasning, hvilket kan være ressourcekrævende og komplekst at overskue i forhold til regler.

4.1.4 Skaleringsmuligheder

En høj grad af mekanisering er kritisk for al dansk jordbrugsproduktion for at holde omkostninger nede og dette gælder også for økologisk SL. Store arealer med SL må derfor forventes at gøre nye investeringer i nye specialmaskiner mere rentable. Dette peger på fordele ved større enkeltbrug af økologiske SL-systemer eller samarbejde mellem SL-gårde om maskiner. Behovet for specialmaskiner i arbejdet på SL-systemer kan potentielt også løses som ekstern bistand sammen med maskinstationer eller sammen med f.eks. frugt- og bær-producenter. Større brug har bedre sandsynlighed for at opnå konkurrencedygtige produktionsomkostninger.

Større volumen af produkter kan gøre produkter mere interessant for store kunder og gøre at omkostninger til markedsføring og afsætning kan fordeles ud på en større produktmængde og dermed forventeligt opnå lavere omkostninger per produceret enhed. Produktudvikling og diversificering af produkter via processeering og forædling vil også være mere kosteffektivt ved større volumen af produkter. Afsætningspriser for råvarer afhænger af produktionsomkostninger men også mulighederne for en øget prissætning af SL-produkter i forhold til økologi og eller konventionelle produkter. De mange små økologiske jordbrug kan derfor være udfordret i forhold til at sikre lave omkostninger og også yderligere udsat i forhold til at håndtere meget komplekse SL-systemer med mange arter og produkter men med lille output for hvert produkt.

Internationalt er afsætningen af SL-produkter (økologisk eller ej) et meget lille niche-marked endnu, men vil i forhold til forbrugernes betalingsvilje konkurrere med priser på tilsvarende konventionelle produkter fra almindelige produktioner typisk prissat i et internationalt meget kompetitivt marked. Inddragelse af produkter i SL-systemer, som Danmark i forvejen står svagt i konkurrencemæssigt, kan derfor være udfordrende for at opnå tilstrækkeligt gode priser. Nicheafsætning ved lokal selvpluk og lokal småskalaafsætning kan måske opnå højere priser pga. lokale forbrugeres betalingsvilje, og også meget miljøfokuserede forbrugersegmenter kan have øget betalingsvilje, men dette betyder samlet også at skaleringsmuligheder kan være begrænset, da større mængder typisk skal afsættes i international konkurrence. De økonomiske afsætningsmuligheder for frugt og bær fra økologisk SL-systemer skal derfor vurderes og planlægges nøje og ses i sammenhæng med omfang og konkurrenceevne af den eksisterende danske økologiske og konventionelle produktion af frugt og bær og i forhold til andelen af markedet dækket med importeret frugt. Tilsvarende vurderinger kan gøres for andre produktområder, men det kan være meget vanskeligt at få fuld klarhed over markedet og potentialer.

Vurdering af barrierer for udbredelse af specifikke typer af SL

I forhold til muligheden for skalering af forskellige produktioner og afsætning af produkter fra SL har Jensen et al. (2023) givet første vurderinger af mulige barrierer for udbredelse inden for de hovedtyper af skovlandbrugssystemer som de har foreslået.

Vurderingen her tager udgangspunkt i Jensen et al. (2023) (uddrag)

Barrierer for undertype 1.1 SL-system med stævningsarter til kort omdrift

Dyrkning af poppel og pil og andre arter til biomasse og bioenergi i et skovlandbrugssystem afhænger af en række af de samme forhold og barrierer som anført i Larsen et al (2015) for produktion i plantager under lavskovsordningen. For de øvrige løvtræarter vurderes prisen for etablering højere end for pil og poppel, da man ikke kan formere med stiklinger direkte i marken. Samtidig er produktionsudbyttet af disse øvrige løvtræarter typisk lavere, da klonformering ikke endnu kan lade sig gøre og selektion af højt ydende kloner derfor mangler i disse arter. Prisen på det høstede træprodukt og den samlede økonomi i SL-systemet er centralt for om modellen vil finde udbredelse i økologisk SL. Mangel på viden om præcise konsekvenser af træplantning (arealandel og design) på afgrøden og på den samlede arealproduktivitet samt usikkerhed på økonomi gør, at landmænd handler delvis i blinde for øjeblikket i forhold til etablering af denne type skovlandbrug. Et Europæisk survey af opfattede barrierer for etablering af SL herunder som klimavirkemiddel peger netop på mangel på viden og anbefalinger samt beslutningsstøttesystemer og desuden manglende indsigt i økonomien, herunder mulige tilskudsregler (Golicz et al 2022). Den langsigtede investering udfordres også i forhold til ukendt stabilitet af afsætningspriser og omkostninger. Afsætning af biomasse som flis til energiproduktion er et stort internationalt marked, som vurderes at kunne aftage store mængder i fremtiden til grøn energiproduktion, men forventeligt til relativt lave priser. Hvis den producerede biomasse/trækomponenter kan finde et andet afsætningsmarked med højere prissætning vil det øge interessen for at økologisk skovlandbrug med bioenergiplantninger. Såfremt den hurtige binding af kulstof via meget hurtig biomassetilvækst i pil og poppel kunne værdisættes og opnå tilskud via CO₂ kvoter som en del af CO₂ regnskabet for landbrugsbedriften kunne sådanne plantninger blive interessant for bl.a. husdyrområdet for at forbedre CO₂ balancen på ejendomme. Nye regler om CO₂ afgifter i Danmark afventer afklaring af om dette kan indgå i bedriftsopgørelser. Det vurderes at det er teknisk muligt ret hurtigt at opskalere sådanne træplantninger via hurtig og direkte formering på marker.

Barrierer for undertype 1.2: Mellem til hurtigvoksende træarter med høj vedkvalitet og lang omdriftstid. (alley cropping - ved til finer og møbelindustri- evt. nøddeproduktion, 40-60 års omdrift)

Prisen på det høstede høj kvalitetstræprodukt, de langsigtede etablerings-, pasnings- og høstomkostninger og den samlede økonomi i skovlandbrugssystemet over en langvarig omdrift er centralt for om modellen vil finde udbredelse. Mangel på viden om præcise konsekvenser af træplantning i det åbne land (arealandel og design) på afgrødens og den samlede arealproduktivitet og usikkerhed på økonomi gør det svært at forudsige om det er et økonomisk rentabelt system under danske forhold. Dupraz og Liagre (2008) fandt et positivt økonomisk resultat for alley cropping med højværdi vedtræer. Omkostninger til pasning af træer kan også være en barriere, og udvikling af rationelle billige metoder og løsninger vil kunne hjælpe på dette. Vurdering af og vejledning om optimalt artsvalg og forventet produktivitet på forskellige jorde og lokaliteter mangler og giver et usikkert beslutningsgrundlag for investering i dette system. Udvikling af højtydende kloner, retstammede, med få side grene, med høj vedkvalitet af de mest interessante arter vil kunne gøre SL systemet mere interessant. Opstamning af træer til finerkvalitet er en kendt, men ikke ret udbredt teknik i dansk skovbrug.

Træarter som forædlede sitka og hybridlærk med hurtig tilvækst, kunne potentielt dyrkes i rækker i landskabet som alley crops med beskæring og opstamning til ved, men omtales ikke videre her, da LBST ikke giver tilskud til ikke hjemmehørende nåletræer. Det er dog altid muligt at have op til 100 træer uanset art på tilskudsberettigede arealer.

Barrierer for undertype 1.3: Læhegn med blandede hurtigvoksende træarter og lang omdrifts-tid (produktionslæhegn)

Offentligt tilskud til nyplantning af læhegn har været en væsentlig driver for læhegnsplantning igennem de sidste mange årtier, men tilskudsmuligheden har været lukket i de seneste år. Desuden har strukturudvikling og tilskudsregler til jordbruget (tidligere ikke grundbetaling til selve læhegnensareal) bevirket at mange læhegn er ryddet til fordel for bedre arrondering af marker og for at maximere arealer med grundbetaling. Den nye bruttoordning (med mulighed for at etablere ikke-produktive arealer i form af småbiotoper under grundbetaling) eller plantning af læhegn som et element i skovlandbrug kan potentielt øge interessen igen for at nyplante eller bevare læhegn. Om læhegn etableres under bruttoordning eller under fremtidig skovlandbrug vil afgøres af bl.a. tilskudsstørrelser og regulatoriske restriktioner/begrænsninger, herunder fleksibilitet i design, omfang og for ændringer i plantninger over tid. Den beskrevne undertype af produktionslæhegn her er rettet mod både at give læ men også at kunne bidrage med væsentlig produktion af høstbar biomasse ved intervalhøst. Som sådan vurderes disse produktionslæhegn at kunne opskaleres ret enkelt på større arealer og afsætningen være mere fleksibel end for undertype 1.1 rene bionergi-plantninger. Traditionelle bioenergiplantninger i lavskov skal stævnes med 10 års (poppel-20 års) mellemrum og giver derfor kun små dimensioner af ved oftest kun rettet mod flismarkedet. Produktionslæhegn, der ikke skal stævnes med få års mellemrum, kan i princippet blive stående i 40-60 år og først høstes når træer har nået større dimensioner og noget af veddet potentielt kan afsættes til højere priser. Dette giver fleksibilitet til at høste de år hvor markedet viser gode priser. Muligheden for betaling via CO₂ kvoter og bidrag til bedriftens CO₂ balance er også her af interesse og vil påvirke skaleringspotentialt.

Barrierer for udbredelse af undertype 2.1: Skovlandbrugssystem med flerrækkede hegn i planteavl der optimerer biodiversitet samt 2.2: Skovlandbrug system med husdyr der optimerer biodiversitet.

Læhegn, der udover at give læ, har fokus på at optimere biodiversitetseffekter (biodiversitetslæhegn) tænkes som flerrækkede systemer med en stor artsdiversitet af træer og buske der bidrager med læ, skjul, føde, yngle- og overvintringshabitat for faunaen både over og under jorden. Disse læhegn vil også kunne bidrage med mange vigtige miljøeffekter (hæmning af erosion, mindre tab af N og P). Da nedskæring og høst af toppen vil næsten nulstille biodiversiteten, tænkes disse hegn ikke at skulle bidrage til høstbar kulstof til eksport fra arealet, men vil via den stående akkumulerede væsentlige kulstofpulje over og under jorden bidrage positivt til bedriftens samlede CO₂ balance. Traditionel læhegnsplantning har de sidste 20-30 år budt på plantninger med f.eks. 6-10 rækker og blandinger af op til 25 arter af træer og buske, som potentielt kan bidrage med mange af de ønskede aspekter. Viden om plantningsmønstre og arternes vækst i sådanne blandinger er kun lidt undersøgt endnu men nogle erfaringer er dog opsamlet (Olrik et al., 2002), mens de tekniske udfordringer ved etablering af så diverse plantninger er delvis kendte. Effekterne på biodiversitet over tid er dog kun ringe belyst endnu. En barriere for udbredelsen vurderes derfor bl.a. at kunne være manglende viden om biodiversitet generelt og hvordan man kan tilgodese biodiversitet på sine arealer via sådanne biodiversitetslæhegn. Herudover kan manglende viden om hvordan sådanne biodiversitetstiltag kan fremme nyttedyr og dermed hjælpe med biologisk bekæmpelse på omdriftsarealerne. En manglende mulighed for kompensation for eller støtte til biodiversitetstiltag vil også hæmme en udbredelse af biodiversitetslæhegn, der i sig selv ikke indebærer væsentlige høstbare salgsprodukter. En manglende dokumentation for positive effekter af en biodiversitetsfremmende drift af ejendommen vil sammen med risikoen for reduceret indtjening via mindre omdriftsafgrødeareal og reduceret udbytte via naboeffekter til læhegnet potentielt også være barrierer for skalering af disse læhegn. Teknisk set vurderes biodiversitetslæhegn at kunne opskaleres relativt hurtigt på større arealer.

Barrierer for udbredelse af undertype 3. Skovlandbrug med fokus på samproduktion med husdyr (miljø, dyrevelfærd og foderforsyning)

Undertype 3.1: Grise på friland (hele eller dele af produktionstid), undertype 3.2: Kvæg (drøvtyggere), undertype 3.3: Fjerkræ

Udbredelsen af skovlandbrug med udegående husdyr er meget sparsom i Danmark. Blandt interessenter (herunder landmænd og rådgivere) nævnes følgende som betydelige barrierer for udbredelsen (Kongsted et al., 2021): Ufleksible regulerings- og støtteordninger, der ikke er tilpasset en kombination af træer og dyrehold, tab af produktivitet (træerne tager plads fra eksempelvis græs- og korndyrkning), meget sparsom viden om effekten af implementering af træerne på miljø, biodiversitet, klima og dyrevelfærd samt hvilke design/træarter, der kan optimere effekterne men samtidig sikre at design er kompatible med brug af moderne landbrugsmaskiner. Sidst, men ikke mindst er det arbejdskrævende at etablere træer og især ukrudtsbekæmpelse de første år efter etablering kan være vanskelig. Med øget viden omkring optimale løsninger, hvor der opnås tydelige fordele på både dyrevelfærd, foder, klima, miljø og biodiversitet, kan opskalering øges markant. I det omfang træer kan bidrage markant med især at reducere udfordringer med N- og P-tab fra udendørsarealer og at træernes kulstofbinding kan indgå i bedriftens CO₂-balance, vurderes det at udbredelsen af husdyr SL-systemer vil blive øget og kan skaleres til større arealer.

Barrierer for undertype Hovedtype 4. Skovlandbrug med fokus på frugt, bær eller nødder i kombination med landbrugs- eller grønsagsomdriftsafgrøder eller græsningsarealer

Generelle dyrkningsomkostninger for frugt og nøddeprodukter fra SL-systemer forventes at være højere end i almindelig frugtplantagedyrkning og prisaspekter sammen med kvalitet af frugt og bær kan derfor påvirke afsætningsmuligheder negativt eller gøre det usikkert. Omkostninger er påvirket af skalaforhold og store bedrifter forventes derfor at være mindre påvirket af dette. Skalering af systemet forventes begrænset af muligheden for afsætning af yderligere frugt og bær på et meget kompetitivt internationalt marked og muligheden for konvertering af eksisterende frugtarealer til SL. Nøddearealet i Danmark er vokset i de seneste år, men mangler at bevise sin økonomiske rentabilitet ved opskalering. Viden om optimal samdyrkning af frugttræer og omdriftsafgrøder eller græs, herunder hvilke træarter og omdrifts-afgrøder, der giver den mest effektive produktion og laveste omkostning, samt bedste robusthed i dyrkning i det åbne land mangler. Også viden om samdyrkning af forskellige frugt og bæarter blandet i samme række eller i parallelle rækker mangler (polykulturer). Betydning af SL for angreb og risiko for sygdomme og skadedyr begge veje mellem frugttræer og omdrifts-afgrøder er også stort set ubeskrevet under danske forhold. I øjeblikket plantes en del S- arealer med frugt- og nøddearter og erfaringer vil derfor komme i de kommende år.

4.1.5 Finansielle tilskud og støtte ordninger

Forfatter: Julie Rohde Birk

Skovlandbrug er ikke et beskyttet navn eller koncept og der er således ikke juridiske begrænsninger på om man må kalde sin bedrift et SL eller ej og hvor mange træer der skal være for at opfylde et krav. Hvis der skal opnås støtte fra EU eller DK via landbrugs- eller miljøstøtteordninger, er der krav der skal overholdes for at man er omfattet af forskellige tilskudsregler.

Skovlandbrug som dyrkning af træer og/eller buske i kombination med landbrugsafgrøder, kan på forskellige måder være støtteberettigede til grundbetaling via afgrødekode og evt. bioordninger.

Tilskudsregler for danske skovlandbrug

Tilskudsberettiget skovlandbrug er dyrkning af frugt, bær eller nødder i kombination med mindst én anden afgrøde – dog ikke lavskov eller brak. Regler og artsliste er fastlagt i bekendtgørelse om grundbetaling.

Skovlandbrug er støtteberettiget til grundbetaling, økologisk arealstøtte, hvis følgende krav er overholdt:

- Der er mindst 100 træer/buske fra artslisten pr. ha. De er plantet i rækker og arterne må gerne blandes.
- Rækker af træer kan samles i bæltter med højst tre rækker træer.
- Skovlandbrug skal opfylde aktivitetskrav og afstandskrav på maks. 40 m mellem rækker/bæltter og til kanten af marken.
- Kombination med andre afgrøder f.eks. korn, grønsager eller græs er tilladt. Der må også gerne holdes dyr på arealet.
- Der må maksimalt være 100 andre træer eller buske pr. ha.
- Der kan kombineres med ikke-produktive elementer og arealer, herunder f.eks. småbiotoper.

Der henvises til Landbrugsstyrelsens Vejledning om grundbetaling og tilskudsberettigede arealer 2024 (Landbrugsstyrelsen 2024) for godkendte træer og buske med frugt, bær og nødder på arealer med skovlandbrug og afgrødekoder. I bilag 1 i vejledning om grundbetaling og tilskudsberettigede arealer 2024 findes en oversigt over hvilke afgrøder, som kan kombineres med skovlandbrug og hvilken kode de skal indberettes med.

Plantager med frugt, bær eller nødder

Arealer med mindre end 40 meter rækkeafstand, hvor der ikke dyrkes en anden afgrøde mellem rækkerne, kategoriseres som en plantage og vil være berettiget til grundbetaling og basis tilskud under økologisk arealstøtte uanset plantetal. Arealet skal dog have karakter af plantage med veldefinerede rækker.

Frugt- og bærtillæg til frugt-, bær- og nøddeplantager

For at opnå frugt- og bærtillæg på 4.000 kr. pr. ha under økologisk arealtilskud eller bioordningen økologisk arealstøtte, skal hovedformålet være produktion af frugt, bær eller nødder, og en række krav skal være opfyldt:

- Arter skal være godkendte jf. artsliste og overholde mindste planteantal.
- Samdyrkning af forskellige arter er tilladt, men mindst én art skal opfylde mindstekravet til planteantal pr. ha, ellers skal marken deles op.
- Arealet skal være sammenhængende og mindst 0,3 ha. Hovedafgrøden skal være jævnt fordelt over hele marken.
- Driften skal være plantagemæssig med veldefinerede rækker og maks. ti meter mellem rækkerne. Maks. fem meter til markkant på to sider.
- Kombination med dyr er tilladt, så længe frugt-/bærproduktion er det primære.
- Kombination med andre afgrøder mellem rækkerne er begrænset til græs, urter eller blomster som led i produktionen af frugt, bær eller nødder.

- Er der et tilsagn med frugt- og bærtillæg på marken, udbetales tillægget, når marken indberettes i fællesskema 2024 med en godkendt afgrødekode.
- Er der tilføjet et frugt- og bærtillæg i ansøgningsrunden i efteråret 2023, skal marken være tilplantet med de godkendte arter senest ved fristen for fællesskema 2024.
- Søges økologisk arealstøtte under bioordningen og frugt- og bærtillæg i fællesskema 2024, skal marken være tilplantet senest ved ændringsfristen for fællesskema 2024.

Der henvises til Landbrugsstyrelsens vejledning om grundbetaling og tilskudsberettigede arealer (Landbrugsstyrelsen 2024) for artsliste over godkendte afgrøder berettiget til frugt- og bærtillæg samt krav til plantetal.

Lavskov

Arealer med lavskovsarter, pil, poppel m.v. er ikke støtteberettigede under skovlandbrug, så de skal indberettes som og opfylde arealstørrelse og plantetal m.m. for lavskovsarealer. Der henvises til Landbrugsstyrelsens artsliste over godkendte afgrøder til lavskov samt krav til plantetal.

4.1.6 Landbrugers betragtninger vedr. barrierer

Forfatter: Julie Rohde Birk (ICOEL).

Gennem erfaringsopsamling med landmænd, der indgår i skovlandbrugsfokuserede forskningsprojekter, erfarer vi at barriere ved etablering af skovlandbrug omfatter økonomiske usikkerheder, risikobetragtninger, og barrierer og kompleksitet ift. støtteordninger (samlet i kataloger: [Kataloger \(robust-skovlandbrug.dk\)](https://robust-skovlandbrug.dk)). Her er en uddybning af disse faktorer:

Økonomisk usikkerhed

Skovlandbrug kræver ofte en betydelig initial investering i træer og buske, som tager tid at vokse og blive produktive. Det kan tage flere år, før disse planter begynder at generere indtægter, hvilket kan være en udfordring for landbrugere i et system, der er vant til hurtigere afkast fra årlige afgrøder. Den lange ventetid før fuldt afkast kan være økonomisk belastende, især for mindre landbrug, der har brug for en stabil og hurtig indtægtskilde.

Risikobetragtninger

Markedet for produkter fra skovlandbrug, såsom nødder, frugt og specialtræ er nyt og der mangler derfor viden om, hvorvidt det er et stabilt marked, eller om det kan være mere ustabil end for traditionelle afgrøder. Dette skaber en økonomisk usikkerhed, der kan afskrække landbrugere fra at investere i skovlandbrug.

Kompleks forvaltning

Skovlandbrug kræver en mere kompleks forvaltningsstrategi end traditionelt landbrug, da integrationen af træer, afgrøder og husdyr, management af disse samt afsætning af en bredere palette af produkter fra landbruget skal balancere. Denne kompleksitet kan være udfordrende og tidskrævende for landbrugere og gøre det svært at visualisere og implementere et skovlandbrugssystem.

Landbrugsstøtte

Det er muligt at opretholde landbrugsstøtte til skovlandbrugssystemer og med den nye afgrødekode for skovlandbrug fra 2023 er det muligt at opretholde støtte til de fleste systemdesigns. Dog er det meget svært at regne ud, hvordan et system skal designes for at være støtteberettiget. Reglerne er meget detaljerede og restriktive og i praksis tør landbrugere ikke at etablere skovlandbrug uden hjælp fra en rådgiver.

Feedback fra landmænd med interesse i skovlandbrug til ICOEL indikerer usikkerhed omkring kravene til de tilskudsberettigede skovlandbrugssystemer, især reglen om afstand mellem træbælterne, hvilket begrænser deres villighed til at etablere skovlandbrug. Grundet de høje omkostninger og den lange tidshorisont for rentabilitet i skovlandbrug, ønsker mange landmænd større fleksibilitet. Især en udvidelse af maksimumafstanden mellem bælterne til 75-100 meter er et ønske, for at optimere brugen af resten af arealet. En mere fleksibel regulering, som sikrer at bedrifter, der etablerer skovlandbrug nu, fortsat kan modtage støtte ved eventuelle fremtidige lovændringer, vil hjælpe på bedrifternes generelle bekymring omkring de dyre etableringsomkostninger, indtil man kan fastlægge en optimal afstand mellem træbælterne i en dansk kontekst via empirisk data.

En forsimpning af reglerne for grundbetaling til skovlandbrug vil øge incitamentet blandt landbrugere til etablering af skovlandbrug. Alle typer skovlandbrug bør kunne anmeldes som skovlandbrug uanset systemopbygning. I andre EU-lande har man defineret skovlandbrug som 'landbrugspraksis, hvor træer og buske dyrkes i kombination med afgrøder og/eller husdyrproduktion'. Til sammenligning er den danske definition meget snæver og ekskluderer størstedelen af mulige skovlandbrug. Det øger sværhedsgraden for landbrugere, der ønsker at få overblik over mulighederne for etablering af skovlandbrug og gør dem afhængige af at købe rådgivning.

Se også Yang (2020) for en undersøgelse af jordbrugernes opfattelser af skovlandbrug og regler i Danmark og Sydsverige.

5 Konklusion

Forfattere: Martin Jensen og Tommy Dalgaard

Potentiale og perspektiver for fremtidig udvikling af skovlandbrug i dansk økologisk landbrug.

Skovlandbrug og økologisk jordbrug vurderes generelt at have overlappende mål og interesser i relation til bæredygtige produktionsmetoder bl.a. i forhold til miljø-, klima- og biodiversitetsaspekter. På flere områder kan SL potentielt bidrage til at øge effekterne yderligere og integrationen af SL med økologi kan derfor potentielt blive en dyrkningsmæssig spydspids for, hvor bæredygtig dansk landbrug kan blive.

SL har på nogle områder potentiale til at bidrage til løsning af de særlige udfordringer i økologien, som bl.a. er afledt af de økologiske regler, f.eks. bidrag til reduktion af belastning med kvælstof (N) og fosfor (P) i systemer med udegående grise og fjerkræ, men også udfordringer i økologien med store negative drivhusgasbalancer bl.a. hos udegående husdyr. For især kvæg og andre drøvtyggere, kan bedriftens drivhusgas balance potentielt forbedres (mindre emission) hvis kulstofbinding i SL-træer over og under jorden kan indgå. Forskningen peger desuden på, at SL-systemer potentielt kan give markante positive effekter i forhold til reduktion af tab af N og P fra landbrugsjord via bedre håndtering af nedbør og via optag i træerne.

SL implementeret i et optimeret design i forhold til indhold, omfang og placering i landbrugslandskabet vurderes at have et stort potentiale til at bidrage til at tilbageholde, forsinke og reducere gasformige emissioner (f.eks. ammoniak fra husdyrenes gødning) og overfladeafløb af ekstrem nedbør, som både kan forbygge erosionskader på landbrugsarealet, men også vil have betydning for risikoen for oversvømmelse på nedstrøms arealer. En reduceret vanderosion betyder, at jordens indhold af organisk materiale, N og P, som vigtige dyrknings-ressourcer, ikke tabes så nemt fra landbrugsarealerne, og i mindre grad belaster vandmiljøet.

Hvis SL-systemer optimeres i forhold til biodiversitet, vil det desuden kunne øge arts- og habitatvariationen markant i forhold til almindelig økologisk jordbrugsproduktion, og her vil økologiens forbud mod pesticider give mulighed for, at træplantninger giver fuld effekt i forhold til biodiversitet. Den uforstyrrede jord under træerne medvirker til at opnå et højt indhold af jordboende organismer, som har stor positiv effekt på jordens struktur, porøsitet, beluftning og infiltrations- og dræningsegenskaber, som samlet øger jordens frugtbarhed.

SL-systemer kan via skygge- og læeffekter bidrage til fremtidig tilpasning til ekstremer i relation til høje temperaturer, hvor træer især kan reducere temperaturbelastningen for udegående husdyr, men også skabe læ i efterår og vinterperiode og dermed sikre bedre dyrevelfærd på friland. Træplantninger i landskabet, kan desuden betyde at konsekvenser af forventede fremtidige, flere og voldsommere storme bliver mindre på afgrøder.

Grundideen i SL er at udnyttelsen af det tredimensionelle dyrkningsrum, sammen med komplementariteten af forskellige afgrøders ressourcebehov i tid og sted, giver potentiale for merproduktion på SL-arealer sammenlignet med rene monokulturer. For at realisere dette potentiale er der behov for meget mere og specifik viden om konkurrenceforhold og synergimuligheder mellem afgrøder og træplantninger. I nogle systemer og kombinationer af arter tyder det på, at det er muligt at opnå en betydelig merproduktion under visse betingelser. Der er et stort behov for viden om konkurrence- og synergiaspekter under danske forhold med de lys-, klima- og jordbundsmæssige betingelser, der findes og tilpasset til et højt mekaniseret økologisk jordbrug.

Merproduktion i SL kan ikke altid omsættes til økonomisk merværdi, og det er derfor af stor betydning hvilke SL systemer, samt hvilke arter og afgrøder, der anvendes, for at sikre økonomiske fordele af SL; både på kort sigt, men også i forhold til en øget produktionsmæssig og økonomisk robusthed set over en længere år-række. Økonomisk konkurrenceevne af SL er generelt relativt lidt undersøgt, og foreløbige internationale undersøgelser tyder på, at SL i ren produktion uden tilskud har svært ved at konkurrere, men at nogle typer af SL med særlige karakteristika, ser ud til at være mere økonomisk interessante end andre. Ydes der tilskud til SL, enten grundbetaling eller specielle afgrødetilskud, kan konkurrenceevnen forbedres, men først ved tilskud/betaling for positive- eller afbødede negative eksternaliteter, i form af diverse økosystemtjenester, biodiversitet, CO2 betaling etc., bliver SL generelt konkurrencedygtig med almindeligt landbrug. Der er derfor et stort behov for at udvikle viden om, hvordan disse økosystemtjenester bedst kan opnås i praksis, og værdisætte disse økosystemtjenester og dermed gøre det økonomisk rentabelt for landmanden som arealforvalter at investere i de mest fordelagtige former for skovlandbrug.

Økonomien er generelt den vigtigste barriere for etablering af SL, også inden for økologisk jordbrug. Relativ høje investeringer i starten til træplantninger, og forsinket høst fra træerne og dermed langsom tilbagebetaling, udfordrer landmanden i beslutningen om at etablere SL eller ej. Manglende viden om en række praktiske og komplekse aspekter; f.eks. vedrørende nye arter, optimale match af arter og afgrøder, udfordrer jordbrugeren i beslutningsprocessen. Men også regulatoriske aspekter, kan opfattes som barrierer for landmanden, der ser regler som restriktive, komplekse at anvende og ufleksible for ændringer over tid. Alt dette udfordrer landmanden i forhold til at etablere SL systemer.

Samlet kan implementering af SL i Danmark, herunder i økologisk jordbrug, give mulighed for at opnå en række attraktive effekter og udvikle løsninger, som er efterspurgt af både jordbrugeren, forbrugeren og samfundet som sådan. Dette kan omfatte mål som forbedret produktivitet i økologien, og en generel øget økonomisk konkurrenceevne af dansk økologi, samt i høj grad målet om at levere en lang række økosystemtjenester af værdi for samfund og forbruger.

For at kunne opnå disse fordele med de mest kosteffektive metoder, og med størst formålseffekt, er der behov for meget mere forskning og udvikling relateret til specifikke danske forhold og de forskellige formål med SL, således at kritisk videnbehov vedrørende fremtidig implementering af SL kan dækkes. Herunder er behovet for vidensbaseret undervisning, formidling og rådgivning inkl. udvikling af beslutningsstøttesystemer afgørende for at støtte de praktiske jordbrugere i valg vedrørende SL. Den samlede forskning- og udviklingsindsats fremover vil afgøre om SL vil udvikle sig til en lille niche primært for pionerer eller SL kan udvikle sig til en dyrkningsform der får væsentlig betydning for dansk jordbrug, herunder økologisk jordbrug, via markante bidrag til samfundsefterspurgte økosystemtjenester.

6 Referencer

- Aertsens, J., Nocker, L., De, Gobin, A., (2013) Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. *Land Use Policy* 31, 584-594.
- Alam, M., Olivier, A., Paquette, A., Dupras, J., Revéret, J.-P., Messier, C., 2014. A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforestry Systems* 88, 679-691. DOI 10.1007/s10457-014-9681-x.
- Andersen MN, Adamsen AP, Lærke PE, Larsen SU, Jørgensen U, Olesen JE, Ma-nevski K, Bay SS, Hutchings NJ, Hansen EM, Munkholm LJ, Børgesen CD, Thom-sen IK, Elsgaard L, Petersen SO, Toda M, Ntinyari W, Sørensen P, Audet J, Krogh PH, Bruus M, Blicher-Mathiesen G, Kronvang B, Zak D, Andersen TA, Albrektsen R, Gyldenkærne S, Callisen LW, Mikkelsen MH, Winding A, Sapkota R, Dalby FR, Kai P, Jensen M, Nørremark M, Børsting CF, Lund P, Kjeldsen MH, Maigaard M, Amorim Franchi G, Jensen MB, Villumsen TM, Hansen MJ, Kristensen, HL, Nør-gaard, JV, Bouquet A, Buitenhuis A, Nielsen HM. 2024. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget - 2024. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. 375 sider. Leveret: 10.06.2024
- Andersen MN (red.), Olesen JE, Holst N, Skovgaard H, Kudsk P, Jørgensen LN, Børgesen CD, Munkholm LJ, Iversen BV, Gregersen PL, Holme I, Brinch-Pedersen H, Kongsted AG, Børsting CF, Sørensen JT, Henriksen B, Callesen H, Woyengo T, Ejrnæs R, Fløjgaard C, Krogh PH, Willumsen TM, Adamsen AP, Rasmussen MD, Guldborg LB, Rong L. (2023). Vidensyntese om klimatilpasning og landbrug. 123 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 23.08.2023.
- Andersen, H M-L, AG Kongsted, M Jakobsen, (2020) Pig elimination behaviour: A review. *Applied animal behaviour science*, 222. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104888>
- Artru, S., Garré, S., Dupraz, C., Hiel, M. P., Blitz-Frayret, C., & Lassois, L. (2017). Impact of spatio-temporal shade dynamics on wheat growth and yield, perspectives for temperate agroforestry. *European Journal of Agronomy*, 82, 60-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.004>
- Benhamou, C., Salmon-Monviola, J., Durand, P., Grimaldi, C., & Merot, P. (2013). Modeling the interaction between fields and a surrounding hedgerow network and its impact on water and nitrogen flows of a small watershed. *Agricultural Water Management*, 121, 62-72.
- Beule, L., Vaupel, A., Moran-Rodas, V.E. (2022). Abundance, Diversity, and Function of Soil Microorganisms in Temperate Alley-Cropping Agroforestry Systems: A Review. *Microorganisms*. 2022 Mar; 10(3): 616 <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030616>
- Biffi S, Chapman PJ, Grayson RP, Ziv G (2022) Soil carbon sequestration potential of planting hedgerows in agricultural landscapes. *Journal of Environmental Management* 307:114484
- Birk, JR (2021) Skovlandbrug som klimatilpasningsmiddel. Innovationscenter for Økologisk Landbrug. Katalog
- Blackshaw, J. K. & Blackshaw, A. W. 1994 Shade-seeking and lying behaviour in pigs of mixed sex and age, with access to outside pens. *Applied Animal Behaviour Science*, 39, 249-257.

- Buckner, L. J., Edwards, S. A. & Bruce, J. M. 1998. Behaviour and shelter use by outdoor sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 57, 69-80.
- Burgess, P.J., Rosati, A. (2018) Advances in European agroforestry: results from the AGFORWARD project. *Agroforest Syst* 92, 801–810. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0261-3>
- Bruun, H. H., Brunbjerg, A. K., Dalby, L., Fløjgaard, C., Frøslev, T. G., Haarder, S., Heilmann-Clausen, J., Høye, T. T., Læssøe, T., Ejrnæs, R. (2022). Simple attributes predict the value of plants as hosts to fungal and arthropod communities. *Oikos*, 2022, e08823.
- CAP Strategic Plans (2023-2027), 2023) <https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-06/approved-28-cap-strategic-plans-2023-27.pdf>
- Cardinael, R., Chevallier, T., Cambou, A., Béral, C., Barthès, B. G., Dupraz, C., ... & Chenu, C. (2017) Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: a survey of six different sites in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 236, 243-255.
- Cardinael, R., Umulisa, V., Toudert, A., Olivier, A., Bockel, L., & Bernoux, M. (2018) Revisiting IPCC Tier 1 coefficients for soil organic and biomass carbon storage in agroforestry systems. *Environmental Research Letters*, 13(12), 124020.
- Cardinael, R., K. Hoeffner, C. Chenu, T. Chevallier, C. Béral, A. Dewisme, and D. Cluzeau. (2019) Spatial variation of earthworm communities and soil organic carbon in temperate agroforestry. *Biology and fertility of soils* 55:171-183.
- Carpenter, D. J., Mathiassen, S.K., Boutin, C., Strandberg, B., Casey, C.S., Damgaard, C.. (2020) Effects of herbicides on flowering. *Environ. Toxicol. Chem.* 39, 1244–1256. <https://doi.org/10.1002/etc.4712> (2020)
- Carrier M, Rhéaume Gonzalez F A, Cogliastro A, Olivier A, Vanasse A and Rivest D 2019 Light availability, weed cover and crop yields in second generation of temperate tree-based intercropping systems F. *Crop. Res.* 239 30–7 Online: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.05.004>
- Chatterjee, N., Nair, P. R., Chakraborty, S., & Nair, V. D. (2018). Changes in soil carbon stocks across the Forest-Agroforest-Agriculture/Pasture continuum in various agroecological regions: A meta-analysis. *Agriculture, ecosystems & environment*, 266, 55-67.
- Christen B and Dalgaard T (2013) Buffers for biomass production in temperate European agriculture: A review and synthesis on function, ecosystem services and implementation. *Biomass and Bioenergy* 55 (2013) 53-67.
- Christensen, B.T., og Olesen, J.E. (2018) Estimering af kulstoflagringsværdier på afgrødeniveau for økologiske bedrifter. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 25-9-2018. Journal nr. 018-760-000727. 4 s. https://pure.au.dk/portal/files/133365580/Besvarelse_ver_2_Kulstoflagring_kologi.pdf
- Cotrufo, M.F., Lavellee, J. M. (2022). Chapter One - Soil organic matter formation, persistence, and functioning: A synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration, *Advances in Agronomy*, doi: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.11.002>
- Dalgaard et al 2020 Scenarier for skovlandbrug i Danmark - effekter på miljø, klima og biodiversitet, del 2, DCA rapport

- Dalgaard T, Fredshavn J, Heckrath G, Kristensen IS, Kristensen T, Munkholm L, Taghizadeh-Toosi A (2016) Effects of green measures in the EU 2015 agricultural reform including crop diversification, permanent grassland management and the related impacts on climate and environment in Denmark. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. http://pure.au.dk/portal/files/101234799/Effects_of_green_measures_in_the_EU_2015_agricultural_reform030616.pdf. Journal nr. 145419, 3. juni 2016. 29 p.
- Dauby V, Venn R, Wright J, Schmutz U og Migliorini P (2024, in prep.) Transforming Landscapes with Agroforestry. Agromixproject.eu White paper.
- den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, R. M., Palma, J. H., Sidiropoulou, A., Freijanes, J. J. S., ... & Papanastasis, V. P. (2017). Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 241, 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>
- Donat, M., Geistert, J., Grahmann, K., & Bellingrath-Kimura, S. D. (2023). Orientation of tree rows in alley cropping systems matters–The “ShadOT” modelling tool for tree growth and shading effects. *MethodsX*, 11, 102282. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102282>
- Drexler, S., Gensior, A., Don, A. (2021). Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. *Regional Environmental Change*, 21(3), 74.
- Dupraz, C., Liagre, F., 2008. *Agroforesterie: des arbres et des cultures*. France Agricole Editions 413 p.
- Dupraz, C., Blitz-Frayret, C., Lecomte, I., Molto, Q., Reyes, F., & Gosme, M. (2018). Influence of latitude on the light availability for intercrops in an agroforestry alley-cropping system. *Agroforestry Systems*, 92, 1019-1033.
- Dupraz, C., Wolz, K. J., Lecomte, I., Talbot, G., Vincent, G., Mulia, R., Bussi re, F., Ozier-Lafontaine, H., Andrianarisoa, S., Jackson, N., Lawson, G., Dones, N., Sinoquet, H., Lusiana, B., Harja, D., Domenicano, S., Reyes, F., Gosme, M., and Van Noordwijk, M. (2019). Hi-sAFe: A 3D Agroforestry Model for Integrating Dynamic Tree–Crop Interactions. *Sustainability* 11, 2293
- Edo, M., Entling, M.H., R sch, V. (2024). Agroforestry supports high bird diversity in European farmland. *Agron. Sustain. Dev.* 44, 1 <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00936-2>
- Elrys, A.S., Uwiragiye, Y., Zhang, Y. et al. (2023). Expanding agroforestry can increase nitrate retention and mitigate the global impact of a leaky nitrogen cycle in croplands. *Nat Food* 4, 109–121 <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00657-x>
- EU CAP (2023) Approved 28 CAP Strategic Plans (2023-2027) Summary overview for 27 Member States. <https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-06/approved-28-cap-strategic-plans-2023-27.pdf>
- European Agroforestry Federation. <https://euraf.net/>
- European Agroforestry Federation (2024) Brno Agroforestry Declaration - 31st May 2024. Knowledge and actions needed on agroforestry for landscape features and tree production in Europe. 7th European Agroforestry Congress. Brno, Czechia. 1-5.
- European parliament Briefing (2020) Agroforestry in the EU: Briefing. [https://www.europarl.europa.eu/Reg-Data/etudes/BRIE/2020/651982/EPRS_BRI\(2020\)651982_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/Reg-Data/etudes/BRIE/2020/651982/EPRS_BRI(2020)651982_EN.pdf)

- FAO-FRA (2023) <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a6e225da-4a31-4e06-818d-ca3aeafd635/content#:~:text=other%20wooded%20land-,FOREST,agricultural%20or%20urban%20land%20use.>
- Feliciano, D., Ledo, A., Hillier, J., & Nayak, D. R. (2018). Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions?. *Agriculture, ecosystems & environment*, 254, 117-129.
- Feyera, T. and Theil, P.K. 2017. Energy and lysine requirements and balances of sows during transition and lactation: A factorial approach, *Livestock Science* 201: 50-57.
- Foereid, B., Bro, R., Mogensen, V. O., & Porter, J. R. (2002). Effects of windbreak strips of willow coppice—modelling and field experiment on barley in Denmark. *Agriculture, ecosystems & environment*, 93(1-3), 25-32.
- Fogsgaard, K. K., Gaillard, C. & Christensen, J. W. 2017. Do cattle, sheep and horses need shade during summer in Denmark? DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Aarhus Universitet.
- García de Jalón, S., Burgess, P. J., Graves, A., Moreno, G., McAdam, J., Pottier, E., ... & Vityi, A. (2018). How is agroforestry perceived in Europe? An assessment of positive and negative aspects by stakeholders. *Agro-forestry Systems*, 92(4), 829-848.
- Ghaley, B. B., & Porter, J. R. (2014). Determination of biomass accumulation in mixed belts of *Salix*, *Corylus* and *Alnus* species in combined food and energy production system. *Biomass and bioenergy*, 63, 86-91.
- Ghaley, B. B., Vesterdal, L., & Porter, J. R. (2014). Quantification and valuation of ecosystem services in diverse production systems for informed decision-making. *Environmental Science & Policy*, 39, 139-149.
- Golicz, K., Bellingrath-Kimura, S., Breuer, L., & Wartenberg, A. C. (2022). Carbon accounting in European agroforestry systems—Key research gaps and data needs. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100134.
- Gosme, M., Dufour, L., Inurreta, Aguire, H. D. & Dupraz, C. 2016. Microclimatic effect of agroforestry on diurnal temperature cycle. 3. European Agroforestry Conference (EURAF 2016). Montpellier, France
- Grant, R. F., Kinch, T. A., Bradley, R. L., Whalen, J. K., Cogliastro, A., Lange, S. F., ... & Parsons, W. F. (2017). Carbon sequestration vs. agricultural yields in tree-based intercropping systems as affected by tree management. *Canadian Journal of Soil Science*, 97(3), 416-432.
- Graves, A. R., Burgess, P. J., Palma, J. H., Herzog, F., Moreno, G., Bertomeu, M., ... & de Nooy, A. K. (2007). Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. *Ecological Engineering*, 29(4), 434-449.
- Gross C.D., Bork E.W., Carlyle C.N., Chang S.X. (2022). Agroforestry perennials reduce nitrous oxide emissions and their live and dead trees increase ecosystem carbon storage, *Global Change Biology*, doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.16322>

- Guenet, B., Gabrielle, B., Chenu, C., Arrouays, D., Balesdent, J., Bernoux, M., ... & Zhou, F. (2021). Can N₂O emissions offset the benefits from soil organic carbon storage?. *Global Change Biology*, 27(2), 237-256.
- Gundersen, P. (2008) Nitratudvaskning fra skovarealer – model til risikovurdering. Arbejdsrapport nr 46, Skov og Landskab, Hørsholm, 43 pp. Skov og Landskab, Københavns Universitet.
- Gundersen, P., Schmidt, I.K., Raulund-Rasmussen, K. (2006) Leaching of nitrate from temperate forests – effects of air pollution and forest management. *Environmental Reviews*, 14, 1-57.
- Gyldenkærne, S., Münier, B., Olsen, J.E., Olesen, S.E., Petersen, B.M. & Christensen, B.T. 2005: Opgørelse af CO₂-emissioner fra arealanvendelse og ændringer i arealanvendelse. LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry). Metodebeskrivelse samt opgørelse for 1990 – 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 81 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 213. <http://arbejdsrapporter.dmu.dk>.
- Gyldenkærne, S. & Greve, M.H. 2020. Bestemmelse af drivhusgasemissionen fra lavbundslande. Version 3.0. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 46 s. - Videnskabelig rapport nr. 384. <http://dce2.au.dk/pub/SR384.pdf>
- Hedemand, T., Strandberg, M. (2009) Pesticiders påvirkninger i naturen. Miljøbiblioteket 15, <https://www2.dmu.dk/pub/mb15.pdf>
- Heilmann-Clausen, J., Bruun, H.H., Petersen, A.H., Riis-Hansen, R., Rahbek, C. (2020) Forvaltning af biodiversitet i dyrket skov. *Biofolia – Samfundslitteratur*.
- Hernández-Morcillo, M., Burgess, P., Mirck, J., Pantera, A., & Plieninger, T. (2018). Scanning agroforestry-based solutions for climate change mitigation and adaptation in Europe. *Environmental Science & Policy*, 80, 44-52.
- Herzog, F. (1998). Streuobst: a traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe. *Agroforestry systems*, 42(1), 61-80.
- Horak, J., Peltanova, A., Podavkova, A., Safarova, L., Bogusch, P., Romport, D., Zasadil, P. (2013) Biodiversity responses to land use in traditional fruit orchards of a Rural agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 178 (2013) 71– 77.
- Horsted, K., AG Kongsted, U Jørgensen, J Sørensen (2012) Combined production of free-range pigs and energy crops – animal behaviour and crop damages. *Livestock Sci* 15: 200-208
- Howlett, D., Mosquera-Losada, M.R., Nair, P.K., Rigueiro-Rodríguez, (2011). Soil carbon storage in silvopastoral systems and a treeless pasture in northwestern Spain. *J. Environ. Qual.* 40 (3), 825–832. [http://refhub.elsevier.com/S0264-8377\(17\)31067-0/sbref0105](http://refhub.elsevier.com/S0264-8377(17)31067-0/sbref0105)
- Ivezic, V., Yu, Y., & Werf, W. (2021). Crop yields in European Agroforestry System: A Meta-Analysis. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 1-13
- IPCC (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* ed V Masson-Delmotte, P Zhai, A Pirani, S L Connors, C Péan, S Berger, N Caud, Y Chen, L Goldfarb, M I Gomis, M Huang, K Leitzell, E Lonnoy, J B R Matthews, T K Maycock, T Waterfield, O Yelekçi, R Yu and B Zhou (Cambridge University Press)

- Jacobsen, N.M. og Jensen, M. (2021) Skovlandbrug som klimatilpasning i forbindelse med øget nedbør. Notat, PAF projekt: Skovlandbrug som middel til klimatilpasning. 1-2.
- Jacobsen, N.M., Jensen, M., Jørgensen, U. (in prep) Agroforestry buffers as adaptation to extreme rainfall in Northern Europe: Review. 1-18.
- Jakobsen, M. (2018) Integrating foraging and agroforestry into organic pig production – environmental and animal bebefits. PhD Thesis. Science and Technology. Department of Agroecology, section for Agricultural Systems and Sustainability
- Jamar, L., Rondia, A., Lateur, M., Minet, L., Froncoux, A., & Stilmant, D. (2016). Co-design and establishment of innovative fruit-based agroforestry cropping systems in Belgium. In International Symposium on Innovation in Integrated and Organic Horticulture (INNOHORT) June 2015. Acta Horticulturae, 1137, 347-350
- Jensen, M., Kongsted, A.G., Krogh, P.H., Pedersen, H.L., Bertelsen, M.B. og Jørgensen, M. (2019) Effekt af skovlandbrug på miljø, klima og biodiversitet. (upubliceret baggrundsnotat).
- Jensen, M., Kongsted, A.G., Krogh, P.H., Pedersen, H.L., Bertelsen, M.G. og Jørgensen, U. (2019) Effekt af skovlandbrug på miljø, klima og biodiversitet – del 1, 1-5, DCA -Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Århus Universitet, 28 februar 2019. 5 s.
- Jensen M, Kongsted AG, Strandberg MT, Jørgensen U. 2023. Beskrivelser af skovlandbrug. 43 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.
- Jensen M, Larsen SU, Strandberg MT, Jørgensen U. 2024. Klimaeffekter af skovlandbrug. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. 38 sider. Leveret: 26.01.2024.
- Jensen M, Strandberg MT, Rasmussen C, Dalgaard T. (2022). Faglig vurdering af mulige nye træarter til lavskov med kort omdriftstid. 27 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 25/4 2022.
- Jose, S. (2012) Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. *Agroforestry Systems* 85(1), 1-8.
- Jose S. and Holzmueller, E.J. (2021) Tree–Crop Interactions in Temperate Agroforestry. In Book Editor(s):Harold E. “Gene” Garrett, Shibu Jose, Michael A. Gold. *North American Agroforestry*. ISBN:9780891183778. American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.1002/9780891183785.ch4>
- Jørgensen, R.H. (2023) Robust – skovlandbrug: notat. Praktiske erfaringer med skovlandbrug. 1–101. KU.
- Jørgensen, U., Lærke, P.E. og Ejrnæs.R. (2019). Vurdering af omdriftstid på lavskov. Notat 8/6 2019 Rådgivningsnotat fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug.
- Jørgensen U., Thuesen J., Eriksen J., Horsted K., Hermansen J.E., Kristensen K., Kongsted A.G. (2018) Nitrogen distribution as affected by stocking density in a combined production system of energy crops and free-range pigs. *Agroforestry Systems* 92: 987–999

- Jørgensen, J.R., Dalgaard, T., Enni, J.A., Horsted, K., Ingvorsen, B., Jakobsen, M., Jensen, E.H., Kongsted, A.G., Thorsøe, M.H., Kristensen, H.L., Pedersen, L.J., Pedersen, T.M., Rasmussen, C., Trkulja, I. (2024) Regenerativt landbrug i økologisk Jordbrug – en vidensyntese. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.
- Kajtoch, L. 2017. The importance of traditional orchards for breeding birds: The preliminary study on Central European example. *Acta Oecologica* Vol 78, 53-60.
- Kay, S., Graves, A., Palma, J. H., Moreno, G., Roces-Díaz, J. V., Aviron, S., ... & Herzog, F. (2019). Agroforestry is paying off—Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems. *Ecosystem services*, 36, 100896. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100896>
- Kay, S., Rega, C., Moreno, G., den Herder, M., Palma, J. H., Borek, R., ... & Herzog, F. (2019). Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land use policy*, 83, 581-593.
- Kennedy, C.E.J., Southwood, T.R.E. (1984) The number of species of insects associated with British trees: a reanalysis. *J Anim Ecol*, 53, 455-478
- Kim, D. G., Kirschbaum, M. U. F., & Beedy, T. L. (2016). Carbon sequestration and net emissions of CH₄ and N₂O under agroforestry: Synthesizing available data and suggestions for future studies. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 226, 65–78.
- Kjær, C., Strandberg, M., Erlandsen, M. (2004) Effekten af sprøjtemiddeldrift på buske og træer i læhegn - Bær som indikator for biodiversitetsforandringer. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 92 2004
- Kjær, C., Strandberg, M., Erlandsen, M. (2006) Metsulfuron spray drift reduces fruit yield of hawthorn (*Crataegus monogyna*) L. *Sci Total Environ* 356, 228-234.
- Kjær, C., Bruus, M., Bossi, R., Lofstrom, P., Andersen, H.V., Nuyttens, D., Larsen, S.E. (2014) Pesticide drift deposition in hedgerows from multiple spray swaths. *J. Pestic. Sci.*, 39, 14-21.
- Kleijn, D., Winfree, R., Bartomeus, I., et al. (2015) Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications* 6, 1-8.
- Kongsted, AG, L Lambertsen, M Jakobsen, JE Hermansen, H M-L Andersen, C Markussen, S Kyed, S Erik-sen, T Serup, U Jørgensen (2018). Træer i svinefolde. DCA rapport nr. 132.
- Kongsted, AG, BF Petersen, IS Kristensen, T Kristensen, J Eriksen (2019). Miljøpåvirkning fra udendørs hold af grise – folddriftspraksis og næringsstofbalancer. DCA 2019. Miljøpåvirkning fra udendørs hold af grise - Del 1 - Forskning - Aarhus Universitet
- Kongsted, A.G. & Jensen, M., 2020. Grøn træbiomasse som foderbidrag. Internt notat i projektet "Skovlandbrug som middel til klimatilpasning".
- Kongsted, AG, BF Petersen, IS Kristensen, J Eriksen, T Kristensen (2020). Miljøpåvirkning fra udendørs hold af grise – Del 2. DCA 2020. Miljøpåvirkning fra udendørs hold af grise – Del 2 - Forskning - Aarhus Universitet
- Kongsted, A.G. Andersen, H.M.L. & Jensen, M, 2021a, Effekt af træer på udegående husdyrs muligheder for termoregulering. Internt notat i PAF projekt "Skovlandbrug som middel til klimatilpasning".

- Kongsted, A.G., AS Nielsen, N.M. Jacobsen (2021)b. MIXED Backcasting workshop within the Danish Network Team – Network 1 Agroforestry in organic livestock production. Internal project report in the MIXED project MIXED - projects.au.dk
- Kongsted, A.G., Larsen, S.U., Jensen, L.E., Horsted, K., Eskildsen, M. 2024. Green willow biomass as feed source for pigs (abstract accepted for EAAP 2024).
- Konnerup D, Nørremark M, Jensen M. 2022. Miljøpositivliste for producentorganisationers driftsfonde til støt-
teberettigede teknologier til frugt- og grøntsagssektoren 2022. 32 sider. Rådgivningsrapport fra DCA
– Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 11.10.22
- Kort, J. (1988). 9. Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*,
22, 165-190.
- Kristensen, T., Eriksen, J., Johansen, M., Weisbjerg, M.R. (2020a). Management af græs og græsning i økolo-
giske besætninger afhængig af klimatiske forhold. Aarhus Universitet. [https://pure.au.dk/portal/en/persons/troels-kristensen\(0bcc12e6-8323-497a-bf1d-7e9a8e9e9e84\)/publications/management-af-graes-og-graesning-i-oekologiske-besaetninger-afhaengig-af-klimatiske-forhold\(407de645-3134-4000-b2ad-dfc2208db513\).html](https://pure.au.dk/portal/en/persons/troels-kristensen(0bcc12e6-8323-497a-bf1d-7e9a8e9e9e84)/publications/management-af-graes-og-graesning-i-oekologiske-besaetninger-afhaengig-af-klimatiske-forhold(407de645-3134-4000-b2ad-dfc2208db513).html)
- Krogh, P. H., U. Jørgensen, and A. Berg Olsen. (2018) Earthworm short-term response to dairy wastewater applied to a Salix plantation. Poster at CBIO seminar: New possibilities for interdisciplinary research, industrial cooperation and knowledge exchange in the circular bioeconomy. Aarhus Universitet, Foulum.
- Köthke, M., Ahimbisibwe, V., Lippe, M., 2022. The evidence base on the environmental, economic and social outcomes of agroforestry is patchy—an evidence review map. *Front. Environ. Sci.* 10, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.925477>
- Landbrugsstyrelsens LandbrugsGIS for 2024
- Landbrugsstyrelsens Vejledning om grundbetaling og tilskudsberettigede arealer 2024. https://lbst.dk/file-admin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tilskud/Arealtilskud/Direkte_stoette_-_grundbetaling_mm/2024/Vejledning_om_grundbetaling_og_tilskudsbertettigede_arealer_2024.pdf
- Larsen, S.U. (2022) Pil og Poppel som foder til frilandsgrise. Notat i OUTFIT projektet.
- Larsen, S.U., Hestbjerg, H., Kongsted, A.G. og Jørgensen, U. (2024) Biomass yield and nutrient removal from outdoor pig systems when harvesting willow and poplar as green biomass for feed. Proceedings of the XXII International Nitrogen Workshop: Resolving the Global Nitrogen Dilemma - Opportunities and Challenges, 17th – 21th June 2024 Aarhus 2024. Book of abstracts, 369.
- Larsen, S.U., Lærke, P.E., Jørgensen, U. (2020). Harvest of green willow biomass for feed – effects of harvest time and frequency on yield, nutrient concentration, silage quality and regrowth. *Acta Agric Scand, Sect B* 70: 532-540
- Larsen S.U., Pedersen J, Hinge J, Rasmussen H.K., Damgaard C, Jørgensen U, Lærke P.E., Knudsen M.T., De Rosa M, Hermansen J.E., Jørgensen K, Holbeck H.B., Løbner R, Eide T, Birkmose T.S., (2015). Kortlægning af potentiale og barrierer ved energipil. *Energistyrelsen*. 161 s.

- Lauri PÉ, Mézière D, Dufour L, Gosme M, Simon S, Gary C , Jagoret P , Wery J , Dupraz C. (2016) FRUIT Trees in agroforestry systems – review and prospects for the temperate and mediterranean zones. 3rd European Agroforestry Conference, Montpellier, 23-25 May 2016 Innovations in agroforestry (oral) Abstract number 33106.
- Lawson, G. (den 14 04 2023). Agroforestry definitions in the new CAP. EURAF: <https://zenodo.org/record/7828435>
- Levin, G., Angelidis, I. & Gyldenkerne, S. (2020). Assessment of change in biomass from 2006 to 2014/2015 of non-forest woody vegetation in Denmark. Technical documentation. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 30 pp. Technical Report No. 178. <http://dce2.au.dk/pub/TR178.pdf>
- Lin, H., Jiao, H., Buyse, J. & Decuyper, E. 2006. Strategies for preventing heat stress in poultry. *Worlds Poultry Science Journal - World Poultry SCI J*, 62, 71-85.
- Litza K (2002) The vegetation of hedgerows in changing landscapes - past and present patterns. Universität Bremen, PhD thesis, Germany, p 145
- Lohmus, K., Paal, T., Liira, J. (2014). Long-term colonization ecology of forest-dwelling species in a fragmented rural landscape – Dispersal versus establishment. *Ecology and Evolution* 4, 3113–3126. <https://doi.org/10.1002/ece3.1163>
- Luske, B., Altinalmazis Kondylis A., Roelen S., (2017). Fodder trees for micronutrient supply in grass-based dairy system. <http://www.agforward.eu/index.php/en/fodder-trees-for-cattle-and-goats-in-the-nether-lands.html>
- Luske B., Meir, I. Van, Altinalmazis Kondylis, A., Roelen, S, Van Eekeren, N., (2017b). Online fodder tree database for Europe. Louis Bolk Institute and Stichting Duinboeren, The Netherlands. <https://www.voederbomen.nl/nutritionalvalues/>
- Madindeks (2023)
- Manevski, K., Jakobsen, M., Kongsted, A.G., Georgiadis, P., labouriau, R., Hermansen, J.E. og Jørgensen, U. (2019). Effect of poplar trees on nitrogen and water balance in outdoor pig production –A case study in Denmark. *Science of the total environment*, 646, 1448-1458 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.376>
- Martini E, Nguyen HT, Mercado Jr AR, Finlayson RF, Nguyen TQ, Catacutan DC, Triraganon R. 2020. Practitioner's field guide: agroforestry for climate resilience. Bogor, Indonesia: World Agroforestry (ICRAF); Bangkok, Thailand: RECOFTC
- Mayer, P. M., Reynolds Jr, S. K., McCutchen, M. D., & Canfield, T. J. (2007). Meta-analysis of nitrogen removal in riparian buffers. *Journal of environmental quality*, 36(4), 1172-1180.
- Mayer, S., Wiesmeier, M., Sakamoto, E., Hubner, R., Cardinael, R., Kunhnel, A., & Kögel-Knabner, I. (2022). Soil organic carbon sequestration in temperate agroforestry systems - A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1-10.

- McAdam, J. H., Burgess, P. J., Graves, A. R., Rigueiro-Rodríguez, A., & Mosquera-Losada, M. R. (2009). Classifications and functions of agroforestry systems in Europe. In *Agroforestry in Europe* (pp. 21-41). Springer, Dordrecht.
- Mettauer, R., Beule, L., Bednar, Z., Godinot, O., Le Cadre, E. (2024). Influence of two agroforestry systems on the nitrification potential in temperate pastures in Brittany, France. *Plant Soil* 494, doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06309-8>
- Morhart, C. D., Douglas, G. C., Dupraz, C., Graves, A. R., Nahm, M., Paris, P., ... & Spiecker, H. (2014). Alley coppice—a new system with ancient roots. *Annals of Forest Science*, 71(5), 527-542.
- Moreno, G., Aviron, S., Berg, S., Crous-Duran, J., Franca, A., de Jalón, S. G., ... & Paulo, J. A. (2018). Agroforestry systems of high nature and cultural value in Europe: provision of commercial goods and other ecosystem services. *Agroforestry systems*, 1-15
- Mosquera-Losada, M. R., Santiago-Freijanes, J. J., Rois-Díaz, M., Moreno, G., den Herder, M., Aldrey-Vázquez, J. A., & Rigueiro-Rodríguez, A. (2018). Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Land use policy*, 78, 603-613.
- Mudiyanselage, A.D.E. (2021) Influence of windbreaks on crop yields in the Great Plains. MSc thesis, Department of Horticulture and Natural Resources College of Agriculture, KANSAS STATE UNIVERSITY, Kansas.
- Munkholm, L.J., Hansen, E.M., Melander, B., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Heckrath, G.J., Ravnkov, S., Axelsen, J.A. (2020) Vidensyntese om conservation agriculture. DCA rapport, nr. 177, 2020
- Nicholls, C.I., Altieri, M.A. (2013) Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 257-274
- Nielsen, K.V., Petersen, N. og Andreasen, F.M. (1996) Merudbytte ved læhegn, Forundersøgelser af læhegns indflydelse på udbytter i kornmarker analyseret med GPS udbyttekort. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl. 1-10.
- Nygren P, Fernández MP, Harmand J-M, Leblanc HA (2012) Symbiotic dinitrogen fixation by trees: an underestimated resource in agroforestry systems? *Nutr Cycl Agroecosyst*. doi:10.1007/s10705-012-9542-9
- Olesen et al (2022). Notat om klimaforandringernes betydning for dansk landbrug. DCA. Notat om klimaforandringernes betydning for dansk landbrug - Forskning - Aarhus Universitet (au.dk)
- Oliveira, C. C. D., Almeida, R. G. D., Karvate Junior, N., Villela, S. D. J., Bungenstab, D. J. & Alves, F. V. 2021. Daytime ingestive behaviour of grazing heifers under tropical silvopastoral systems: Responses to shade and grazing management. *Applied Animal Behaviour Science*, 240.
- Olrik, D.C. Westergaard, L.H., Jensen, J.S. og Norrie, J.E. (2002): Design og plantevalg i bredere løvtræslæhegn. Park- og Landskabsserien nr. 35-2002, Skov & Landskab (FSL), Hørsholm, 2002. 58 s. ill
- Pabst, H. Venn, R. and Schmutz, U. (2024) Discussing an EU agroforestry policy agenda for the next Commission: -an AGROMIX and MIXED joint policy presentation. PPT. 7thEURAF, Brno, European Policy, 28th May 2024.

- Palma, J.H.N., Graves, A.R., Bunce, R.G.H., Burgess, P.J., de Filippi, R., Keesman, K.J., van Keulen, H., Liagre, F., Mayus, M., Moreno, G., Reisner, Y., Herzog, F., (2007). Modelling environmental benefits of silvoarable agro-forestry in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.* 119, 320–334.
- Pantera A, Burgess P J, Mosquera Losada R, Moreno G, López-Díaz M L, Corroyer N, McAdam J, Rosati A, Papadopoulos A M, Graves A, Rigueiro Rodríguez A, Ferreiro-Domínguez N, Fernández Lorenzo J L, González-Hernández M P, Papanastasis V P, Mantzanas K, Van Lerberghe P and Malignier N 2018 Agroforestry for high value tree systems in Europe *Agrofor. Syst.* 92
- Paracchini, M. L., Terres, J. M., Petersen, J. E., & Hoogeveen, Y. (2006). Background document on the methodology for mapping High Nature Value farmland in EU27. European Commission Directorate General Joint Research Centre and the European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, 32 pp
- Pardini, A., Mori, S. Rigueiro Rodrigues, A., Mosquera Losada, M. R. (2010). Efecto del arbolado en la producción de pasto y trigo ("Triticum aestivum" L.) ecológicos en la marea toscana (Italia central) Pastos: Revista de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 40:2, 211-223. <https://investigacion.usc.es/documentos/5d1df6d329995204f7679b09?lang=de>
- Pardon, P., Mertens, J., Reubens, B., Reheul, D., Coussement, T., Elsen, A., ... & Verheyen, K. (2020). Juglans regia (walnut) in temperate arable agroforestry systems: effects on soil characteristics, arthropod diversity and crop yield. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 35(5), 533-549.
- Pardon, P., Reubens, B., Mertens, J., Verheyen, K., De Frenne, P., De Smet, G., ... & Reheul, D. (2018). Effects of temperate agroforestry on yield and quality of different arable intercrops. *Agricultural systems*, 166, 135-151.
- Pardon, P., Reubens, B., Reheul, D., Mertens, J., De Frenne, P., Coussement, T., ... & Verheyen, K. (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 98-111.
- Pent, G. J., Greiner, S. P., Munsell, J. F., Tracy, B. F. & Fike, J. H. 2020. Lamb performance in hardwood silvopastures, II: animal behavior in summer. *Transl Anim Sci*, 4, 363-375.
- Pointereau, P., Paracchini, M. L., Terres, J. M., Jiguet, F., Bas, Y., & Biala, K. (2007). Identification of High Nature Value farmland in France through statistical information and farm practice surveys. *JRC Scientific and Technical Reports. EUR*, 22786, 76
- Price, G., and A. Gordon (1999) Spatial and temporal distribution of earthworms in a temperate intercropping system in southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems* 44:141-149.
- Pumariño, L., Weldesemayat, G.S., Gripenberg, S., et al. (2015). Effects of agroforestry on pest, disease and weed control: A meta-analysis. *Basic and Applied Ecology* 16 (7), 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.08.006>
- Quinkenstein A, Wöllecke J, Böhm C, Grünewald H, Freese D, Schneider BU and Hüttl RF (2009) Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environmental Science & Policy* 12, 1112–1121.
- Quandt A., Neufeldt H., Gorman K. (2023) Climate change adaptation through agroforestry: opportunities and gaps. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 60, 101244

- Ramil Brick, E. S., Holland, J., Anagnostou, D. E., Brown, K., & Desmulliez, M. P. Y. (2022). A review of agroforestry, precision agriculture, and precision livestock farming—The case for a data-driven agroforestry strategy. *Frontiers in Sensors*, 3, Article 998928. Advance online publication. <https://doi.org/10.3389/fsens.2022.998928>
- Raskin, B., & Osborn, S. (Eds.). (2019). *The agroforestry handbook: Agroforestry for the UK*. Soil Association Limited.
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F., Palma, J., (2007). Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecol. Eng.* 29, 401–418.
- Santiago-Freijanes, J. J., Pisanelli, A., Rois-Díaz, M., Aldrey-Vázquez, J. A., Rigueiro-Rodríguez, A., Pantera, A., & Mosquera-Losada, M. R. (2018). Agroforestry development in Europe: Policy issues. *Land use policy*, 76, 144-156.
- Santos M., Cajaiba R.L., Bastos R., Gonzalez D. Baki A.P., Ferreira D. Leote P., Silva W.B, Cabral J.A., Gonçalves B., Mosquera-Losada M.R. (2022). Why Do Agroforestry Systems Enhance Biodiversity? Evidence From Habitat Amount Hypothesis Predictions, *Frontiers*, doi: <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.630151>
- Schardey, L. (2021) Walnut – horticultural production and its functionality in agroforestry with respect to juglone challenge, 1-102. Master thesis EUR-Organic, Dept. Food Science, Aarhus University and Hohenheim University.
- Schild, S.-L. A. 2018. Giving birth outdoors: Impact of thermal environment on sows' parturition and piglet survival. PhD, Aarhus University.
- Schild, S.-L. A., Rangstrup-Christensen, L., Bonde, M. & Pedersen, L. J. 2018. The use of a shaded area during farrowing and lactation in sows kept outdoors. *Applied Animal Behaviour Science*, 209, 22-29.
- Sereke F, Graves A R, Dux D, Palma J, Herzog F (2015). Innovative agroecosystem goods and services: key profitability drivers in Swiss agroforestry. *Agron. Sustain. Dev.* 35: 759–770. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-014-0261-2>.
- Serrão, J.E., Plata-Rueda, A., Martínez, L.C., Zanuncio, J.C. (2022) Side-effects of pesticides on non-target insects in agriculture: a mini-review. *The Science of Nature* 109, 17.
- Seufert, V, Ramankutty, N. & Foley, J.A. (2012) Comparing the yields of organic and conventional Agriculture. *Nature*. 485, 229-235. www.nature.com/doi/10.1038/nature11069
- Shi, L., Feng, W., Xu, J., & Kuzyakov, Y. (2018). Agroforestry systems: Meta - analysis of soil carbon stocks, sequestration processes, and future potentials. *Land degradation & development*, 29(11), 3886-3897.
- Shrestha, B., Chang, S., Bork, E., & Carlyle, C. (2018). Enrichment planting and soil amendments enhance carbon sequestration and reduce greenhouse gas emissions in agroforestry systems: A review. *Forests*, 9(6), 369.
- Simon S., Bouvier J., Debras J. and Sauphanor B. (2010). Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2010, 30 (1), 139-152

- Snow B. & Snow D. (1988) Birds and berries - a study of an ecological interaction. T & A D Poyser, Calton.
- Stadig, L. M., Tuytens, F. A. M., Rodenburg, T. B., Vandecasteele, B., Ampe, B. & Reubens, B. 2018. Interactions between broiler chickens, soil parameters and short rotation coppice willow in a free-range system. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43, 1009-1030.
- Staton, T., Walters, R., Smith, J., Breeze, T., Girling, R. (2021) Management to promote flowering understories benefits natural enemy diversity, aphid suppression and income in an agroforestry system. *Agronomy* 11, 651. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040651>
- Staton, T., Breeze, T., Walters, R., Smith, J., Girling, R (2022) Productivity, biodiversity trade-offs, and farm income in an agroforestry versus an arable system. *Ecological Economics* 191, 107214
- Strandberg, B., Sørensen, P.B., Damgaard, C., Bruus, M., Strandberg, M., Navntoft, S., Nielsen, K.E. (2013) Indikatorer for biodiversitetsforbedringer i marknære småbiotoper ved etablering af sprøjtefri randzoner. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen Volume 149, 1 – 69.
- Strandberg, B., Bruus, M., Krogh, P.H., Ravnskov, S., Langer, V., Hansted, L., Sigsgaard, L., Ahrenfeldt, E.J., Andreasen, L. (2015) Natur og biodiversitet. Kapitel 3 i Jespersen, L.M. (ed.) Økologiens bidrag til samfundsgoder. Vidensyntese 2015. Pp.49-106.
- Strandberg, B., Bruun, H.H., Hansen, M.D.D. (2018a) Vilde bier i Danmark. Kasket maj 2018 - nr. 220. Pp. 18-21.
- Strandberg, B., Ejrnæs, R., Geldmann, J., Bruun, H.H., Rahbek, C. (2018b) Status, trusler og bevarelse af vilde bier. Kasket maj 2018 - nr. 220. Pp. 22-26.
- Strandberg, B., Bruus, M., Axelsen, J.A. (2021a) Plantekatalog. Planter der understøtter biodiversitet... Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi; Nr. 193, 46 s.
- Strandberg, B., Sørensen, P.B., Bruus, M., Bossi, R., Dupont, Y.L., Link, M., Damgaard, C.F. (2021b) Effects of glyphosate spray-drift on plant flowering. *Environmental Pollution* 280, 116953. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116953>
- Streuobst: <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/landnutzung/streuobst/streuobstwissen/streuobstbau.html>
- <https://www.streuobstwiesen-buendnis-niedersachsen.de/web/start/willkommen>
- Strip Cropping: improving biodiversity and crop resilience in organic farming (StripCrop). Link til projekt-hjemmeside <https://icoel.dk/om-os/projekter/promilleafgiftsfonden-for-landbrug/2023/strip-cropping-improving-biodiversity-and-crop-resilience-in-organic-farming-stripcrop/>
- Stoekeler J.H. (1962). Shelterbelt influence on Great Plains field environment and crops. USDA Forest Service, Production Research Project No. 62
- Sweiter, A., Langhof, M., Lamerre, J. (2022). Competition, stress and benefits: Trees and crops in the transition zone of a temperate short rotation alley cropping agroforestry system, *Journal of Agronomy and Crop Science*, doi: <https://doi.org/10.1111/jac.12553>
- Søndergaard, A.H. (2022) Allometric on and Carbon Storage Quantification in Apple Trees. Master thesis, University of Copenhagen, Department of Plant and Environmental Sciences

- Thiesmeier, A and Zander, P. (2023) Can agroforestry compete? A scoping review of the economic performance of agroforestry practices in Europe and North America *Forest Policy and Economics* 150, 102939. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.102939>
- Thorsøe MH, Dalgaard T, Ingvorsen B og Trkulja I (2024) Barrierer og Støtteordninger. I: Jørgensen JR et al. (eds) *Regenerativt landbrug i økologisk Jordbrug – en vidensyntese*. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.
- Torralba M, Fagerholm N, Burgess PJ, Moreno G, Plieninger T (2016) Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230: 150-161.
- Tsonkova, P., Böhm, C., Quinkenstein, A., & Freese, D. (2012). Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: A review. *Agroforestry Systems*, 85, 133 – 152.
- Vaccaro, C., Six, J. & Schöb, C. (2022). Moderate shading did not affect barley yield in temperate silvoarable agroforestry systems. *Agroforest Syst* 96, 799–810. <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00740-z>
- Van Den Berge, S., Vangansbeke, P., Baeten, L., Vanneste, T., Vos, F., & Verheyen, K. (2021). Soil carbon of hedgerows and 'ghost'hedgerows. *Agroforestry Systems*, 95(6), 1087-1103.
- Van Vooren L, Reubens B, Broekx S, Pardon P, Reheul D, van Winsen F, Verheyen K, Wauters E and Lauwers L 2016 Greening and producing: An economic assessment framework for integrating trees in cropping systems *Agric. Syst.* 148
- Vandermeulen, S., Ramirez-Restrepo, C. A., Beckers, Y., Classens, H. & Bindelle, J. (2018). Agro-forestry for ruminants: a review of trees and shrubs as fodder in silvopastoral temperate and tropical production systems. *Animal Production Science*, 58
- Varah, A., Jones, H., Smith, J., Potts, S.G. (2013) Enhanced biodiversity and pollination in UK agroforestry systems. *J. Sci. Food Agric.* 93, 2073–2075. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6148>.
- Veissier, I., Van Laer, E., Palme, R., Moons, C. P. H., Ampe, B., Sonck, B., Andanson, S. & Tuytens, F. A. M. (2018). Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *Int J Bio-meteorol*, 62, 585-595.
- Wejdling, H. (2017) *Biodiversitetsfremmende tiltag i agerlandet - optællinger af fugle, harer og rådyr i marker med og uden vildtplejetiltag*. Dansk Ornitologisk Forening, 2017.
- Videncentret for Landbrug, (2013). *Kvæg som naturplejere*. Faktaark.
- Wilson, S., Mitchell, G.W., Pasher, J., McGovern, M., Hudson, M.R., Fahrig, L. (2017) Influence of crop type, heterogeneity and woody structure on avian biodiversity in agricultural landscapes. *Ecological Indicators* 83, 218 – 226.
- Wiström, B., Richnau, G., Nielsen, A.B., Gustavsson, R., Holgersen, S. (2009). *Strukturige bevoksninger*. Grønt Miljø nr. 9 (2009).
- Wolz, K. J., Branham, B. E., & DeLucia, E. H. (2018). Reduced nitrogen losses after conversion of row crop agriculture to alley cropping with mixed fruit and nut trees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 258, 172-181.

- Yang, C. (2020). The potentials of agroforestry systems in Denmark and Southern Sweden - A comparative study on farmer's perceptions and agroforestry-related policies. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet
- Zak, D., Kronvang, B., Carstensen, M. V., Hoffmann, C. C., Kjeldgaard, A., Larsen, S. E., ... & Jensen, H. S. (2018). Nitrogen and phosphorus removal from agricultural runoff in integrated buffer zones. *Environmental science & technology*, 52(11), 6508-6517.
- Zhang, X., Liu, X., Zhang, M., Dahlgren, R. A., & Eitzel, M. (2010). A review of vegetated buffers and a meta-analysis of their mitigation efficacy in reducing nonpoint source pollution. *Journal of environmental quality*, 39(1), 76-84.
- Zomer RJ, Trabucco A, Coe R and Place F. 2009. Trees on Farm: Analysis of Global Extent and Geographical Patterns of Agroforestry. ICRAF Working Paper no. 89. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre.
- Xu H, Bi H, Gao L, Yun L. (2019) Alley Cropping Increases Land Use Efficiency and Economic Profitability Across the Combination Cultivation Period. *Agronomy*. 9(1):34. <https://doi.org/10.3390/agronomy9010034>
- Økologivejledningen (2022) LBST: Vejledende retningslinjer for økologisk jordbrugsproduktion 2022.