

EFFEKTEN AF TRÆER OG BUSKE I SKOVLANDBRUG I FORHOLD TIL KULSTOFBINDING OG KLIMATILPASNING



MartinJensen
Seniorforsker, Institut for Fødevarer, AU



AARHUS
UNIVERSITET

22 NOV 2023

MARTIN JENSEN
SENIORFORSKER



Hvad er skovlandbrug?

Skovlandbrug dækker over mange forskellige typer af kombinationer af landbrug/husdyr/havebrugsafgrøder med forskellige træer/buske og med forskellige produktionsformål som ændrer 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 og foder i forbindelse med husdyrproduktion på friland.

Træerne kan i nogle systemer give høstbare/salgbare outputs men i andre systemer primært indirekte 'økosystem effekter' (evt. tilskudsværdi) .

Hovedtyper

- **Silvo-arable.** Træer/buske dyrket sammen med enårige eller flerårige omdriftsafgrøder (eks. Poppel, pil, fuglekirsebær, valnød m.fl.)
- **Silvo-pasture.** Træer/buske dyrket på græsningsarealer til husdyr (eks. poppel, ask, eg, fuglekirsebær m.fl.)
- **Frugt-og nøddetræer/buske med omdriftsafgrøder eller i græsningsarealer**
- **Læhegn**
- **Småbiotoper/randzoner til vandløb/søer mv.**

Dyrkning af træer i rækker/bede integreret i markafgrøder kaldes ofte 'alley cropping'.

SL i intensiv moderne landbrugsproduktion

Afgrøder og træer eksempler

Poppel og majs

Mosquera-Losada et al Land Use Policy 78 (2018)
603-613 .

Kirsebær og Majs 1*

*Se originale kilder for gode
fotos af systemer - copyrights*

Grønsager og æbletræer 1*

Poppel og korn 1*

Valnød og korn 1*

1* Fotos af systemer hos André Gavaland. Agroforesterie en
zone tempérée. 2013., <https://hal.inrae.fr/hal-02805665>

Dyr og træer eksempler

Kvæg på græsoverdrev – eks
streuobst

Nerlich et al 2013 Agroforest Syst (2013) 87:475-492

Får på græs – i opstammet
åben skov

Mosquera-Losada et al Land Use Policy 78 (2018)
603-613 .

Grise i poppelskov

Foto: Martin Jensen



Effekt af skovlandbrug på miljø, klima og biodiversitet

DCA Myndighedsrapporter 2019 og 2020

Overordnede positive økosystemeffekter af skovlandbrug sammenlignet med 'rene' landbrugs- og havebrugsproduktioner omfatter:

- 1) Øget biodiversitet** (vurderet stor effekt), fugle, pattedyr, insekter og jordboende organismer
- 2) Forbedret miljø** (reduktion af jorderosion (mellem-stor effekt), øgning af jordens frugtbarhed gennem bedre jordstruktur med øget infiltration af vand (mellem-stor effekt), reduktion af tab af næringsstoffer (kvælstof og fosfor) fra udvaskning og overfladeafløb (mellem-stor effekt).
- 3) Forbedret klima forebyggelse og tilpasning (øget kulstofbinding i jord og vedmassen (stor effekt))**
- 4) Forbedret husdyrvelfærd** (stor effekt). (læ, skygge, skjul, adfærd)

Jensen et al. 2019 Effekt af skovlandbrug på miljø, klima og biodiversitet – del 1, DCA rapport

Dalgaard et al 2020 Scenarier for skovlandbrug i Danmark - effekter på miljø, klima og biodiversitet, del 2, DCA rapport

1. Skovlandbrug med fokus på at opnå *klimaeffekter* via kulstofbinding og kulstoflagring.
 - 1.1. Hurtigvoksende træarter i stævningskultur med høj C-bindings- potentiale:
 - 1.2. Mellem til hurtigvoksende træarter med høj vedkvalitet og lang omdriftstid
 - 1.3. Læhegn med blandede hurtigvoksende træarter og lang omdriftstid
2. Skovlandbrug med fokus på at fremme *biodiversitet*
 - 2.1. Skovlandbrugssystem med flerrækkede hegn i planteavl
 - 2.2. Skovlandbrugssystem med husdyr
3. Skovlandbrug med fokus på *samproduktion med husdyr* (miljø, dyrevelfærd og foderforsyning) Grise, kvæg, får, fjerkræ
4. Skovlandbrug med fokus på *frugt, bær eller nødder* i kombination med landbrugs- eller grønsagsomdriftsafgrøder eller græsningsarealer

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, leveret: 16.01.2023

Kulstofbinding og lagring

- I træbiomasse over jorden (stammer, grene - vintertilstand)
 - I træbiomasse under jorden (rødder)
 - I øget organisk indhold i jorden (omsætning af blade, frugt og frø, døde grene, døde rødder) SOC
 - Påvirkning af N balancer (lattergas, metan)
 - Påvirkning af energibalancer i jordbruget
-
- Kulstof, der bliver på arealet – hvor stabilt er det (lagring)
 - Kulstof der eksporteres fra arealet, (tid indtil høst, lagring i anvendelsen efter høst, substitution)

Træer i skovlandbrug som klimavirkemiddel

- Fokus på systemer, der har **høj tørstofproduktion** på det tilplantede træareal og gerne **langt lagringspotentiale**, og jo **højere arealandel** jo større kan potentialet for kulstofbinding og lagring være
- Træer der kan producere **højkvalitetsved** med højere priser til anvendelse i f.eks. bygnings eller møbel-industri (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.

Træer i skovlandbrug som klimavirkemiddel

Bidraget til kulstofbinding fra forskellige skovlandbrugssystemer varierer med typen og intensiteten af træplantning.

- Kay et al. (2019) fandt **variation i EU fra 0,09 til 7,29 tons C/ha/år**,
 - 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.
 - de høje værdier dækker over intensive plantninger med meget **hurtigvoksende træarter i høj plante-tæthed** på bedre jorde, med stor arealdækning, som samlet har meget høj produktion af tørstof/ha/år
- Palma et al. (2007) og Reisner et al. (2007) estimerede kulstofbindingsrater på mellem 0,77 og 3 tons C/ha/år for 'alley cropping' systemer
- Aertsens et al. (2013) foreslog gennemsnitlig kulstofbinding på 2,75 t C/ha/år for skovlandbrug generelt.

Træer i skovlandbrug som klimavirkemiddel

Potentiale

Kay (2019) indikerer at potentialet i skovlandbrug på Europæisk plan kan være stort,

”kulstofbindingen i intensiv skovlandbrug etableret på 8.9% of Europæiske landbrugsarealer kan potentielt lagre mellem 1,4 og 43,4% af den totale GHG udledning i Europæisk landbrug”

Træer i skovlandbrug som klimavirkemiddel

Kulstofbinding og lagring – igangværende LBST opgave

- Skovlandbrug dækker i praksis over en meget bred variation af dyrkningssystemer, som gør at **klimaeffektvurderinger** af skovlandbrug som **ét samlet dyrkningssystem ikke er relevant.**
- Ved at definere og afgrænse nogle hovedskovlandbrugssystemer som forventes at have interesse og relevans for danske forhold, vil en kvantificering af mulige klimaeffekter være mere realistisk.
- **Variation i antal træer/ha, design, alder, pasningsmetoder, ændringer over tid samt interaktion med omdriftsafgrøder udfordrer en præcis ansættelse af effekter.**
- *DCA rapport: Beskrivelser af skovlandbrug, Jensen et al. 2023*

Relevante skovlandbrugstyper i DK – høj C binding

1. Undertype - hurtigvoksende træarter i stævningskultur med høj C-bindingspotentiale plantet som spredte rækker/bælter i landbrugsafgrøder (eks. pil, poppel, el, m. fl., se liste for lavskovsarter)

Skovlandbrug med integrering af bioenergiplantninger ind i omdriftsafgrødedyrkning vurderes at være skalérbar på store landbrugsarealer i Danmark og kunne få en væsentlig udbredelse såfremt økonomi i afsætning af biomassen vil gøre dyrkning rentabel og konkurrencedygtig med andre afgrøder.

Poppel OP42 i renbestand.
Foto: Martin Jensen



Undertype 1. Hurtigvoksende træarter i stævningskultur med høj C-bindingspotentiale

Muligt første skøn af potentialet for kulstofbinding i denne skovlandbrugstype baseret på typiske produktivitetstværdier på træarealet: (stående tørstof biomasse over jorden)

- For pil i bioenergiplantninger 100% areal, 10-15 tons tørstof/ha/år i DK (Morsing og Nielsen (1995; Nord-Larsen et al, 2015)
- For pil omkranset af hassel og rødæl i 10 m brede bioenergi-bælter i omdriftsafgrøder gns. 12,2 tons tørstof/ha/år i træareal over 4 år i DK (Ghaley og Porter, 2014)
- For poppel i 'skov' 10 - 13 tons tørstof/ha/år i DK , 100% træareal (Nielsen, 2016)
- Andre arter, eksempler fra korttidsomdriftsskove i England for ægte kastanje 6,0 tons tørstof/ha/år, el 5 tons tørstof/ha/år, ask 7,4 tons/ha/år, birk 5,0 tons/ha/år, ær 7 tons/ha/år (McKay, 2011). (100 % af areal)
- **Silvo arable system med 1000-1300 træer/ha (24 % af areal)**, Pil og hassel til bioenergi, 0,36-1,05 tons C/ha/år. (biomasse over og under jorden) (Kay et al. 2019)

Relevante skovlandbrugshovedtyper i DK

Undertype 2: Mellem- til hurtigvoksende træarter med høj vedkvalitet og lang omdriftstid 40-60+ år dyrket som spredte træer i rækker i omdriftsafgrøder

Eks arter: Valnød, fuglekirsebær, eg, ægte kastanje.

Træer opstammes og passes så stammen kan afsættes som kvalitetsved til høje priser, eks til finér. Små højtsidende kroner skygger mindre.

Potentialet for C binding i disse 'alley crop' systemer varierer meget afhængig af træart, plantetæthed, alder og pasningsmetoder

Eksempler på kulstofbinding i træbiomasse over og under jorden for alley cropping systemer: (Kay et al, 2019)

- valnød til kvalitetsved i omdriftsafgrøder 0,32-2,75 tons C/ha/år (60 års omdrift)
- fuglekirsebær til kvalitetsved i omdriftsafgrøder: 0,19-1,4 tons C/ha/år
- højstammede popler i græsning til ved 2,78-6,35 tons C/ha/år (20-30 års omdrift, 400/150 træer/ha)
- Plantning af træer på græsarealer reducerer i nogle tilfælde SOC i jorden, men øger bundet C samlet på areal via øget C biomasse i træerne (Upson et al 2016)

Der er potentiale for at binde kulstof i lang tid på arealet med dette system og har stor skalerbarhed.



Foto: Martin Jensen

Relevante skovlandbrugshovedtyper i DK

Undertype 3. Læhegn - læbælter (1-mangerækkede) - stor skalerbarhed. *Eksempler*

Drexler et al (2021) (meta analyse hedgerows- dækker stor variation).

- Stående kulstof i overjordisk træbiomasse i læhegn (hedgerows) varierede fra 4 til 132 tons C/ha i analyserede studier.
- Studerede læhegn lagrede samlet gns. 92 tons C/ha læhegn i træbiomassen
- Læhegn i omdriftsafgrøder øget SOC med 32 % (øget 17 tons C/ha læhegn i forhold til afgrøde) 20 år.
- Læhegn i vedvarende græsningsarealer ingen forskel i SOC under læhegn areal i forhold til græs
- Gns øget C binding i jord (SOC) på 0,7 tons C/ha/år over en 20-årig periode
- Gns. C binding i træbiomasse 4,3 tons C/ha/år over 20 årig periode

Biffi et al (2022) Kulstof binding i Jorden SOC under læhegn– studier UK

- SOC under læhegn i UK var gns. 31,3 % højere end i kontrol mark: 3,3 % øget for 2–4 årig hegn, 14,4% for 10 årige hegn, 45,2 % for 37 årige hegn og 57,2 % for ældre hegn.
- C binding i SOC i 37 år gammel hegn var 1,48 tons C/ha/år i top 50 cm jordlag.

Klimatilpasning via træer og skovlandbrug

Træers effekt på **vandtilbageholdelse og infiltration i jorden** i forhold til situationen 'for meget vand på for kort tid' i efterår, vinter samt skybrud i sommerhalvåret.

Øget lokal vandtilbageholdelse og infiltration kan bidrage til at:

- mindske erosion på produktionsarealer,
- mindske overfladeafløb af N og P til vandmiljøer,
- reducere risiko 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 dermed mindre skader på afgrøder på grund af iltmangel (både vinter og sommerproblem).

Træers effekt på vandtilbageholdelse og infiltration i jorden

Mekanismen til øget infiltrationsevne i jorden under træplantninger (dræningsegenskaber):

- 1. Træer og buske har dybe rødder, der når de dør og rådner væk, danner dybe store afvandskanaler i jorden, der kan lede store mængder vand hurtigt og langt ned både lodret og vandret i jorden (lokal lagring af vand).*
 - 2. Træer gror på 'uforstyrret' jord, hvor regnorme, muldvarpe, mosegrise mv. samt mikroorganismer bidrager til at lave yderligere kanaler, der kan lede vand ned og væk hurtigt.*
- **Effektiv tilbageholdelse** og infiltration kræver at vandet ledes ind i træplantningen, på tværs af træbeplantningen, og ikke bare løber af langs med en beplantning (ikke skabe vandløb). 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.
 - 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.**
 - Plantningen af **større variation af træer og buske** vil sandsynligvis give mere udbredt rodnet/mere variable rodtyper og størrelser/større rodtæthed i jorden både for overflade rødder og dybere rødder, og dermed øge sandsynligheden for større tilbageholdelse og større infiltration
 - 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 (ledningskapacitet)

Træers effekt på vandtilbageholdelse og infiltration i jorden

- **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.
- **Ældre plantninger vil sandsynligvis have flere døde og delvis nedbrudte rødder**, der skaber rodkanaler/ledningrør med meget stor hydraulisk ledningsevne ned i jorden (motorveje).
- Udtynding af plantebestand og **fjernelse af top så roden dør** vil fremme dannelse af døde rodkanaler med stor ledningsevne.
- 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.
- **Uforstyrrelighed i plantninger er en meget vigtig faktor** for jordlevende organismers bidrag til øget infiltration i jord. 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.

Klimatilpasning via træer og skovlandbrug

Hvor får man mest ud af at plante træer til at tilbageholde for meget vand?

Brugen af træ og busk plantninger til øget vandtilbageholdelse og infiltration:

- Lerjorde: Træplantning 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 eller danne søer.
- Mineral jord med lavt indhold af organiske materiale og noget lerindhold vil ved maskinel komprimering/traktose ødeligges strukturelt så vandtransport og infiltration er stærkt reduceret. Her vil træplantninger kunne bidrage til bedre vandhåndtering lokalt.
- 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.

Konklusion

- Trædelen i skovlandbrug kan i omdriftsafgrøder give øget kulstoflagring via øget organisk indhold i jorden under træerne og øget kulstofopbygning i træernes top og rod.
- På græsningsarealer øges kulstofopbygning i træbiomassen, mens jordens organiske C indhold enten reduceres lidt eller er næsten den samme som hos græsarealer.
- Størrelsen af bidraget afhænger bl.a. af typen af skovlandbrug, træarter og sorter, plantetæthed, arealstørrelse og design, træalder, pasningsmetoder.
- **Alley cropping med stævningsarter eller med højkvalitetsvedtræer** i kombination med omdriftsafgrøder eller vedvarende græsningsarealer vurderes sammen med **læhegn** som særligt interessante skovlandbrugs typer under danske forhold med potentiel stor kulstofbinding og stor skalérbarhed.
- Træer kan bidrage til øget fastholdelse af større vandmængder via øget infiltrationsevne i jorden, effekten afhænger bl.a. af træernes placering, alder, variation, bredde af plantning



NT FOR FØDEVARER

Fotos:
Martin
Jensen

