

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

Rooted Impact

Deelprestatie 2.1

2.1 Onderzoek naar Complexe Agroforestry Systemen

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**

**ROOTED
IMPACT**



Medegefinancierd door
de Europese Unie

Project: Rooted Impact

Workpackage: 2

Taak: 2.1 Onderzoek naar Complexe Agroforestry Systemen

Auteur(s): Jordy van Eijk & Bob Schobbers, *Stichting Regeneratie* (projectpartner)

Datum: 31/1/2026

Versie: Definitief

Context van dit rapport

Rooted Impact is een onderzoeks- en ontwikkelproject dat zich richt op het verbinden van ecosysteemdiensten uit landbouw en agroforestry aan de toenemende vraag van bedrijven naar transparante, geloofwaardige en rapportagegeschikte duurzaamheidsoplossingen. Het project verkent hoe duurzame landgebruikssystemen kunnen bijdragen aan klimaat-, natuur- en sociale doelstellingen, binnen de kaders van Europese regelgeving en rapportagestandaarden.

Het project is opgezet in drie opeenvolgende fasen. In de eerste fase wordt een inhoudelijke en beleidsmatige basis gelegd door het in kaart brengen van relevante kaders, doelgroepen, standaarden en marktontwikkelingen. In de tweede fase worden deze inzichten samengebracht en vertaald naar conceptuele modellen en ontwerpkeuzes. De derde fase richt zich op de verdere uitwerking, toetsing en finalisatie van het projectresultaat.

Gedurende alle fasen worden verschillende deliverables opgeleverd, waaronder rapportages die afzonderlijke thema's of stappen in het ontwikkelproces documenteren. Dit rapport maakt onderdeel uit van ***fase 1 en betreft 2.1 Onderzoek naar Complexe Agroforestry Systemen***

Rooted Impact wordt medegefinancierd door de Europese Unie in het kader van het European Innovation Partnership (EIP), in samenwerking met Provincie Utrecht.

Rapport verkennend onderzoek agroforestry

Optimalisatie van ecosystemendiensten in complexe agroforestry

Auteurs: Jordy van Eijk & Bob Schobbers, 31.1.2026

Het EIP-project **Rooted-Impact** richt zich op het ontwikkelen van een **monitoringsframework** waarmee ecosysteemdiensten in complexe agroforestry zo optimaal mogelijk kunnen worden verwaard. Binnen deze context wordt in dit rapport ingezoomd op twee concrete deliverables:

1. **Best practice onderzoek naar optimalisatie van ecosysteemdiensten** door complexe agroforestry, op basis van bestaande literatuur, best practices en boerderij bezoeken.
2. **Bepalen van gangbare en veelbelovende technieken** voor een goed presterend Complex Agroforestry System (CAS).

Het uiteindelijke doel van dit onderzoek is om **ecosysteemdiensten te maximaliseren én maximaal te verwaarden binnen landbouwsystemen**, zodat ecologische, economische en maatschappelijke baten optimaal gecombineerd worden, in lijn met de doelstellingen van het Rooted-Impact project.

Wat is Complexe Agroforestry?

Agroforestry

Agroforestry is het doelbewust combineren van houtige gewassen (bomen en struiken) met akkerbouw, groenteteelt en/of veehouderij op hetzelfde perceel, met als doel ecologische en economische interacties binnen één geïntegreerd landbouwsysteem te benutten. Door bomen en struiken actief te ontwerpen, aan te planten en te beheren, kan het functioneren van het gehele systeem worden versterkt. Agroforestry draagt bij aan bodemkwaliteit, biodiversiteit, koolstofvastlegging, klimaatadaptatie, systeemveerkracht en duurzame productiviteit. Deze bijdragen, die direct of indirect ten goede komen aan de samenleving, worden aangeduid als **ecosysteemdiensten** (Jose, 2012; EC & JRC, 2016). Daarnaast biedt agroforestry kansen voor diversificatie en versterking van het verdienmodel van agrarische bedrijven.

In de praktijk bestaat agroforestry uit een grote variëteit aan combinaties van bomen, struiken, gewassen en dieren. Deze diversiteit wordt vaak geïllustreerd met de **agroforestry-driehoek** (Figuur 1). Binnen deze driehoek zijn vrijwel oneindig veel systeemvarianten denkbaar, met verdienmodellen die variëren van directe opbrengsten (hout, fruit, noten) tot indirecte opbrengsten via ecosysteemdiensten zoals koolstofvastlegging, biodiversiteit, waterregulatie en microklimaatverbetering. In de bijlage staat een overzicht en toelichting van 8 hoofdtypen van agroforestry.



Figuur 1: Agroforestry driehoek, waarin akkerbouw, veehouderij en houtige teelten de hoekpunten vormen, waarbinnen talloze combinaties van agroforestry denkbaar zijn (Prins et al., 2021)

Complexe agroforestry

Om grip te krijgen op deze diversiteit wordt in dit rapport onderscheid gemaakt tussen **eenvoudige** en **complexe** agroforestrysystemen (Prins et al., 2025).

- **Eenvoudige systemen** bevatten vaak één of twee houtige soorten in een relatief uniform landbouwsysteem, met één dominante productiefunctie.
- **Complexe systemen** combineren meerdere houtige en niet-houtige elementen, lagen en functies, en zijn ontworpen rond het samenspel van verschillende opbrengsten op korte, middellange en lange termijn.

In de Nederlandse context overlappen complexe systemen vaak met wat RVO definieert als **voedselbossen**. De RVO-definitie sluit echter bepaalde teelten en beheermaatregelen uit, zoals vee, eenjarige gewassen of bodembewerking. Daarom gebruikt dit rapport de term **complexe agroforestry**, die de nadruk legt op **elementen, functies en relaties**, ongeacht of het systeem strikt binnen de voedselbosdefinitie valt. Zo kunnen ook systemen met vee-integratie of specifieke beheerstrategieën worden meegenomen, zolang ze bijdragen aan een geïntegreerd, multifunctioneel en ecologisch onderbouwd systeem.

Complexe systemen onderscheiden zich van eenvoudige systemen doordat ze meerdere functies en opbrengsten combineren. Ze vergen meer ontwerp, beheer en kennis, maar bieden grotere ecologische robuustheid en meer mogelijkheden voor economische en maatschappelijke waardecreatie.

Dimensies van complexiteit

Complexiteit in agroforestry kan worden begrepen langs meerdere, onderling samenhangende dimensies. In dit rapport worden vijf dimensies onderscheiden, gebaseerd op de Agroforestry Complexity Index (ACI) van Steinfeld et al. (2023) en inzichten van Prins et al. (2025):

1. **Biologische (taxonomische) diversiteit**

Dit betreft het aantal houtige en niet-houtige soorten, functionele groepen en – in sommige gevallen – genetische variatie binnen het systeem. Een hogere soortenrijkdom kan bijdragen aan functionele complementariteit, risicospreiding en veerkracht. Steinfeld et al. (2023) gebruiken boomsoortenrijkdom expliciet als één van de kernindicatoren om een complexiteitsgradiënt in agroforestry-systemen te duiden, mede vanwege de relatie met koolstofopslag en nutriëntenkringloop.

2. **Structurele (ruimtelijke) complexiteit**

Structurele complexiteit verwijst naar de ruimtelijke opbouw van het systeem, zoals het aantal vegetatielagen (kruinlaag, struiklaag, kruidlaag), variatie in

boomdichtheid en plantafstanden, en de ruimtelijke verdeling van houtige elementen. Steinfeld et al. (2023) operationaliseren deze dimensie onder andere via stamdichtheid, als maat voor ruimtelijke structuur en interacties tussen bomen en ondergroei.

3. **Functionele diversiteit**

Deze dimensie beschrijft de mate waarin soorten en elementen meerdere functies vervullen binnen het systeem, zoals voedsel- en houtproductie, microklimaatregulatie, nutriëntenkringloop, biodiversiteitsbevordering en dierenwelzijn. Functionele diversiteit vormt een belangrijk onderscheidend kenmerk van complexe agroforestry ten opzichte van systemen met één dominante functie.

4. **Managementcomplexiteit**

Managementcomplexiteit heeft betrekking op beheerintensiteit en -diversiteit, waaronder snoei- en oogststrategieën, rotaties, arbeid, kennisintensiteit en timing van ingrepen. Steinfeld et al. (2023) benadrukken het belang van beheerpraktijken zoals snoei- en mulchfrequentie als expliciete complexiteitsindicator, vanwege hun invloed op bodemkoolstof en nutriëntenstromen.

5. **Economische en organisatorische complexiteit**



Deze dimensie betreft het parallel bestaan van meerdere producten, diensten en verdienmodellen binnen één bedrijf, vaak in combinatie met samenwerking in lokale ketens, CSA-structuren, educatie, recreatie of vrijwilligerswerk. Dit vraagt om andere organisatorische en ondernemerschapsvaardigheden dan bij enkelvoudige productiesystemen.

Systeemkenmerken, prestaties en balans

De onderscheiden dimensies hangen samen met de werking en economische inrichting van agroforestry-systemen. Naarmate systemen complexer worden, verschuift de nadruk van één dominante opbrengst naar een combinatie van producten en diensten, gespreid over verschillende tijdschalen (Prins et al., 2025).

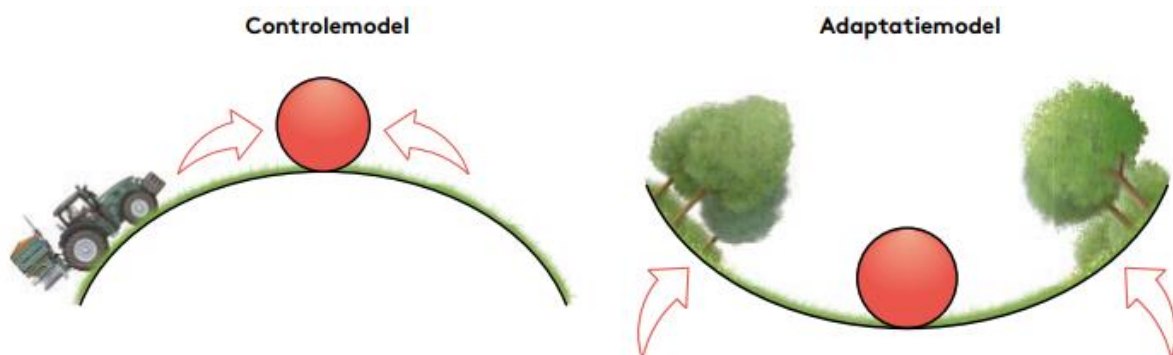
Wat toenemende complexiteit precies betekent voor het functioneren en de prestaties van complexe agroforestrysystemen staat echter nog ter discussie. Een zekere mate van diversiteit draagt bij aan robuustere en veerkrachtigere systemen door risicospreiding, functionele complementariteit en ecologische buffering. Tegelijkertijd brengt hogere complexiteit uitdagingen met zich mee voor beheer, arbeid, mechanisatie en afzet, en vereisen complexe systemen hogere aanvangsinvesteringen, langere ontwikkeltijd en maatwerk in ontwerp en bedrijfsvoering (Tabel 1).

Tabel 1: Kenmerken van eenvoudige en diverse agroforestry-systemen (Prins et al., 2025)

	 Divers systeem	 Eenvoudig systeem
Aanplant & beheer	Lastiger aan te planten en te beheren, meer interacties tussen soorten	Makkelijk aan te planten en te beheren
Specialisatie	Veelzijdigheid vereist, brede kennis nodig, investeren in kennis	Mogelijkheid tot specialisatie in een beperkt aantal soorten
Oogstefficiëntie	Minder efficiënt, vaak handmatig en arbeidsintensief	Efficiënt, makkelijk te mechaniseren
Productievolume per ha	Kleinere volumes per soort	Groot volume van één product mogelijk (bij grotere schaal)
Risicospreiding teelt (bijv. extreem weer)	Hoog, meerdere soorten	Laag, kwetsbaar
Risicospreiding inkomsten	Hoog, meerdere producten en inkomstbronnen	Laag, enkele inkomstenbronnen
Arbeidsspreiding	Arbeid meer verspreid over het jaar	Geconcentreerd in korte pieken
Afzetkanalen	Gericht op directe verkoop, korte ketens, boerderijwinkel	Gericht op bulk, groothandel of verwerking
Strategie opbrengstverhoging	Via nicheproducten, diversificatie, directe verkoop	Via schaalvergroting of kostenefficiëntie
Opschaling	Uitdarend: arbeid, markt, etc.	Eenvoudig
Verdere verbreding: recreatie, educatie en natuur	Zeer geschikt	Enigszins geschikt

Complexiteit is hiermee geen doel op zich, maar een **ontwerpparameter**: het gaat om het vinden van een contextspecifieke **balans tussen eenvoud en complexiteit**, waarin de voordelen van diversiteit worden benut zonder dat het systeem onnodig kwetsbaar of onhandelbaar wordt. Deze balans verschilt per bedrijfstype, ondernemer, landschap en marktcontext en vormt een belangrijke ontwerp- en leeropgave.

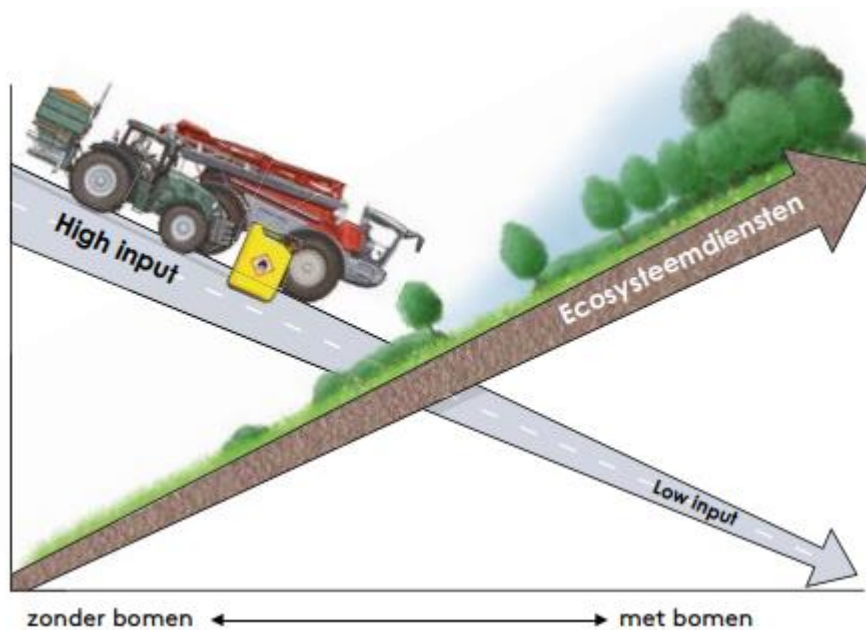
Een bijkomend kenmerk is de veranderende relatie tussen **input en output**. In complexere systemen ligt de nadruk vaak op het **verlagen van externe inputs** (kunstmest, krachtvoer, bestrijdingsmiddelen), waardoor systemen meer leunen op natuurlijke processen (Figuur 2). Dit zegt niets over de absolute productie, maar over hoe productie tot stand komt.



Figuur 2: Agroforestry helpt om te bewegen van een controlemodel naar een adaptatiemodel (Prins et al., 2025)

Door integratie van houtige gewassen nemen **ecosysteemdiensten** toe, zoals bodemkwaliteit, waterretentie, microklimaatregulatie en natuurlijke

plaagonderdrukking. Deze dragen bij aan het functioneren van het landbouwsysteem en kunnen leiden tot structurele kostenbesparingen (Figuur 3).



Figuur 3: Houtige gewassen leveren ecosysteemdiensten die bijdragen aan het functioneren van het landbouwsysteem en de afhankelijkheid van externe inputs verminderen (Prins et al., 2025).

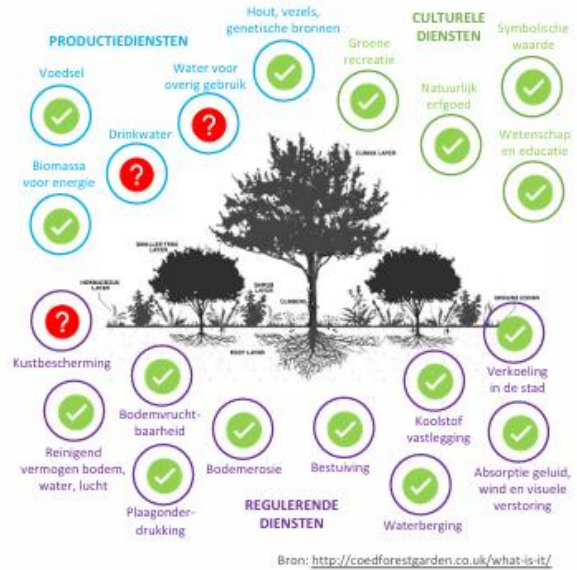
Ecosysteemdiensten en leeswijzer

Complexe agroforestry heeft de potentie tot het leveren van een breed spectrum aan ecosysteemdiensten, met korte, middellange en lange termijn opbrengsten (Figuur 4). In het kader van het **EIP-project Rooted Impact** wordt onderzocht hoe deze diensten zo volledig mogelijk kunnen worden **geoptimaliseerd en verwaard**. Dit is belangrijk vanwege de toenemende druk op de landbouw door klimaatverandering, stikstofproblematiek en het belang van biodiversiteit. Agroforestry kan bijdragen aan een **weerbaarder en veerkrachtiger voedselsysteem**, maar het benutten van deze diensten vereist ontwerpkeuzes, beheerstrategieën en kennis over verdienmodellen.

Voorbeelden van ecosysteemdiensten in Nederland



Voorbeelden van potentiële ecosysteemdiensten voedselbossen



Figuur 4: potentiële ecosysteemdiensten van complexe agroforestry in Nederland (PBL, WUR & CICES, 2014).

Daarom richt dit rapport zich specifiek op het **onderzoeken van best practices, gangbare en veelbelovende technieken** die de prestaties van complexe agroforestry-systemen verhogen, met nadruk op maximale **economische en maatschappelijke verwaardiging van ecosysteemdiensten**. Het doel is niet alleen inzicht te krijgen in wat agroforestry kan leveren, maar ook hoe dit vertaald kan worden naar haalbare bedrijfsmodellen en compensatiesystemen die het benutten van deze diensten stimuleren.

Op basis van de gangbare typologie (Millennium Ecosystem Assessment / CICES) worden ecosysteemdiensten ingedeeld in drie groepen:

Groep	Wat het is (en welke diensten dit rapport belicht)
1. Regulerende diensten (Regulating)	Processen die het milieu stabiliseren (bodemgezondheid, koolstofvastlegging, waterhuishouding en biodiversiteitswaarborging).
2. Voorzienende diensten (Provisioning)	Tastbare producten van het ecosysteem (productie van voedsel, hout voor industrie en biomassa voor energie).
3. Culturele diensten (Cultural)	Sociaal economische voordelen (inclusiviteit, gelijkheid en sociale rechtvaardigheid, werkgelegenheid, gemeenschap, beleving en recreatie en educatie en onderzoek).

Voor elke dienst behandelt dit rapport:

1. **Omschrijving van de dienst**
2. **Optimalisatie binnen complexe agroforestry-systemen** met best practice voorbeelden en veelbelovende technieken
3. **Compensatie- en beloningsmechanismen**, of het ontbreken daarvan, inclusief criteria en randvoorwaarden voor systeeminrichting

Het rapport sluit af met een analyse van **synergieën en trade-offs tussen ecosysteemdiensten**, en hoe hiermee kan worden omgegaan om de diensten te optimaliseren in verschillende complexe agroforestry-systemen.

1. Regulerende diensten

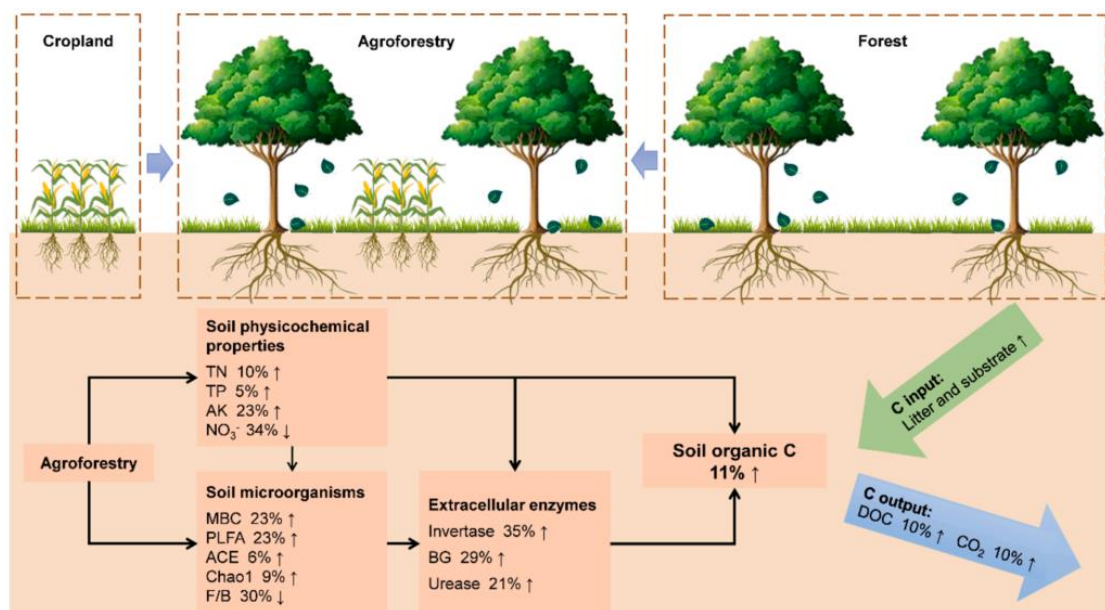
1.1 Bodemgezondheid

Omschrijving van de dienst

Het gebruik van complexe agroforestry op een perceel kan leiden tot een verbetering van de bodemgezondheid. Door verschillende fysische, chemische en biotische processen wordt de structuur en de vruchtbaarheid van de bodem beïnvloed (Figuur 5). De nutriëntenhuishouding van landbouwpercelen, een indicatie voor vruchtbaarheid, wordt beïnvloed door de input en output van nutriënten. In onderzoek van Pardon et al (2017) werd een hogere nutriëntenconcentratie nabij bomenrijen en houtsingels gevonden vergeleken met een controle veld zonder bomenrijen. Tussen 2m en 30m afstand van de bomen werd een gemiddelde toename van 556 kg totale N/ha, 86 kg P/ha, 108 kg K/ha, 45 kg Mg/ha en 16 kg Na/ha gevonden in de bodem. Een bron van deze nutriënten is het organisch materiaal dat door bomen en struiken op en in de bodem terechtkomt via jaarlijks bladval, het afsterven van wortels en het toebrengen van snoeimateriaal. Dit proces wordt versterkt door diepwortelende planten die nutriënten uit diepere bodemlagen halen die voorheen niet beschikbaar waren voor opname door planten aan het oppervlak (Reubens et al., 2024). Recent onderzoek laat zien dat een hogere mate van complexiteit in agroforestry systemen, uitgedrukt in soortenrijkdom, plantdichtheid en actief snoei- en mulchbeheer, leidt tot hogere voor

J. Pan et al.

Catena 249 (2025) 108667

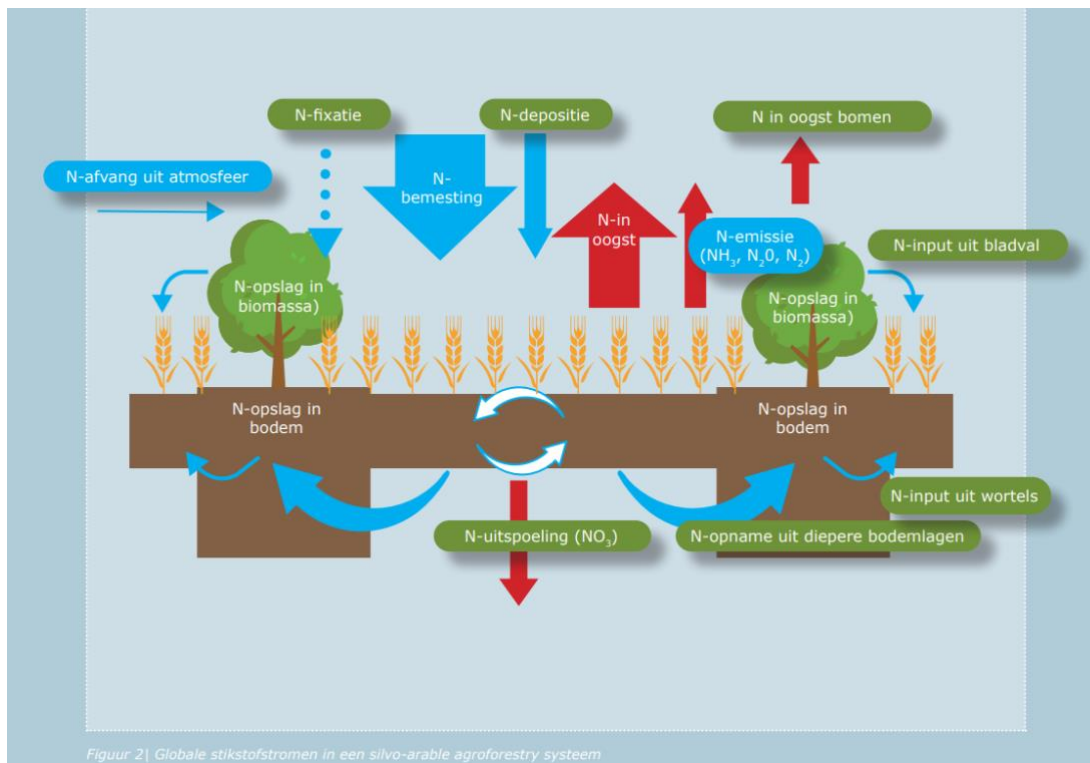


raden plant-beschikbare nutriënten (N, P, K, Ca, Mg) in strooisel en bodem, waarbij deze effecten met name sterk naar voren komen op arme zandgronden door een efficiënte recycling van nutriënten vanuit mulch naar de bodem (Steinfeld et al., 2023). De vastlegging van organisch materiaal in de bodem zorgt er ook voor dat er steeds meer koolstof in de bodem wordt opgeslagen en de bodem een hoger vochthoudend vermogen krijgt (Mayer et al., 2021). Dit wordt in groter detail uitgelegd in de onderdelen 'Koolstofvastlegging' en 'Waterhuishouding'.

Figuur 5. Conceptueel overzicht van het effect van agroforestry op de bodem uit de studie van Pan et al. (2024). Een toename was gevonden van onder andere totale beschikbare nutriënten (N, P, K), bodemleven en organische koolstof.

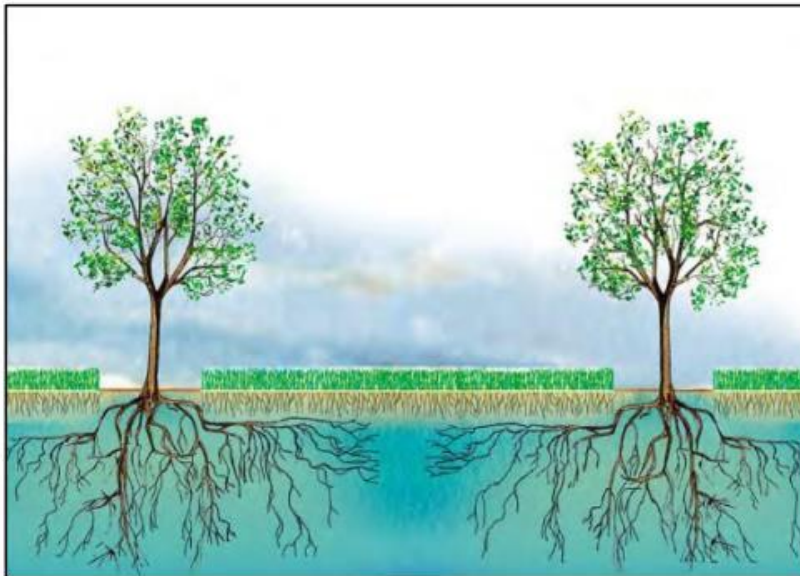
Naast het produceren van organisch materiaal kunnen bomen en struiken zoals Robinia (*Robinia pseudoacacia*), elsen (*Alnus*) en duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) N uit de lucht fixeren in de bodem. Elsen en Robinia kunnen respectievelijk tot wel 50-185 kg N per ha en 30-35 kg N per ha fixeren en zo als wezenlijke nutriëntenbron in een systeem functioneren (Luske et al., 2014, Fuchs, 2023).

Een andere bron van nutriënten is het afvangen van bijvoorbeeld N en K uit de lucht, ook wel bekend als depositie (Figuur 6). Bomen kunnen op deze manier zorgen voor een externe toevoer van voedingsstoffen én bijdragen aan een verbetering van de luchtkwaliteit (Reubens et al., 2024; Kros et al., 2015). Dit vindt plaats door het direct opvangen en neerslaan van bijvoorbeeld ammoniak (NH_3) door het grote bladoppervlak van bomen en het beïnvloeden van de windrichting en turbulentie door de aanwezigheid van bomen als verticale elementen in het landschap (Fuchs, 2023; Kim & Isaac, 2022; Wesseling et al. 2011). Dit kan leiden tot een vermindering van 5-15% van de ammoniakconcentratie wanneer agroforestry op grote schaal in het landschap wordt toegepast (Brusselman et al., 2016). De afvang van N heeft een groot luchtzuiverend effect maar een minimaal bemestend effect voor de landbouwpercelen aangezien een vermindering van 5-15% ammoniak in de lucht neerslaat als enkele kilo's N (Fuchs, 2023).



Figuur 6. Stikstofstromen in een rijenteeltsysteem met bomen en akkerbouw. Afbeelding afkomstig uit Agroforestry factsheet 11 (Fuchs, 2023).

Ook kunnen bomen ervoor zorgen dat de nutriënten in een agrosysteem langer in het systeem blijven. Diepwortelende planten dragen bij aan een verminderde uitspoeling van nutriënten naar grond- of oppervlaktewater met een verbeterde waterkwaliteit als gevolg (Figuur 7) (Reubens et al., 2024; Fuchs, 2023). Dit 'safety net effect' van bomen in akkerbouw wordt in veel studies teruggevonden (Allen et al., 2004; Kim & Isaac, 2022; Palma et al. 2006; Wolz et al., 2018). Hoewel de exacte mate van reductie in uitspoeling nog onduidelijk en sterk afhankelijk van de lokale context, werd in een studie naar nitraat-uitspoeling in een agroforestry-systeem in Nederland een reductie van 30% gevonden (Palma et al. 2006). Een hoger gehalte aan organisch materiaal in de bodem als gevolg van de toepassing van agroforestry kan naast een verhoogd C en N gehalte ook zorgen voor een hoger CEC (Cation Exchange Capacity) (Reubens et al., 2024; Kim & Isaac, 2022). Dit houdt in dat de capaciteit van de bodem om belangrijke nutriënten vast te houden en beschikbaar te maken voor opname door planten verhoogd wordt. Echter blijft, los van de aanwezigheid en leeftijd van bomen en struiken, de bodemtextuur (klei, leem, zand) een belangrijke onderliggende factor die de bodemvruchtbaarheid van een agroforestry systeem bepaalt (Wendel et al., 2023). De verhoogde input en verlaagde output van nutriënten in het agrosysteem zorgt ervoor dat er minder externe input nodig is in agroforestry systemen. Dit kan voor boeren leiden tot een verminderde afhankelijkheid van externe input zoals (kunst)mest.



Figuur 7. Weergave van het wortelstelsel van bomen in een agroforestry context. Diepwortelende bomen vangen uitspoelende nutriënten via het grondwater op en dragen bij aan het safety net effect. Afbeelding afkomstig uit Dupraz & Liagre (2008).

Naast de chemische samenstelling in de bodem kunnen CAS systemen ook invloed hebben op de structuur van de bodem en het bodemleven. Door een deel van de bodem permanent begroeid te laten met meerjarige planten wordt de bodem in mindere mate tot niet verstoord. Een permanente bedekking van de bodem gaat bodemerosie tegen door de aanwezigheid van een hoge dichtheid aan plantenwortels en een verminderde directe blootstelling aan wind en water. Minder verstooring van de bodem heeft positieve gevolgen voor het opbouwen van het organische gehalte van de bodem en het bodemleven. Het creëert bijvoorbeeld een gunstige

omgeving voor associaties tussen plantenwortels en mycorrhiza schimmels (Reubens et al., 2024). Deze samenwerkingsverbanden vergroten het vermogen van planten om nutriënten en water op te nemen uit de bodem en stimuleert de vorming van bodemaggregaten ten behoeve van het vochthoudend vermogen van de bodem (Beule et al. 2022). Samenwerkingen tussen planten en schimmels en bacteriën kunnen over langere tijd nutriëntenpoelen beschikbaar maken die voorheen niet door planten opgenomen konden worden zoals aan gesteente of ijzer gebonden fosfor (Clark & Zeto, 2000). Dit draagt bij aan een verminderde afhankelijkheid van externe fosfor input.

Bodemcompactie wordt veroorzaakt door het betreden van een perceel van zware machines of groot vee zoals paarden koeien. Gecompacteerd bodemlagen zorgen voor verminderde doorworteling van de bodem, hindert de verspreiding van bodemleven en verlaagt het infiltratie- en vochthoudend vermogen van de bodem (Shah et al., 2017). Verwacht wordt dat diepwortelende planten in staat zijn om gecompacteerd bodems over tijd open te breken (Wendel et al., 2023).

Optimalisatie binnen CAS (technieken & best practices)

De mate en snelheid waarmee de bodemgezondheid verbeterd wordt kan worden beïnvloed door keuzes in het ontwerp en beheer. De efficiëntie van de nutriënten toevoer kan beïnvloed worden door het selecteren van plantensoorten met specifieke eigenschappen:

- Boomsoorten met snel afbreekbaar strooisel, een hoog nutriëntengehalte en een diep en uitgebreid wortelstelsel kunnen de nutriëntentoevoer verhogen (Kim & Isaac, 2022).
- Het gebruik van diepwortelende bomen kan ook bodemcompactie opgebroken worden en door ze dicht bij waterwegen te plaatsen verhoogt dit het safety net-effect en verlaagt het de uitspoeling van nutriënten naar oppervlaktewater (Fuchs, 2023).
- Boomsoorten met grote, ruwe bladeren zijn in staat meer N af te vangen (Brusselman et al. 2016).

Daarnaast spelen ruimtelijke ontwerpkeuzes een belangrijke rol:

- Recent onderzoek laat zien dat een hogere mate van complexiteit in agroforestry-systemen — uitgedrukt in soortenrijkdom en plantdichtheid — leidt tot hogere voorraden plant-beschikbare nutriënten (N, P, K, Ca, Mg) in strooisel en bodem, waarbij deze effecten met name sterk naar voren komen op arme zandgronden (Steinfeld et al., 2023).
- De hogere nutriëntengehaltes door afbraak van organisch materiaal, N-fixatie en het opvangen en neerslaan van N-depositie uit de lucht nemen af naarmate de afstand tot de bomen toeneemt (Pardon et al., 2017). Via ruimtelijke afstand tussen bomenrijen kan hierop worden ingespeeld. De structuur en ruimtelijke oriëntatie van bomenrijen kan ook invloed hebben op de N-depositie (Brusselman et al. 2016).
- Brede, hoge bomenrijen die haaks op de dominante windrichting staan zorgen voor de meeste windremming en daardoor een hogere N-depositie.

Ook kan via beheer de bodemgezondheid beïnvloed worden:

- De toevoer van nutriënten kan zeer lokaal toegepast worden door bladval en snoeimateriaal te verzamelen en op de locatie van toekomstige beplanting of aan de

basis van gewenste planten te leggen (Reubens et al., 2024). Actief snoei- en mulchbeheer versterkt de recycling van nutriënten vanuit strooisel naar plant-beschikbare bodemfracties en draagt bij aan de opbouw van stabiele bodemkoolstof, met name op zandgronden (Steinfeld et al., 2023).

- Door de bodem niet te keren, of überhaupt te verstoren, wordt het bodemleven en een goede bodemstructuur gestimuleerd.

Best practice voorbeeld: Boerderij Den Food Bosch (St. Michielgestel, NL)

Den Food Bosch is een voedselbos in Nederland dat volgens de principes van syntropische landbouw is opgezet, een intensieve vorm van beheer waarin continu snoeien, maaien en oogsten plaatsvindt. In Den Food Bosch wordt gewerkt met een systeem van snoeibomen zoals berken, elzen, wilgen populieren. Deze worden hier in mei al gesnoeid wanneer het eerste blad aan de bomen verschijnt. Het snoeisel wordt toegebracht aan de bodem wat tijdens het groeiseizoen beschikbaar komt. Er wordt hier nog veel onderzoek gedaan naar efficiëntie en mogelijkheden tot kleinschalige mechanisatie (Boerderijbezoek Den Food Bosch, 2025).



Afgesnoeide biomassa onder de bomen

Compensatie- en beloningssystemen

De Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO) maakt gebruik van een punten en waarde systeem waarmee eco-activiteiten en niet-productieve onderdelen van een landbouwperceel alsnog verwaard kunnen worden (Figuur 8). Deze subsidies zijn via het Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) jaarlijks aan te vragen. Vergoedingen voor eco-diensten van RVO voor minder bodemverstoring (rustgewassen, groene braak, kruidenrijkgrasland) kunnen op deze manier een directe inkomstenbron zijn.

Verder kan een goede bodemgezondheid een boer indirect veel opleveren. Momenteel is kunstmest een van de grootste kostenposten voor boeren. Door een lagere afhankelijkheid van

externe bemesting kunnen de kosten hiervoor sterk verminderd worden en in het geval van veel complexe agroforestrysystemen zelfs verdwijnen.

Overzicht punten en waarde

In deze tabel staan de eco-activiteiten met hun punten en waarde per hectare.

Hoofdtypeelt	Punten/ha					Waarde/ha	
	Klimaat	Bodem en lucht	Water	Landschap	Biodiversiteit	Regio 1	Regio 2
Rustgewas	4	4	4	2	2	€ 105	€ 60
Stikstofbindend gewas	3	2	0	1	1	€ 1.995	€ 2.308
Verlengde teelt	4	4	4	1	1	€ 302	€ 612
Langjarig grasland	4	4	3	1	1	€ 91	€ 91
Grasland met kruiden	2	4	1	3	1	€ 181	€ 181
Natte teelt	3	0	0	1	2	€ 1.005	€ 1.005
Vroeg ras rooigewas (uiterlijk 31 augustus)	2	2	4	1	1	€ 603	€ 492
Grasklaver	4	4	0	1	1	€ 28	€ 28
Strokenteelt	0	2	2	2	2	€ 217	€ 215
Vezelgewas	4	4	4	2	3	€ 720	€ 390
Voedselbos	4	4	4	2	1	€ 2.868	€ 3.961

Figuur 8. Via eco-activiteiten kunnen punten behaald worden voor de positieve effecten die deze activiteiten hebben op klimaat, bodem en lucht, water, landschap en biodiversiteit. Afhankelijk van de regio staat er een jaarlijkse vergoeding per ha tegenover het uitvoeren van de activiteiten (RVO, 2025).

1.2 Koolstofvastlegging

Omschrijving van de dienst

Agroforestry kan een belangrijk instrument zijn in het behalen van het Nederlandse doel van klimaatneutraliteit in 2050. Beleid moet ervoor zorgen dat er minder emissie van broeikasgassen plaatsvindt en meer vastlegging van bijvoorbeeld CO₂ uit in de atmosfeer. Door de extensieve bedrijfsvoering van complexe agroforestry systemen vindt er over het algemeen minder NO₂-emissie plaats uit (kunst)meststoffen en minder CO₂-emissie door het gebruik van zware machines en bodemverstoring (Fuchs, 2023). Waar het gebruik van agroforestry als klimaatstrategie vooral uitblinkt, is de mogelijkheid tot koolstofvastlegging. In het Nederlandse Klimaatakkoord staat het doel vermeld om vanaf 2030 jaarlijks 0.4-0.8 Mton CO₂-eq in de bodem en natuur vast te leggen (Fuchs & Norén, 2025). Uit onderzoek is gebleken dat, afhankelijk van het type agroforestry en de lokale context, agroforestry in staat is jaarlijks tussen 1 en 10 ton CO₂/ha op te slaan (Fuchs & Norén, 2025; Fuchs, 2023; Wendel et al., 2023). Dit wordt gedaan door CO₂ uit de atmosfeer op te slaan in houtige biomassa en de bodem. Ongeveer 75% van de koolstof wordt vastgelegd in de stammen, takken en wortels van bomen en struiken en 25% als organische stof in de bodem (Cardinael et al. 2018; Mayer et al. 2022, Pardon. 2023).

Koolstof uit de atmosfeer wordt vastgelegd in houtige biomassa van bomen en struiken door middel van CO₂ uit de lucht op te nemen voor fotosynthese. De hoeveelheid koolstof die wordt opgeslagen in een plant blijft toenemen naarmate bomen en struiken groeien en ouder worden (Fuchs & Norén, 2025). In een gematigd klimaat zoals in Nederland wordt een gemiddelde jaarlijkse vastlegging van 4,73 ton CO₂/ha verwacht. Het grootste deel van deze koolstof ligt bovengronds opgeslagen in de stam en takken van de plant en slechts 20-25% ondergronds in het wortelstelsel (Cardinael et al., 2018). Wanneer de planten afsterven breekt het materiaal af en komt de koolstof weer vrij in de vorm van CO₂. Door houtige biomassa te oogsten en te verwerken in bijvoorbeeld de bouw of meubels blijft de CO₂ langer opgeslagen (van den Berg et al., 2024; Fuchs & Norén, 2025).

Zoals eerder benoemd in het hoofdstuk '*Bodemgezondheid*' komt organisch materiaal in de bodem terecht door jaarlijks bladval, het afsterven van wortels en het toebrengen van snoeimateriaal afkomstig van bomen en struiken (Mayer et al., 2021). Dit organische materiaal bevat voornamelijk koolstof waardoor het gehalte koolstof in de bodem sterk kan toenemen wanneer de toevoer van organisch materiaal groter is dan de afbraak. Onderzoek van Mayer et al. (2022) naar de koolstofvastlegging in verschillende agroforestrysystemen in een gematigd klimaat suggereert een gemiddelde koolstofvastlegging van 1,32 ton CO₂/ha/jr in de bovenste 0-40 cm van de bodem. Steinfeld et al. (2023) tonen aan dat toenemende agroforestry-complexiteit samenhangt met hogere en stabielere koolstofvoorraden in de bodem, zowel in mineral-associated organic carbon (MAOC) als in particulate organic carbon (POC), met name door de combinatie van hogere soortenrijkdom, grotere boomedichtheid en frequent snoei- en mulchbeheer.

De afbraak van organisch materiaal zal ook toenemen als de toevoer groter wordt waardoor er een nieuwe balans in de bodem ontstaat en een maximum koolstofgehalte bereikt kan worden

(Fuchs & Norén, 2025). Een bodem met een initieel laag koolstofgehalte, zoals een akker, is in staat grotere hoeveelheden koolstof vast te leggen dan een systeem dat over de jaren heen al een hoger koolstofgehalte in de bodem heeft opgebouwd zoals grasweiden en bosgrond (Fuchs & Norén, 2025). Nederlandse bodems zijn over het algemeen vrij koolstofarm wat de potentie voor ondergrondse koolstofopslag vergroot (Herbert et al., 2023). Naast voormalig landgebruik lijkt de bodemtextuur ook invloed te hebben op de koolstofopslag. De verschillen in opgebouwde koolstofgehalten gemeten tussen meerdere bodemtypen door het NMVB suggereren dat voedselbossen gevestigd op klei- en leembodems in staat zijn meer koolstof in de bodem op te slaan vergeleken met voedselbossen op zandbodems (Wendel et al., 2023). Dit lijkt eerder onderzoek van Arets et al (2014) naar verzadigingsniveaus van koolstof te bevestigen. Er bestaat echter nog veel onduidelijkheid rondom de exacte hoeveelheid koolstof die opgeslagen kan worden in bodems en hoe snel deze bodems verzadigd raken. Factoren als klimaat, bodemvochtgehalte, bodemstructuur en zuurgraad beïnvloeden hoogstwaarschijnlijk ook de potentie voor koolstofopslag in Nederlandse bodems (Van den Berg et al., 2024). Toekomstige monitoring van agroforestry systemen kan hier meer duidelijkheid in brengen.

Optimalisatie binnen CAS

De mate waarin een agroforestry systeem koolstof in biomassa en de bodem kan vastleggen wordt sterk beïnvloed door ontwerp en beheer.

- Door middel van soortselectie van boom- en struiksoorten kan er gestuurd worden op de snelheid en hoeveelheid koolstof die wordt opgenomen in de biomassa (Fuchs & Norén, 2025; Fuchs & Van Leeuwen, 2023).
- Plantensoorten met een hoge groeisnelheid, zoals wilgen en populieren, zijn in staat snel koolstof op te nemen. Soorten met een hoge houtdichtheid en lange levensduur, zoals walnoten, houden koolstof het langst vast binnen het systeem.

Wel moet voor een efficiënte koolstofvastlegging rekening worden gehouden met klimaat en lokale groeiomstandigheden voor selectie van deze plantensoorten om overtollige mortaliteit van aanplant en daarmee het opnieuw vrijkomen van CO₂ te voorkomen (Fuchs & Van Leeuwen, 2023).

Naast soortselectie speelt de boomedichtheid ook een rol.

- Hoe meer bomen op een hectare worden aangeplant, hoe meer koolstof kan worden vastgelegd (Steinfeld et al. 2023). Al hangt de netto opslag van koolstof ook af van de hoeveelheid CO₂ die door het systeem wordt uitgestoten (Tabel 2).
- Silvopastorale systemen, zoals kippenuitlopen met wilgen of populieren, kunnen desondanks de hoge dichtheid aan bomen een relatief lage netto koolstofvastlegging hebben door de uitstoot van broeikasgassen als gevolg van het houden van vee (Van Goor n.d., Cardinael et al. 2017, Alam et al. 2016). Dit illustreert het effect van overwegingen in de bedrijfsvoering van een agroforestry systeem, zoals het houden van vee of het gebruiken van zware machines, op het koolstofvastleggendvermogen.

Tabel 2. De potentie voor koolstofvastlegging voor verschillende vormen van agroforestry en aantal bomen. De tabel is afkomstig uit Agroforestry factsheet 3 (Fuchs & Norén, 2025) en is gebaseerd op de data over bovengrondse en ondergrondse koolstofvastlegging uit Van Goor n.d., Cardinael et al. 2017 en Alam et al. 2016.

Landgebruik	Aantal bomen per ha	Schatting van totale netto koolstofvastlegging (t CO ₂ /ha/jr)
Wilgen in kippenuitloop	15.000	1,9
Laagstam appel in kippenuitloop	2.200	1,7
Hoogstam appel in rijenteelt akkerbouw	125	3,1
Walnoot in rijenteelt akkerbouw	100	3,0-5,7
Populier in rijenteelt akkerbouw	100	7,0

Steinfeld et al. (2023) laten zien dat een hogere mate van complexiteit in agroforestry-systemen — gekenmerkt door een hogere soortenrijkdom, grotere boomedichtheid en actief snoei- en mulchbeheer — samenhangt met hogere én stabielere koolstofvoorraden in de bodem, zowel in mineral-associated organic carbon (MAOC) als in particulate organic carbon (POC). Deze effecten zijn vooral sterk op zandgronden, waar de recycling van organisch materiaal vanuit strooisel en mulch bijdraagt aan langdurige koolstofopslag.

Zoals eerder benoemd wordt het vermogen om koolstof vast te leggen vergroot door geogst hout een ‘tweede leven’ te geven in bijvoorbeeld de bouw van meubels of huizen.

- Een gangbare techniek in complexe agroforestry systemen is het gebruiken van tijdelijke bomen, ook wel wijkers genoemd, om een omgeving te creëren ter ondersteuning van specifieke waardevolle planten zoals fruit- en notenbomen. Deze wijkers worden na verloop van tijd weggehaald om de competitiedruk voor de gewenste bomen te verlagen.
- Een concreet plan voor toepassingen van het geogste hout kan voorkomen dat de opgeslagen koolstof weer vrij komt en bijdragen aan langdurige koolstofvastlegging.

Ook kan door middel het bodembeheer koolstofvastlegging gestimuleerd worden. Het extensief beheren en inzaaien van kruidenrijk grasland of groenbemesters kan de vastlegging van koolstof in de bodem bevorderen voordat het omgezet wordt tot agroforestry (Wagenaar et.al, 2024).

Compensatie- en beloningssystemen

Het certificeren en verkopen van koolstofvastlegging kan een interessante toevoeging zijn aan de verdienmodellen van boeren die gebruikmaken van CAS. Echter kleven er nog veel onzekerheden en risico's vast aan het verkrijgen en verhandelen van koolstofcertificaten voor agroforestry projecten in Nederland. In 2022 heeft Probos in samenwerking met Agroforestry netwerk Brabant verkennend onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor agrariërs om gebruik te maken van koolstofcredits in Agroforestry als additionele inkomstenbron (Tabel 3) (Reichgelt et al., 2022). Voor het onderzoek werd de methodiek van de Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK) gebruikt. Hierbij werd gekeken naar twee types agroforestry; boomweides en lijnvormige elementen zoals boomrijen, houtwallen en houtsingels. Hagen werden alleen meegenomen als zij de minimale hoogte van 5 meter bereiken, zoals struwelen of voederhagen. Knip- en scheerhagen blijven over het algemeen onder deze begroeiingsgrens, en werden niet meegenomen in de berekeningen voor koolstofvastlegging.

Tabel 3. Voorbeeld van de inkomsten uit koolstofvastlegging na 30 jaar van vier verschillende typen agroforestry. De tabel is afkomstig uit Agroforestry factsheet 3 (Fuchs & Norén, 2025) en is gebaseerd op de cijfers uit Reichgelt et al (2022).

Potentiële deelnemer	Bruto oppervlakte agroforestry (ha)	Type agroforestry	Netto beplant oppervlakte (in km of ha)	C-vastlegging na 30 jaar (ton CO ₂)	Totale inkomsten na 30 jaar		
					Richtprijs €75	Hoge prijs €125	Lage prijs €30
1	2	Houtsingel	0,4 ha	91	€6.840	€11.400	€2.736
2	2	Boomweide	2,0 ha	230	€17.250	€28.750	€6.900
3	1	Rij voederbomen	0,5 km	7	€525	€875	€210
4	25	Bomenrij	12,5 km	1963	€147.187	€245.312	€58.875

Uit het onderzoek van Probos kwam naar voren dat er veel enthousiasme leeft onder agrariërs voor het certificeren, maar dat de kosten voor het certificeren het momenteel financieel minder interessant maakt voor kleine agroforestry projecten (< 5 ha) aangezien opbrengsten grotendeels afhankelijk zijn van oppervlakte. Als voorbeeld wordt de geschatte jaarlijkse inkomsten aan koolstofvastlegging van een ondernemer met 10 ha agroforestry (€1.420/jaar) vergeleken met die van een ondernemer met 25 ha aan agroforestry (€3.550/jaar). De initiële kosten voor het opstellen en beoordelen van een projectplan ter goedkeuring voor koolstofvastlegging kunnen hoog oplopen en zijn gelijk voor alle projecten waardoor het meer loont voor bedrijven met een groot oppervlak. Om deze reden worden kleine bedrijven nog afgeraden om deel te nemen aan aanvragen en wordt aangeraden om aanvragen van boeren te bundelen, al blijven grote kostenbesparingen voor groepsaanvragen nog uit. Ook geldt er voor het verkrijgen van de credits een bewijs voor landbeheer van minimaal 20 jaar en een instandhoudingsplicht van minimaal 50 jaar. Dit brengt een extra risico met zich mee, maar langetermijnvisies voor het landgebruik zijn gebruikelijk voor agroforestry bedrijven.

De instandhoudingsplicht brengt wel de vraag met zich mee of er ruimte is voor ingrijpende beheersmaatregelen in de ontwikkeling van een CAS wanneer er gebruik wordt gemaakt van koolstofcertificering. Wijkers zijn een veelvoorkomend onderdeel van een CAS ontwerp waarbij plantgoed wordt gepoot met het oog dat ze na verloop van tijd weer worden verwijderd uit het systeem om ruimte te maken voor andere bomen of struiken. Een rapport uit september 2025 van SNK in samenwerking met de Rabobank omschrijft hun meest recente methodiek voor het berekenen van de hoeveelheid koolstofvastlegging, zowel boven- als ondergronds, in agroforestry systemen (van Hellemond et al., 2025). De SNK methodiek omschrijft dat afwijkende projectsituaties met mogelijke effecten op broeikasgasemissies, zoals het verwijderen van bomen, in het projectplan vóór de aanvraag opgenomen dienen te worden voor verdere berekeningen van de koolstofcyclus. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen gedeeltelijke kap en selectieve oogst. Voor gedeeltelijke kap wordt verwacht dat de verwijderde biomassa binnen 5 jaar wordt gecompenseerd door nieuwe groei. Dit wordt gezien als lichte dunning van systeembomen waar de verwijdering van biomassa, en dus koolstof, beperkt blijft. Wanneer de hoeveelheid verwijderde biomassa meer is dan dat er in 5 jaar terug kan groeien is er sprake van selectieve oogst. In dit geval wordt er de hoeveelheid koolstofcredits dat een perceel opbrengt beperkt. Voor de berekeningen wordt gebruikt gemaakt van het agroforestry projectplan waarin dient te staan wat het percentage van gekapte bomen ten opzichte van de plantdichtheid. Ook is hier van belang welke boomsoorten er gekapt worden, de fenologie van de bomen, de omgevingsomstandigheden en beheer praktijken die invloed hebben op het

houtige volume. Het is dus mogelijk om gebruik te maken van wijkers in een CAS dat doelt op het verwerven van koolstof certificering, mits dit uitgebreid wordt toegelicht in het ontwerpplan.

Naast het verwijderen van bomen worden ook andere factoren beschreven die de waarderingen en berekeningen van de koolstofopslag beïnvloeden, zoals; het houden van vee, het gebruik van bepaalde landbouwvoertuigen en het gebruik van (synthetische) meststoffen. Ook soortspecifieke eigenschappen van houtige planten zoals de, groeisnelheid, levenscyclus, houtdichtheid, snoei, plantdichtheid, overlevingspercentage, plantseizoen, oogstperiode en irrigatie beïnvloeden de berekeningen. Op deze manier zou bij het ontwerp van CAS gestuurd kunnen worden op beheer, soorten samenstelling en plantdichtheid met maximalisatie van koolstofopslag als doel (Fuchs & Norén, 2025). Ook van belang is wat er gebeurt met hout van gesnoeide of gekapte bomen, met name van bomen die niet de instandhoudingsplicht van 50 jaar halen. Wanneer deze worden verbrand of gecomposteerd komt de opgeslagen koolstof weer vrij, wat een negatief effect heeft op de totale koolstofopslag van een CAS bedrijf.

In de analyse van SNK zijn de metingen gericht op de bovengrondse en ondergrondse opslag van koolstof in de vorm van houtige biomassa (stammen, takken, wortels). Niet-houtige ondergrondse opslag van koolstof door het veranderen van landgebruik en verbetering van bodemstructuur door bijvoorbeeld verminderde verstoring van de bodem of door toevoeging van organische stof wordt nog niet meegenomen in de huidige methodiek van SNK, terwijl dit het vermogen tot koolstofopslag in de bodem sterk kan verhogen (25% van de koolstofopslag in een agroforestry systeem).

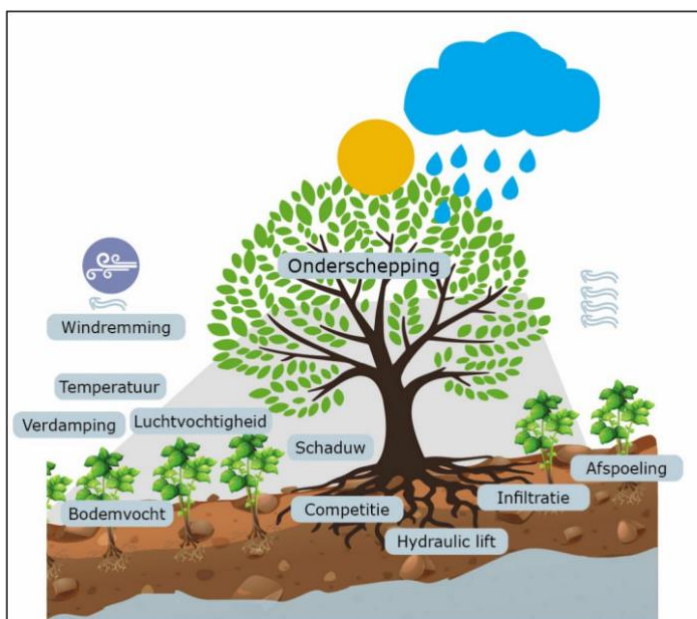
Er bestaat een koolstof rekentool voor agroforestry systemen in België en Nederland; Carbon Agroforestry Tool (CARAT). De tool is ontwikkeld door ILVO en Farnalab in Vlaanderen, en wordt gebruikt om een inschatting te maken van koolstofopslag op een perceel door de jaren heen (Fuchs & Norén, 2025).

1.3 Waterhuishouding

Omschrijving van de dienst

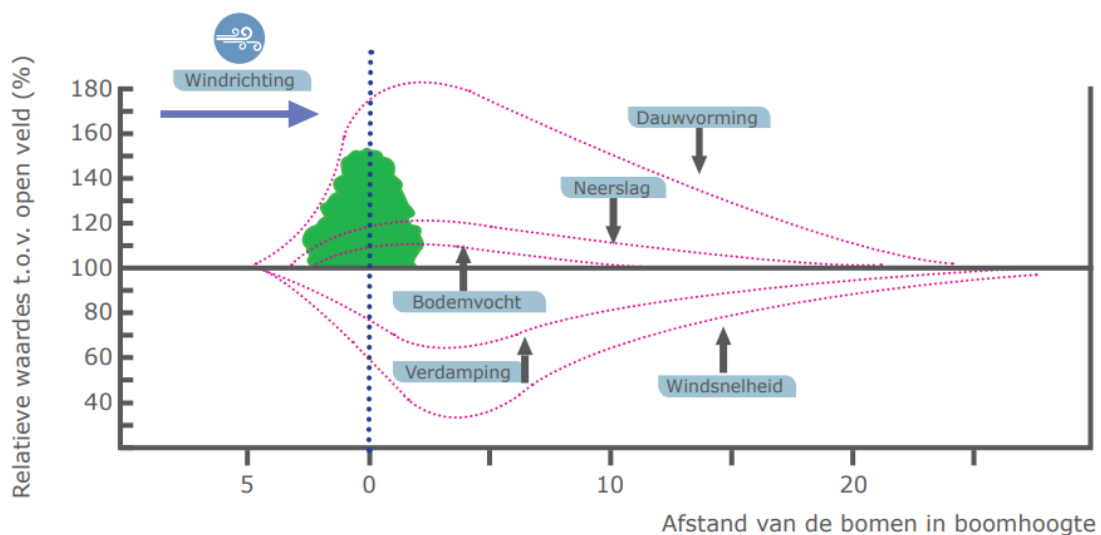
Naar verwachting zullen toenemende weersextremen onder klimaatverandering de Nederlandse waterhuishouding steeds verder onder druk zetten. Enerzijds kan er een tekort aan water ontstaan door aanhoudende periodes van droogte en hitte terwijl anderzijds wateroverlast kan ontstaan door grote hoeveelheden neerslag in korte tijd (Norén, 2023). Een verdichte, koolstofarme bodem is zeer beperkt in staat water op te nemen en vast te houden wat het vatbaar maakt voor deze extremen. Water stroomt hierdoor sneller percelen af, wat leidt tot uitspoeling van nutriënten naar oppervlaktewater met verslechtering van de waterkwaliteit als gevolg. Ingrijpende veranderingen in het beheer en de inrichting van het landschap zijn nodig om de doelen voor een klimaatrobuust waterhuishouden te halen zoals beschreven in de Nationale klimaatadaptatiestrategie, het Deltaprogramma en de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) (Fuchs & Van Leeuwen, 2023). De toepassing van agroforestry op landbouwpercelen kan bijdragen aan het opvangen van een tekort of een overvloed aan water en de waterkwaliteit verbeteren.

Diepwortelende bomen hebben effect op de infiltratie van regenwater. Sterk verdichte bodems verhinderen de neerwaartse stroming van water naar diepere bodemlagen waardoor water lang op percelen kan blijven staan of bij overvloed het perceel kan afspoelen. Water stroomt gemakkelijk langs levende wortels in de bodem en gangen van oude wortels waardoor water sneller de bodem in kan trekken (Reubens et al., 2024; Fuchs & Van Leeuwen, 2022). Het vermogen snel water op te nemen maakt bodems weerbaarder tegen een toenemende frequentie en intensiteit van stortregens, al blijft dit effect op vlakke percelen beperkt tot de directe omgeving van boomstroken (Norén, 2023).



Figuur 8. Overzicht van de effecten van bomen in agroforestry op waterhuishouding uit Agroforestry factsheet 9 (Norén, 2023) gebaseerd op Jacobs et al. (2022).

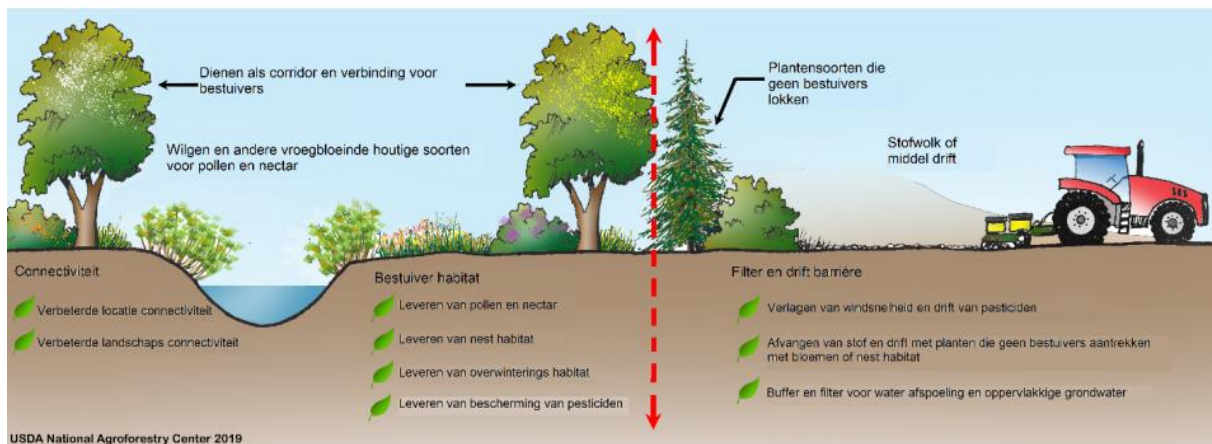
Ook kan agroforestry de beschikbaarheid van water op landbouwpercelen verhogen. Een verbeterde bodemstructuur en hoger gehalte organisch gehalte zorgt voor betere infiltratie en waterbergend vermogen van landbouwbodems (Fuchs & Van Leeuwen, 2022; Rawls et al., 2003; Norén, 2023). Dit positieve effect is het grootst op poreuze bodems. Ook kan een verminderde windwerking op percelen door de aanwezigheid van bomen en struiken de bodem- en gewasverdamping dempen waardoor waterconsumptie door gewassen kan dalen (Figuur 9)(Norén, 2023). Dit remming van de wind achter een bomenrij of haag is meetbaar tot 10-30x de hoogte van de planten, al neemt het effect af met de afstand tot de bomenrij (Jacobs et al., 2022; Prabhu, 2019; Quinkenstein et al., 2009). Een verhoogde luchtvochtigheid als gevolg kan wel leiden tot hogere schimmeldruk, maar de grootte van dit effect is nog beperkt onderzocht in Nederlandse context. Verder kan door middel van ‘hydraulic lift’ grondwater naar het oppervlak gepompt worden in de nabijheid van de boom. Echter is nog niet bekend of dit een significante rol speelt in de watervoorziening in ons klimaat (Norén, 2023). Naast deze positieve effecten kunnen bomen door directe concurrentie voor grondwater of door schaduwwerking de groei en opbrengst van andere gewassen beperken. Of de positieve effecten de negatieve effecten overtreffen, is moeilijk te kwantificeren en sterk afhankelijk van de lokale context.



Figuur 9. Conceptuele weergave van het effect van windhagen op het hydrologische microklimaat naarmate de afstand tot de bomen toeneemt. Afbeelding afkomstig uit Agroforestry factsheet 9 (Norén, 2023) en gebaseerd op Leuschner & Ellenberg (2017).

Zoals beschreven in het hoofdstuk ‘Bodemgezondheid’ kan agroforestry bijdragen aan een verminderde uitspoeling van stikstof en andere voedingsstoffen door middel van een diep- en uitgebreid wortelstelsel (Kim & Isaac, 2022, Fuchs, 2023). Deze verminderde uitspoeling van nutriënten naar oppervlaktewater voorkomt eutrofiëring en zorgt voor een betere waterkwaliteit wat het relevant maakt voor de doelstellingen van de KRW (Fuchs & Van Leeuwen, 2022). Naast het wortelstelsel kunnen bomen ook bijdragen aan een hogere waterkwaliteit door het verminderen van drift van gewasbeschermingsmiddelen op nabijgelegen percelen (Figuur 10) (Fuchs & Van Leeuwen, 2023). Bomen en struiken voorkomen dat deze middelen via de wind in het oppervlaktewater terechtkomen en onbedoelde ecologische- en gezondheidsrisico's vormen door het creëren van luwte en het fysiek afvangen van bestrijdingsmiddelen. Uit

onderzoek van Bentrup et al. (2019) is gebleken dat agroforestry systemen in gematigd klimaat drift van bestrijdingsmiddelen kunnen reduceren met wel 80-90%.



Figuur 10. Een voorbeeld van hoe bomen als buffer en filter kunnen functioneren tegen drift van pesticiden en zo de lucht- en waterkwaliteit verbeteren. Afbeelding afkomstig uit Fuchs & Van Leeuwen (2022) en gebaseerd op de illustratie uit Bentrup et al. (2019).

Optimalisatie binnen CAS

In theorie kunnen CAS bijdragen aan het verbeteren van de waterkwaliteit, waterberging en de infiltratie van regenwater op een landbouwperceel.

- Het kiezen van diepwortelende soorten en een hoge plantdichtheid voor een betere doorworteling van het perceel optimaliseert de waterinfiltratie en vermindert de uitspoeling van nutriënten uit het grondwater.
- Het verhogen van het organisch materiaal, door bijvoorbeeld het laten liggen van snoeisels of maaisel, draagt bij aan het waterbergend vermogen, met name op poreuze minerale bodems.

Door middel van de plaatsing en verspreiding van bomen en struiken kan gestuurd worden op verschillende functies.

- Het aanleggen van boom- en struik singels rond waterlopen vergroot de potentie om vervuiling van oppervlaktewater tegen te gaan door uitspoeling en drift van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (Fuchs & Van Leeuwen, 2022; Fuchs & Van Leeuwen, 2023). Al vergroot dit wel de hoeveelheid bladval dat in waterlopen terechtkomt wat mogelijk tot verstopping of eutrofiëring leidt.
- Het windremmend vermogen van bomenrijen en hagen wordt vergroot door lange, hoge elementen die haaks worden aangelegd op de dominante windrichting wat in Nederland doorgaans zuidwestelijk is (Wertheim, 1990; Jacobs et al., 2022).

Ook kan door middel van plaatsing, spreiding, beheer en soortselectie de schaduwintensiteit beïnvloed worden en daarmee de trade-off tussen lichtcompetitie op perceelsniveau en het verkoelend effect op landschapsniveau dat bomen faciliteren (Tabel 4) (Norén, 2023). Het gebruik van randen in het systeem zou als een middenweg tussen deze functies kunnen

fungeren. Door bomen en struiken als oplopende zoom in te richten en beheren kan er gebruik worden gemaakt van maximale lichtinval in een systeem met meerdere vegetatielagen.

Tabel 4. Concrete voorbeelden van beheer en ontwerp overwegingen in agroforestry systemen en de trade-offs tussen het afkoelende effect en lichtbeperkende effect. Tabel afkomstig uit Agroforestry factsheet 9 (Norén, 2023)

Richtlijnen voor afkoeling	Richtlijnen voor minder lichtcompetitie
Kiezen voor boomsoorten met veel verdamping (als er niet ook droogteproblematiek is)	Snoeien voor een open en lichtdoorlatende boomkroon
Kiezen voor soorten en snoeien gericht op een dichte boomkroon	Kiezen voor soorten met open en lichtdoorlatende boomkroon (bv. walnoot)
Kiezen voor hoge bomen met een lange schaduwwerp	Lagere boomhoogtes (bv. fruitbomen of hakhout met korte omlooptijd)
Kiezen voor oost-west oriëntatie van aanplant waardoor de noordkant van de bomen sterk afgekoeld is	Kiezen voor een passende oriëntatie van de boomstroken: Noord-zuid oriëntatie geeft meer licht in voorjaar en najaar, oost-west geeft meer in zomer en winter. Noord-zuid en geeft een homogene schaduwwerking aan beide kanten van de bomen
Kiezen voor hoge boomdichtheden	Kiezen voor lage boomdichtheden (bv. <20% kroonbedekking)
Kiezen voor kleine boomstrookafstanden	Kiezen voor grote boomstrookafstanden (eg. 6-10 keer de boomhoogte) evt. gecombineerd met meerdere bomenrijen per boomstrook (Factsheet 7 – Planting patterns)

Compensatie- en beloningssystemen

Voor verbetering van waterkwaliteit of het vasthouden van water in het landschap ontbreken concrete en meetbare strategieën voor agroforestry waardoor structurele vergoedingssystemen nog nauwelijks bestaan. Hier liggen wel kansen. Waterschap De Dommel houdt zich bezig met de rol die CAS kan spelen in de waterhuishouding van landschappen. Zij zijn een samenwerking aangegaan met het internationale AFaktive-Project dat zich over dit exacte vraagstuk buigt in Nederland, België en Duitsland. De projectgroep, gestart in november 2023, zet gedurende 5 jaar praktische projecten op waar bijdrage van agroforestry aan het voorkomen van overstromingen, erosie en uitdroging wordt bestudeerd door middel van monitorprogramma's. In het stroomgebied van Waterschap De Dommel liggen twee van deze projecten; demoboerderij Het Diessenbroek en Janmiekeshoeve.

1.4 Biodiversiteitswaarborging:

Omschrijving van de dienst

Agroforestry heeft een overwegend positief effect op de biodiversiteit in landbouw gedomineerde landschappen. De aanleg van bomenrijen, houtwallen, hagen, poelen, natuurvriendelijke oevers en andere landschapselementen creëert leefomgeving, nestgelegenheid, voedsel en verbinding met natuurgebieden voor verschillende dier- en plantensoorten (Dawson & Norén, 2022). Een hoge plantendiversiteit wordt bereikt door het aanplanten van een groot aantal verschillende houtige soorten en het inzaaien of natuurlijk voorkomen van kruidige planten in de ondergroei (Reubens et al., 2024) wat op zijn beurt verschillende diersoorten aantrekt (de Waart et al., 2025). Een hoge, toenemende diversiteit aan insecten en vogels werd gevonden in 13 voedselbossen naarmate de plantendiversiteit in deze agroforestry systemen steeg (Wendel et al., 2023). Ook reptielen, vleermuizen en andere kleine zoogdieren lijken profijt te hebben van de ontwikkeling van agroforestry systemen in een landschap (Reubens et al., 2024; de Stichter & Prins, 2023).

Wanneer er gesproken wordt over het positieve effect van agroforestry op diversiteit is het van belang om het type agroforestry en het type diversiteit te specificeren. In de meeste onderzoeken naar het effect van agroforestry op biodiversiteit wordt er gekeken naar landbouwsystemen met rijenteelt van houtige soorten, silvopastorale systemen en het gebruik van heggen als perceelsranden (de Stichter & Prins, 2023). Een voorbeeld van verschillende type diversiteit in een agrolandschap zijn de vier types beschreven in Erisman et al., 2016; functionele agrobiodiversiteit, landschappelijke biodiversiteit, soortspecifieke diversiteit en brongebieden en verbindingzones (Figuur 11).



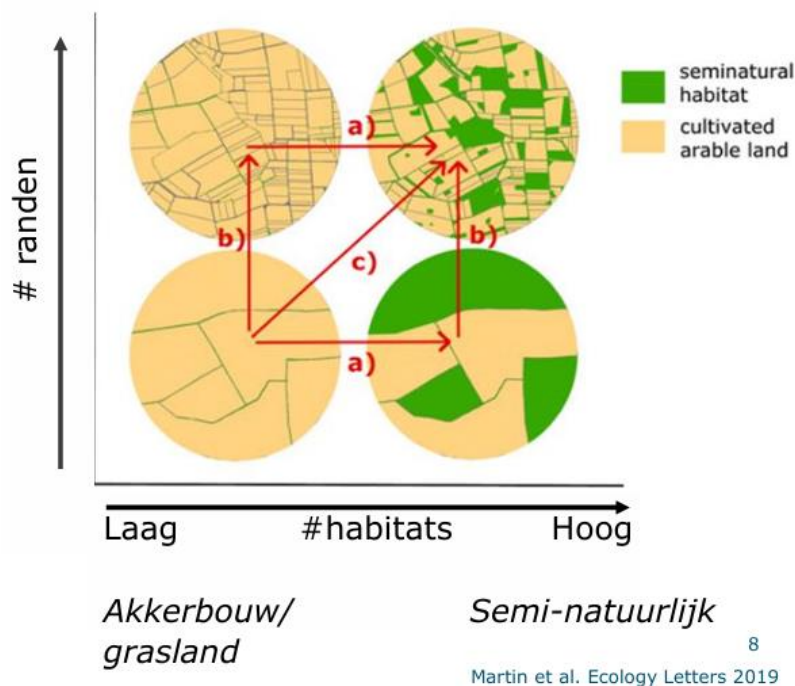
Figuur 11. Visualisatie van de vier typen biodiversiteit in een agrolandschap (Erisman et al., 2016).

Vaak wordt er gesproken over *functionele agrobiodiversiteit* wanneer bedoeld wordt op biodiversiteit in agroforestrysystemen (de Stichter & Prins, 2023). Dit is de verzamelnaam voor

diversiteit in soorten die een positieve invloed hebben op het functioneren van een agrosysteem. Denk hierbij aan diversiteit in insecten voor plaagbestrijding en bestuiving of diversiteit in boomsoorten voor een verbeterde infiltratie van regenwater (Reubens et al., 2024; Dawson & Norén, 2022) . Deze functionele diversiteit lijkt het groter te worden naarmate het systeem zelf diverser wordt. Rijenteelt en voedselbossen lijken een hogere functionele diversiteit te bieden vergeleken met silvopastorale systemen of de simpele toepassingen van hagen als randen van akkerbouw of grasland (de Stichter & Prins, 2023; Dawson & Norén, 2022).

Deze functionele diversiteit kan anders zijn dan de diversiteit van specifieke soorten in een semi-open landschap. Het toevoegen van bomen en struiken kan positief maar ook negatief uitpakken voor bepaalde rode lijst soorten of Habitatrictlijn doelsoorten. Rijenteelt en silvopastorale systemen hebben een positief effect op rode lijstsoorten zoals specifieke nachtvlinders, vleermuizen, andere kleine zoogdieren en zangvogels zoals de Braamsluiper, Grasmus, Spotvogel en Grote lijster (de Stichter & Prins, 2023). Wanneer het behoud van de diversiteit van weidevogels het doel is, zijn open gebieden in het landschap juist wenselijk en kan de toepassing agroforestry een negatief effect hebben op deze soorten (Reubens et al., 2024; Dawson & Norén, 2022).

Ook kan er gekeken worden naar de positie van agroforestry in het omringende landschap en de rol die het kan spelen als verbindingzone met andere natuurgebieden. De structuur van het agroforestry systeem kan variëren van voornamelijk open (heggen en hagen), semi-open (silvopastorale- en rijenteeltsystemen) tot voornamelijk gesloten (voedselbossen). Vergeleken met de structuur van de omgeving, zoals open landbouwpercelen of gesloten bossen, kan de ruimtelijke structuur van een agroforestry perceel variatie in leefgebied in een landschap faciliteren. Agroforestry kan in een open landschap op deze manier ook dienen als een verbindingzone, of ecologische corridor, voor dier- en plantensoorten tussen natuurgebieden (Martin et al., 2019). Het bekendste voorbeeld hiervan is hoe heggen en houtwallen aan de randen van landbouwpercelen een groene dooradering van een landschap kunnen vormen en op deze manier functioneren als verspreidingswegen voor bijvoorbeeld bosplant- en diersoorten tussen versnipperde natuurgebieden (Figuur 12).



Figuur 12. Een voorbeeld hoe hagen en houtwallen (randen) in een agrolandschap als ‘wandelgangen’ kunnen functioneren tussen natuurgebieden. Hoe groter de dooradering van het landschap is met hagen en houtwallen, hoe beter natuurgebieden met elkaar verbonden kunnen zijn (Martin et al., 2019).

Optimalisatie binnen CAS

Zoals hierboven beschreven is het optimaliseren van de biodiversiteit die agroforestry systemen faciliteren sterk afhankelijk van de lokale context.

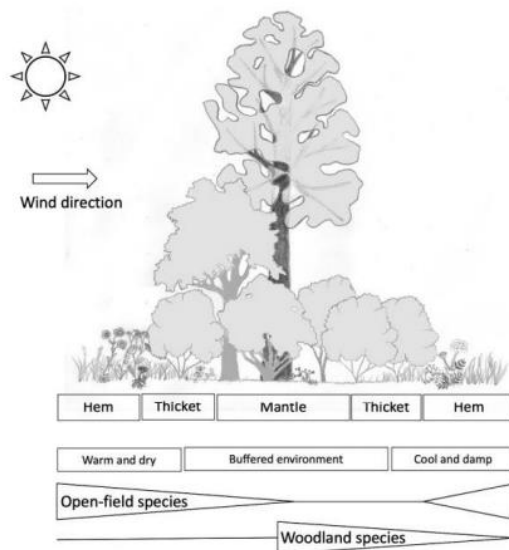
- Gebiedsdoelen zoals de vogel- en habitatrictlijnen kunnen gebruikt worden om het behoud van specifieke soorten te prioriteren in het ontwerp of beheer van een agroforestry systeem (Dawson & Norén, 2022).
- Ook de ligging van Natura2000 gebieden in de omgeving kan bepalend zijn voor lokale natuurdoelen.

Een manier om de impact die het agroforestry systeem heeft op de biodiversiteit te beïnvloeden is het ontwerp. Via de soortenkeuze van de houtige en niet houtige plantensoorten die worden geplant of gezaaid kan gestuurd worden in de diversiteit.

- Door bijvoorbeeld te kiezen voor een combinatie van plantensoorten die verschillende soorten voedsel (nectar, bessen) of habitat (microklimaat) voor dieren en planten bieden en deze zo verspreid mogelijk over het jaar produceren (lange bloeihoog) kan de algehele biodiversiteit die het systeem faciliteert verhoogd worden. Over het algemeen zijn inheemse plantensoorten hier het meest voor geschikt doordat inheemse insecten hier op afgestemd zijn.
- Wanneer er doelsoorten aangewezen zijn kan er gestuurd worden op de behoeften van specifieke plant- of diersoorten. Denk hierbij aan het waardplanten voor vlinders of besvormende hagen voor lijstersoorten (de Stichter & Prins, 2023).

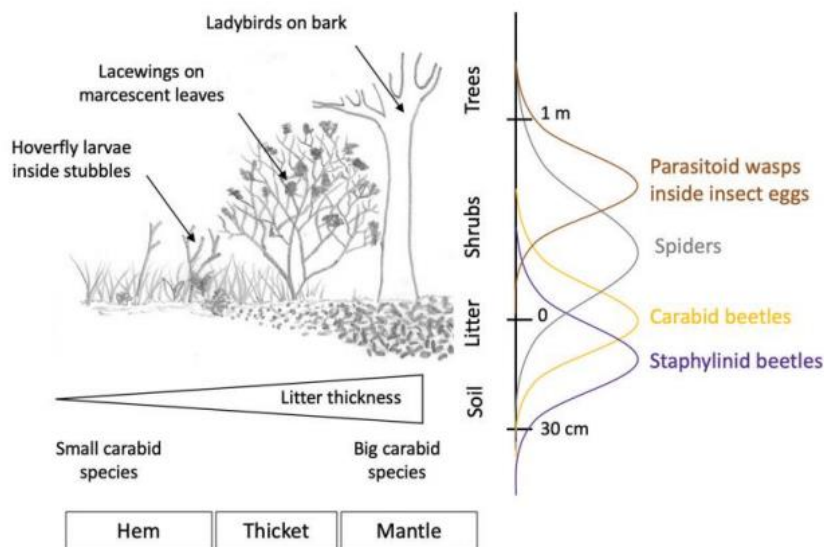
Ook kan heterogeniteit in de structuur van de houtige plantensoorten de biodiversiteit in het systeem beïnvloeden.

- Verschillen in plantensoorten maar ook plantafstand, plantdichtheid, hoogte, breedte en leeftijd hebben effect op het microklimaat in bijvoorbeeld een bomenrij, haag of houtwal (Graham et al., 2018; Précigout & Robert, 2022). Hierdoor kan er op relatief kleine schaal een groot aanbod van habitat voor planten- en diersoorten gecreëerd worden (Figuur 13).
- Dit kan afgestemd worden op de behoeften van specifieke dier- of habitatsoorten. Een voorbeeld is hoe de structuur van een heg afgestemd kan worden op specifieke zweefvliegen of andere natuurlijke plaagbestrijding om de functionele agrobiodiversiteit te bevorderen (Figuur 14).



Figuur 7. Schematische representatie van een goede heg met drie vegetatielagen en een zoneringspatroon met betrekking tot de verandering in het microklimaat door de heg. Overgenomen van Précigout and Robert (2022, p. 3)

Figuur 13. Schematische weergave van de relatie tussen de structuur van een heg en het microklimaat. Afbeelding afkomstig uit Précigout & Robert (2022).



Figuur 8. Niches voor natuurlijke vijanden op overwinteringsplekken in heggen. Overgenomen van Précigout and Robert (2022, p. 10)

Figuur 14. Schematische weergave van de relatie tussen de structuur van een heg en het overwinteringshabitat van natuurlijke vijanden voor plaagbestrijding. Afbeelding afkomstig uit Précigout & Robert (2022).

Compensatie- en beloningssystemen

Momenteel bestaan er naast compensatie van productieverlies van landbouwgrond nog niet veel manieren om biodiversiteit te verwaarden in Nederland. In de eco-regeling van het RVO wordt gesteld dat houtige landschapselementen (heg, haag, struweel) bijdragen aan de biodiversiteit waardoor er een vergoeding per ha uitgekeerd kan worden aan boeren die een deel van hun productieve perceel hiervoor opzij zetten (€3.711/ha, versie 2024). Ook wordt de aanleg en onderhoud van een voedselbos gezien als een eco-activiteit die gecompenseerd wordt per ha (€ 2.868 - € 3.961/ha, versie 2024). Hier worden wel voorwaarden aan gekoppeld zoals een minimale oppervlakte van 0,5 ha, minimaal 15 voedselproducerende boomsoorten (lijst van Stichting Voedselbosbouw), minimaal drie vegetatielagen, het zijn van een actieve landbouwer en het hebben van beplantingsplan waar de ontwikkeling in de ruimte en door de tijd heen staat beschreven. Een ontwikkelingsperiode en systeembomen zijn toegestaan.

2. Voorziende ecosysteemdiensten

2.1 Voedselproductie

2.1.1 Lokale voedselvoorziening

Omschrijving van de dienst

Lokale voedselvoorziening binnen complexe agroforestry-systemen (CAS) draagt bij aan regionale voedselzekerheid, verkorte ketens en versterking van lokale economieën. Door de nabijheid tussen productie en consumptie neemt de transparantie toe en worden sociale relaties rondom voedsel versterkt. CAS kunnen een breed scala aan eetbare plantdelen en productgroepen leveren, waardoor het dieet completer wordt en afhankelijkheid van importproducten vermindert (Albrecht & Wiek, 2020; Roodhof, 2024; Van Eijk, 2025).

Optimalisatie binnen CAS (technieken & best practices)

Lokale voedselvoorziening wordt in CAS geoptimaliseerd door een combinatie van functionele diversiteit, productdiversiteit en oogstspreading over het seizoen. Belangrijke principes zijn:

- **Diversiteit in eetbare plantdelen en productgroepen:** Het combineren van vruchten, noten, bessen en andere oogstbare delen zorgt voor een completer dieet en vervangt producten die vaak geïmporteerd worden.
- **Seizoensspreading van oogsttijdstippen:** Door bewust verschillende rassen en variëteiten te kiezen binnen gewassen (bijvoorbeeld vroege en late druiven, verschillende bessensoorten) kan oogst worden gespreid en vers voedsel beschikbaar blijven over meerdere maanden.
- **Functionele plantraits benutten:** Bloeitijd, rijpingstijd, vorst- en warmtegevoeligheid en schaduwtolerantie worden gebruikt om oogstmomenten te spreiden en risico's te beperken.
- **Afzetstrategieën gericht op lokale consumptie:** Verkoop via boerderijwinkels, zelfpluk en samenwerking met lokale horeca en slijterijen versterkt de directe relatie tussen producent en consument.

Praktijkvoorbeeld – De Walnoothoeve(n)

De Walnoothoeve(n) in Hoeven, Noord-Brabant, is een voorbeeld van succesvolle optimalisatie van lokale voedselvoorziening. Het 4,2 hectare grote agroforestry-systeem combineert walnoten, fruitbomen en bessenstruiken met pluimvee. Geert en Joke van der Kaa hebben bewust gekozen voor rassen die oogstspreading bieden, zoals vroege en late druivenrassen en verschillende bessensoorten. Zo blijft vers fruit beschikbaar van juni tot september.

De producten worden vers verkocht via de boerderijwinkel of door zelfpluk, en daarnaast verwerkt tot sap, jam, likeur of fruitwijn, waardoor oogstoverschotten optimaal worden benut. Afzetkanalen omvatten ook lokale horeca en een online slijterij. Het gebruik van

verschillende oogstbare plantdelen, gecombineerd met seizoensspreiding en lokale afzet, illustreert hoe meerdere technieken samen bijdragen aan een robuuste lokale voedselvoorziening.



Teelt van tafeldruiven

Compensatie- en beloningssystemen

Voor lokale voedselvoorziening bestaan geen directe ecosysteemdiensten-compensatiesystemen. Waardering vindt voornamelijk plaats via marktmechanismen zoals korte ketens, CSA-modellen en directe verkoop. Incidenteel wordt lokale voedselproductie ondersteund via gemeentelijke programma's of regionaal voedselbeleid. Zo wordt de ecosysteemdienst 'lokaliteit' sociaal en economisch beloond, maar niet structureel financieel gecompenseerd (Van Eijk, 2025; Roodhof, 2024).

2.1.2 Betaalbaarheid en economische toegankelijkheid van voedsel

Omschrijving van de dienst

Betaalbaarheid en economische toegankelijkheid van voedsel betreft de mate waarin producten uit CAS beschikbaar zijn voor verschillende inkomensgroepen. Binnen agroforestry kan betaalbaarheid worden ondersteund door lage externe input, lange levensduur van gewassen en risicospreiding door diversiteit in gewassen en oogstmomenten. Daarnaast maakt multifunctionele afzet (vers, verwerkt, horeca) het mogelijk om producten met verschillende prijspunten aan te bieden, zodat een breed publiek toegang heeft tot lokaal geproduceerd voedsel (Albrecht & Wiek, 2020; Van Eijk, 2025).

Optimalisatie binnen CAS

Belangrijke technieken en strategieën om betaalbaarheid te optimaliseren zijn:

- **CSA-modellen met solidariteitsbijdragen:** Door hogere bijdragen van sommige deelnemers te gebruiken om lagere bijdragen van anderen te compenseren, wordt lokaal voedsel voor een breder publiek toegankelijk.
- **Kruisfinanciering tussen afzetkanalen:** Producten met hogere marges, zoals verwerkte producten of levering aan horeca, kunnen bijdragen aan het subsidiëren van lagere prijzen in directe verkoop.

- **Lokale verwerking:** Het verwerken van oogstoverschotten tot sap, jam, likeur of notenproducten verhoogt de waarde van het product en spreidt inkomsten over het seizoen, waardoor betaalbare producten beschikbaar blijven (Van Eijk, 2025).
- **Seizoens- en productdiversiteit:** Het combineren van vroege en late rassen van fruit, noten en bessen zorgt voor gespreide oogst en continue beschikbaarheid van betaalbaar vers voedsel.

Best practice voorbeeld: Boerderij Eetmeerbosch

Eetmeerbosch in Nijmegen is een CAS dat betaalbaarheid actief combineert met diversiteit en korte ketens. Middels het Community Supported Agriculture (CSA) model betalen de 300 `oogstgenoten` vooraf, waardoor risico op misoogst verdwijnt en boeren gegarandeerd zijn van een afzet. Dit maakt het mogelijk lagere prijzen aan te houden. Daarnaast stimuleert het Solidariteit Betalingssysteem dat hogere bijdrages van sommige deelnemers lagere bijdrages van anderen compenseren. Daarnaast worden groente-, fruit- en notenteelten gecombineerd, zodat een continu aanbod van vers voedsel ontstaat. Door samenwerking met lokale verwerkers en horeca kan de opbrengst van hogere marge-producten deels ingezet worden om prijsdruk op directe verkoop te verlagen. Eetmeerbosch laat hiermee zien hoe ontwerpkeuzes, oogstspreading en diversiteit in afzetkanalen samen bijdragen aan zowel economische toegankelijkheid als robuustheid van het voedselaanbod.

Compensatie- en beloningssystemen

Er bestaan geen expliciete ecosysteemdienstencompensatiesystemen voor betaalbaarheid van voedsel. Eventuele ondersteuning vindt plaats via sociale programma's, gemeentelijke initiatieven of lokale voedselcoöperaties. Betaalbaarheid wordt in de praktijk vooral gewaardeerd via sociaal-economische kanalen, zoals CSA-deelname, lokale afzet en collectieve inkoop, maar wordt niet structureel financieel beloond (Van Eijk, 2025; Roodhof, 2024).

2.1.3 Voedselzekerheid en systeemrobustheid

Omschrijving van de dienst

Voedselzekerheid binnen complexe agroforestry-systemen (CAS) betreft de continuïteit van productie en de beschikbaarheid van een divers dieet, zelfs onder veranderende klimaatomstandigheden. Deze dienst is nauw verbonden met lokale voedselvoorziening: beide richten zich op beschikbaarheid van vers en gezond voedsel, maar voedselzekerheid legt nadruk op systeemrobustheid tegen risico's zoals late vorst, droogte, insectenplagen en temperatuurschommelingen. CAS kunnen deze robuustheid verhogen door diversiteit in soorten, variëteiten en oogsttijdstippen, waardoor oogstpieken gespreid worden en tekorten beperkt blijven (Van Eijk, 2021; Roodhof, 2024).

Optimalisatie binnen CAS – technieken en best practices

Functionele planttraits en systeemontwerp spelen een centrale rol bij het verhogen van voedselzekerheid en klimaatrobustheid. Belangrijke ontwerp- en teeltstrategieën zijn onder andere:

- **Bloeiperiode en vorsttolerantie:** soorten en variëteiten kiezen die late nachtvorst kunnen vermijden of verdragen, zoals Cornus mas en Lonicera caerulea.
- **Oogstspreading:** variatie in oogsttijdstippen door het planten van vroege, midden- en late rassen van hetzelfde gewas, bijvoorbeeld verschillende druivenrassen of kersvariëteiten.
- **Diversiteit aan plantdelen:** combineren van vruchten, noten, bessen en eetbare bladeren of scheuten om het dieet completer te maken en piekbelasting van de oogst te spreiden.
- **Microklimaatmanagement:** creëren van bosranden, hagen, waterpartijen en hoogteverschillen om vorst-, hitte- en droogtestress te beperken.
- **Bodem- en waterbeheer:** combinatie van diepwortelende en vocht-tolerante soorten (Alnus, Amelanchier, Salix, Quercus robur) om extreme weersomstandigheden op te vangen.
- **Genetische diversiteit:** meerdere cultivars binnen een soort verhogen robuustheid tegen ziekten, plagen en klimaatschokken (Van Eijk, 2021; Morel et al., 2016).

Praktijkvoorbeeld: De Walnoothoeve(n)

De Walnoothoeve(n) in Hoeven, Noord-Brabant, illustreert hoe deze technieken gecombineerd kunnen worden in de praktijk (Oosterveld, 2025). Geert en Joke van der Kaa hebben hun 4,2 hectare grote agroforestry-systeem zo ingericht dat oogstspreading, diversiteit en robuustheid centraal staan.

- **Oogstspreading:** binnen fruit- en druiventeelten planten ze meerdere rassen per soort, waardoor oogstmomenten over maanden worden gespreid. Voorbeelden zijn de druivenrassen Boskoop Glorie, Romulus en diverse tafeldruiven die geleidelijk rijpen, en kersenvariëteiten met verschillende resistenties tegen de Suzuki-fruitvlieg.
- **Diversiteit aan eetbare plantdelen:** walnoten, tamme kastanjes, kersen, bessen, kornoelje en druiven zorgen samen voor een completer dieet en spreiden arbeidsinzet.
- **Microklimaat en schaduwbeheer:** walnoten en fruitbomen zijn zodanig geplaatst dat jonge aanplant bescherming krijgt tegen wind en zon, en hagen rondom percelen werken als natuurlijke bescherming tegen extreme weersomstandigheden.
- **Verwerking en opslag:** een deel van het fruit wordt direct vers verkocht, de rest verwerkt tot sap, jam, likeur of fruitwijn. Dit verlengt het gebruiksmoment en beperkt voedselverlies door overschotten.

Door deze strategieën combineert De Walnoothoeve(n) voedselzekerheid met economische robuustheid: de opbrengst van pluimvee vormt de basis voor inkomsten, terwijl agroforestry-productie bijdraagt aan diversificatie, risicospreiding en een duurzaam dieetaanbod (Oosterveld, 2025; Van Eijk, 2021).

Compensatie- en beloningssystemen

Voedselzekerheid als ecosysteemdienst wordt momenteel zelden direct financieel beloond. De waardering vindt voornamelijk plaats via maatschappelijke erkenning, marktkansen voor divers en lokaal geproduceerd voedsel, en beleidsprogramma's gericht op duurzame landbouw en klimaatadaptatie. CAS die voedselzekerheid verhogen, zoals De Walnoothoeve(n), profiteren indirect via productdiversificatie, robuustere oogsten en een bredere afzet van nicheproducten, maar structurele compensatie via ecosysteemdienstenregelingen bestaat nog niet (EC & JRC, 2016; Roodhof, 2024; Van Eijk, 2021).

2.1.4 Voedingswaarde en gezond dieet

Omschrijving van de dienst

CAS leveren een brede diversiteit aan nutriëntrijke producten, waardoor ze bijdragen aan een gezond en gevarieerd dieet. Door combinaties van fruit, noten, bessen, groenten en eetbare scheuten te integreren, kunnen agroforestry-systemen plantaardige diëten versterken en de afhankelijkheid van geïmporteerd voedsel verminderen (Van Eijk, 2021; Roodhof, 2024). Daarnaast kunnen seizoensspreiding en verschillende eetbare plantdelen zorgen voor een continu beschikbaar aanbod van vitamines, mineralen, vezels en gezonde vetten, wat bijdraagt aan publieke gezondheidsdoelen.

Optimalisatie binnen CAS – technieken en best practices

Belangrijke strategieën om voedingswaarde en gezonde diëten te optimaliseren in CAS zijn:

- **Diversiteit aan productgroepen en eetbare plantdelen:** combineren van noten, fruit, bessen, bladeren en scheuten om micronutriënten en macronutriënten te spreiden. Noten zoals walnoten en hazelnoten leveren gezonde vetten, bessen dragen bij aan antioxidanten, en bladgewassen zorgen voor vitamines en vezels.
- **Seizoensspreiding van oogstmomenten:** door vroege, midden- en late rassen te combineren, is er langere periode beschikbaarheid van vers voedsel (Van Eijk, 2021).
- **Laag-input teelt en natuurlijke teeltkeuzes:** gebruik van onbespoten of ecologisch beheerde gewassen versterkt de voedingswaarde door afwezigheid van residuen en behoud van bioactieve stoffen (Roodhof, 2024).
- **Complementaire combinaties:** ontwerp van plantcombinaties die elkaar ondersteunen op microniveau, zoals notenbomen met ondergroei van bessen en kruiden, waardoor zowel bodemgezondheid als voeding optimaal zijn.
- **Verwerking en conservering:** kleine verwerkingslijnen voor sap, jam, likeur of notenproducten maken het mogelijk om overschotten te benutten en voedingswaarde langer beschikbaar te houden (Morel et al., 2016).

Praktijkvoorbeeld: De Walnoothoeve(n)

De Walnoothoeve(n) in Hoeven, Noord-Brabant, illustreert hoe diverse technieken gecombineerd worden om een gezond dieet en brede voedingswaarde te realiseren (Oosterveld, 2025).

- **Diversiteit aan productgroepen:** walnoten, tamme kastanjes, druiven, kersen, bessen en kornoelje worden geïntegreerd, samen met experimentele eetbare scheuten en bladeren.
- **Seizoensspreiding:** door meerdere rassen van druiven, kersen en kornoelje te planten, wordt de oogst gespreid van vroege zomer tot late herfst.
- **Verwerking en opslag:** een deel van de oogst wordt vers verkocht, terwijl de rest verwerkt wordt tot sap, jam, likeur of fruitwijn, waardoor de beschikbaarheid van voedingsstoffen verlengd wordt.
- **Natuurlijke teeltkeuzes:** er wordt geen gebruik gemaakt van bestrijdingsmiddelen of kunstmest, wat zowel de voedingskwaliteit van het product verhoogt als de biodiversiteit bevordert.

Door deze combinatie van technieken levert de Walnoothoeve(n) producten die rijk zijn aan vitamines, mineralen, antioxidanten en gezonde vetten, terwijl ze bijdragen aan een breed, seizoensmatig beschikbaar dieet dat lokaal geproduceerd wordt (Van Eijk, 2021; Oosterveld, 2025).

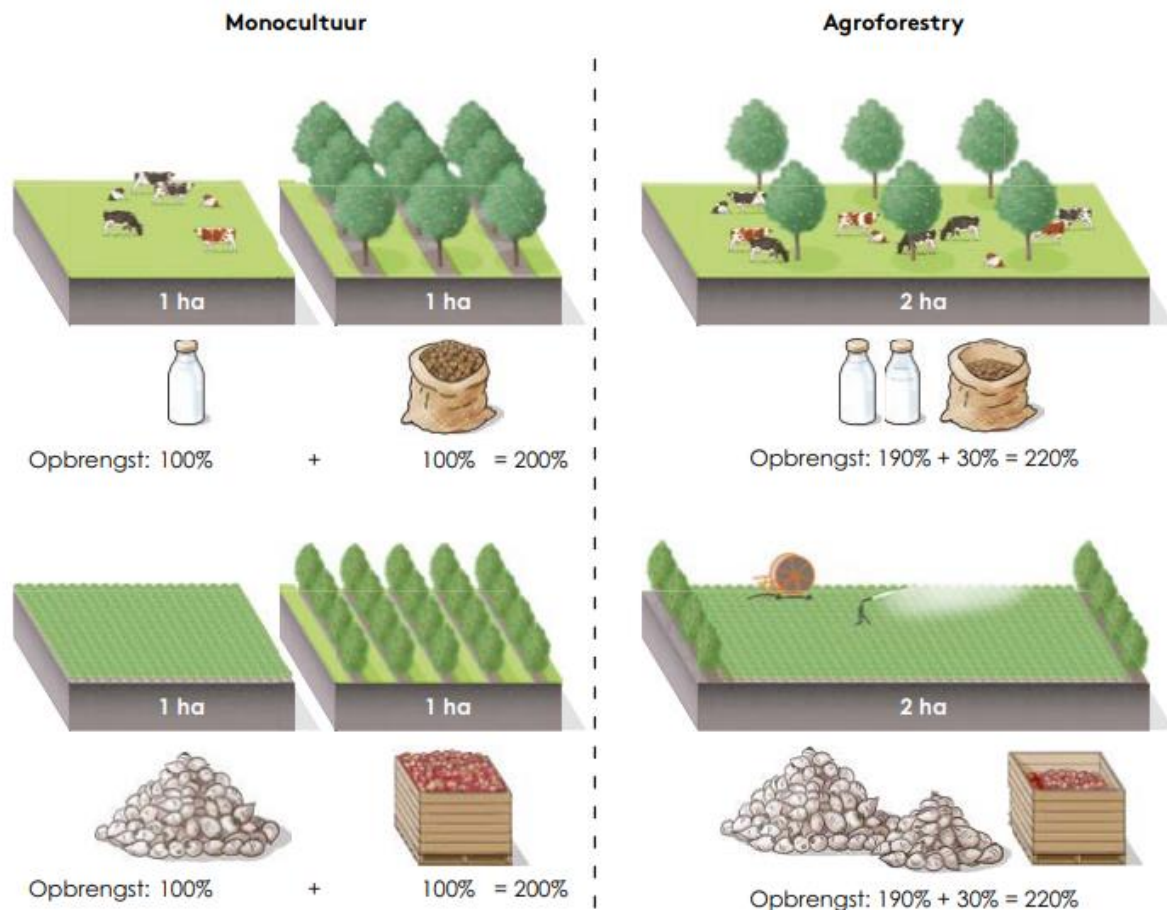
Compensatie- en beloningssystemen

Hoewel de voedingswaarde en gezondheidseffecten van agroforestry-producten breed erkend worden, bestaan er geen structurele financiële beloningssystemen die deze ecosysteemdienst expliciet honoreren. Waardering vindt vooral plaats via marktmechanismen, zoals de verkoop van onbespoten of ambachtelijk verwerkte producten, en incidentele ondersteuning vanuit beleidsprogramma's of lokale initiatieven gericht op gezonde voeding (Roodhof, 2024; Van Eijk, 2021).

2.1.5 Potentiële meeropbrengst ten opzichte van monocultuur

Omschrijving van de dienst

In complexe agroforestry-systemen (CAS) kan een slimme combinatie van verschillende houtige en kruidachtige soorten de totale opbrengst per hectare verhogen ten opzichte van monoculturen (Figuur 15). Dit wordt vaak uitgedrukt via de **Land Equivalent Ratio (LER)**, die aangeeft hoeveel land in afzonderlijke monoculturen nodig zou zijn om dezelfde opbrengst te behalen als op één hectare agroforestry (Van Eijk, 2021; Jose, 2012). Een LER groter dan 1 duidt op een productievoordeel van het gemengde systeem, terwijl een LER kleiner dan 1 wijst op een verlies aan landgebruik-efficiëntie. Een voorbeeld: stel dat een agroforestrysysteem 1,5 ton walnoten en 6 ton graan oplevert op één hectare. Om diezelfde opbrengst te behalen in monoculturen, kan bijvoorbeeld 0,75 hectare monocultuur notenteelt en 0,75 hectare monocultuur graanteelt nodig. De LER is dan: $LER = 0,75 + 0,75 = 1,5$ Dat betekent dat je met agroforestry dezelfde opbrengst behaalt op één hectare, waarvoor je anders 1,5 hectare aan monoculturen nodig zou hebben. Met andere woorden: je bespaart een halve hectare landbouwgrond.



Figuur 15. Theoretische meeropbrengst van agroforestry ten opzichte van monocultuur bij slimme gewascombinaties in de melkveehouderij (boven) en akkerbouw (onder) (Prins et al. 2025).

Zo'n geschetste meeropbrengst ontstaat wanneer de positieve effecten van onderlinge componenten in het systeem (zoals windreductie en verbeterde bodemkwaliteit) opwegen tegen de negatieve effecten (zoals schaduwwerking en concurrentie).

Optimalisatie binnen CAS – technieken en best practices

Belangrijke strategieën om potentiële meeropbrengst te realiseren zijn:

- **Complementaire combinaties van gewassen:** combineren van fruitbomen, notenbomen, bessenstruiken en ondergroeïende gewassen zodat gebruik wordt gemaakt van verticale ruimte, variatie in worteldiepte en microklimaten. Hierin is van groot belang dat gewassen in lagere vegetatielagen productief blijven onder een gereduceerd lichtklimaat (schaduwtolerantie)
- **Seizoens- en oogstspreading:** door vroege, midden- en late rassen te combineren kan de productie continu over het jaar worden verspreid, waardoor vers voedsel beschikbaar blijft en het systeem efficiënter gebruik maakt van licht en voedingsstoffen (Roodhof, 2024).
- **Functionele synergieën:** positieve effecten zoals windreductie, schaduwwerking, stikstofbinding door stikstofbindende soorten en verbetering van bodemstructuur verhogen opbrengst en kwaliteit van primaire gewassen (Jose, 2012; Van Eijk, 2021).

- **Half-open / bosrand structuren:** om genoeg licht op meerdere vegetatielagen te krijgen voor acceptabele productie zijn open woodland en bosrand-structuren kansrijk. (Van Eijk, 2021).
- **Beheer van concurrentie:** juiste plantafstanden, dunning en snoei helpen negatieve effecten zoals overmatige schaduw en water-/nutriëntenconcurrentie te minimaliseren (Van Eijk, 2021).
- **Kiezen van robuuste en productieve rassen:** soorten en cultivars worden geselecteerd op basis van opbrengspotentieel, robuustheid tegen plagen en ziekten, en complementaire oogsttijdstippen (Oosterveld, 2025).

Praktijkvoorbeeld: De Walnoothoeve(n)

De Walnoothoeve(n) laat zien hoe een combinatie van fruit, bessen en noten een meeropbrengst kan realiseren ten opzichte van afzonderlijke monoculturen (Oosterveld, 2025).

- **Complementaire combinaties:** walnoten, tamme kastanjes, druiven, kersen, kornoelje en bessen worden strategisch gecombineerd om zowel verticale als horizontale ruimte optimaal te benutten.
- **Oogstspreading en diversiteit:** door verschillende rassen van kersen, druiven en kornoelje te planten, wordt de oogst gespreid van juni tot oktober, wat zorgt voor continue beschikbaarheid van vers voedsel en betere benutting van het perceel.
- **Synergie en bodemverbetering:** de aanwezigheid van walnoten en kastanjes biedt schaduw voor ondergroei, terwijl kruiden en gras het bodemleven stimuleren, wat bijdraagt aan hogere opbrengsten van bessen en fruit.
- **Arbeid en beheer:** door gerichte snoei, dunning en oogsttechnieken wordt schaduweffect beperkt en de opbrengst gemaximaliseerd. Hoewel het systeem arbeidsintensiever is dan een monocultuur, compenseert de totale opbrengst van diverse producten deze extra inspanning.



Goede productiviteit van schaduwtolerante zwarte bessen in de halfschaduw onder de walnootbomen bij de Walnoothoeven (Boerderijbezoek Walnoothoeven, 2025).

Compensatie- en beloningssystemen

De potentiële meeropbrengst van agroforestry wordt zelden direct financieel beloond als ecosysteemdienst. De waardering vindt vooral plaats via marktmechanismen: verkoop van diverse producten, verwerkte hoogwaardigheidsproducten en nichemarkten zoals zelfpluk of likeuren. Indirecte beloningen kunnen optreden via beleidsprogramma's die multifunctionele landbouw stimuleren, subsidies voor agroforestry-gewassen, of lokale ondersteuning van korte ketens en CSA-initiatieven (Roodhof, 2024; Van Eijk, 2021).

2.2 Hout en biomassa

2.2.1 Houtproductie voor industrie

Omschrijving van de dienst

Complexe agroforestry-systemen (CAS) kunnen duurzaam hout produceren voor toepassingen in de bouw, meubelindustrie en biobased materialen, terwijl gelijktijdig voedsel, andere biomassa en ecosystemendiensten worden geleverd. In tegenstelling tot monocultuurbosbouw wordt houtproductie in CAS geïntegreerd binnen multifunctioneel landgebruik, waarbij productiviteit wordt gecombineerd met bodemverbetering, microklimaatregulatie en koolstofvastlegging (Jose, 2012; Martin & Isaac, 2015; EC & JRC, 2016). Door deze integratie ontstaat een robuuster productiesysteem met gespreide inkomstenstromen en een verhoogde landschappelijke en ecologische waarde.

Optimalisatie en best practices (ontwerp en beheer)

De optimalisatie van houtproductie in CAS vraagt om een ontwerpbenadering waarin functionele plant traits, ruimtelijke configuratie en beheerstrategie expliciet worden afgestemd op het beoogde houtdoel. Relevante functionele eigenschappen zijn onder andere stamvorm en apicale dominantie (voor rechte stammen), groeisnelheid en omlooptijd, houtdichtheid en -kwaliteit, schaduwtolerantie en successional status, en ontogenetische ontwikkeling in relatie tot dunning en gefaseerde oogst (Martin & Isaac, 2015; Van Eijk, 2021).

Deze benadering sluit aan bij de functionele en successionele ontwerpprincipes zoals beschreven door Van Eijk (2021), waarin het combineren van soorten met verschillende groeistrategieën bijdraagt aan zowel productiviteit als systeemveerkracht. In de praktijk vertaalt zich dit naar ontwerpen waarin langzaam groeiende soorten voor hoogwaardig kwaliteitshout (zoals *Juglans regia* en *Quercus robur*) worden gecombineerd met sneller groeiende soorten die een tussentijdse opbrengst leveren of een begeleidende functie vervullen (zoals *Alnus glutinosa* en *Populus* spp.).

Praktijkvoorbeelden uit Frankrijk en Duitsland laten zien dat rijen- en strokenontwerpen (alley cropping of windhagen) een effectieve ruimtelijke configuratie vormen om houtproductie te combineren met blijvende landbouwproductie:

- **Ferme du Bout du Breuil (Hermelingshen, Frankrijk):** windhagen rondom graslandpercelen leveren houtsnippers voor stalstrooisel en kwaliteitshout voor de lange termijn. Plantdichtheid is hoog (1 boom/meter), afgewisseld met soorten voor kwaliteitshout (walnoot, eik, kers) en soorten geschikt voor hakhout (wilg, els, hazelaar, beuk). De bomen voor kwaliteitshout kunnen pas na circa 50 jaar worden geoogst. De hagen vergroten biodiversiteit, verbeteren bodemkwaliteit en creëren aantrekkelijker landschap (WUR factsheet Ferme du Bout du Breuil, 2023).
- **Landwirtschaftsbetrieb Domin (Peickwitz, Duitsland):** stroken met tamme kastanje, veldesdoorn en boomhazelaar gecombineerd met snelgroeiende soorten (populier, wilg) leveren zowel houtsnippers voor eigen energievoorziening als toekomstig kwaliteitshout en fruit. Afzet van kwaliteitshout is nog onbekend, maar het systeem draagt bij aan bodemverbetering, windbescherming en het mogelijk

blijven uitvoeren van akkerbouw onder moeilijke klimatologische omstandigheden (WUR factsheet Landwirtschaftsbetrieb Domin, 2023).

Belangrijke ontwerp- en beheerprincipes die uit deze casussen naar voren komen zijn:

- *voldoende plantafstand en lichttoetreding voor stamkwaliteit;*
- *vroege en gerichte snoei om rechte stamvorming te bevorderen;*
- *selectieve dunning om groeiruimte te sturen naar de meest veelbelovende individuen;*
- *het combineren van korte- en lange omlooptijden binnen één systeem.*

Compensatie- en beloningssystemen

Voor houtproductie bestaan meerdere belonings- en ondersteuningsmechanismen, zij het grotendeels indirect. De primaire beloning verloopt via de houtmarkt. Daarnaast zijn er in Nederland en de EU subsidies voor bosaanleg en houtige landschapselementen via provinciale regelingen en het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB). Houtige agroforestry-systemen kunnen onder voorwaarden meetellen binnen GLB-eco-regelingen of agrarisch natuur- en landschapsbeheer (ANLb), mits zij voldoen aan de geldende definities voor houtige elementen (EC, 2023).

Daarnaast kunnen CAS met langdurige koolstofopslag in houtige biomassa in aanmerking komen voor vrijwillige koolstofcertificeringsprogramma's. Deze programma's zijn momenteel echter vooral ontwikkeld voor bosbouw en sluiten nog beperkt aan bij de multifunctionele aard en gefaseerde oogst van agroforestry-systemen (EC & JRC, 2016).

2.2.2 Biomassa voor energie

Omschrijving van de dienst

Biomassaproductie voor energie in CAS betreft hoofdzakelijk snoeihout, dunningen en hakhout uit korte-rotatiesystemen. Deze biomassa wordt doorgaans geproduceerd als nevenproduct van beheer en landschapsontwikkeling, en niet als primair productiedoel. De bijdrage van deze biomassastroom ligt vooral op lokaal en regionaal niveau, bijvoorbeeld voor warmteproductie op of nabij het bedrijf (EC & JRC, 2016).

Optimalisatie en best practices (ontwerp en beheer)

Binnen CAS wordt energiebiomassa bij voorkeur ontworpen als functionele reststroom, geïntegreerd in het beheer van houtige elementen. Relevante functionele plant traits zijn een sterk hergroeivermogen na snoei of kap, snelle juveniele groei en geschiktheid voor hakhout- of korte-rotatiebeheer, in combinatie met tolerantie voor variabele bodem- en vochtcondities (Martin & Isaac, 2015; Van Eijk, 2021).

Veelbelovende technieken zijn onder meer:

- hakhoutbeheer van soorten zoals *Salix* spp., *Alnus* spp. en *Corylus avellana*;

- integratie van biomassastroken op perceelranden, natte zones of minder productieve delen van het systeem;
- planmatige benutting van snoei- en dunningsstromen voor lokale warmtevoorziening.

Praktijkvoorbeeld: Ferme Plaine de Vie (Bayonvillers, Frankrijk)

Windhagen leveren houtsnippers en haardhout die volledig gebruikt worden voor eigen verwarming van woningen, kantoor en bakkerijoven. Dit maakt het bedrijf minder afhankelijk van externe energiebronnen, verhoogt circulaire bedrijfsvoering en biedt bescherming tegen hoge energieprijzen, zoals zichtbaar tijdens de energiecrisis in 2022. De hagen bevatten ook kwaliteitssoorten (walnoot, eik, kers) voor toekomstige houtopbrengsten, maar het hoofddoel van de hagen is energievoorziening en biodiversiteitsverbetering (WUR factsheet Ferme Plaine de Vie, 2023).

Compensatie- en beloningssystemen

Voor energiebiomassa bestaan duidelijke maar sterk gereguleerde beloningsmechanismen. In Nederland is de SDE++ de belangrijkste regeling voor hernieuwbare energieproductie, waaronder energie uit biomassa (RVO, 2024). Door schaalvereisten en strikte duurzaamheidscriteria sluiten kleinschalige agroforestry-systemen hier vaak beperkt op aan. Aanvullend kunnen lokale of regionale initiatieven voor duurzame warmte, zoals warmtenetten of gemeentelijke energieprogramma's, een afzetmarkt en indirecte beloning bieden voor biomassa uit agroforestry- en landschapsbeheer.

3. Culturele diensten

Hoewel culturele diensten vaak niet direct worden beloond via formele ecosysteemdienstenmarkten, vormen zij een essentieel onderdeel van de maatschappelijke waarde van complexe agroforestry-systemen (CAS). Door deze diensten expliciet te benoemen, te ontwerpen en te organiseren, kunnen ze beter worden geïntegreerd in de bedrijfsvoering en in mogelijke compensatieprogramma's.

3.1 Inclusiviteit, gelijkheid en sociale rechtvaardigheid

Agroforestry-systemen kunnen bijdragen aan inclusiviteit en sociale rechtvaardigheid door toegang te bieden tot voedsel, kennis, natuur en participatie voor uiteenlopende groepen (Albrecht & Wiek, 2020; Roodhof, 2024). Deze waarde ontstaat niet automatisch, maar uit de manier waarop het systeem wordt georganiseerd en beheerd. Sociale rechtvaardigheid manifesteert zich bijvoorbeeld in eerlijke toegang tot grond, arbeid, opbrengsten en besluitvorming.

Ontwerp- en beheerpraktijken:

- Lage drempels voor deelname en participatieve governance-structuren.
- Diversiteit in activiteiten, van vrijwilligerswerk tot educatieve programma's.
- Samenwerking met maatschappelijke organisaties en lokale initiatieven om toegang en participatie te vergroten (Albrecht & Wiek, 2020).

Financiering en beloning:

Culturele diensten worden primair ondersteund via sociaal beleid, welzijnsprogramma's en projectsubsidies, niet via marktmechanismen.

3.2 Werkgelegenheid

Bij arbeid denkt men in eerste instantie vaak aan kostenpost in de agrarische sector die we willen reduceren. Hier benaderen we arbeid expliciet vanuit het perspectief van ecosysteemdiensten. Werkgelegenheid binnen complexe agroforestry-systemen (CAS) is een culturele ecosysteemdienst die zowel **kwantitatief als kwalitatief** van aard is: het gaat niet alleen om het aantal mensen dat een (deel)inkomen kan verdienen, maar ook om de betekenis, diversiteit en sociale waarde van werk. CAS zijn vaak **arbeidsintensiever** dan gangbare monoculturen door de complexiteit van taken zoals onderhoud, snoei, oogst, verwerking en educatie (Albrecht & Wiek, 2020). Dit kan in klassieke economische termen als een nadeel worden gezien, maar de aard van het werk – fysiek, afwisselend en verbonden met ecologie en gemeenschap – kan juist **motiverend en gezond** zijn, vergelijkbaar met een “gratis sportschool” waarbij mensen werk combineren met fysieke activiteit en betekenisvolle bijdrage (Den Food Bosch, 2023).

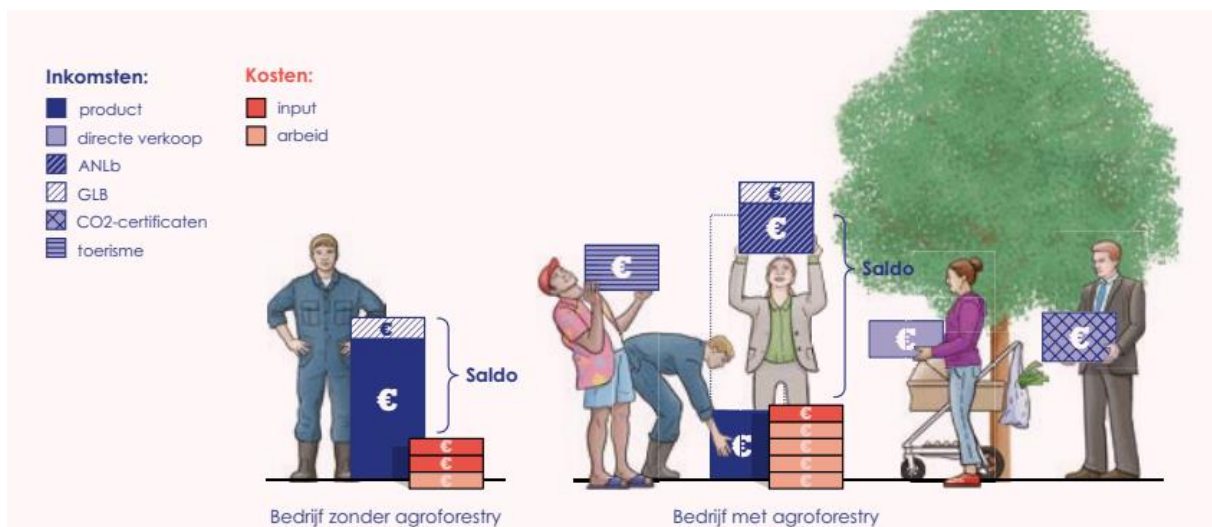
De demografische context van de Nederlandse landbouw versterkt het belang van CAS voor werkgelegenheid. De gemiddelde leeftijd van boeren ligt relatief hoog, en een aanzienlijk deel heeft geen opvolger; in 2023 had slechts ongeveer 43 % van de boeren van 55 jaar en ouder een opvolger, waardoor ruim de helft van de oudere boeren geen directe opvolging

heeft (CBS, 2025). CAS kunnen hier **nieuwe rollen en participatiekansen** bieden voor jongere generaties, vrijwilligers en trainees.

Optimalisatie en best practices:

Werkgelegenheid binnen complexe agroforestry-systemen (CAS) kan worden beïnvloed door bewuste keuzes in ontwerp, beheer en bedrijfsvoering. Door systemen zo in te richten dat meerdere functies samenkomen, ontstaat ruimte voor diverse vormen van arbeid die zowel ecologisch als sociaal en economisch waardevol zijn (Figuur 16). Belangrijke aangrijpingspunten zijn:

- **Diversiteit van taken:** oogst, onderhoud, verwerking, educatie en recreatie. Dit verhoogt arbeidsvariatie en motivatie en biedt ruimte voor verschillende competenties en leeftijden (Den Food Bosch, 2023).
- **Ontwerp- en beheerintensiteit:** Ontwerpkeuzes die leiden tot hogere systeemcomplexiteit, zoals een grotere soortenrijkdom en hogere plantdichtheden, gaan vaak gepaard met intensiever beheer in de vorm van regelmatig snoeien en het actief terugbrengen van biomassa als mulch. Recent onderzoek laat zien dat deze beheerpraktijken niet alleen bijdragen aan nutriëntenkringloop en bodemkoolstofopbouw, maar ook leiden tot een structureel hogere arbeidbehoefte binnen het systeem (Steinfeld et al., 2023).
- **Integratie met andere diensten:** arbeid kan gecombineerd worden met voedselproductie, beheer van houtige gewassen, educatie en recreatie, waardoor synergie ontstaat en arbeidskosten en opbrengsten worden verdeeld (Albrecht & Wiek, 2020).
- **Participatie en community-building:** structurele inzet van vrijwilligers en trainees draagt bij aan zowel onderhoud van het systeem als kennisoverdracht. Bij **Den Food Bosch** bijvoorbeeld werken vrijwilligers mee aan snoei, oogst en onderhoud, terwijl ze vaardigheden ontwikkelen en betrokken raken bij het project (Den Food Bosch, 2023). Bij **Eetmeerbosch** wordt werkgelegenheid versterkt via een CSA-model, waarin deelnemers ook actief bijdragen aan werkzaamheden op de boerderij, gecombineerd met educatieve momenten (Roodhof, 2024).



Figuur 16. in de Louis Bolk-brochure wordt een voorbeeld geschetst van een CAS-boer met meerdere verdienstrategieën: arbeid neemt toe, maar extra inkomsten dekken dit ruimschoots en het saldo stijgt (Prins et al. 2025).

Best practice voorbeeld: Boerderij Den Food Bosch (St. Michielgestel, NL)

Den Food Bosch is een voedselbos dat volgens de principes van syntropische landbouw is opgezet, een vorm van agroforestry met een hoge beheerintensiteit waarin continu wordt gesnoeid, gemaaid en geoogst. Deze manier van werken is arbeidsintensief, maar wordt door betrokkenen ervaren als betekenisvol, leerzaam en fysiek bevredigend – een duidelijk contrast met mechanisch en sterk gestandaardiseerd werk in de gangbare landbouw.

Het dagelijkse beheer wordt uitgevoerd door een kernteam in combinatie met een groep vrijwilligers uit de regio, van uiteenlopende leeftijden en achtergronden. Zij zijn structureel betrokken bij werkzaamheden zoals snoei, maaien, aanplant, onderhoud van infrastructuur en oogstverwerking. Dit voorbeeld laat zien dat arbeid binnen complexe agroforestry-systemen niet alleen een kostenpost is, maar ook een sociaal en ecologisch waardevolle component van het verdienmodel kan vormen (Boerderijbezoek Den Food Bosch, 2025).

Compensatie- en beloningssystemen

Werkgelegenheid wordt primair gewaardeerd via sociale en maatschappelijke kanalen. Betaling kan plaatsvinden via reguliere arbeidsovereenkomsten of via solidariteits- en lidmaatschapsbijdragen (Eetmeerbosch). Daarnaast kan participatie in educatie- en vrijwilligersprogramma's worden ondersteund via subsidies voor onderwijs, welzijn of maatschappelijke projecten. Een structurele financiële beloning van werkgelegenheid als ecosysteemdienst is momenteel niet gebruikelijk; de maatschappelijke waarde wordt vooral indirect erkend (Albrecht & Wiek, 2020; Roodhof, 2024).

3.3 Gemeenschapsvorming

Omschrijving van de dienst

Complexe agroforestry-systemen (CAS) leveren niet alleen producten en nutsdiensten, maar fungeren ook als **sociale ontmoetingsplaatsen** voor verschillende groepen. Gemeenschapsvorming binnen CAS verwijst naar het proces waarbij mensen samenkomen rond gezamenlijke activiteiten — oogsten, onderhoud, educatie, sociale evenementen — en zo **banden, netwerken en sociale steun** ontwikkelen (Albrecht & Wiek, 2020; Roodhof, 2024).

Deze dienst draagt bij aan sociale cohesie, maatschappelijke betrokkenheid en lokale verbondenheid, en wordt versterkt door het **participatieve karakter** van CAS: inwoners zijn niet alleen consument, maar mede-maker van het systeem.

Optimalisatie en best practices

De mate van gemeenschapsvorming hangt sterk samen met ontwerp- en organisatiefactoren binnen CAS. Sleutelprincipes zijn:

- **Fysieke toegankelijkheid en ontmoeting:** paden, rustplekken en centrale verzamelpunten dragen bij aan sociale interactie.
- **Programmering van gezamenlijke activiteiten:** geplande meewerkdagen, oogstdagen, educatieve workshops en open dagen vergroten de samenkomst van deelnemers.
- **CSA-participatie als sociale motor:** in een CSA-model delen leden niet alleen risico's en opbrengsten, maar ook arbeid, kennis en evenementen waarmee sociale structuren worden opgebouwd (Roodhof, 2024).

Best practice voorbeeld: Boerderij Eetmeerbosch (Nijmegen, NL)

Boerderij Eetmeerbosch in Nijmegen is een zelfoogst-boerderij met tuinderij en voedselbos die werkt volgens de principes van Community Supported Agriculture (CSA). Vrijwilligers, stagiaires en oogstgenoten komen wekelijks samen op vaste meewerkdagen om te wieden, zaaien, oogsten, snoeien en onderhoudstaken uit te voeren. Deze dagen worden begeleid met gezamenlijke lunches met groenten van het land, wat sociale interactie versterkt en het gevoel van gemeenschap verdiept. Bovendien draagt het vaste team van vrijwilligers — waaronder oudere leden van de IVN (Instituut voor Natuureducatie en Duurzaamheid) — bij aan continuïteit en intergenerationele uitwisseling, waarbij oudere ervaren deelnemers en jongere vrijwilligers leren van elkaar (Eetmeerbosch, 2025).



Plantdag op Boerderij Eetmeerbosch met tientallen vrijwilligers.

Compensatie en beloning

De maatschappelijke waarde van gemeenschapsvorming wordt zelden direct financieel gecompenseerd via formele ecosysteemdienstenprogramma's; deze dienst krijgt **vooral sociale en beleidsmatige erkenning**. Gemeenschapsvorming draagt bij aan welzijn, sociale cohesie en lokale participatie, wat kan worden ondersteund via **buurtbudgetten, welzijnsprogramma's en educatieve subsidies**. In het CSA-model zelf worden sociale voordelen impliciet gewaardeerd doordat oogstgenoten, vrijwilligers en stagiaires worden betrokken bij het systeem en deelnemen aan gezamenlijke activiteiten, evenementen en besluitvorming. De waardering voor deze dienst komt dus vooral tot uitdrukking in **sociale relaties, kennisuitwisseling en gemeenschapsparticipatie**, niet in directe financiële beloning (Albrecht & Wiek, 2020; Roodhof, 2024).

3.4 Beleving en recreatie

Omschrijving van de dienst

Beleving en recreatie binnen complexe agroforestry-systemen (CAS) verwijst naar het gebruik van het landschap voor **natuurervaring, ontspanning en educatieve recreatie**. CAS bieden een combinatie van biodiversiteit, ruimtelijke gelaagdheid en esthetische kwaliteiten die bijdragen aan **mentale gezondheid, welzijn en landschappelijke waardering** (Albrecht & Wiek, 2020; Roodhof, 2024).

Door de aanwezigheid van voedselbossen, meervoudige gewassen en een rijk ecosysteem kunnen bezoekers zowel **visuele als tastbare interacties** hebben met de natuur: wandelen tussen fruit- en notenbomen, oogsten van seizoensproducten, of deelnemen aan workshops en evenementen.

Optimalisatie en best practices

Effectieve beleving en recreatie in CAS vraagt **doordachte ruimtelijke planning, programmatie en toegankelijkheid**:

- **Zonering en paden**: scheiding van productiezones en recreatiegebieden voorkomt verstoring van voedselproductie en biodiversiteit, terwijl bezoekers toch volop kunnen genieten van het landschap.
- **Esthetische en ecologische diversiteit**: variatie in hoogtes, soorten en seizoenskleuren verhoogt de belevingswaarde en ondersteunt biodiversiteit.
- **Educatieve en participatieve activiteiten**: rondleidingen, workshops en oogstdagen verbinden recreatie met kennisoverdracht en verhogen betrokkenheid.

Best practice voorbeeld: Keela Yoga Farm (NL)

*Keela Yoga Farm combineert agroforestry met een **yoga-retreat** en open dagen voor bezoekers. Het systeem integreert **voedselbos, kruiden- en notenbomen en fruitstroken** met meditatie-ruimtes en wandelpaden, waardoor bezoekers zowel **natuurlijke als educatieve ervaringen** opdoen (Albrecht & Wiek, 2020). Het ontwerp legt nadruk op **zichtlijnen, rustplekken en diverse microklimaten**, zodat recreanten kunnen ontspannen zonder de oogst of biodiversiteit te verstoren.*

Andere CAS-initiatieven laten vergelijkbare voorbeelden zien:

- *Bij **Bec Hellouin (FR)** zijn voedselbos- en agroforestry-zones ingericht met **educatieve routes en demonstratiepercelen**, waardoor zowel lokale bevolking als internationale bezoekers kunnen leren over permacultuur en syntropische landbouw (Morel et al., 2016).*
- *Kleine voedselbosjes in **Hotel Haferland (DE)** worden ingezet voor **contemplatieve recreatie**, met zitplekken en rustige wandelroutes die integreren met de productieomgeving (Albrecht & Wiek, 2020).*

Compensatie en beloning

Beleving en recreatie wordt meestal **niet direct financieel beloond via formele ecosysteemdienstenprogramma's**. De maatschappelijke waarde manifesteert zich in **welzijn, toeristische spin-off, en educatieve opbrengsten**. Sommige CAS-initiatieven genereren indirecte inkomsten via **entreegelden, workshops, retraites of lokale toeristische samenwerkingen**. De kosten voor beheer en toegankelijkheid liggen vaak bij de beheerder, terwijl de baten ten goede komen aan bezoekers en de bredere gemeenschap (Albrecht & Wiek, 2020; Roodhof, 2024).

3.5 Educatie en onderzoek

Omschrijving van de dienst

Educatie en onderzoek in complexe agroforestry-systemen (CAS) omvat **het benutten van het agroforestry-landschap als leer- en onderzoeksomgeving**. CAS bieden **praktijklocaties voor kennisontwikkeling, demonstratie en innovatie**, bijvoorbeeld in permacultuur, syntropische landbouw, voedselbossen en regeneratieve agroforestry (Albrecht & Wiek, 2020; Roodhof, 2024).

Door de multifunctionaliteit van CAS kunnen **theorie en praktijk worden gekoppeld**: bezoekers en onderzoekers zien niet alleen de ecologische principes, maar kunnen ook interactief deelnemen aan beheer, oogst en monitoring. Dit ondersteunt zowel **onderwijs, wetenschap als maatschappelijke kennisdeling**.

Optimalisatie en best practices

Effectieve educatie en onderzoek binnen CAS vraagt **expliciete integratie van infrastructuur, participatie en samenwerking**:

- **Demonstratievelden en meetpunten**: specifieke percelen worden ingericht voor experimenten of praktijkdemonstraties, bijvoorbeeld voor gewasdiversiteit, plantgedrag of bodemkwaliteit.
- **Samenwerking met onderwijs- en onderzoeksinstituten**: stages, praktijkonderzoek en cursussen verbinden kennisinstellingen met de dagelijkse werking van het systeem.
- **Participatieve leerprocessen**: vrijwilligers, trainees en bezoekers betrekken bij oogst, snoei, monitoring en evaluatie verhoogt leeropbrengsten en kennisoverdracht.

Ontwerp- en beheerpraktijken:

- Ruimte voor demonstratievelden, meetpunten en educatieve infrastructuur.
- Samenwerking met onderwijs- en onderzoeksinstituten.
- Monitorings- en kennisdeling integreren in beheer.

Best practice voorbeeld: Bec Hellouin (FR)

Bec Hellouin functioneert als een toonaangevende educatieve locatie voor agroforestry en permacultuur. De boerderij werkt samen met AgroParisTech en de Free University of

Brussels voor toegepast onderzoek, biedt stages aan en organiseert workshops voor zowel studenten als professionals. Door demonstratiepercelen, meetpunten en praktijktraining kunnen bezoekers direct kennis opdoen over systeembalans, biodiversiteit en multifunctionele opbrengsten (Morel et al., 2016).

Andere voorbeelden tonen hoe CAS flexibel kunnen worden ingezet voor educatie en onderzoek:

- **Mienbacher Waldgarten (DE)** biedt educatie in zelfvoorziening en voedselbosbeheer, met een voltijdse beheerder en trainers voor praktische leerervaringen.
- **The Secret Garden (NL)** betreft vrijwilligers bij voedselbosbeheer en combineert dit met schoolprogramma's en activiteiten voor ouderencentra (Albrecht & Wiek, 2020).

Compensatie en beloning

Educatie en onderzoek worden **vooral gefinancierd via projectmatige subsidies, onderwijs- en onderzoeksprogramma's**. Financiële beloning via marktmechanismen is beperkt; de waarde ligt vooral in **kennisopbouw, innovatie en maatschappelijke meerwaarde**. CAS kunnen indirect profiteren van deze activiteiten door **netwerkvorming, reputatie en maatschappelijke betrokkenheid**, wat ook de duurzaamheid van beheer en betrokken vrijwilligers ondersteunt (Albrecht & Wiek, 2020; Roodhof, 2024).

3.6 Samenvattende observaties

- Culturele diensten zijn sterk contextafhankelijk en moeilijk te kwantificeren in geld.
- CAS bieden holistische werkgelegenheid: kwantiteit (meer mensen betrokken) én kwaliteit (gevarieerd, betekenisvol werk).
- Synergie tussen productie en diensten verhoogt maatschappelijke waarde en ondersteunt lokale gemeenschappen.
- Voor ontwerpers en beleidsmakers is het belangrijk deze diensten expliciet mee te nemen in planning, governance en beheer.

4. Synergieën en trade-offs

Het optimaliseren van ecosysteemdiensten in complexe agroforestry-systemen vraagt om inzicht in de wederzijdse versterking en de mogelijke conflicten tussen verschillende diensten. Synergieën laten zien hoe diensten elkaar kunnen versterken, waardoor zowel ecologische als economische voordelen toenemen. Trade-offs maken duidelijk dat het maximaliseren van één dienst soms ten koste gaat van een andere. Door deze interacties te begrijpen, kunnen ontwerp- en beheerkeuzes gericht worden ingezet om de gewenste balans te bereiken.

Synergieën

- **Bodemgezondheid en voedselproductie versterken elkaar.** Vrijwel alle regulerende ecosysteemdiensten dragen bij aan een veerkrachtig landbouwsysteem dat beter bestand is tegen klimaatextremen. Dit ondersteunt niet alleen de productie, maar ook de stabiliteit en voedselzekerheid op de langere termijn.
- **Zichtbare regulerende diensten creëren maatschappelijke meerwaarde.** Wanneer effecten zoals biodiversiteit, actief snoeien voor nutriëntenkringloop en verbeterde waterkwaliteit zichtbaar zijn op het perceel, ontstaan kansen voor educatie, beleving en onderzoek.
- **Koolstofvastlegging en houtproductie zijn complementair.** Door hout te oogsten en toe te passen in duurzame producten en materialen blijft koolstof langdurig opgeslagen, terwijl tegelijkertijd economische waarde wordt gecreëerd. Dit versterkt het koolstofvastlegend vermogen van het landbouwsysteem.
- **Complexiteit versterkt meerdere ecosysteemdiensten tegelijk.** Onderzoek van Steinfeld et al. (2023) laat zien dat in complexe agroforestry-systemen ecosysteemdiensten elkaar wederzijds kunnen versterken, met name op nutriëntarme zandgronden. Een hogere boomsoortenrijkdom draagt bij aan bovengrondse biodiversiteit en verhoogt de hoeveelheid en kwaliteit van strooisel, terwijl een grotere boomdichtheid leidt tot meer bovengrondse biomassa en hogere koolstofinputs in de bodem.
- **Beheer vormt de schakel tussen biodiversiteit en bodemprocessen.** Actief beheer via snoei en mulchen versnelt de terugvoer van nutriënten naar de bodem en resulteert in hogere voorraden stabiele bodemkoolstof (MAOC en POC) en een betere nutriëntenbeschikbaarheid voor gewassen. Juist op zandgronden zijn deze effecten sterk, doordat nutriëntenkringloop en koolstofopbouw hier extra gevoelig zijn voor organische input en beheerintensiteit.
- **Synergie tussen ecologie en productie, met arbeid als sleutel.** Deze interacties illustreren een duidelijke synergie tussen biodiversiteit, koolstofvastlegging, bodemkwaliteit en – indirect – voedselproductie, waarbij beheerintensiteit (en daarmee arbeid en werkgelegenheid) een cruciale rol speelt in het benutten van natuurlijke processen binnen complexe agroforestry-systemen.

Trade-offs

- **Koolstofvastlegging versus biodiversiteit.** Het maximaliseren van koolstofvastlegging kan schuren met biodiversiteitsdoelen. De inzet van

snelgroeiende (vaak uitheemse) boomsoorten leidt doorgaans tot minder habitatwaarde voor insecten en vogels dan een diverse selectie van inheemse soorten.

- **Klimaatrobuustheid versus maximale productie.** Agroforestry-systemen met bomen bieden schaduw en beperken verdamping, wat bijdraagt aan klimaatbestendigheid. Dit kan echter gepaard gaan met een (tijdelijke) reductie in opbrengst. Op de lange termijn kan deze trade-off acceptabel of zelfs wenselijk zijn wanneer hoog-productieve systemen door toenemende klimaatextremen minder houdbaar blijken.
- **Complexiteit versus arbeidsefficiëntie.** Toenemende systeemcomplexiteit leidt vaak tot een hogere arbeidsvraag, met name door intensiever beheer zoals frequent snoeien en mulchen — een belangrijk mechanisme achter verbeterde nutriëntenkringloop en bodemkoolstofopbouw (Steinfeld et al., 2024). Tegelijkertijd vormt deze extra arbeidsbehoefte een duidelijke trade-off voor de economische haalbaarheid: zonder voldoende opbrengsten, passende verwaardiging van ecosysteemdiensten of de beschikbaarheid van onbetaalde arbeid (bijv. vrijwilligers of CSA-deelnemers), kan de arbeidsefficiëntie en het verdienvermogen onder druk komen te staan (Esche et al., 2023).

Zonering en prioritering

Bij het optimaliseren van ecosysteemdiensten in complexe agroforestry-systemen is het belangrijk om synergieën te benutten en trade-offs bewust te managen. Dit kan bijvoorbeeld door zonering binnen het perceel, waarbij in bepaalde percelen of plotjes het accent ligt op biodiversiteit en bij andere op voedselproductie of koolstofvastlegging. Daarnaast helpt het prioriteren van doelstellingen en het toepassen van specifieke ontwerp- en beheermaatregelen — zoals soortenmix, plantdichtheid, snoei- en mulchtechnieken — om de gewenste diensten effectief te versterken en conflicten tussen doelen te beperken.

5. Conclusie en aanbevelingen

Dit rapport heeft onderzocht hoe complexe agroforestry-systemen (CAS) ecosysteemdiensten kunnen optimaliseren en welke ontwerp- en beheerkeuzes hiervoor effectief zijn. Het overzicht van literatuur, best practices en boerderijbezoeken laat zien dat zowel regulerende, voorzienende en culturele diensten sterk afhankelijk zijn van context, systeemontwerp en beheerintensiteit.

Belangrijke lessen uit het verkennend onderzoek zijn:

- **Synergieën benutten:** Complexe agroforestry-systemen bieden kansen om meerdere ecosysteemdiensten tegelijk te versterken. Zo draagt een hogere soortenrijkdom bij aan biodiversiteit en verhoogt tegelijkertijd de hoeveelheid en kwaliteit van organisch materiaal in het systeem, wat leidt tot hogere koolstofinputs en verbeterde nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem. Actief beheer via snoei en mulchen versnelt deze kringloop, met name op nutriëntarme zandgronden waar de effecten van organische input en beheerintensiteit het sterkst zijn.
- **Trade-offs bewust managen:** Optimalisatie van één dienst kan leiden tot beperkingen in andere domeinen. Bijvoorbeeld, maximalisatie van koolstofvastlegging kan botsen met biodiversiteitsdoelen wanneer snelgroeende uitheemse soorten worden gekozen; intensief beheer verhoogt arbeidsvraag en vormt een economische trade-off; en verhoogde schaduwwerking kan lokale voedselproductie beperken. Technieken zoals zoneren, het stellen van prioriteiten tussen doelstellingen, en slim ontwerp van plantdichtheid en soortenkeuze kunnen helpen deze trade-offs te mitigeren.
- **Arbeid en beheerintensiteit:** Het efficiënt inzetten van arbeid is cruciaal. Frequent snoei- en mulchbeheer ondersteunt nutriëntenkringloop, bodemkoolstofopbouw en ecosysteemdiensten, maar verhoogt de arbeidseisen. Zonder voldoende opbrengsten, verwaarding van ecosysteemdiensten of onbetaalde arbeid (bijvoorbeeld vrijwilligers of CSA-deelnemers) kan dit de economische haalbaarheid beperken.
- **Contextualiteit en plaatsgebonden ontwerp:** Optimalisatie van ecosysteemdiensten werkt het beste wanneer het ontwerp is afgestemd op lokale omstandigheden. Voorbeelden zijn het hogere effect van syntropisch beheer op zandgronden of het kiezen van boomsoorten en dichtheden passend bij bodemtextuur, waterbeschikbaarheid en klimaat.
- **Ontwerpcriteria vanuit beloning en compensatieprogramma's:** Deelname aan subsidies of koolstofcertificering stelt randvoorwaarden aan ontwerp en beheer, zoals minimale instandhoudingsduur van bomen, vereiste hoogte of oppervlakte van groenstructuren, en regels voor oogst van biomassa. Door hier rekening mee te houden, kunnen ontwerpkeuzes in soorten, plantdichtheid en beheerintensiteit zodanig worden afgestemd dat zowel ecologische optimalisatie als economische verwaarding van ecosysteemdiensten mogelijk wordt.

Dit verkennend onderzoek biedt een basis voor het ontwikkelen van place-based monitorings- en optimalisatiestrategieën. Dit betekent dat ontwerp- en beheerbeslissingen niet alleen gericht zijn op individuele diensten, maar op synergetische combinaties van

diensten, rekening houdend met lokale omstandigheden, arbeidscapaciteit en kansen voor economische verwaarding. Het systematisch vastleggen van resultaten uit best practices en literatuur kan zo bijdragen aan bredere kennisdeling en schaalbare oplossingen voor complexe agroforestry in Nederland.

Referenties

- Alam, M., Olivier, A., & Paquette, A. (2016). Measurements and economics of carbon sequestration in temperate tree-based intercropping systems. *International Journal of Agricultural Resources Governance and Ecology*, 12(2), 125. <https://doi.org/10.1504/ijarge.2016.076919>
- Albrecht, S., & Wiek, A. (2020). Food forests: Their services and sustainability. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 10(3), 91–105. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2021.103.014>
- Allen, S. C., Jose, S., Nair, P., Brecke, B. J., Nkedi-Kizza, P., & Ramsey, C. L. (2004). Safety-net role of tree roots: evidence from a pecan (*Carya illinoensis* K. Koch)–cotton (*Gossypium hirsutum* L.) alley cropping system in the southern United States. *Forest Ecology and Management*, 192(2–3), 395–407. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.009>
- Arets, E., Hengeveld, G. M., Lesschen, J. P., Kramer, H., & Kuikman, P. J. (2014). Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol.
- Bentrup, G., Hopwood, J., Adamson, N. L., & Vaughan, M. (2019). Temperate agroforestry systems and insect pollinators: A review. *Forests*, 10(11), 14–16. <https://doi.org/10.3390/f10110981>
- Beule, L., Guerra, V., Lehtsaar, E., & Vaupel, A. (2022). Digging deeper: microbial communities in subsoil are strongly promoted by trees in temperate agroforestry systems. *Plant and Soil*, 480(1–2), 423–437. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05591-2>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.011>
- CBS. (2025, August 13). Share of younger farmers is up slightly. Centraal Bureau voor de Statistiek. <https://www.cbs.nl/en-gb/news/2025/33/share-of-younger-farmers-is-up-slightly>
- Clark, R. B., & Zeto, S. K. (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23(7), 867–902. <https://doi.org/10.1080/01904160009382068>
- De Stigter, J.A.J. & Prins, E. (2023). De effecten van agroforestry op biodiversiteit in Nederland. De resultaten van een korte literatuurstudie naar de verwachte effecten van agroforestry op biodiversiteit en hoe hierop in te spelen in ontwerp en beheer. *Louis Bolk Instituut*.
- De Waart, S., Schrama, M., Moerland, W. & Degenaar, J. (2025). Voedselbos trekt insecten en broedvogels. *De Levende Natuur*. 126(3).
- Dawson, A. & Norén, I.S. (2022). Agroforestry factsheet 7. Designing agroforestry systems | Tree planting patterns? Wageningen University & Research.

- Dupraz, C., Liagre, F. (2008) Agroforesterie, des arbres et des cultures. 2ème édition. Editions France Agricole.
- EC & JRC. (2016). Agroforestry in the EU: Potentials and constraints (EUR 27753 EN). Publications Office of the European Union.
- Eetmeerbosch. (2025a). Vacature vrijwilliger / vrijwilligersprogramma. <https://eetmeerbosch.nl/vacature-vrijwilliger/>
- Eetmeerbosch. (2025b). Bedrijfsbezoek. Stichting ReGeneratie.
- Erismán, J. W., Eekeren, N. v., Cuijpers, W. J., Wit, J. d., & Daniels, L. (2016). Biodiversiteit als basis voor het agrarische bedrijf. In L. B. Instituut (Ed.). Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- European Commission. (2023). EU Common Agricultural Policy — Eco-regulations and support for multifunctional land use.
- Esche, L., Schneider, M., Milz, J., & Armengot, L. (2023). The role of shade tree pruning in cocoa agroforestry systems: agronomic and economic benefits. *Agroforestry Systems*, 97(2), 175-185.
- Excursie De Walnoothoeve(n). (2025). Ronja Oosterveld, Jordy van Eijk, Louise van der Stok & Geert van der Kaa. Stichting ReGeneratie.
- Excursie Den Food Bosch. (2025). Ronja Oosterveld, Jordy van Eijk, Louise van der Stok & Marente Lokin. Stichting ReGeneratie.
- Fuchs, L.M. (2023). Agroforestry factsheet 11. Hoe kan agroforestry bijdragen aan een oplossing van de stikstofproblematiek? Wageningen University & Research.
- Fuchs, L.M. & Norén, I.S. (2025). Agroforestry factsheet 3. Wat zijn de mogelijkheden voor koolstofvastlegging door agroforestry? Wageningen University & Research.
- Fuchs, L.M. & Van Leeuwen, S.K. (2022). Effecten van agroforestry op de waterhuishouding en functionele agrobiodiversiteit. Verkenning voor de provincie Zeeland. Wageningen Research, Rapport WPR-OT 961. <https://doi.org/10.18174/580955>
- Fuchs, L.M. & Van Leeuwen, S.K. (2023). Agroforestry factsheet 13. Agroforestry & landschapselementen voor de natuur-, water- en klimaatdoelen? Wageningen University & Research.
- Graham, L., Gaulton, R., Gerard, F., & Staley, J. T. (2018). The influence of hedgerow structural condition on wildlife habitat provision in farmed landscapes. *Biological Conservation*, 220, 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.017>
- Herbert Z., Agrícola H., Koopmans, C.J., (2023). Impact van koolstofmaatregelen op regioniveau: Een scenariostudie naar de mogelijkheden per provincie. Kim, D., & Isaac, M. E. (2022). Nitrogen dynamics in agroforestry systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(4). <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00791-7>

Jacobs, S. R., Webber, H., Niether, W., Grahmann, K., Lüttschwager, D., Schwartz, C., ... & Bellingrath-Kimura, S. D. (2022). Modification of the microclimate and water balance through the integration of trees into temperate cropping systems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 323, 109065.

Jose, S. (2012). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 85(1), 1–10.

Kros, J., Gies, T. J. A., Voogd, J. C. H., de Vries, W., Aben, J., & Pul, A. (2015). Effecten van landschapselementen op de ammoniakdepositie in Natura 2000-gebieden (No. 2689). Alterra, Wageningen-UR

Leuschner, C., & Ellenberg, H. (2017). *Ecology of Central European Forests*.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-43042-3>

Luske, B., Vonk, M., & Ansems, E., Van Eekeren, N. (2014). Voederbomen in de landbouw. Meer waarde per hectare door multifunctioneel landgebruik. Louis Bolk Instituut

Martin, E. A., Dainese, M., Clough, Y., Báldi, A., Bommarco, R., Gagic, V., Garratt, M. P., Holzschuh, A., Kleijn, D., Kovács-Hostyánszki, A., Marini, L., Potts, S. G., Smith, H. G., Hassan, D. A., Albrecht, M., Andersson, G. K., Asís, J. D., Aviron, S., Balzan, M. V., . . . Steffan-Dewenter, I. (2019). The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. *Ecology Letters*, 22(7), 1083–1094.
<https://doi.org/10.1111/ele.13265>

Martin, C., & Isaac, M. E. (2015). Functional traits in agroforestry tree species: Their role in system performance and design. *Agroforestry Systems*, 89(5), 821–833.

Mayer, S., Wiesmeier, M., Sakamoto, E., Hübner, R., Cardinael, R., Kühnel, A., & Kögel-Knabner, I. (2021). Soil organic carbon sequestration in temperate agroforestry systems – A meta-analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 323, 107689. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107689>

Morel, K., et al. (2016). Research projects at Le Bec Hellouin food forest.

Norén, I.S. (2023). Agroforestry factsheet 9. Hoe kan agroforestry bijdragen aan klimaatadaptatie van de landbouw? Wageningen University & Research.

Palma, J., Graves, A., Bunce, R., Burgess, P., De Filippi, R., Keesman, K., Van Keulen, H., Liagre, F., Mayus, M., Moreno, G., Reisner, Y., & Herzog, F. (2006). Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 119(3–4), 320–334.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.021>

Pan, J., Chen, S., He, D., Zhou, H., Ning, K., Ma, N., Li, K., Liao, D., Mi, W., Wu, Q., Zhang, C., & Dong, Z. (2024). Agroforestry increases soil carbon sequestration, especially in arid areas: A global meta-analysis. *CATENA*, 249, 108667. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108667>

Pardon, P. (2023). Hoeveel koolstof slaat een agroforestry-systeem op? Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO), Merelbeke, België. 24 p.

<https://ilvo.vlaanderen.be/uploads/documents/Literatuurstudie-koolstofopslag-Agroforestry.pdf>

Pardon, P., Reubens, B., Reheul, D., Mertens, J., De Frenne, P., Coussement, T., Janssens, P., & Verheyen, K. (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 247, 98–111.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.018>

Prabhu, R. (2019) *Agroforestry for sustainable agriculture*, Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, DOI 10.19103/AS.2018.0041.

Précigout, P., & Robert, C. (2022). Effects of hedgerows on the preservation of spontaneous biodiversity and the promotion of biotic regulation services in agriculture: towards a more constructive relationships between agriculture and biodiversity. *Botany Letters*, 169(2), 176–204.

<https://doi.org/10.1080/23818107.2022.2053205>

Prins, E., Bestman, M., Roelen, S.S.M., van Veluw, K. & Rombouts, P. (2021). Advies Community of Practice Agroforestry: Opschaling landbouw met bomen door verbinden en kennis delen. 2021-007 LbP. Louis Bolk Instituut, Bunnik.

Prins, E., de Sigter, J., Nauta, S., Luske, B., Vijn, M., & Schoutsen, M. (2025). Bomen over de verdienmodellen van agroforestry: Inzichten en inspiratie uit de praktijk [Rapport]. Louis Bolk Instituut.

Quinkenstein, A., Woellecke, J., Böhm, C., Grünwald, H., Freese, D., Schneider, B. U., & Hüttl, R. F. (2009). Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environmental science & policy*, 12(8), 1112-1121.

Rawls, W., Pachepsky, Y., Ritchie, J., Sobecki, T., & Bloodworth, H. (2003). Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116(1–2), 61–76. [https://doi.org/10.1016/s0016-7061\(03\)00094-6](https://doi.org/10.1016/s0016-7061(03)00094-6)

Reichgelt, A., Op den Kelder, G., Rombouts, P. & Boosten, M. (2022). Koolstofcredits voor agroforestry in Noord-Brabant. Verkenning toepassing, kosten en baten methodiek van de Stichting Nationale Koolstofmarkt voor het gebruik van koolstofcredits voor boomweides en lijnvormige beplantingen op agrarische bedrijven in Noord-Brabant. <https://www.probos.nl/images/pdf/rapporten/Eindrapportage-verkenning-C-credits-agroforestry-Noord-Brabant-april2022.pdf>

Reubens, B., Van Colen, W., Tallieu, I.R. en Carton, S. (2024). Agroforestry in Vlaanderen 2014-2024. Leidraad na 10 jaar onderzoek en praktijkwerking. *Consortium Agroforestry Vlaanderen*.

Roodhof, A. (2024). Understanding the emerging phenomenon of food forestry in the Netherlands: An assemblage theory approach. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 13(2), 193–207.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). (2024). SDE++ hernieuwbare energie en biomassa.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). (2025) Tabel punten en waarde eco-activiteiten 2025. <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/eco-regeling-2025/eco-activiteiten-punten-en-waarde-2025>

Roodhof, A. (2024). Understanding the emerging phenomenon of food forestry in the Netherlands: An assemblage theory approach. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 13(2), 193–207.

Schoutsen, M., van der Voort, M., & van Leeuwen, S. (2024). Factsheet 15: Drie bedrijven met agroforestry in Frankrijk en Duitsland; wat levert agroforestry op? Wageningen University & Research.

Shah, A. N., Tanveer, M., Shahzad, B., Yang, G., Fahad, S., Ali, S., Bukhari, M. A., Tung, S. A., Hafeez, A., & Souliyanonh, B. (2017). Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: an overview. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10056–10067. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8421-y>

Steinfeld, J. P., Miatton, M., Creamer, R. E., Ehbrecht, M., Valencia, V., Ballester, M. V. R., & Bianchi, F. J. (2023). Identifying agroforestry characteristics for enhanced nutrient cycling potential in Brazil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 362, 108828. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108828>

Steinfeld, J. P., Bianchi, F. J., Locatelli, J. L., Rizzo, R., de Resende, M. E. B., Ballester, M. V. R., ... & Creamer, R. E. (2023). Increasing complexity of agroforestry systems benefits nutrient cycling and mineral-associated organic carbon storage, in south-eastern Brazil. *Geoderma*, 440, 116726.

Steinfeld, J. P., Almeida-Furtado, M., Spechta, J., Ramos, M. V., Ballester, L. O., Rochaf, A. C., ... & Schulze, R. P. (2024). Scaling complex agroforestry: constrained by labour demand?. *agroforestry*, 100.

Steinfeld, J. P., Almeida-Furtado, M., Spechta, J., Ramos, M. V., Ballester, L. O., Rochaf, A. C., ... & Schulze, R. P. (2024). Scaling complex agroforestry: constrained by labour demand?. *agroforestry*, 100.

Stichting ReGeneratie. (2025). Verslag bedrijfsbezoek – Den Food Bosch (beschrijving van veldexcursie in syntropisch voedselbos). Geraadpleegd uit Stichting ReGeneratie kennisbank: <https://stichtingregeneratie.nl/kennisbank/verslag-bedrijfsbezoek-den-food-bosch>

Van den Berg, L., Koopmans, C., Thissen, W., den Toonder, J., van Schie, T (2024). Koolstofvastlegging in bodem, bomen en bouw materiaal. Hoe werkt carbon farming? Louis Bolk instituut. 2024-6247-LbP.

Van Eijk, J. (2021). Successie in Voedselbossen: Een open source database met functionele plantkenmerken en een besluitvormingsframework voor het ontwerp van voedselbossen in Nederland.

Van Goor, W. (n.d.). CO2 vastlegging met bomen op een pluimveebedrijf, Face The Future / Louis bolk instituut / Probos / Biomeerwaarde-ei, presentatie 27-09-2018.

Wendel, B., Rooduijn, B., & Disselhorst, E. (2023). Drie jaar onderzoek naar voedselbossen in Nederland. De huidige stand van zaken binnen het Nationaal Monitoringsprogramma Voedselbossen. *Het Nationaal Monitoringsprogramma Voedselbossen*.

Wertheim, S. J. (1990). De peer (No. 22). Proefstation voor de Fruitteelt.

<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/468616>

Wesseling, J., van der Zee, S., & van Overveld, A. (2011). Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit:

Update 2011. RIVM.

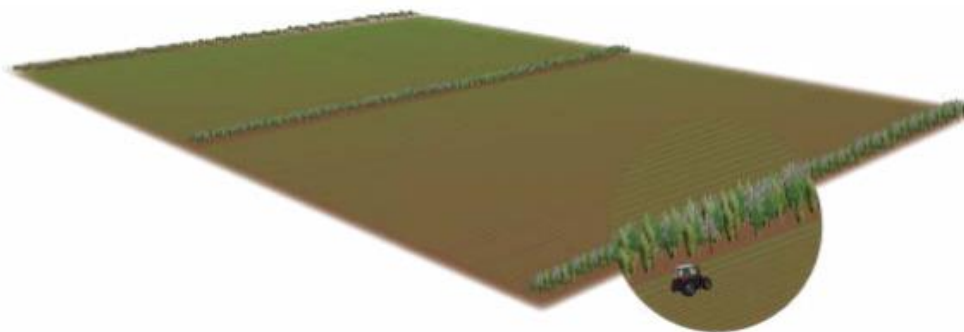
Bijlage: Overzicht van agroforestry-vormen

Typologie van agroforestry systemen

Om overzicht te creëren in de grote verscheidenheid aan agroforestry-vormen worden in WUR-factsheets (Dawson, A. & Norén, I.S., 2022) en aanverwante literatuur acht hoofdtypen onderscheiden, op basis van ruimtelijke indeling, functie van houtigen, boombichtheid, schaal, mechanisatie en beheer.

1. Functionele houtsingel in akkerbouw en groenteteelt (ondersteunende houtige elementen)

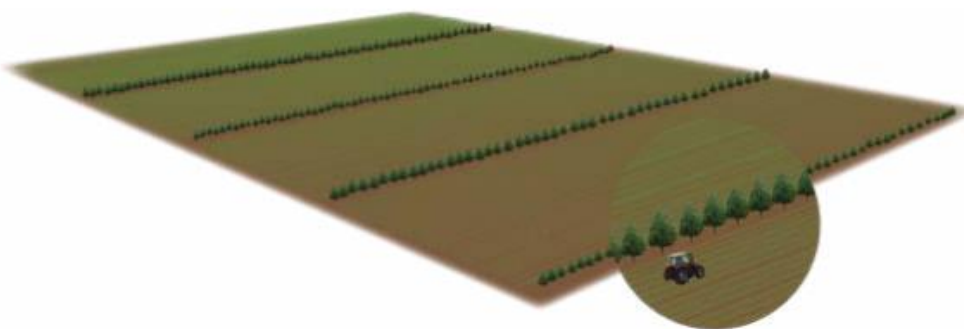
Bomen en struiken in rijen met een ondersteunende rol voor microklimaat, biodiversiteit en bodem, met beperkte directe productiefunctie.



Functionele houtsingel voor de akkerbouw

2. Rijenteelt in akkerbouw en groenteteelt (productieve houtigen)

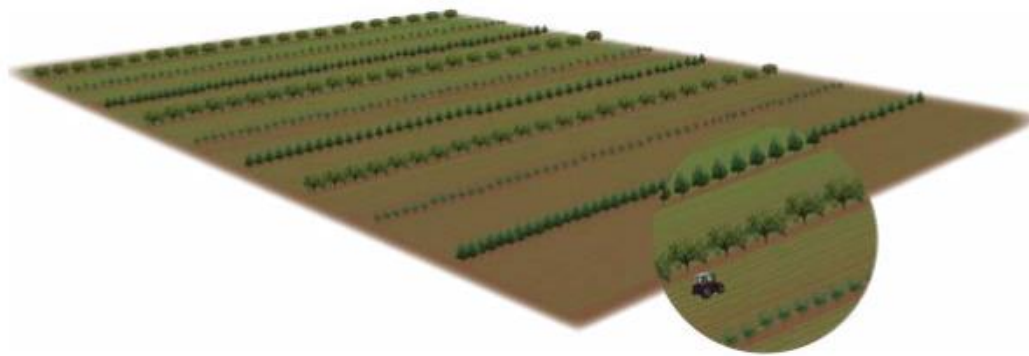
Rijenteelt waarbij bomen en struiken een expliciete economische functie hebben, zoals noten- of fruitproductie, binnen grootschalige systemen.



Rijenteelt in grootschalige akkerbouw

3. Rijenteelt met kleinschalige akkerbouw of groenteteelt

Systemen met hogere boombichtheid, grotere diversiteit en meer handwerk, vaak met hogere complexiteit en multifunctionaliteit.



Rijenteelt met kleinschalige akkerbouw of groenteteelt

4. Grasland met voederbomen (dierenwelzijn)

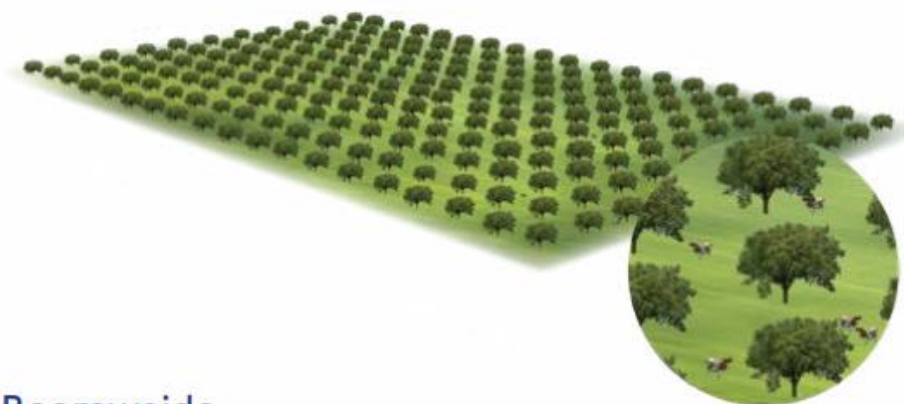
Systemen gericht op schaduw, beschutting en aanvullend voer voor rundvee.



Voederhagen

5. Boomweide

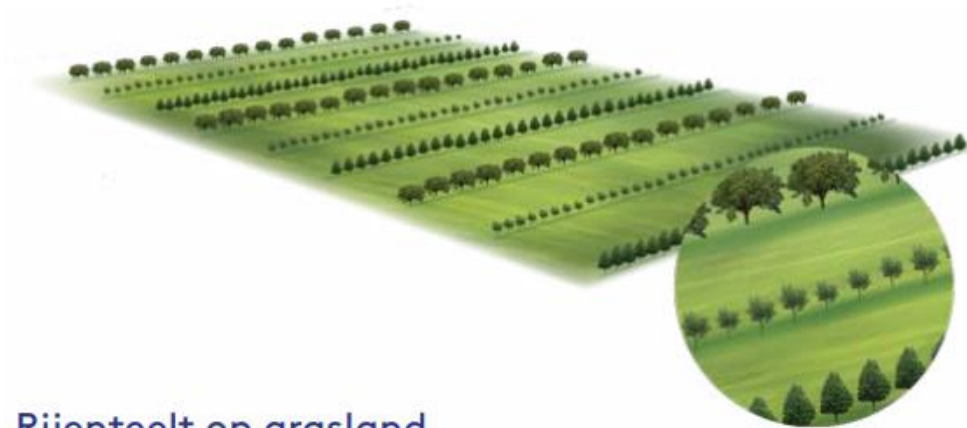
Bomen in een vierkant of ruitpatroon op grasland, met focus op hout-, noten- of fruitproductie.



Boomweide

6. Rijenteelt op grasland

Houtige gewassen in rijen, met beweiding of maai-beheer tussen de rijen.

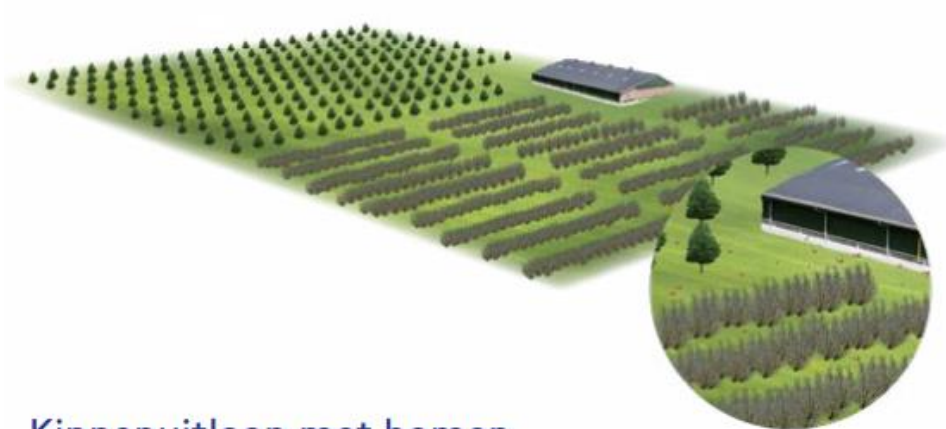


Rijenteelt op grasland



7. Agroforestry in pluimveehouderij

Bomen en struiken in uitlopen, met functies voor beschutting, welzijn en productie van fruit, noten of biomassa.



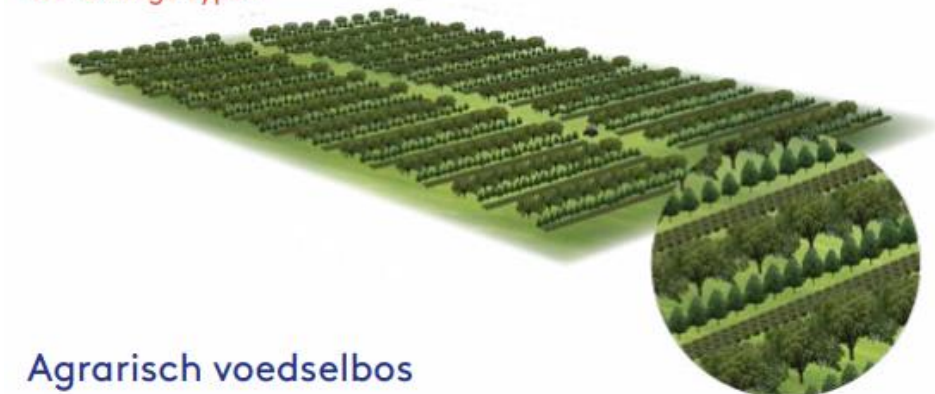
Kippenuitloop met bomen



8. Agrarisch voedselbos / voedselbos op rijen

Systemen die grotendeels uit houtigen bestaan, met meerdere lagen en functies, en een hoge mate van ecologische en functionele complexiteit.

4.3 Overige typen



Agrarisch voedselbos



Bijlage: Overzicht van Bedrijfsbezoeken

De volgende boerderijen zijn bezocht in het kader van **EIP Rooted Impact** om inzichten op te doen voor best practices en veelbelovende ontwerp-technieken:

1. De Walnoothoeven, 2025, Hoeven, Noord Brabant
2. Den Food Bosch, 2025, Sint-Michielsgestel, Noord Brabant
3. Eetmeerbosch, 2025, Nijmegen, Gelderland

ROOTED IMPACT

Website: rootedimpact.nl

Linkedin: [rooted-impact-eu](https://www.linkedin.com/company/rooted-impact-eu)

Instagram: [rootedimpact_eu](https://www.instagram.com/rootedimpact_eu)

E-mail: info@rootedimpact.nl



Medegefinancierd door
de Europese Unie