



# 1 Factsheet Agroforestry

Hoe kan agroforestry bijdragen aan een oplossing van de stikstofproblematiek?



WAGENINGEN  
UNIVERSITY & RESEARCH



## In het kort

Agroforestry kan via verschillende processen invloed hebben op de stikstofstromen in een landbouwsysteem:

- Het grootste voordeel lijkt te behalen bij de verlaging van stikstofuitspoeling doordat bomen nutriënten uit diepere bodemlagen kunnen opnemen, wat ten goede komt aan de waterkwaliteit.
- Agroforestry kan ammoniak afvangen uit de lucht, maar om hiermee impact te hebben op stikstofdepositie in natuurgebieden moet agroforestry heel specifiek rondom stallen geplaatst worden en/of op grote schaal in het landschap ingepast worden.
- Toepassing van stikstoffixerende bomen en struiken kan bijdrage aan minder afhankelijkheid van N-input in het landbouwsysteem.

## Over deze factsheet

Stikstof (N) is een essentieel element in de landbouw. Planten hebben namelijk opneembare stikstof nodig om te kunnen groeien. Tegelijkertijd vormt (een overschot aan) reactieve stikstof ook een grote uitdaging in de landbouw, omdat deze kunnen vervluchtigen als ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) of lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) of kunnen uitspoelen als nitraat ( $\text{NO}_3$ ). Dit maakt stikstof een relevant thema voor de doelen voor natuur, klimaat en waterkwaliteit. Bij een optimaal beheer van stikstofstromen in de landbouw, is er voldoende stikstof voor een goede gewasgroei, maar blijven de risico's op verliezen beperkt. In deze factsheet wordt ingegaan op de effecten die agroforestry kan hebben op stikstofstromen

in landbouwsystemen. Hierbij wordt zowel de stikstof uit bemesting, de interne kringloop, biologische fixatie alsook ammoniakdepositie (van buitenaf) meegenomen. De focus ligt op akkerbouwsystemen, maar de bevindingen zijn ook voor andere landbouwsystemen relevant.

De kennis uit deze factsheet is grotendeels afkomstig uit een verkenning naar de potentie van agroforestry als oplossingsrichting voor de stikstofproblematiek in de provincie Zeeland, welke in 2021 uitgevoerd is in opdracht van de Provincie Zeeland (Fuchs et al. 2021). Deze is aangevuld met kennis uit het recent verschenen overzichtsartikel van Kim & Isaac (2022) over stikstofstromen in agroforestry systemen.

## Wat is agroforestry?

We spreken over agroforestry als houtige, meerjarige gewassen (bomen en struiken) bewust worden gemengd met akkerbouw, groenteteelt of grasland, op hetzelfde perceel. De houtige gewassen kunnen voor meerdere doeleinden geplant worden, bijvoorbeeld voor de productie van fruit, noten of hout. Doordat er voor meerdere doeleinden geplant kan worden, bestaan er ook veel verschillende agroforestry-systemen: eigenlijk zijn de mogelijke combinaties oneindig. Bomen of houtige gewassen kunnen bijvoorbeeld in brede of smalle stroken geplant worden tussen stroken verschillende akkerbouw- of groentegewassen. Een andere vorm van agroforestry is bijvoorbeeld veteelt met buitenloop voor de dieren onder verspreid geplaatste bomen of struiken.



## 1 | Wat zijn de belangrijkste stikstofstromen in de akkerbouw?

Grofweg zijn de stikstofstromen in de akkerbouw onder te verdelen in stikstofinputs, stikstofoutputs en de interne stikstofcyclus in de bodem. Deze stromen zijn met pijlen weergegeven in Figuur 1.

### N-inputs

De voornaamste N-input zal volgen uit bemesting, welke kan bestaan uit verschillende mestsoorten, zowel organische mest als kunstmest. Naast bemesting, levert N-depositie een significante bijdrage aan de totale N-input. N depositie is voornamelijk een gevolg van de ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) concentraties in de lucht, maar ook stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) kunnen hier een rol in spelen. Indien stikstoffixerende gewassen gebruikt worden, zoals klaver, bonen en erwten, kunnen deze ook zorgen voor een additionele N-input.

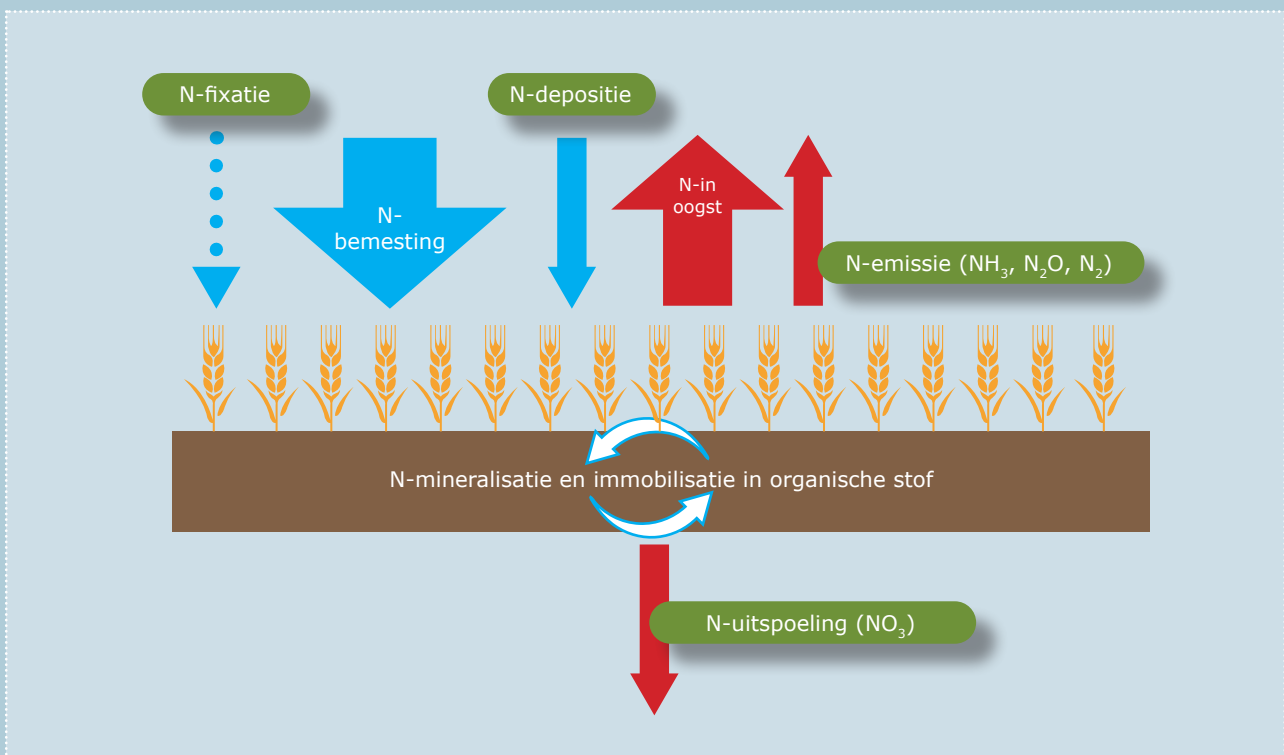
### N-outputs

De voornaamste N-output is meestal de stikstof die zich bevindt in het geoogste product. De geoogste producten (bijv. graan, aardappels, suikerbiet) bevatten een bepaald percentage stikstof, welke door de oogst uit het systeem wordt gehaald. Stikstof in gewasresten of bijproducten zal in sommige gevallen mee geoogst worden of achterblijven op het land.

Naast de stikstof in geoogste producten, treden er zowel in natuurlijke als in landbouwsystemen ook N-verliezen op. In landbouwsystemen zijn deze vaak aanzienlijk hoger door een hogere concentratie aan minerale en reactieve stikstof in de bodem. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen N-verliezen naar de atmosfeer en N-uitspoeling naar diepere bodemlagen en grondwater. N-verliezen naar de lucht bestaan voornamelijk uit: 1) vervluchtiging van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), voornamelijk uit dierlijke mest en kunstmest, 2) denitrificatie in de bodem, wat leidt tot emissies van lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) en  $\text{N}_2$ . N-uitspoeling ontstaat als nitraat ( $\text{NO}_3$ ) in de bodem via neerslag uitspoelt naar diepere bodemlagen en het grondwater.

### N-cyclus in de bodem

Naast de N-inputs en N-outputs, blijft er ook altijd stikstof aanwezig in de bodem als onderdeel van organische stof, welke jaarlijks aangevuld wordt door gewasresten, wortelresten, groenbemesters en/of organische bemesting. Uit deze organische stof zal gedurende het jaar N mineraliseren en beschikbaar komen voor planten, maar er zal ook beschikbare N immobiliseren. Voor de mineralisatie speelt het bodemleven een belangrijke rol, en deze zijn actief bij hogere temperaturen, voldoende vocht en zuurstof. Als het systeem en de bodem in balans zijn, zal dit op jaarbasis netto geen extra N-input of N-output geven.



Figuur 1 | Globale stikstofstromen in een monocultuur akkerbouw

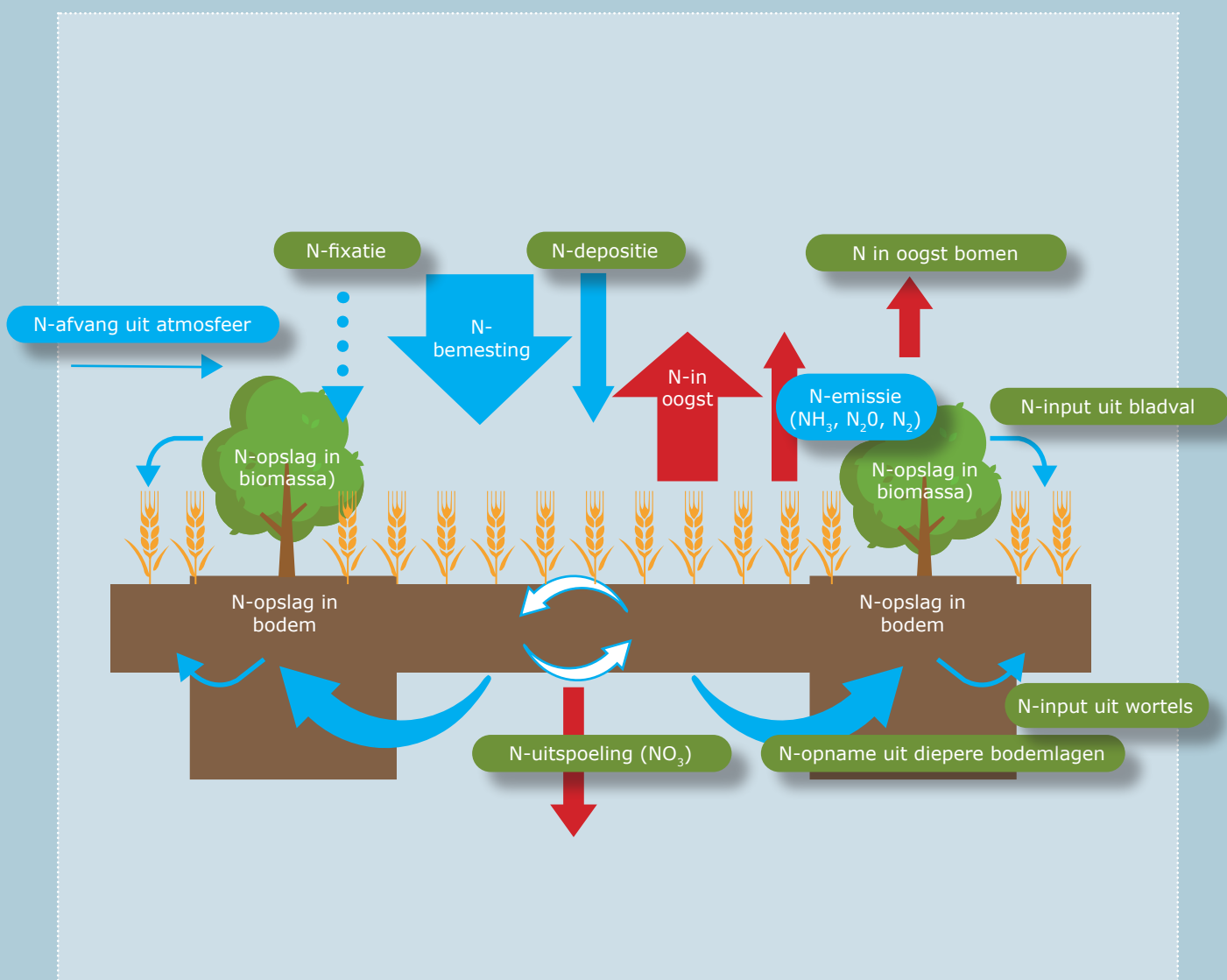
## 2| Wat voor effecten heeft agroforestry op de stikstofstromen?

Het toevoegen van bomenrijen aan een (monocultuur) akkerbouw zal effecten hebben op meerdere aspecten van het systeem, waaronder ook de stikstofstromen. Bomen en struiken zijn méérjarig en hebben een ander groeipatroon dan éénjarige gewassen, zowel bovengronds als ondergronds in het wortelstelsel. Dit zorgt voor een systeem met meer diversiteit, wat leidt tot meer variatie in de interacties tussen de planten, de bodem en de atmosfeer. Dit maakt het hele systeem complexer en dit geldt ook voor de stikstofstromen.

1. N-opname uit diepere bodemlagen en verlaagde N-uitspoeling
2. N-fixatie door stikstoffixerende bomen en struiken
3. N-opslag in het systeem: bodem en biomassa
4. Verhoogde N in interne kringloop: bladval en wortelresten
5. N-afvang en -depositie uit de atmosfeer

De effecten van agroforestry op de stikstofstromen (Figuur 2) kunnen grofweg onderverdeeld worden in 5 categorieën:

Deze effecten zullen hierna verder toegelicht worden, met daarbij ook de ordes van grootte.



Figuur 2| Globale stikstofstromen in een silvo-arable agroforestry systeem

---

## N-opname uit diepere bodemlagen en verlaagde N-uitspoeling

---

Bomen en struiken wortelen dieper en uitgebreider dan de meeste éénjarige akkerbouwgewassen, en hebben meestal een langer groeiseizoen. Stikstof die niet door gewassen wordt opgenomen kan uitspoelen naar diepere bodemlagen en wanneer daar boomwortels aanwezig zijn kunnen deze de uitgespoelde nutriënten (gedeeltelijk) alsnog opnemen. In de literatuur wordt dit ook wel de 'safety-net hypothesis' genoemd (Allen et al. 2004). Dit zorgt enerzijds voor extra nutriëntenopname door de bomen, maar bovenal voor een verlaagde N-uitspoeling naar grond- of oppervlaktewater (Kim & Isaac. 2022).

Verschillende onderzoeken hebben dit effect aangetoond en beschreven (Allen et al. 2004, Böhm et al. 2020, Nelissen et al. 2017, Palma et al. 2007, Smith et al. 2013; Wolz et al. 2018). Hierbij is het evident dat er onder boomstroken minder uitspoeling zal plaatsvinden dan onder akkerbouwstroken, maar het is nog moeilijk te duiden tot welke afstand de bomen een effect kunnen hebben in de akkerbouwstroken.

Het effect op N-uitspoeling zal dus enerzijds afhangen van de boomdichtheid en afstand tussen boomstroken, maar ook van de boomsoort en haar wortelpatroon, waarbij een systeem met meer bomen een groter effect heeft. Anderzijds hangt het effect ook af van de teeltomstandigheden, zoals type gewas, gebruik van groenbemesters en de grondsoort. Bij gewassen en bodems die gevoelig zijn voor uitspoeling zullen de positieve effecten relatief groter zijn.

De vermindering van N-uitspoeling door agroforestry is dus niet eenduidig in cijfers uit te drukken, vanwege de grote variatie in agroforestry-systemen en teeltomstandigheden. In een modelstudie (Palma et al. 2007) naar de nitraatuitspoeling van een agroforestry-systeem in Nederland (met hoge uitspoeling) werd een uitspoelingsreductie van 30% berekend (113 bomen/ha op 50% van het areaal). Het is niet zomaar te zeggen dat dit overal behaald kan worden, maar het geeft wel een orde van grootte van het te verwachten effect.

Het lijkt er dus op dat agroforestry een aanzienlijk positief effect kan hebben op de vermindering van stikstofuitspoeling, doordat bomen nutriënten uit diepere bodemlagen kunnen opnemen. Dit komt ten goede aan de waterkwaliteit.

---

## N-fixatie door stikstoffixerende bomen en struiken

---

Indien in een agroforestry systeem stikstoffixerende bomen of struiken worden opgenomen, kunnen deze zorgen voor een extra N-input. Ze kunnen extra stikstof toevoegen aan het agroforestry systeem en zullen mogelijk ook minder concurreren voor stikstof met de akkerbouwgewassen. Daarnaast hebben stikstoffixerende bomen vaak een hogere N concentratie in afstervende biomassa, zoals bladeren en wortels, die weer beschikbaar kunnen komen voor de akkerbouwgewassen in het systeem (Kim & Isaac 2022; Luske et al. 2014; Mabilde. 2014; Tallieu. 2011).

Twee veelvoorkomende boomsoorten die stikstof kunnen fixeren en geschikt kunnen zijn voor agroforestry systemen in Nederland zijn Robinia (bijv. Robinia pseudoacacia) en els (Alnus). Een voorbeeld van een struiksoort die stikstof kan fixeren is de duindoorn (Hippophae rhamnoides).

Hoe groot de N-inputs via stikstoffixerende bomen zijn, zal afhangen van de omstandigheden. Denk hierbij aan aspecten als aantal bomen en N-beschikbaarheid in de bodem, maar ook de algemene lokale groeiomstandigheden. Over het algemeen zal er bij een hogere groeisnelheid ook meer N gefixeerd worden. Luske et al. (2014) hebben het over een jaarlijkse N-fixatie in elzen van 50-185 kg N per ha en in Robinia pseudoacacia van 30-35 kg N per ha. Ter vergelijking, de N bemestingsadviezen van tarwe en aardappel zijn ruim 200 kg N/ha.

Het inpassen van stikstoffixerende bomen kan dus een aanzienlijke N-input vormen in een agroforestry systeem. De toepasbaarheid hiervan zal echter afhankelijk zijn van de doelstelling en wensen van de landbouwer en van het verdienmodel.

---

## N-opslag in het systeem: bodem en biomassa

---

Door het integreren van bomen in een teeltsysteem kan er naast koolstof (C) ook stikstof (N) opgeslagen worden in zowel de bodem als in de biomassa van een boom (Kim & Isaac. 2022).

In de bodem van agroforestry-systemen vindt meestal een toename van organische stof plaats, voornamelijk vanwege bladval en wortelresten. Organische stof bestaat voor zo'n 50% uit koolstof, maar deels ook uit (bodemgebonden) stikstof. Bij een toename aan organische stof zal dus ook de bodemstikstof toenemen. Dit is in Vlaams



onderzoek aangetoond (Pardon et al. 2017), waarbij de hoeveelheid stikstof in de bodem met zo'n 10-15% was toegenomen in de eerste 30 meter van een populierenrij langs grasland over een periode van 20-30 jaar. De C:N verhouding in de bodem bedroeg hier 10:1.

Ook in de biomassa van bomen wordt langjarig koolstof en stikstof vastgelegd. Houtige biomassa heeft in vergelijking met de bodem echter een veel hogere C:N verhouding. Deze ligt voor bovengrondse biomassa (~ 319:1) hoger dan voor de wortels (~ 50:1) (Kim & Isaac. 2022). Bij berken wordt uitgegaan van een N-concentratie in stam en takken van 0,2-0,4% van het totaalgewicht (Mol & Bolhuis. 2013). Een grove schatting van de potentie van N-opslag in biomassa van agroforestry systemen wereldwijd is 12-15 kg N/ha/jr in bovengrondse biomassa en 24-28 kg/ha/jr in ondergrondse biomassa (Kim & Isaac. 2022). De werkelijke N-opslag hangt echter onder andere sterk af van het aantal bomen, de groeisnelheid en management factoren.

Agroforestry kan dus leiden tot een hogere stikstofopslag in bodem en biomassa. Dit leidt echter niet direct tot minder stikstof in de atmosfeer of minder N-uitspoeling.

### **Verhoogde N in interne kringloop: bladval en wortelresten**

Een extra stikstofstroom die ontstaat in agroforestry systemen is de N-input van afstervende biomassa van bomen of struiken, in de vorm van bladval, wortelresten en in sommige gevallen ook snoeiafval (o.a. Kim & Isaac. 2022). Dit is niet direct een stikstofstroom die zorgt voor een extra N-input,

maar het bevordert wel de circulatie van stikstof in het landbouwsysteem. Deze stikstofstroom vindt voornamelijk plaats nabij de bomenrij en het effect wordt dus minder sterk verder van de bomenrij af. Ook zal dit effect in jonge agroforestry systemen een stuk kleiner zijn dan in oudere systemen (Pardon et al. 2017). Een deel van deze N-inputs zal beschikbaar komen voor de akkerbouwgewassen, maar een deel kan ook weer opgenomen worden door de boom zelf of bijdragen aan de bodem organische stof.

De N-input uit bladval kan sterk verschillen per boomsoort, zowel in de hoeveelheid bladval, maar ook in de N-concentratie van het blad. In een Canadese studie werd een jaarlijkse N-input via bladval gevonden van zo'n 2 tot 15 kg N/ha/jaar (Zhang. 1999). Dit is qua bemestende waarde niet groot, maar wel wezenlijk. Het zal echter niet gelijk verdeeld zijn over het perceel.

Over de N-input uit wortelresten is wat minder bekend, en dit is ook moeilijker te meten. Wortelsystemen vernieuwen zich regelmatig, waarbij afstervende wortels afbreken in de bodem en de nutriënten vrijkomen. Zeker na een flinke snoei of kap van bomen zullen er veel wortels afsterven, omdat bomen hun wortelhoeveelheid in balans brengen met de bovengrondse biomassa. Het is bij kap of snoei dus goed om hier rekening te houden, om onnodige verliezen te voorkomen.

Hoe het effect van deze verhoogde N in de kringloop zal uitpakken in een agroforestrysysteem in Nederland hangt dus onder andere af van de boomsoort, de verspreiding van de bomen over het perceel, maar zeker ook de leeftijd en grootte van de bomen.



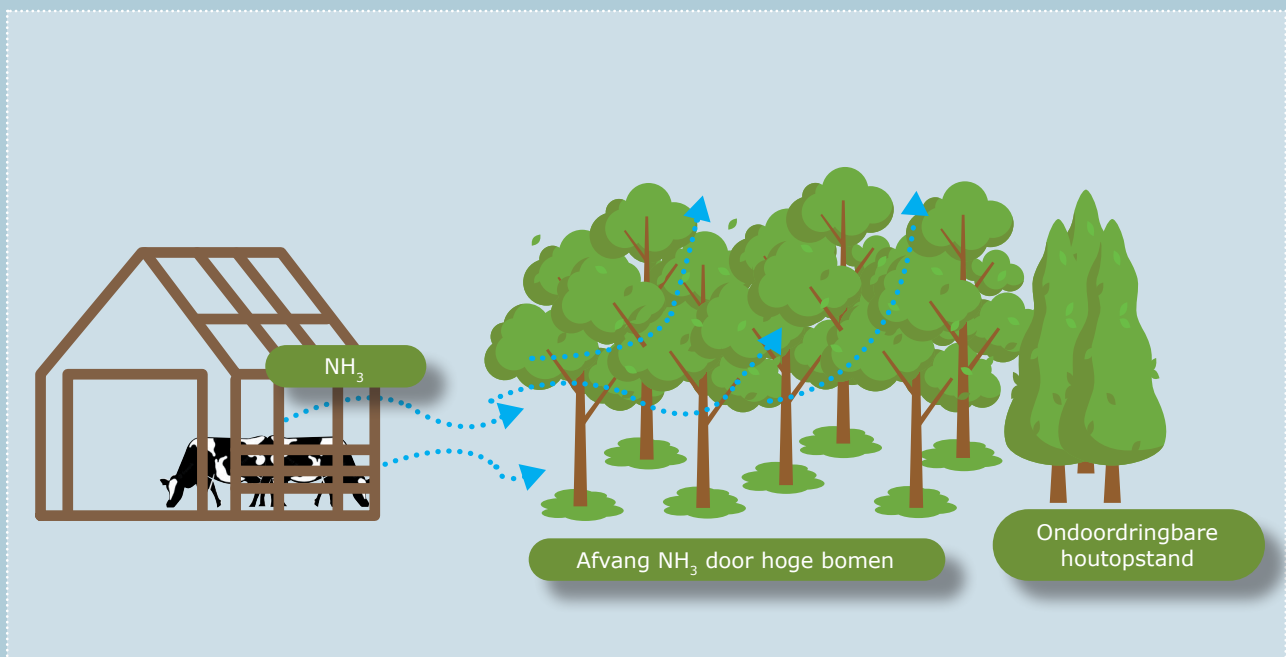
## N-afvang en -depositie uit de atmosfeer

Bomenrijen en landschapselementen kunnen invloed hebben op de stikstofdepositie en stikstofopname uit de lucht. Deze invloed is voornamelijk te verklaren via de volgende drie processen:

- **Effect op stikstofdepositie**  
Dit wordt gestuurd door de windsnelheid. Verticale elementen in het landschap, zoals bomen, zullen de luchtstroom afremmen, waardoor er meer deeltjes, waaronder ammoniak (NH<sub>3</sub>) of stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) neerslaan op het achterliggende gebied. De N depositie in loofbossen ligt in Nederland zo'n 20% hoger dan op akkerbouwgrond (CBS. 2021).
- **Directe stikstofafvang**  
Vegetatie kan ook direct stofdeeltjes afvangen, waarbij de deeltjes, zoals ammoniak (NH<sub>3</sub>) kunnen blijven 'plakken' op de vegetatie en vervolgens via neerslag kunnen afstromen naar de bodem (Kim & Isaac. 2022; Wesseling et al. 2011). Bomen en struiken zullen hier als meerjarige vegetatie met een groter bladoppervlak meer effect op hebben dan éénjarige gewassen, en daarom wordt een hogere afvang verwacht in een agroforestry systeem. In Canada werd in het verleden een gemiddelde afvang van 2 kg N/ha/jaar gemeten in een agroforestry-systeem met een hoge boomedichtheid (Zhang. 1999). In Nederland is de gemiddelde stikstofdepositie zo'n 21 kg N/ha/jaar.

- **Stikstofafvang via gasuitwisseling**  
Vegetatie kan via de huidmondjes van bladeren ook stoffen uitwisselen met de atmosfeer via diffusie, indien er een concentratieverschil is tussen de vegetatie en de atmosfeer (Wesseling et al. 2011). Bij een hoge stikstofconcentratie in de lucht kan het blad dus enige stikstof opnemen. In bomen en struiken is deze stofuitwisseling groter dan bij éénjarige gewassen, omdat deze meer bladoppervlak hebben en meer turbulentie veroorzaken doordat ze hoger groeien.

Om te duiden of bovengenoemde processen bij kunnen dragen aan oplossingen voor de stikstofproblematiek is onder andere gekeken naar onderzoek naar de effecten van bomen en landschapselementen op de ammoniakconcentratie. Er treedt een positief effect op indien de landschapselementen rondom ammoniakuitstootbronnen (bijvoorbeeld stallen) geplaatst worden, en in mindere mate ook indien de landschapselementen als een soort buffer rondom kwetsbare habitats (bijvoorbeeld Natura 2000-gebieden) geplaatst worden. Het gaat hierbij om ammoniakreducties van rond de 10-20% (Bealey et al. 2015; Brusselman et al. 2016; Kros et al. 2015). Hierbij gaat het echter om landschapselementen die specifiek voor dit doel ontworpen en aangeplant worden (zie Figuur 3) en dit is dus niet te verwachten van elk agroforestry systeem.



Figuur 3 | Schets van boomaanplant met maximale ammoniak afvang met hoge bomen. Gebaseerd op: Brusselman et al. 2016

Uit modelberekeningen van Kros et al. (2015) blijkt ook dat het algemeen verruwen van het landschap ammoniak kan afvangen. Dit betekent dat door een verhoogd aandeel bomen in het landschap met agroforestry ammoniak (en andere stofdeeltjes) afgevangen wordt en de luchtkwaliteit bevordert wordt.

Bij het inzetten van agroforestry voor N-afvang en luchtfiltering kan er bij het systeemontwerp rekening gehouden worden met de volgende aspecten (Brusselman et al. 2016):

- Fysieke afmetingen van bomenrijen: hogere en bredere vegetatie heeft een groter effect.
- Optische porositeit: een zekere luchtdoorstroming bevordert de turbulentie en stikstofopname.
- Bladoppervlak en bladstructuur: grotere en ruwere bladeren kunnen meer stikstof afvangen.

Al met al heeft agroforestry dus effect op de stikstofdepositie en de stikstofopname uit de lucht (afvangend vermogen), en geschat wordt dat het de ammoniakconcentratie in de lucht met 5-15% kan verminderen. Dit gaat dan om enkele kilo's stikstof, wat qua bemestende waarde een minimaal effect heeft op het landbouwsysteem. Voor het verbeteren van de luchtkwaliteit en het reduceren van stikstofdepositie in natuurgebieden is een reductie in een orde van grootte van 5-15% echter wel relevant. Maar dit zal alleen behaald kunnen worden met hele gerichte aanplant bij stallen of op grote schaal inpassing van agroforestry in het landschap.

### **Tips voor het ontwerp van een agroforestrysysteem dat bijdraagt aan een oplossing van de stikstofproblematiek:**

- Neem stikstoffixerende bomen en struiken (bijvoorbeeld els, Robinia of duindoorn) mee in het ontwerp. Dit kan zorgen voor extra stikstofinput in het systeem, die via bladval ook deels weer voor de gewassen beschikbaar kan komen.
- Kies voor diep wortelende bomen of struiken. Dit zal resulteren in een lagere concurrentie voor water en nutriënten met de gewassen en hiermee zal ook de nutriëntenuitspoeling sterker gereduceerd worden. Ook het 'snoeien' van de oppervlakkige wortels kan hier mogelijk aan bijdragen.
- Plaats bomen nabij oppervlaktewater voor de vermindering van afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater.
- Plaats bomenrijen haaks op de meest voorkomende windrichting. Dit zal het effect op de windremming vergroten en daarmee de stikstofdepositie verhogen (méér stikstof afvangen) en de stikstofconcentratie in de lucht verlagen.



*Onderschrift nieuw beeld aanleveren!*



## Referenties |

- Allen, S. C., Jose, S., Nair, P. K. R., 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.
- Bealey, W. J., Braban, C. F., Theobald, M. R., Famulari, D., Tang, Y. S., Wheat, E., ... & Watterson, D.** (2015). Agroforestry Systems for Ammonia Abatement. AC0201 Final Report (Doctoral dissertation, auto-saisine).
- Böhm, C., Domin, T., & Kanzler, M.** (2020). Gewässerschutz durch Agroforstwirtschaft-Auswirkungen eines mit Agrarholz bestockten Gewässerrandes auf den Stickstoffaustrag in Oberflächengewässer. Loseblatt# 5 der Innovationsgruppe AUFWERTEN.
- Brusselman E., Beck B., De Campeneere S., Demeyer P., ... & Zwertvaegher I.** (2016). Screening van maatregelen die kunnen leiden tot de reductie van ammoniakemissie afkomstig uit de landbouw. ILVO
- Fuchs, L., Van der Meer, F., Schoutsen, M., Smit, E.** (2021). Verkenning naar de potentie van agroforestry als oplossingsrichting voor de stikstofproblematiek in de provincie Zeeland. Wageningen Research, Rapport WPR-OT 879. <https://edepot.wur.nl/568426>
- Kim, D. G., & Isaac, M. E.** (2022). Nitrogen dynamics in agroforestry systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(4), 60.
- 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.
- Luske, B., Vonk, M., & Ansems, E., Van Eekeren, N.** (2014). Voederbomen in de landbouw. Meer waarde per hectare door multifunctioneel landgebruik. Louis Bolk Instituut.
- Mabilde, L.** (2014). Evaluatie van biotische en abiotische systeemkenmerken in jonge agroforestryplantages in Vlaanderen.
- Mol, J. P., & Bolhuis, P. R.** (2013). Bepaling hoeveelheid stikstof in berkenopslag op het Fochteloërveen (No. 2380). Alterra, Wageningen-UR.
- Nelissen, V., Van Daele, S., Verdonck, P., Reheul, D., Pardon, P., Reubens, B.** (2017). Projectrapport: Teelttechnische impact agroforestry. Agroforestry Vlaanderen.
- Palma, J. H. N., Graves, A. R., Bunce, R. G. H., Burgess, P. J., De Filippi, R., Keesman, K. J., ... & Herzog, F.** (2007). Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agriculture, ecosystems & environment*, 119(3-4), 320-334.
- Pardon, P., Reubens, B., Reheul, D., Mertens, J., De Frenne, P., Coussement, T., ... & Verheyen, K.** (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 98-111.
- Smith, J., Pearce, B. D., & Wolfe, M. S.** (2013). Reconciling productivity with protection of the environment: Is temperate agroforestry the answer?. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28(1), 80-92.
- Tallieu, R.** (2011). Agroforestry in gematigde streken: modelmatige scenarioanalyses voor opbrengsten en Land Equivalency Ratio's. Masterproef, Universiteit Gent, 83.
- Wesseling, J., van der Zee, S., & van Overveld, A.** (2011). Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit: Update 2011. RIVM.
- Wolz, K. J., Branham, B. E., & DeLucia, E. H.** (2018). Reduced nitrogen losses after conversion of row crop agriculture to alley cropping with mixed fruit and nut trees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 258, 172-181.
- Zhang, P.** (1999). Nutrient inputs from trees via throughfall, stemflow and litterfall in an intercropping system. A thesis presented to The Faculty of Graduate Studies of The University of Guelph.

**Auteur** | Lennart Fuchs

**Met medewerking van** | Marcel Vijn & Maureen Schoutsen.

**Vormgeving** | Caroline Verhoeven

**Foto's** | Joris van der Kamp

### Contact |

Wageningen University & Research | Open Teelten

E | [maureen.schoutsen@wur.nl](mailto:maureen.schoutsen@wur.nl) T | +31(0)320 29 16 40

E | [lennart.fuchs@wur.nl](mailto:lennart.fuchs@wur.nl) T | +31(0)320 29 12 30

Deze factsheet is onderdeel van de serie 'Factsheets Agroforestry'. Deze factsheet is een resultaat van het onderzoeksproject (PPS) Verdienmodellen Agroforestry en het Kennis Op Maat (KOM) project Kennisverspreiding Agroforestry.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

© 2023 Wageningen University & Research