

Groenblauwe dooradering voor natuurinclusieve landbouw en een biodivers platte land



Groenblauwe dooradering voor natuurinclusieve landbouw en een biodivers platteland

**Een literatuurstudie naar de randvoorwaarden voor het
functioneren van landschapsdiensten**

**Claire Vos & Paul Opdam
Landschapsnetwerk Brummen
2022**

Colofon

Copyright: Stichting Landschapsnetwerk Brummen, Leuvenheim, September 2022.

Het rapport is verkrijgbaar als digitale versie via de website www.landschapsnetwerkbrummen.nl

Rapport citeren als:

Vos CC & P Opdam 2022. Groenblauwe dooradering voor natuurinclusieve landbouw en een biodivers platteland. Stichting Landschapsnetwerk Brummen



Voorwoord

Het Landschapsnetwerk Brummen (www.landschapsnetwerkbrummen.nl) wil met dit rapport bijdragen aan de omschakeling naar natuurinclusieve landbouw in Brummen.

Het project natuurinclusieve landbouw dat de provincie Gelderland samen met de gemeente Brummen uitvoert, is vooral gericht op agrarische ondernemers. De inzet is om met drie groepen agrariërs gebiedsplannen te maken. Het Landschapsnetwerk heeft voorgesteld deze plannen te versterken door ze te verbinden met maatschappelijke partners. Bewoners, instellingen en bedrijven in Brummen hebben immers veel belang bij een natuurinclusief gebruik van hun landschap en kunnen daar ook een bijdrage aan leveren.

Daarom staat in dit rapport het collectieve landschap centraal. In het bijzonder het netwerk van natuurlijke elementen die het agrarische landschap dooraderen, de groenblauwe dooradering (GBDA). Dit is het netwerk van houtwallen, watergangen, bermen en andere landschapselementen tussen en naast de agrarische percelen. Ze worden beheerd door boeren, overheden en particulieren. Dankzij het relatief natuurlijke karakter biedt deze dooradering zowel de natuurinclusieve boer als de maatschappij tal van voordelen. GBDA verbindt zo het natuurinclusieve boerenbedrijf met maatschappelijke partners.

Het rapport laat zien hoe het functioneren van GBDA, door levering van landschapsdiensten, gebruikt kan worden voor natuurinclusief gebruik van het landschap. De auteurs (lid van het Landschapsnetwerk Brummen) hebben de levering van deze landschapsdiensten vertaald naar concrete maatregelen. Als gebruikers van het landschap met elkaar willen profiteren van de waarden van groenblauwe dooradering, hoe moet die dooradering er dan uitzien?

De auteurs hebben de resultaten van internationaal wetenschappelijk onderzoek op een rij gezet en geïnterpreteerd. Daarbij konden ze gebruik maken van hun ervaring opgedaan als wetenschapper bij Wageningen Environmental Research en Wageningen Universiteit.

Het rapport biedt u inzicht in hoe de vormgeving van GBDA samenhangt met het (betrouwbaar) leveren van landschapsdiensten. En hoe deze inzichten kunnen worden vertaald naar ontwerprichtlijnen voor het maken van gebiedsplannen. De inkleuring is gericht op het Brummense landschap, maar de inzichten en richtlijnen zijn ook daarbuiten toepasbaar. Met het rapport in de hand gaan we nu, samen met het project natuurinclusieve landbouw in Brummen, een op praktisch gebruik gerichte ontwerpmap ontwikkelen.

De auteurs bedanken prof. Martha Bakker van de leerstoelgroep Landgebruiksplanning van Wageningen University voor het toegang verschaffen tot de internationale wetenschappelijke literatuur.

Landschapsnetwerk Brummen

Samenvatting

In het agrarische landschap worden de percelen grasland en akkers omgeven door een netwerk van natuurlijk elementen. Het netwerk bestaat uit houtige landschapselementen zoals houtwallen en bomenrijen, grazige kruidenrijke randen en ook uit natte elementen zoals beken en poelen. We noemen dit stelsel groenblauwe dooradering, afgekort GBDA. Van dit netwerk is bekend dat het leefgebied is voor de meerderheid van de biodiversiteit van het landelijk gebied en (mede daardoor) de belangrijkste leverancier is van landschapsdiensten. Landschapsdiensten zijn diensten geleverd door de natuur waar mensen gebruik van maken, zoals het vastleggen van CO₂, het bestuiven van gewassen en het zuiveren van water. Er is veel minder bekend hoe de groenblauwe dooradering in het landschap moet worden vorm gegeven en beheerd voor het effectief leveren van gewenste diensten. In dit rapport vindt u een antwoord op de vraag hoe het betrouwbaar functioneren van groenblauwe dooradering, als leverancier van landschapsdiensten, kan worden vertaald in ontwerpregels. De context voor deze analyse is de omslag naar natuurinclusieve landbouw, zoals die in de gemeente Brummen is ingezet.

Voor dit doel hebben we een analyse gemaakt van de recente literatuur uit internationale wetenschappelijke tijdschriften, met de nadruk op reviews, studies die een synthese maken van de bestaande kennis. Deze analyse is gemaakt voor negen landschapsdiensten die voor de transitie naar natuurinclusieve landbouw, in een landschap als dat van Brummen, relevant zijn.

Een belangrijk resultaat van deze analyse is het inzicht dat 5 van de 9 onderzochte landschapsdiensten (bestuiving, plaagregulatie, onderdrukking eikenprocessierups, basiskwaliteit biodiversiteit en ecologische verbinding) voor het effectief en betrouwbaar functioneren afhankelijk zijn van een soortenrijke biodiversiteit. Deze diensten stellen de zwaarste eisen aan de vormgeving van het GBDA-netwerk. Deze eisen zijn samen te vatten in 3 randvoorwaarden: de oppervlakte, uitgedrukt in het percentage GBDA in het landschap, de fijnmazige verdeling van het GBDA-netwerk en de gevarieerde begroeiing van de GBDA. Voor de oppervlakte geldt als grootste gemene deler dat een percentage tussen 10 en 15% GBDA nodig is. Daarnaast is een fijnmazige verdeling van de GBDA, waarbij de GBDA direct grenst aan het perceel, het meest effectief. Dit heeft consequenties voor de perceelgrootte, die in de orde van 2-3 ha zou moeten zijn. Enerzijds om er voor te zorgen dat de natuurlijke vijanden ook het centrum van het perceel kunnen bereiken. Anderzijds omdat in landschappen met hele grote percelen simpelweg geen ruimte overblijft voor de GBDA. Deze kenmerken gelden voor een flink deel van het landelijk gebied. Voor bestuiving van een perceel draagt bijvoorbeeld alle GBDA (en natuurgebieden) op een afstand van 1km rond dat perceel bij aan de dienst. Dus het vormgeven van GBDA vraagt om samenwerking met de burens.

Uit het onderzoek blijkt dat alle van biodiversiteit afhankelijke diensten goed functioneren bij deze vuistregels. Dat geldt echter alleen als de GBDA is opgebouwd uit zowel houtige als grazige (en soms natte) elementen, zoals een combinatie van struiken en bloemrijke ruigtekruiden. Tenslotte is beheer van de GBDA, gericht op variatie in structuur en bloemrijkdom van de GBDA, een randvoorwaarde voor succes.

Uit het onderzoek blijkt ook dat de werking van GBDA verbetert bij meer variatie aan gewassen. Dit kan gaan om meer variatie tussen percelen, maar juist ook binnen een perceel zoals bij strokenlandbouw.

Van de 4 overige diensten zijn bodemvruchtbaarheid en CO₂-vastleggen goed te combineren met houtige en grazige landschapselementen. Voor CO₂ vastleggen geldt: hoe meer oppervlakte, hoe beter. Voor waterzuivering zijn het vooral de stroken GBDA langs beken en sloten die relevant zijn; de effectieve breedte ligt in de orde van 10-15 m aan beide zijden van de watergang. Voor

klimaatadaptatie is de natte dooradering belangrijk, met name de Brummense beken spelen hierbij een sleutelrol.

Onze conclusie is dat alle onderzochte landschapsdiensten zodanig overlappen in de vormgevingseisen dat ze door hetzelfde netwerk GBDA kunnen worden geleverd. Daarvoor moet 10-15 % van het landschap worden gereserveerd. Dit percentage betekent echter niet dat dit geheel ten koste gaat van de agrarische opbrengst. Ten eerste is een deel van de GBDA in bezit van andere eigenaren dan boeren, zoals het waterschap, de gemeente, natuurbeheerders of particulieren. Wanneer deze het juiste beheer in samenwerking voeren, kan al een deel van het benodigde percentage worden gerealiseerd. Ten tweede blijkt GBDA ook gunstig te zijn voor de opbrengst op het perceel, bijvoorbeeld doordat de wind wordt geremd en de verdamping daardoor lager ligt en de gevoeligheid voor droogte kleiner wordt. Een deel van de GBDA kan worden gefinancierd uit pakketten agrarisch natuurbeheer.

GBDA kan ook een onderdeel worden van het verdienmodel van een agrarisch bedrijf. Wij denken dat natuurinclusieve bedrijven een deel van hun inkomsten zouden kunnen halen uit betaling voor maatschappelijke landschapsdiensten die door GBDA worden geleverd. Denk bijvoorbeeld aan het onderdrukken van de eikenprocessierups, het verbeteren van de waterkwaliteit of het verminderen van droogtestress door klimaatverandering. Doordat hetzelfde GBDA-netwerk vele landschapsdiensten levert, bevordert het vormgeven van een goed functionerend GBDA-netwerk ook de samenwerking tussen landeigenaren enerzijds en belanghebbenden bij de landschapsdiensten anderzijds.

Inhoudsopgave

Colofon	4
Voorwoord	5
Samenvatting	6
1. Inleiding: doel van dit rapport	9
2. Methoden literatuuronderzoek	11
3. Landschapsdiensten ter ondersteuning van natuur inclusieve landbouw en maatschappelijke diensten	13
3.1 Biodiversiteit landelijk gebied	13
3.2 Ecologische verbinding	23
3.3 Natuurlijke plaagonderdrukking	31
3.4 Eikenprocessierups onderdrukking	39
3.5 Bestuiving	45
3.6 Bodemvruchtbaarheid	54
3.7 CO ₂ opslag	60
3.8 Waterzuivering	65
3.9 Klimaatadaptatie	70
4. Inzichten multifunctionele groenblauwe dooradering	77
4.1 Dezelfde groenblauwe dooradering levert meerdere diensten	77
4.2 Invloed groenblauwe dooradering op de agrarische opbrengst	78
4.3 10-15% groenblauwe dooradering nodig in het landschap	80
4.4 Waar liggen kansen voor het realiseren van multifunctionele groenblauwe dooradering?	85
4.5 Samenwerking loont	87
Literatuur	91

1. Inleiding: doel van dit rapport

Met groenblauwe dooradering (GBDA) wordt het netwerk van de natuurlijke elementen in het agrarische landschap bedoeld. Dit netwerk bestaat zowel uit droge landschapselementen, zoals houtwallen, bomenrijen, kruidenrijke randen, als uit natte elementen, zoals sloten, beken met natuurlijke oevers en poelen. Binnen het agrarische landschap is GBDA de belangrijkste drager van de (bovengrondse) biodiversiteit en levert (deels dankzij die biodiversiteit) allerlei landschapsdiensten die van waarde zijn voor de mens.

Sinds het begin van de vorige eeuw is het aantal landschapselementen met meer dan 60% gedaald (Koomen et al. 2007; figuur 1). Die afname is een belangrijke oorzaak van de sterk teruglopende biodiversiteit in het landelijk gebied. In het Deltaplan Biodiversiteitsherstel (www.samenvoorbiodiversiteit.nl) en in het Raamwerk Aanvalsplan versterking landschappelijke identiteit via landschapselementen (2021) wordt de ambitie uitgesproken om binnen het agrarische landschap 10% groenblauwe dooradering te realiseren. Voor de Common Agricultural Policy van de EU voor de periode 2023-2027 wordt het % GBDA als indicator ontwikkeld. Het herstel van de GBDA in het landschap krijgt dus meer urgentie.



Figuur 1. Een illustratie van het verdwijnen van de dooradering van het landschap in een gebied in de Achterhoek, links in de huidige situatie en rechts rond 1900 (Vos en Jochem 2016).

In dit rapport kijken we naar de rol van GBDA en de door de GBDA geleverde landschapsdiensten als een hulpmiddel in het transitieproces naar natuurinclusieve landbouw. Natuurinclusieve landbouw is kringlooplandbouw met aandacht voor natuur en landschap. Het gaat om de transitie naar een economisch rendabel landbouwsysteem, dat optimaal beheer van natuurlijke hulpbronnen duurzaam integreert in bedrijfsvoering, inclusief zorg voor ecologische functies en de biodiversiteit op en om het bedrijf (Actieplan natuurinclusieve landbouw Gelderland 2019).

Een randvoorwaarde voor een natuurinclusief landbouwbedrijf is dus dat het optimaal gebruik maakt van het natuurlijke systeem in het landschap. Dat houdt bijvoorbeeld in dat het landschap zodanig wordt ingericht en beheerd dat bestuiving en natuurlijke plaagregulatie effectief zijn. Daarnaast zouden natuurinclusieve bedrijven een deel van hun inkomsten kunnen halen uit het leveren van maatschappelijke diensten. Denk bijvoorbeeld aan maatregelen op het bedrijf die bijdragen aan de waterkwaliteit of het verminderen van de droogte als gevolg van klimaatverandering.

Dat GBDA een belangrijke rol speelt als drager van deze diensten wordt inmiddels breed erkend (MEA 2005). Veel minder bekend is aan welke voorwaarden de GBDA van een landschap moet voldoen, wil de levering van deze diensten, onder steeds wisselende natuurlijke omstandigheden, effectief en betrouwbaar zijn (Vos et al. 2014). Anders gezegd: als je een landschapsdienst wil

inzetten, wat moet je dan doen in het landschap om een werkend systeem te krijgen? Als een agrariër GBDA wil inzetten voor het onderdrukken van schadelijke insecten in een gewas, hoe moet hij die GBDA dan vormgeven? Hoe breed moet een houtwal dan zijn en hoe fijnmazig moet het netwerk aan houtwallen worden verdeeld? Moet de GBDA bestaan uit houtige gewassen of uit eenjarige kruiden? En is het voldoende om maatregelen te beperken tot een enkel bedrijf of wordt de levering betrouwbaarder als de buurman ook meedoet?

In dit rapport brengen wij kennis bij elkaar over de relaties tussen de vormgeving van GBDA in het landschap en de levering van landschapsdiensten. Daarbij staan de volgende vragen centraal:

- Welke typen GBDA leveren de dienst?
- Welk beheer en kwaliteit van de GBDA is nodig?
- Welk percentage GBDA in het landschap is nodig voor het leveren van de dienst?
- Welke ruimtelijke verdeling van GBDA en percelen is nodig voor het leveren van de dienst?

Voor een antwoord op deze vragen zijn we in de internationale wetenschappelijke literatuur op zoek gegaan naar studies die conclusies toelaten over hoe vormgeving van GBDA samenhangt met de effectiviteit en betrouwbaarheid van landschapsdiensten. We gebruikten zoveel mogelijk studies die een synthese geven van bestaand onderzoek. Daarbij was steeds het Brummense landschap ons uitgangspunt. Dat wil zeggen dat wij ons steeds hebben afgevraagd of en (zo ja) hoe de resultaten van studies van elders, kunnen worden toegepast in Brummen of vergelijkbare Nederlandse landschappen. Ook hebben we ons beperkt tot diensten die gebaseerd zijn op ecologische, hydrologische en bodem processen. Dat betekent dat we diensten op het gebied van bijvoorbeeld beleving, fysieke en mentale gezondheid van mensen niet hebben meegenomen. Niet omdat deze diensten niet belangrijk zijn, maar vooral om de hoeveelheid werk behapbaar te houden.

In dit rapport treft u in hoofdstuk 2 een uitleg aan van de methode die wij in deze literatuurstudie hebben gevolgd. In hoofdstuk 3 vindt u per landschapsdienst een systematisch overzicht van de kennis die wij relevant vonden.

In hoofdstuk 4 wordt deze kennis geïntegreerd, met speciale aandacht voor toepassing in Brummen. We vragen ons daar af in hoeverre diensten overeenkomen in de voorwaarden die ze aan vormgeving van GBDA stellen. We willen immers graag weten hoe een landschap met GBDA kan worden vormgegeven voor zoveel mogelijk diensten tegelijk. Deze analyse is de basis voor ontwerpregels die in gebiedsprocessen, zoals die in Brummen worden voorbereid, kunnen worden gebruikt. Immers: hoe meer partijen een belang zien in GBDA, hoe sterker de beweging naar natuurinclusieve landbouw. Tenslotte bespreken we hoe de ontwikkeling van GBDA in het landschap kan leiden tot nieuwe samenwerkingsrelaties die belangrijk zijn voor het transitieprocessen naar natuurinclusieve landbouw.

2. Methoden literatuuronderzoek

Wereldwijd wordt zeer veel onderzoek gedaan naar de rol van GBDA voor uiteenlopende diensten. Door middel van een literatuurstudie is deze wetenschappelijke kennis op een rij gezet. Hierbij ligt de nadruk op recente reviews van de wetenschappelijke literatuur. In een review wordt een groot aantal studies in samenhang bekeken, zodat duidelijk wordt welke kennis over het functioneren van de GBDA goed is onderbouwd en waar nog onzekerheden liggen.

Er is met zoektermen gezocht in het internationale literatuursysteem Google Scholar. Hierbij is gelet op de geografische relevantie van het onderzoek voor Nederland. Dat betekent dat er alleen resultaten uit de gematigde klimatologische zones is meegenomen. In grote lijnen komt dit neer op onderzoek dat zich richt op Europa en Noord Amerika. Per landschapsdienst worden de volgende onderwerpen behandeld.

1. Het doel van de landschapsdienst

Wat is het doel van de landschapsdienst? Waar wordt de dienst geleverd en voor welke doelgroep? Welke voordelen levert de dienst voor de samenleving?

2. De stand van de kennis

Is er veel bekend over de randvoorwaarden die nodig zijn voor het functioneren van de dienst? Zijn de bevindingen goed onderbouwd en worden de resultaten gedragen door veel onderzoeken? Wijzen de resultaten in dezelfde richting of zijn er tegenstrijdigheden? Is er voldoende onderbouwde kennis beschikbaar of zijn er nog kennislacunes? Zijn de onderzoeksresultaten goed te vertalen naar richtlijnen die geschikt zijn voor Nederland?

Voor sommige landschapsdiensten, zoals ecologische verbindingen of biodiversiteit van het landelijk gebied, is al veel kennis beschikbaar en vertaald in richtlijnen voor de inrichting van het landschap. In die gevallen wordt gebruik gemaakt van deze richtlijnen.

3. De werking van de landschapsdienst

Hier wordt uitgelegd hoe de dienst functioneert. Welke ecologische processen spelen hierbij een rol?

4. Effectieve typen groenblauwe dooradering

Een overzicht van de verschillende typen GBDA, die nodig zijn voor het functioneren van de landschapsdienst.

5. Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

Welke kwaliteitskenmerken van de landschapselementen is een randvoorwaarde voor het goed functioneren van de landschapsdienst? Welk beheer is nodig om deze kwaliteit te bereiken?

6. Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

Welk percentage groenblauwe dooradering is nodig voor het goed functioneren van de dienst, uitgedrukt in het percentage GBDA per vierkante kilometer (% GBDA/km²)? Over welke afstand dragen de GBDA en natuurgebieden bij aan de landschapsdienst? Over welke oppervlakte dient deze dichtheid aan GBDA gerealiseerd te worden? Deze maten worden bekeken vanuit de locatie waar de landschapsdienst geleverd dient te worden,

bijvoorbeeld een akker waar natuurlijke plaagregulatie nodig is, of een boomgaard die bestoven moet worden.

7. De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

Welke verdeling van de groenblauwe dooradering en de percelen is nodig voor het goed functioneren van de dienst?

Box

Aansprekende onderzoeksresultaten worden als illustratie uitgelicht in een aparte box. Het doel is de relatie tussen GBDA en de werking van de landschapsdienst nader toe te lichten. Enkele boxen geven informatie uit studies die goed aansluiten bij de Brummense omstandigheden.

8. De aanbevelingen op een rij

Welke aanbevelingen komen op basis van het voorgaande naar voren wat betreft de inrichting van het landelijk gebied en het beheer van de GBDA voor het optimaal functioneren van de landschapsdienst?



De groenblauwe dooradering in het landschap levert vele landschapsdiensten. Op deze afbeelding een kleine selectie van deze diensten, die het gevolg zijn van het functioneren van natuurlijke processen in het landschap.

3. Landschapsdiensten ter ondersteuning van natuur inclusieve landbouw en maatschappelijke diensten

3.1 Biodiversiteit in het landelijk gebied:

3.1.1 Het doel van de landschapsdienst

Het doel is om de basiskwaliteit van de natuur in het landelijk gebied te realiseren. Hoewel in natuurgebieden de biodiversiteit stabiliseert, gaat de biodiversiteit van het landelijk gebied nog steeds achteruit (PBL 2020; WNF 2020). Zo zijn in agrarische gebieden sinds 1990 de populaties van typische boerenlandvogels, zoogdieren en vlinders met 50% afgenomen (WNF 2020). Niet alleen bijzondere soorten nemen in aantallen en verspreiding af, maar ook (voorheen) algemene soorten.

Om deze trend te keren is de aanpak 'Basis Kwaliteit Natuur' ontwikkeld voor de landbouwgebieden in Nederland (Kwak et al. 2018). Het uitgangspunt voor basiskwaliteit voor natuur is dat de voorheen algemene soorten van het landelijk gebied weer algemeen voorkomen.



Groenblauwe dooradering is een pijler voor de biodiversiteit van het landelijk gebied

3.1.2 De stand van de kennis

Er is zeer veel onderzoek gedaan naar de randvoorwaarden voor het voorkomen van soorten in het agrarisch landschap. Het grote belang van natuurlijke elementen in het landschap wordt geïllustreerd door de studie van Duelli & Obrist (2003), die hebben aangetoond dat 63% van alle dieren die voorkomen in het agrarisch gebied afhankelijk zijn van GBDA.

Veel van de beschikbare kennis is reeds geoperationaliseerd via het agrarisch natuur- en landschapsbeheer. Voor de eisen aan de inrichting en het beheer van landschapselementen wordt verwezen naar het Agrarisch Natuurcollectief Veluwe (www.collectiefveluwe.nl) of naar de landelijke organisatie Boeren natuur (www.boeren natuur.nl). Recent is een studie verschenen van het OBN (Oosterveld et al. 2022) dat zich speciaal richt op het optimaal beheer van opgaande begroeiing voor de biodiversiteit van het landelijk gebied.

Hoewel er dus voldoende kennis beschikbaar is wat voor typen GBDA soorten nodig hebben en over het gewenste beheer van de landschapselementen, is er weinig aandacht voor de hoeveelheid GBDA die een soort nodig heeft op landschapsschaal. De stap van een individuele houtwal naar een landschap met een samenhangend netwerk van natuurlijke elementen is echter essentieel voor het in stand houden van populaties. In deze studie ligt daarom de focus op literatuur over de hoeveelheid en rangschikking van de GBDA die nodig is in het landschap om het voortbestaan van typische platteland soorten in de regio te waarborgen.

3.1.3 De werking van de landschapsdienst

De groenblauwe dooradering is voor een meerderheid van de soorten planten en dieren in het landelijk gebied een stabiel onderdeel van het landschap. Deze elementen zijn belangrijke leefgebieden (verblijf- en voortplantingsplekken), maar leveren ook voedsel en schuilmogelijkheden. Een voor de overleving van populaties van een soort belangrijke eigenschap is dat GBDA een netwerk vormt: de afzonderlijke landschapselementen rond een perceel of op een bedrijf vormen een groter geheel met de GBDA in het omringende landschap. Hierdoor ontstaan grotere populaties met een betere overlevingskans. De ruimtelijke samenhang zorgt er ook voor dat als er ergens iets mis gaat en een soort verdwijnt uit een leefgebied, deze leemte weer kan worden aangevuld vanuit het deel van het netwerk waar de soort nog voorkomt. GBDA zorgt daarmee voor de basiskwaliteit biodiversiteit in het agrarisch gebied.

3.1.4 Effectieve typen groenblauwe dooradering

Allerlei verschillende landschapselementen dragen bij aan het voorkomen van kenmerkende soorten in het landelijk gebied, zowel houtige elementen, kruidenrijke grazige elementen als natte dooradering, zoals poelen en watergangen met natuurvriendelijke oevers. Vaak hebben soorten een combinatie van deze natuurlijke elementen nodig.

Houtwallen, bomenrijen en bosjes

Houtwallen zijn belangrijk leefgebied voor vlinders, motten, sprinkhanen, boerenlandvogels, vleermuizen en andere muizen (Wolton et al. 2013). Sutton (2020) heeft aangetoond dat het de combinatie is van houtige soorten met kruidenrijke stroken met veel bloeiende planten die zorgt voor optimaal leefgebied in houtwallen.

Poelen

Amfibieën, libellen en andere macrofauna zijn afhankelijk van een combinatie van poelen, houtwallen met bloemrijke ruigte en kruidenrijk grasland.

Kruidenrijke akkerranden en grasstroken

Sutton (2020) heeft aangetoond dat boerenlandvogels profiteren van de beschikbaarheid van zaden in de winter. De dichtheden van 7 vogelsoorten namen significant toe: veldleeuwerik, geelgors, ringmus, grauwe gors, rietgors, kneu en groenling.

3.1.5 Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

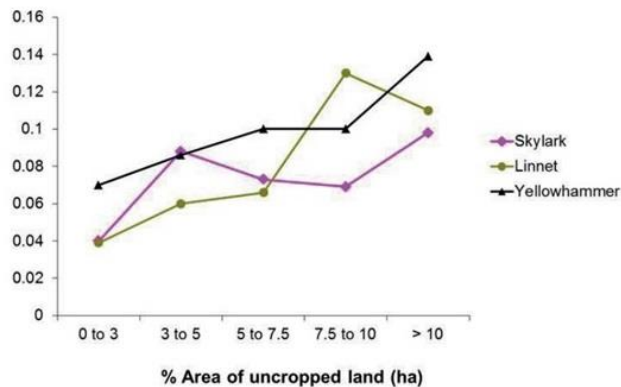
Voor het beheer van GBDA gericht op typerende platteland soorten wordt verwezen naar het agrarisch natuur – en landschapsbeheer (www.collectiefveluwe.nl of www.bij12.nl).

Een belangrijke aanbeveling die voortkomt uit de operationalisering van basiskwaliteit natuur (Kwak et al. 2018) is dat houtwallen en watergangen worden ingebed een buffer van enkele meters breed, zodat zich een ruime kruidenrijke zoom kan ontwikkelen.

De recente OBN studie (Oosterveld et al. 2022) geeft een gedetailleerde lijst van aanbevelingen voor optimaal beheer van houtwallen, bomenrijen singels en poelen voor een brede biodiversiteit van het landelijk gebied. De brochure onderstreept het grote belang van variatie en gefaseerd beheer. Hoe meer soorten kruiden, struiken en bomen, hoe beter voor de biodiversiteit.

3.1.6 Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

In het Farm4Bioproject (Holland et al. 2013) zijn richtlijnen ontwikkeld op landschapsschaal. De dichtheden van boerenlandvogels nemen toe bij een hoeveelheid GBDA (houtig en grazig) tussen de 7 en 10% of meer (figuur 2). Dit is aangetoond voor de geelgors, veldleeuwerik en kneu.

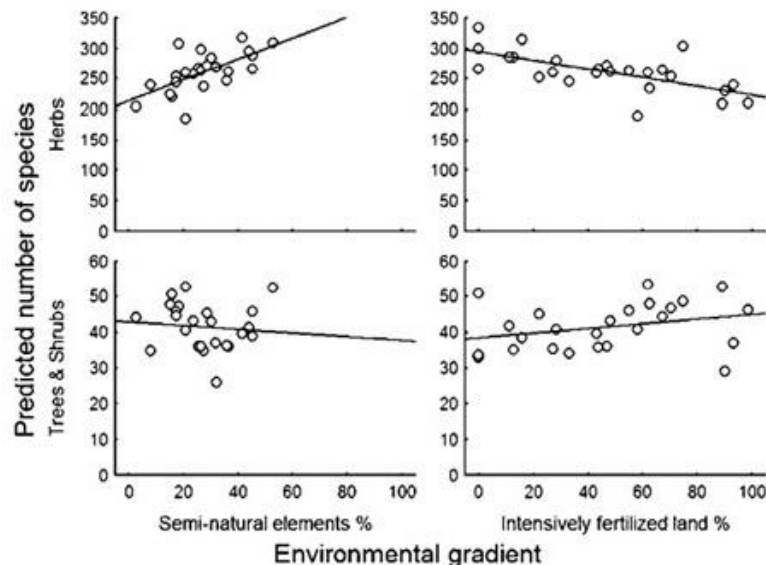


Figuur 2. Hoeveelheid GBDA (houtig en grazig) in het landschap in relatie tot een toename van de dichtheden voor drie typische platteland vogels: veldleeuwerik, kneu en geelgors (bron Holland et al. 2013).

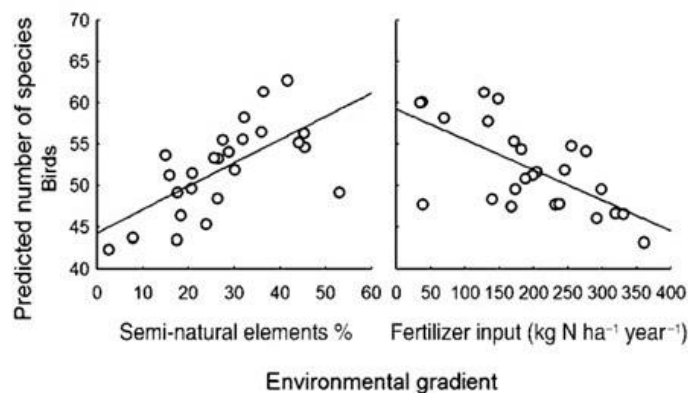
Een Nederlandse studie naar het percentage houtige GBDA dat nodig is voor het herstel van de biodiversiteit in het landelijk gebied komt op 7% opgaande begroeiing (Cormont et al. 2016). Er werd een sterke toename van de diversiteit aan broedvogels en vlinders gevonden bij een toename van de opgaande begroeiing tot 7%. Het gaat in deze analyse om houtige GBDA, de grazige en natte landschapselementen zijn in de analyse niet meegenomen en komen er dus nog bij voor de totale benodigde hoeveelheid GBDA in het landschap. Voor sprinkhanen en libellen werd er geen kantelpunt gevonden in de hoeveelheid opgaande begroeiing: de soortenrijkdom blijft simpelweg toenemen met een toename van het aandeel landschapselementen (Cormont et al, 2016).

De studie van Billiter et al. (2008) in 25 agrarische landschappen laat zien dat de hoeveelheid GBDA in het landschap de dominante factor is voor de soortenrijkdom van vogels en planten. 25 landschappen van 4x4 km zijn geïnventariseerd voor de volgende taxa: planten, vogels, bijen, loopkevers, zweefvliegen en spinnen. Voor alle onderzochte taxonomische groepen werd een relatie gevonden tussen soortenrijkdom enerzijds en de oppervlakte natuurlijke elementen en de intensiteit van het landgebruik anderszijds. De soortenrijkdom van kruiden neemt toe met de toename van het percentage GBDA in het agrarisch landschap (figuur 3). De soortenrijkdom van kruiden neemt juist af naarmate het landbouwgebied sterker wordt bemest. Voor de soortenrijkdom van struiken en bomen is geen relatie gevonden met het percentage GBDA of de besmettingsgraad (figuur 3).

Voor de soortenrijkdom van vogels in het agrarisch landschap zijn soortgelijke resultaten gevonden (figuur 4). De soortenrijkdom neemt toe met het percentage GBDA in het landschap en neemt af naarmate het landgebruik intensiever wordt, uitgedrukt in hoeveelheid bemesting (kg Stikstof/ha/jaar). In deze studie kwamen landschappen voor met maximaal 40% GBDA.



Figuur 3. Billiter et al. (2008) De soortenrijkdom van kruiden neemt toe met de toename van het percentage GBDA in het landschap. De soortenrijkdom neemt af naarmate het landbouwgebied sterker wordt bemest. Voor kruiden en bomen is geen statistisch significante relatie gevonden.



Figuur 4. Billiter et al. (2008) De soortenrijkdom van vogels neemt toe bij een groter percentage GBDA in het landschap. De soortenrijkdom van vogels neemt af bij een toename van de bemesting.

3.1.7 De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

In de studie van Geertsema et al. (2004) is niet alleen naar de invloed van het percentage GBDA in het landschap gekeken, maar ook naar de invloed van de ruimtelijke rangschikking van de landschapselementen op de soortenrijkdom in het agrarisch landschap. Dit onderzoek richtte zich op dagvlinders en vogels van opgaande begroeiing in Nederland en keek niet naar de hoeveelheid grazige en natte GBDA in het landschap. Voor plattelandvogels nam de soortenrijkdom toe van ca. 8% tot ca. 35% van de onderzochte plattelandsoorten bij een toename van het aandeel kleine bosjes van minder dan 1% naar 5% per km². Maar, wanneer de natuurlijke elementen vooral lijnvormig zijn, nam bij een zelfde toename in GBDA de verwachte soortenrijkdom van de vogels toe van ca. 16% naar ca. 45% van het totale aantal onderzochte soorten. Het is dus gunstiger voor deze typische plattelandvogels dat de natuurlijke elementen een fijnmazig mozaiek vormen met de agrarische percelen.

Voor dagvlinders geldt een hogere dichtheid aan GBDA dan bij vogels (Geertsema 2004). Bij 12% GBDA per km-hok en een hoge ruimtelijke samenhang wordt 50% van vlindersoorten aangetroffen. Ook het beheer van de GBDA is hierbij een belangrijke factor. Bosjes hebben een goed ontwikkelde zoom nodig. Voor houtwallen geldt dat het om brede houtwallen gaat met ruimte voor een brede bloemrijke kruidlaag. Dagvlinders hebben dus een hoger percentage GBDA in het agrarisch landschap nodig dan vogels. Ook voor dagvlinders geldt dat de soortenrijkdom toeneemt als de natuurlijke elementen in een fijnmazig netwerk liggen met een grote ruimtelijke samenhang.

Fijnmazige GBDA is gunstig.

Uit de studie van Fahrig et al. (2015) in agrarisch landschap blijkt dat de biodiversiteit in akkerlandschap van vogels, planten, dagvlinders, wilde bijen, spinnen, loopkevers en zweefvliegen toeneemt bij kleinere oppervlaktes van de percelen en een fijnmazige verdeling van de GBDA. Bij dezelfde hoeveelheid natuur in het landschap is de biodiversiteit van de 7 taxonomische groepen op de percelen hoger bij kleinere percelen. Dus een fijnmazige verweving van de GBDA, waarbij de akkers zoveel mogelijk grenzen aan de GBDA, is voor de biodiversiteit in agrarisch gebied gunstiger dan grote percelen en een paar blokken natuur (figuur 5).



Figuur 5. Twee voorbeeld van landschappen die ongeveer dezelfde hoeveelheid natuurlijke elementen bevatten. In het linker landschap zijn de natuurlijke elementen fijnmazig verdeeld langs de randen van de percelen. In het rechter landschap bevinden de natuurlijke elementen zich in een paar grotere gebieden.

Uit de bovenstaande studies komen variabele resultaten over de optimale hoeveelheid GBDA in het landschap. Dit wordt voor een deel verklaard doordat de uitgangspunten van de studies

verschillend zijn. Soms is bijvoorbeeld alleen gekeken naar opgaande begroeiing en ook de soortgroepen die zijn onderzocht variëren tussen de studies. De studie van Simari et al. (2019) is zodanig groot opgezet dat het wel mogelijk is om te komen tot algemene vuistregels. De studie van Simari et al. (2019), waarin 435 landschappen zijn geanalyseerd, heeft aangetoond dat een biodivers agrarisch landschap met een soortenrijke biodiversiteit van verschillende trofische niveaus uit het ecosysteem aan de volgende randvoorwaarden moet voldoen (zie Box 2 voor details).

- De natuurlijke landschapselementen in het landschap beslaan minimaal 11% van het landschap.
- De percelen zijn klein (maximaal 2.3 ha), zodat er veel overgangen zijn tussen de fijnmazige GBDA en de gewassen op de akkers.
- Er worden diverse gewassen gekweekt op de percelen.

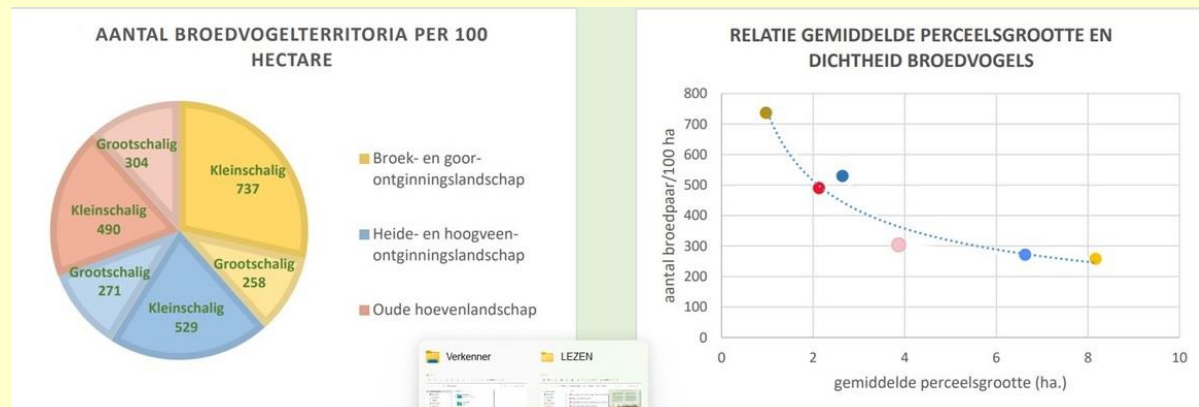
De ecologische verklaring voor deze resultaten is dat soorten in agrarische landschappen meerdere typen leefgebied nodig hebben in hun levenscyclus. De GBDA verzorgt de stabiele structuren in het agrarische landschap, belangrijk voor bijvoorbeeld nestelen en beschutting. Op de percelen zijn belangrijke bronnen van voedsel aanwezig. Een fijnmazige GBDA, gecombineerd met niet te grote percelen, zorgt voor een goede bereikbaarheid vanuit de GBDA. Ook de variatie aan gewassen op de akker, gecombineerd met grasland, draagt bij aan een gevarieerd voedselaanbod en zorgt er voor dat er gedurende het gehele seizoen voedsel is. De diversiteit aan teelten draagt echter alleen bij aan meer biodiversiteit als er ook voldoende GBDA aanwezig is in het landschap.

Deze resultaten worden bevestigd door een studie in de Achterhoek, een landschap vergelijkbaar met Brummen. Het blijkt dat de dichtheden van broedvogels (Stronks, 2019) en de soortenrijkdom van planten (Schumacher 2020) sterk afhankelijk zijn van de gemiddelde perceelgrootte. De dichtheden aan broedvogels zijn bijna 3x hoger in het meest kleinschalige landschap (met een gemiddelde perceelgrootte van 0,97 ha) ten opzichte van het meest grootschalige landschap (met een gemiddelde perceelgrootte van 8,17 ha). Bij een perceelgrootte van 4 naar 2 ha vindt een grote sprong in de aantallen broedvogels plaats van 300 naar 500 paar een toename van 60% (zie Box 1 voor details). Dit is in overeenstemming met de resultaten van Simari et al. (2019): kleine percelen met een fijnmazige GBDA leveren een hogere biodiversiteit op in het agrarisch gebied.

In het onderzoek aan planten werd gevonden dat in de grootschalige landschappen (gem perceelgrootte 8,6 ha) 30% minder plantensoorten voorkomen dan in de kleinschalige landschappen (gem perceelgrootte 2,8 ha) (Schumacher 2020). Daarnaast blijkt ook dat het aantal plantensoorten per km² in de laatste 20 jaar sterk achteruitgegaan te zijn. Wanneer je de inventarisatie van de 90-er jaren van de vorige eeuw vergelijkt met de meest recente inventarisatie (na 2003) dan is de soortenrijkdom in het kleinschalige landschap met 22% achteruitgegaan en heeft het grootschalige landschap in de afgelopen 20 jaar 35% van de soorten verloren. Deze achteruitgang van de afgelopen 20 jaar zal te maken hebben met de intensivering van de landbouw, met ammoniak uitstoot en de toenemende droogte in de zomer als gevolg van klimaatverandering.

BOX 1. Voorbeeld uit de Achterhoek: In kleinschalige landschappen komen veel hogere dichtheden vogels voor

Uit onderzoek in Winterwijk aan broedvogels blijkt dat de dichtheden veel hoger zijn in kleinschalige landschappen (Stronks, 2019).



Er is gekeken naar 3 kenmerkende landschapstypen: het Oude hoevenlandschap, het Broek- en Goor ontginningslandschap en het Heide- en Hoogveen ontginningslandschap. Per landschapstype is een grootschalig en een kleinschalig gebied geselecteerd, gebaseerd op de gemiddelde perceel grootte. Een perceel wordt omgeven door zogenaamde 'harde' grenzen zoals bijvoorbeeld een sloten, greppels, wegen of houtwallen. Een afrastering is geen perceelsgrens.

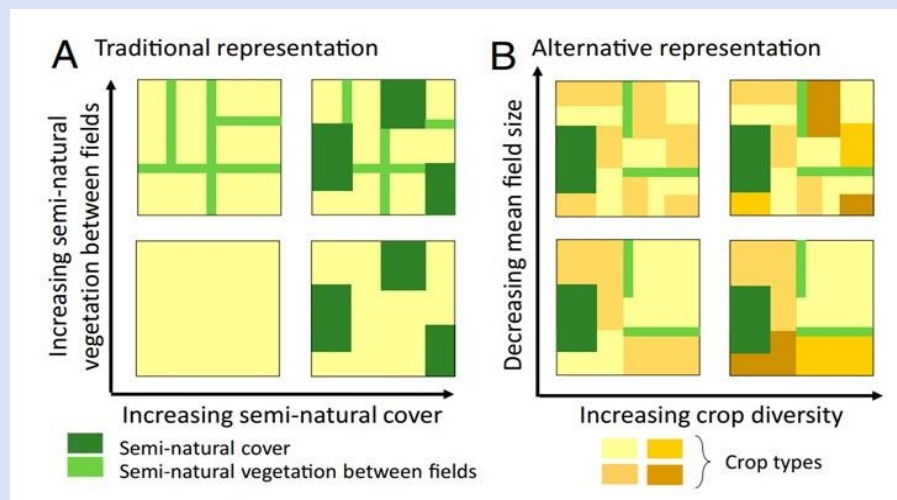
De figuur laat zien dat de broedvogeldichtheid sterk afhankelijk is van de gemiddelde perceel grootte in het landschap. In het meest kleinschalige landschap, met een gemiddelde perceel grootte van 0,97 ha, komen 737 paren broedvogels voor per 100 ha. In het meest grootschalige landschap, met een gemiddelde perceel grootte van 8,17 ha, komen 258 paren broedvogels voor. Dus de dichtheden zijn in het meest kleinschalige landschap bijna 3 x hoger. De overige landschappen liggen hier tussenin.

Bij een perceelgrootte van 4 naar 2 ha vindt een grote sprong in de aantallen broedvogels plaats van 300 naar 500 paar, een toename van 60%. (zie bovenstaande figuur, rechts).

Het gaat om een vogelinventarisatie van 25 jaar geleden, dus de dichtheden zijn inmiddels veel lager en sommige soorten zijn inmiddels verdwenen.

BOX 2. De biodiversiteit van het landelijk gebied hangt af van het % groenblauwe dooradering, de perceelgrootte en van de variatie in teelten.

Sirami et al. (2019) hebben 435 landschappen geselecteerd verdeeld over 8 regio's (waaronder Engeland, Duitsland en Frankrijk) met steeds 9 landschappen per regio. In ieder landschap zijn 7 taxa geïnventariseerd van verschillende trofische niveaus: planten, wilde bijen, dagvlinders, loopkevers, spinnen en vogels. Deze combinatie van taxa is daarmee representatief voor het gehele ecosysteem van het agrarisch gebied. Vervolgens is de relatie onderzocht tussen de soortendiversiteit en de multitrofische niveaus enerzijds en de perceel grootte, teelt diversiteit en het % natuurlijke elementen anderzijds.



In landschap A neemt op de horizontale as het % natuurlijke elementen in het landschap toe
Op de verticale as neemt de fijnmazige dooradering van de gbda tussen de percelen toe.
In landschap B neemt op de horizontale as de diversiteit aan teelten toe
Op de verticale as neemt de perceel grootte af.

De statistische analyse heeft aangetoond dat landschappen met hoge biodiversiteit voor meerdere trofische niveaus aan de volgende randvoorwaarden moeten voldoen:

- Minimaal 11% (fijnmazige) groenblauwe dooradering in het landschap.
- Maximale omvang van de percelen is 2,3 ha of kleiner.
- Bovendien heeft teeltdiversiteit een extra positief effect in landschappen met minimaal 11% gbda.

Deze studie laat zien dat niet alleen het verdwijnen van gbda en het vergroten van de percelen, maar ook teeltspecialisatie, waarbij steeds meer dezelfde gewassen in het landschap verschijnen, een belangrijke drijvende factor is voor het verlies van biodiversiteit. Dit is een belangrijke observatie als je kijkt naar het Brummense landschap waar veel akkerbouw is verdwenen en inmiddels het landschap voornamelijk bestaat uit intensief grasland en maisteelt.

3.1.8 De aanbevelingen op een rij

- Ontwikkel in houtwallen en bosjes een gelaagdheid met zowel bomen, struiken, ruigte en kruiden.
- Creëer een zone van enkele meters langs GBDA. Dit draagt bij aan de ontwikkeling van een gevarieerde zoom.
- Ontwikkel kruidenrijke bermen en andere grasstroken door een ecologisch beheer.
- Stem kruidenrijke mengsels voor akkerranden af op de soorten die je wil stimuleren: nectar en stuifmeel plots voor bestuivers en winter zaden plots voor boerenlandvogels.
- Landschappen met een hoge biodiversiteit van typerende soortgroepen voor het agrarisch gebied bevatten minimaal 11% GBDA.
- Een fijnmazige verdeling van de GBDA levert een hogere biodiversiteit op.
- Kleine percelen, niet groter dan 2,3 ha, zijn belangrijk voor de soortenrijkdom.
- Diversiteit aan gewassen draagt bij aan biodiversiteit, mits voldoende GBDA aanwezig is.

Vitale biodiversiteit landelijk gebied is een maatschappelijke waarde

Groenblauwe dooradering draagt bij aan het herstel van de basis kwaliteit natuur

Hoe werkt het?

Herstel van de basis kwaliteit natuur richt zich op de randvoorwaarden die nodig zijn voor herstel van de karakteristieke biodiversiteit van het landelijk gebied.

Gbda vormt de stabiele basis van leefgebieden in het landelijk gebied.

Gbda levert schuilplekken, voorplantingsplekken en voedsel.

Achteruitgang soorten

Sinds 1990 zijn de populaties van typische boerenlandvogels, zoogdieren en vlinders met 50% achteruitgegaan.

Percentage gbda in het landschap

Minimaal 11 % gbda per km²

Een combinatie van houtige, grazige en natte gbda

Welke typen groenblauwe dooradering?

Diversiteit van de gbda is belangrijk. Veel soorten hebben een combinatie van verschillende landschapselementen nodig.

- ✓ Houtwallen, bomenrijen en bosjes
- ✓ Kruidenrijke akkerranden en kruidenrijke grasstroken
- ✓ Poelen en natuurvriendelijke oevers

Beheer groenblauwe dooradering

Soortenrijk en structuurrijk

- ✓ Houtwallen met brede kruidenrijke zoom, struiken regelmatig gedeeltelijk terugsnoeien
- ✓ Kruidenrijke bermen en andere grasstroken door gefaseerd maaien en afvoeren
- ✓ Kruidenrijke akkermengels afstemmen op doelsoorten:
 - nectar en stuifmeel plots voor insecten
 - grote zaden plots voor boerenlandvogels
- ✓ Poelen en watergangen regelmatig gefaseerd opschonen, materiaal afvoeren

Rangschikking gbda

Een fijnmazige gevarieerde dooradering met veel overgangen tussen de gbda en de percelen.

Kleine percelen: maximaal 2,3 ha

Diversiteit aan gewassen draagt bij aan de biodiversiteit mits er voldoende gbda aanwezig is.

3.2 Ecologische verbinding

3.2.1 Het doel van de landschapsdienst

Omdat de natuurgebieden in Nederland klein zijn en van elkaar geïsoleerd liggen, is sinds de 90er jaren van de vorige eeuw de Ecologische Hoofdstructuur ontwikkeld (LNV 1990), inmiddels omgedoopt tot het Nationaal Natuurnetwerk. Een van de doelen van het Natuurnetwerk is dat er uitwisseling van soorten tussen de natuurgebieden mogelijk is. Dit is belangrijk omdat de afzonderlijke gebieden vaak te klein zijn om levensvatbare populaties te huisvesten. Als een soort lokaal uitsterft, dan is het door de samenhang binnen het natuurnetwerk mogelijk dat het gebied opnieuw wordt gekoloniseerd vanuit de omgeving. Het verdwijnen van natuurlijke elementen in het agrarisch gebied heeft het landschap tussen de natuurgebieden ontoegankelijk gemaakt voor veel soorten. Om toch uitwisseling mogelijk te maken worden tussen de natuurgebieden ecologische verbindingen ontwikkeld. Dit zijn zones in het landschap met geschikt leefgebied, zodat soorten er doorheen kunnen bewegen, onderweg voldoende voedsel kunnen vinden en zich kunnen verschuilen voor vijanden. Met GBDA kunnen zones in het landschap worden ontwikkeld die deze ecologische verbinding leveren.



Ecologische verbindingen dragen bij aan een toegankelijk landelijk gebied en een samenhangend natuurnetwerk. Luchtfoto van de Empese en Tondense heide onderdeel van het Gelders natuurnetwerk (foto Lars Soerink).

3.2.2 De stand van de kennis

Er is veel onderzoek gedaan naar de uitwisseling van soorten tussen natuurgebieden en de toegankelijkheid van het tussenliggende landelijke gebied. Deze kennis is vertaald naar richtlijnen voor de inrichting van ecologische verbindingzones. Een voorbeeld is het Handboek Robuuste Verbindingen, dat voor een groot aantal soorten de vereiste inrichting van ecologische verbindingen geeft (Broekmeijer en Steingröver 2001). Ook de provincie Gelderland heeft inrichtingsmodellen voor ecologische verbindingzones ontwikkeld, zoals bijvoorbeeld model Kamsalamander en model Winde (Provinciaal blad nr. 1336, 31-1-2022).

3.2.3 De werking van de landschapsdienst

Basisprincipes voor ecologische verbinding zijn:

- Alleen natuurgebieden verbinden die overeenkomen in het type natuur, zodat soorten bij uitwisseling een leefgebied vinden.
- Verbinding ontstaat alleen door GBDA-elementen die verwant zijn aan het leefgebied van de soort. Dus verbinding voor bossoorten ontstaat door houtige elementen, voor graslandsoorten door grazige elementen, etc..
- Soorten verschillen sterk in de afstanden die ze kunnen afleggen gedurende hun leven. Voor dassen is 10km geen probleem, mits het landschap toegankelijk is. Kamsalamanders daarentegen leggen, op zoek naar een nieuw leefgebied, vaak niet meer dan 500m af. Dat betekent dat er na 500m een plek moet zijn waar ze zich kunnen voortplanten.

De provincie Gelderland heeft in de gemeente Brummen twee ecologische verbindingzones gepland: één voor de kamsalamander en één voor de das (Provinciaal blad nr. 1336, 31-1-2022). Er zijn echter meerdere kleinere natuurgebieden in Brummen waar een verbetering van de toegankelijkheid van het tussenliggende landschap bij zal dragen aan een samenhangend soortenrijk natuurnetwerk.

In deze verkenning richten we ons op natuurgebieden die verder dan 500m uit elkaar liggen en waarin deels dezelfde typen natuur voorkomen. Wanneer soorten afstanden van meer dan 500m moeten afleggen door agrarisch gebied, dan zullen veel soorten profiteren van ecologische verbinding. We bespreken welke typen groenblauwe dooradering in het tussenliggende agrarische landschap nodig zijn, om de uitwisseling van dieren en planten tussen de natuurgebieden te bevorderen.

3.2.4 Effectieve typen groenblauwe dooradering

Box 3 geeft een overzicht van de verschillende natuurtypen die voorkomen in de natuurgebieden van de gemeente Brummen en omgeving.

Houtwallen, struweelbosjes en bomenrijen

In de gemeente Brummen komen een aantal natuurgebieden voor met een mozaïek van vochtige en droge natuurtypen. Soorten die gebonden zijn aan bos maken gebruik van houtige elementen in het landschap, zoals houtwallen en bomenrijen.

Enkele karakteristieke soorten die voorkomen in Brummen waarvoor een ecologische verbinding met houtige elementen bijdraagt aan de ruimtelijke samenhang zijn:

- Eekhoorn
- Kleine IJsvogelvinder
- Hazelworm
- Sleedoornpage

- Kamsalamander en Ringslang
- Diverse soorten vleermuizen

Kruidenrijke grasland stroken

In een deel van de natuurgebieden in Brummen komen kruidenrijke schrale graslanden en vochtige graslanden voor. Ook het agrarisch natuurbeheer kent botanisch rijke hooilanden. Kruidenrijke grasstroken, zoals bermen en dijken maar ook bloemrijke ruigte langs waterlopen en in greppels, dragen bij aan de doorlaatbaarheid van het landschap voor een deel van de soorten van deze natuurtypen.

Enkele karakteristieke soorten die voorkomen in Brummen en zullen profiteren van dit type verbinding zijn:

- Bruine vuurvliinder
- Poelkikker
- Levendbarende hagedis
- Kamsalamander
- Ringslang
- Argusvlinder
- Hooibeestje

Natuurvriendelijke oevers langs beken en andere watergangen en poelen

In de natuurgebieden komen beken en bronnen, poelen en plassen voor. Voor een deel van de aan water gebonden soorten dragen poelen bij aan de samenhang binnen het natuurnetwerk. Ook ecologisch beheerde beken en natuurvriendelijke oevers langs watergangen zijn belangrijk. Voor de vissen is het noodzakelijk dat de waterlopen permanent water houden, ook in droge perioden. Daarnaast is de passeerbaarheid van sluizen en stuwen belangrijk voor vissen. Enkele karakteristieke soorten waarvoor natte elementen bijdragen aan de ruimtelijke samenhang zijn:

- Winde
- Bermpje
- Kamsalamander en Ringslang (in combinatie met bloemrijk grasland en struweel)

Combinatie van landschapselementen

Veel soorten hebben een combinatie van GBDA nodig, zoals struweel met een brede zoom van kruidenrijke vegetatie. De kamsalamander en de ringslang hebben een combinatie nodig van houtige, grazige en natte GBDA: struweel, poelen en bloemrijke grasstroken.

BOX 3. Natuurtypen in de gemeente Brummen en omgeving

Bossen: mozaïek van vochtige en drogere bossen

- Rivier- en beekbegeleitend bos (N14.01)
- Vochtig bos met productie (N16.04)
- Haagbeuken en essenbos (N14.03)
- Dennen –eiken en beukenbos (N15.02)
- Droog bos met productie ((N16.03)

Graslanden: droge en vochtige graslanden

- Kruiden en faunarijk grasland (N12.02)
- Vochtig hooiland (N10.02)
- Nat schraalland (N10.01)
- Botanisch waardevol grasland (Agrarisch Natuurbeheer)

Beken en andere Wateren

- Beek en Bron (N03.01)
- Poelen en kleine historische wateren (L01.01)
- Rivier (N02.01)
- Zoete plas (N04.02)

Bron codering: www.natuurkennis.nl

3.2.5 Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

Voor de inrichting en beheer van de ecologische verbinding is het belangrijk om rekening te houden met de specifieke inrichtingseisen van soorten of groepen van soorten met vergelijkbare eisen aan hun leefgebied, de zogenaamde ecoprofielen. Hier is veel kennis over beschikbaar bijvoorbeeld in Het Handboek Robuuste Verbindingen staan ontwerpregels voor 52 ecoprofielen (Broekmeijer en Steingröver 2001). Ook de provincie Gelderland heeft ontwerpregels opgesteld voor zogenaamde modelsoorten voor ecologische verbindingen van de provincie Gelderland (zie Box 4 en Provinciaal blad nr. 1336, 31-1-2022).

3.2.6 Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

GBDA zorgt voor ecologische verbindingen bij een hogere concentratie van GBDA tussen natuurgebieden op meer dan 500m van elkaar. De breedte van deze zone hangt af van de soorten waarvoor de verbinding moet functioneren. Als we de kamsalamander als voorbeeld nemen, dan is de breedte van de landschapszone 250m (zie Box 4). Binnen deze zone bevindt zich kleinschalig landschap met GBDA, een corridor van 15m breed en enkele poelen. Na 1 km is een leefgebied nodig van 3ha (een stapsteen volgens de terminologie van de provincie). Het percentage GBDA voor het model kamsalamander bedraagt een zone van 250 m breed tussen natuurgebieden met 24% GBDA inclusief stapsteen en 12% GBDA als er geen stapsteen nodig is.

3.2.7 De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

De werking van de ecologische verbinding neemt toe als deze zo min mogelijk wordt onderbroken en als de GBDA elementen robuust zijn uitgevoerd. Een combinatie van elementen zoals een

brede houtwal gecombineerd met een kruidenrijke zoomvegetatie komt de effectiviteit ten goede, omdat meer soorten gebruik kunnen maken van een combinatie van landschapselementen. Bovendien is een bredere verbindingszone beter gebufferd tegen voedselrijke invloeden vanuit de omgeving. Dit is bijvoorbeeld belangrijk als de zone uit schraal grasland moet bestaan.



Dit model bestaat uit een corridor met stapstenen, ingebed in een landschapszone. "Natte" elementen, m.n. poelen, zijn essentieel. Behalve de kamsalamander kunnen ook andere zeldzame amfibieën - heikikker, boomkikker, knoflookpad - en ringslang doelsoort zijn. Dit model mikt op een herstel van een kleinschalig landschap met ook natte elementen. Daarmee is het toepasbaar zowel in het Rivierengebied als op de lage zandgronden. De kwaliteit van de natte elementen is van groot belang, terwijl de "droge" elementen zeer verschillend kunnen zijn. Het model biedt plaats aan een zeer grote verscheidenheid aan organismen: van spitsmuis tot steenuil en van libel tot vleermuis. De poelen in de zone dienen echter vrij van vis te zijn en te blijven.

Landschap

Kleinschalig landschap met een samenhangend netwerk van landschapselementen in een agrarisch cultuurlandschap. Daarnaast liggen in deze landschapszone kleine poelen: 500 m², opgenomen in het netwerk van landschapselementen.

De breedte van de landschapszone is 250 meter. De zone heeft per strekkende km, naast de stapstenen, ten minste 5 poelen, goed verspreid, als kleine stapstenen.

Corridor

Begroeiing corridor: ruigte, struweel, (vochtig) schraalland, kleine loofbosjes, greppels, houtwal, oevers van sloten of beken, en dergelijke. Minimale breedte corridor: 10-15 meter Maximale lengte corridor: 500 meter Maximale onderbreking corridor: 50-100 meter Landschap in onderbreking: verkeerswegen, spoorwegen en bebouwing vormen een barrière voor dispersie. Dat geldt in mindere mate voor akkers.

Barrières

Mitigerende maatregelen zijn noodzakelijk. Gebruik van tunnels is voor verschillende soorten amfibieën bekend. Grote tunnels (doorsnede > 1 meter) verhogen de effectiviteit. Ecoducten voldoen het best.

Stapsteen

Begroeiing stapsteen: poel met goed ontwikkelde water- en oevervegetatie waarin open ruimten aanwezig zijn; landhabitat bestaande uit struweel, heggen of houtwallen, met voldoende schuilmogelijkheden in de vorm van dood hout en dergelijke. Minimum oppervlakte stapsteen: 1-3 ha landhabitat met daarbinnen enkele forse poelen, bijv. van 2000 m² elk. Onderlinge afstand stapstenen: 1 kilometer

Nodig per kilometer lengte: stapsteen: 3 ha; corridor: 1 ha; landschapszone: 1,2 ha, namelijk: 250 m breed, waarin 5% van de oppervlakte landschapselementen. Daarin tenminste 5 poelen van 500 m² elk.

3.2.8 De aanbevelingen op een rij

- Versterk de ecologische verbinding door de aanleg van groenblauwe dooradering tussen overeenkomstige natuurgebieden die verder dan 500m uit elkaar liggen.
- Voor Brummen gaat het om 3 typen verbindende elementen:
 - Houtwallen, bomenrijen voor soorten gebonden aan bos,
 - Kruidenrijke grasland stroken voor soorten van grazige vegetatie,
 - Natuurvriendelijke beken en poelen voor soorten gebonden aan water.
- Vaak is een combinatie van deze landschapselementen het meest effectief.
- De inrichting van de zone is afhankelijk van de soorten waarvoor de ecologische verbinding is bedoeld. Hiervoor kan men de bestaande inrichtingsmodellen raadplegen.
- Voor de kamsalamander geldt bijvoorbeeld een landschapszone van 250m breed met 24% GBDA (als de afstand tussen de natuurgebieden meer dan 1 km bedraagt) of 12% GBDA bij een afstand van minder dan 1 km (zie Box 4 voor details).

Ecologische verbindingen versterken het natuurnetwerk

Groenblauwe dooradering stimuleert de uitwisseling van soorten tussen natuurgebieden

Hoe werkt het?

Zonder gbda is het landelijk gebied voor veel soorten niet toegankelijk.

Gbda aanleggen tussen natuurgebieden die deels de zelfde typen natuur bevatten en verder dan 500m uit elkaar liggen, bevordert de samenhang van het natuurnetwerk.

Ecologische verbindingen bevatten elementen die verwant zijn aan het leefgebied van de soorten.

Welke typen groenblauwe dooradering?

Afhankelijk van de typen natuur die worden verbonden: een zone met houtige, grazige of natte gbda aanleggen.

- ✓ Houtwallen
- ✓ Bosjes
- ✓ Bomenrijen
- ✓ Kruidenrijke grasstroken
- ✓ Poelen
- ✓ Natuurvriendelijke oevers langs watergangen

Veel soorten hebben een combinatie van meerdere landschapselementen nodig.

Beheer groenblauwe dooradering

Voor het beheer en de inrichting van de ecologische verbindingen is het belangrijk om rekening te houden met de specifieke inrichtingseisen van de doelsoorten (zie inrichtingsmodellen).

Rangschikking gbda

Verbindingzone zo min mogelijk onderbreken.

Landschapselementen robuust uitvoeren is goed voor de kwaliteit van het leefgebied.

Combinatie van landschapselementen vergroot effectiviteit bijvoorbeeld een houtwal met brede kruidenrijke zoom.

Percentage gbda in het landschap

Voorbeeld kamsalamander

Landschapszone van 250 m breed tussen twee natuurgebieden met 12% gbda of 24% gbda, afhankelijk van de afstand die moet worden overbrugd.

3.3 Natuurlijke plaagonderdrukking

3.3.1 Het doel van de landschapsdienst

Natuurlijke plaagonderdrukking is het vermogen van het natuurlijke systeem om plaagsoorten te onderdrukken om daarmee de schade aan akkerbouwgewassen en fruit veroorzaakt door plaagsoorten te verminderen. Plaagsoorten zijn soorten die leven van de landbouwgewassen of deze infecteren. De dienst wordt geleverd door populaties van natuurlijke vijanden (zoals loopkevers, sluipwespen, spinnen en vogels) die de pestsoort opeten, infecteren of parasiteren. De waarde van deze dienst is dat er geen (of veel minder) bestrijdingsmiddelen worden gebruikt, hetgeen goed is voor de kwaliteit van het voedsel, de biodiversiteit, de waterkwaliteit en de gezondheid van mens en dier.



Kruidenrijke akkerrand gecombineerd met een houtwal: een goede combinatie voor natuurlijke plaagonderdrukking.

(Bron: Copyright Michael Trollove and licensed for reuse under this Creative Commons Licence CC BY-SA 2.0)

3.3.2 De stand van de kennis

Natuurlijke plaagregulatie is een van de best onderzochte landschapsdiensten. De review van Holland et al. (2017) geeft een uitgebreid overzicht van Europese studies naar natuurlijke plaagregulatie. Van de 143 Europese studies over natuurlijke plaagregulatie heeft de overgrote meerderheid een positief effect aangetoond van natuurlijke landschapselementen op het onderdrukken van plagen. De meeste studies hebben betrekking op de natuurlijke vijanden uit de groep van de vliesvleugeligen (wespen), terwijl ook loopkevers en zweefvliegen vaak zijn bestudeerd als natuurlijke vijanden van plaagsoorten. De teelten die het meest zijn onderzocht zijn: graan, koolzaad, gerst en rogge. Relatief weinig onderzoek is gericht op meerjarige gewassen, groenten en wortelteelten.

Steeds meer studies kijken naar de invloed van het landschap op natuurlijke plaagregulatie (Aviron et al. 2021, Petit et al. 2020). In deze studies wordt onderzocht in hoeverre de dichtheden en soortendiversiteit van natuurlijke vijanden toenemen met de hoeveelheid GBDA in de omgeving. Ook Holland et al. (2016) constateren dat in veel studies (43%) ook is gekeken naar de invloed van de aard van het omliggende landschap op het functioneren van de landschapsdienst.

3.3.3 De werking van de landschapsdienst

Uit de studies komen een aantal randvoorwaarden naar voren die belangrijk zijn voor het goed functioneren van de natuurlijke plaagonderdrukking.

- Er moeten voldoende natuurlijke vijanden vroeg in het seizoen op de akker aanwezig zijn, om te voorkomen dat een plaagsoort zich tot grote aantallen kan ontwikkelen.
- Er is een grote diversiteit aan natuurlijke vijanden nodig omdat er ook veel verschillende plaagsoorten zijn, die weer verschillende natuurlijke vijanden hebben. Diversiteit van natuurlijke vijanden is ook belangrijk omdat de aantallen fluctueren onder invloed van weersomstandigheden. Bij meer soorten natuurlijke vijanden is er altijd wel een die op het goede moment in groot aantal klaar staat om de plaagsoort aan te vallen: een vorm van risicospreiding
- De natuurlijke vijanden moeten over de gehele akker aanwezig zijn.

Waarom is GBDA essentieel om deze randvoorwaarden te realiseren?

De reviews van Holland et al. (2016) en (Mkenda et al. 2019) vatten samen waarom GBDA zo belangrijk is voor de natuurlijke plaagregulatie. De GBDA vervult verschillende functies in de levensloop van de natuurlijke vijanden.

De GBDA levert voedsel. De bloeiende planten en struiken in de GBDA leveren nectar en stuifmeel voor de volwassen dieren en dit heeft een positief effect op de dichtheden van de natuurlijke vijanden. Veel natuurlijke vijanden leggen hun eieren in een plaagsoort, bijvoorbeeld luizen. De luizen zijn dan het voedsel voor de jongen. Maar de volwassen dieren hebben zelf honing en nectar nodig om de overleven.

De GBDA biedt beschutting zeker in de perioden dat de teelt op het perceel afwezig of nog te klein is of als de dynamiek tijdens de oogst erg groot is, overleven de natuurlijke vijanden in de GBDA. De GBDA is ook belangrijk om te kunnen overwinteren als de akkers braak liggen. Met name loopkevers zijn zeer kwetsbaar voor verstoringen op de akker en zijn voor hun overleving volledig afhankelijk van GBDA.

Verder biedt de GBDA alternatieve prooien voor de natuurlijke vijanden. Die hebben immers voedsel nodig als er geen plaagsoorten in de gewassen aanwezig zijn. Het bevordert ook de soortendiversiteit van de gemeenschap van natuurlijke vijanden.

Overleving pestsoorten in de GBDA

Mkenda et al. (2019) hebben onderzocht in hoeverre GBDA een bron van plaagsoorten zou kunnen zijn. De overgrote meerderheid van de studies melden geen probleem van plaagsoorten die in de GBDA zouden overleven, maar juist dat GBDA tot een verbeterde plaagregulatie leidt. Dus de voordelen zijn duidelijk groter dan de mogelijke nadelen. Bovendien hebben Van Rijn (2016) en Bianchi en van den Werf (2003) aangetoond dat enige prooisorten in de GBDA gunstig zijn voor de ontwikkeling van de predatoren, die dan in grotere aantallen aanwezig zijn als pestsoorten in het gewas arriveren (zie Box 5 voor details).

3.3.4 Effectieve typen groenblauwe dooradering

Kruidenrijke grasstroken

Tabel 1 uit de review van Holland et al. (2016) geeft een overzicht van de dichtheden van natuurlijke vijanden per type GBDA (kolom 1). Verder laat de tabel zien of de natuurlijke vijanden ook in de aangrenzende akker zijn aangetoond (kolom 2) en of de plaagsoorten in de akker werden gereduceerd (kolom 3). Het blijkt dat de meeste natuurlijke vijanden worden gevonden in kruidenrijke onbegraasde grasstroken. Bij de kruidenrijke grasstroken is ook het best onderbouwd dat de aanwezigheid van deze grasstroken tevens leidt tot meer natuurlijke vijanden in het gewas en een betere bestrijding van de plaagsoorten, in vergelijking tot percelen zonder kruidenrijke grasstroken.

Ook de resultaten van de review van Van Vooren (2017) verwijzen naar de effectiviteit van kruidenrijke grasstroken. Van Vooren (2017) heeft aangetoond dat er meer soorten en grotere aantallen natuurlijke vijanden worden aangetroffen op akkers die grenzen aan een kruidenrijke grasstrook dan in akkers zonder grasstrook. Bovendien zijn de dichtheden van luizen significant lager op akkers met kruidenrijke grasstroken in vergelijking met akkers zonder grasstrook. Een illustratief voorbeeld wordt gegeven in een studie van broccoli en luizen (Banks 2000). In een broccoli veld zonder GBDA aan de randen werden 4x zo veel bladluizen aangetroffen in vergelijking tot een veld met GBDA.

Houtwallen

Tabel 1 uit de review van Holland et al. (2016) laat zien dat ook lineaire houtige elementen zoals houtwallen leefgebied zijn voor de natuurlijke vijanden en dat deze natuurlijke vijanden ook in de naastliggende akker worden aangetroffen en daar de plaagsoort reduceren.

Keverbanken

Keverbanken zijn een specifiek soort grasstroken die in toenemende mate worden toegepast (Holland et al. 2016). Het zijn verhoogde randen van 2-3 m breed ingezaaid met pollenvormende grassen. Ze zijn geschikt voor de overwintering van natuurlijke vijanden. Keverbanken zijn zeer effectief gebleken in het herbergen van loopkevers in hoge dichtheden, die vanuit de banken de akker ingaan om aldaar plaagsoorten te bestrijden (Tilman et al. 2012, Vialatte et al. 2021).

Tabel 1. De onderbouwing door onderzoek van de aanwezigheid van natuurlijke vijanden in de GBDA, in de aangrenzende akker en een verbeterde onderdrukking van plaagsoorten in het gewas.

Groenblauwe dooradering (GBDA)	Natuurlijke vijanden aangetoond in de GBDA	Natuurlijke vijanden aangetoond in het gewas op de akker	Verbeterde onderdrukking plaagsoort aangetoond op de akker
Houtwal	++	+	+
Bosje	+	+	+/?
Kruidenrijke grasstrook	+++	++	++
Kruidenrijke akkerrand	++	-	?

Scores zijn gebaseerd op het aantal publicaties waarin een effect is aangetoond en op expert inschattingen. *** = goed onderbouwd, ** = onderbouwd, * = enigszins onderbouwd, - = geen effect gevonden, ? = niet onderzocht. Gebaseerd op Holland et al. (2016).

Ingezaaide kruidenrijke akkerranden

Kruidenrijke akkerranden dragen ook bij aan de natuurlijke plaagregulatie Mkenda et al. (2019). De samenstelling van het bloemenmengsel heeft invloed op de natuurlijke vijanden die worden aangetrokken (Sutton, 2020). Met name schermbloemen zoals wilde peen zijn belangrijk voor zweefvliegen, loopkevers en sluipwespen, belangrijke soorten voor de natuurlijke plaagregulatie.

Bosjes

De invloed van bos op natuurlijke plaagregulatie van akkers is veel minder onderzocht. Naar verwachting vormt bos voor predatoren vergelijkbaar leefgebied als houtwallen. Uit studies op landschapschaal blijkt een positieve bijdrage van bos aan het niveau van plaagregulatie tot een afstand van 1 km (Bianchi et al. 2008). De bijdrage van houtwallen direct grenzend aan de akker of boomgaard is echter efficiënter, omdat deze dichterbij de haard van de plaag liggen zodat de predatoren al ter plaatse aanwezig zijn als plaagsoorten verschijnen.

Een combinatie van meerdere typen GBDA

Uit het onderzoek van Holland et al. (2016) blijkt dat houtwallen en kruidenrijke grasstroken het belangrijkste leefgebied vormen voor natuurlijke vijanden (Tabel 1). Uit de studies blijkt ook dat een combinatie van deze GBDA elementen de beste resultaten geeft. De kruidenrijke grasstroken leveren het meeste voedsel (nectar en stuifmeel) voor de volwassen natuurlijke vijanden. Beschutting en leefgebied om te overwinteren wordt het meest effectief geleverd door houtwallen en lijnvormige grasstroken. Ook door de studie van Bischoff et al. (2016) en de review van Mkenda et al. (2019) wordt het belang van combinaties van verschillende typen GBDA in het landschap onderbouwd.

3.3.5 Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

Er is uitgebreide onderbouwing in de literatuur dat kruidenrijke grasstroken en structuurrijke houtwallen met bloeiende struiken en een brede kruidenrijke zoom belangrijk zijn voor een diverse soortenrijke gemeenschap van natuurlijke vijanden in hoge dichtheden (Mkenda et al. 2019). Het beheer van de kruidenrijke stroken en houtwallen dient dan ook gericht te zijn op het creëren van een structuurrijke en kruidenrijke vegetatie. Het beheer van de GBDA dient dus gericht te zijn op een hoge diversiteit aan bloeiende planten, bijvoorbeeld door maaien en afvoeren van grasstroken en het regelmatig gedeeltelijk terugsnoeien van houtwallen.

3.3.6 Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

Een belangrijke vraag is hoeveel houtwallen en andere typen GBDA er nodig zijn in het landschap om een effectieve plaagbestrijding te waarborgen. Bianchi en Van den Werf (2003) hebben de

optimale dichtheid aan houtwallen in het landschap berekend in een modelsimulatie met luizen als plaagsoort en lieveheersbeestjes als natuurlijke vijand. In een landschap met 9% - 16% houtwallen zijn de natuurlijke vijanden overal te vinden in de teelten en zijn ze in staat om de luizen effectief te bestrijden.

Uit de studie van Van Rijn (2016) (zie box 5 voor details) blijkt dat je bij 5-10% houtwallen in het landschap de meeste roofinsecten en de laagste aantallen plaagsoorten op de akkers hebt. Dit percentage lijkt lager dan bij Bianchi en Van den Werf, maar naast de houtwallen bestond de GBDA in deze studie ook uit kruidenrijke randen langs de akkers (zie box 1).

De effectiviteit van plaagbestrijding neemt toe als er op landschapsschaal voldoende GBDA aanwezig is. De afstand waarover de GBDA bijdraagt aan de plaagonderdrukking op een perceel wordt geschat op 1000m (Bianchi et al. 2006, Steingröver et al. 2010). Dus een individuele boer die in isolatie GBDA aanlegt is minder effectief: samenwerking loont.

3.3.7 De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

Naast de hoeveelheid GBDA in het landschap is ook onderzocht hoe deze GBDA het beste verdeeld kan worden over het landschap om een optimale plaagregulatie te bewerkstelligen. De review van Martin et al. (2019) heeft aangetoond dat kleine percelen, waarbij er relatief veel GBDA direct grenst aan de akker, een positief effect heeft op de natuurlijke plaagregulatie. Ook Haan et al. (2020) hebben in een review aangetoond dat een fijnmazige GBDA gecombineerd met kleine percelen het meest effectief is. Hoe groter de randlengte van percelen die direct grenzen aan GBDA, hoe effectiever de onderdrukking van de plaagsoort. Dit geldt met name voor natuurlijke vijanden die overwinteren in de GBDA.

De review van Hollander et al. (2016) laat zien dat zich meer natuurlijke vijanden in de akker of boomgaard bevinden dicht bij de houtwal of kruidenrijke grasstrook. Hier worden de plaagsoorten dan ook het effectiefst bestreden. Bianchi en van den Werf (2003) hebben aangetoond dat de plaagbestrijding het meest effectief is als de houtwallen gelijk verdeeld zijn over het landschap. De resultaten laten zien dat er minder houtwallen nodig zijn (9%) bij een gelijkmatige verdeling over het landschap en meer (16%) als de houtwallen of bosjes meer geclusterd zijn.

In landschappen met een fijnmazige verdeling van de GBDA rond niet te grote akkers worden de plaagsoorten dus het meest effectief bestreden. De verklaring hiervoor is dat de natuurlijke vijanden vroeg in het voorjaar vooral in de GBDA zitten en van daaruit de akker opgaan om prooien te zoeken. Als de percelen niet te groot zijn, kunnen de vijanden ook het midden van de akker goed bereiken, zodat ook daar de plaagsoort wordt bestreden.

Een recent voorbeeld dat hier op inspeelt is de strokenteelt (zie hoofdstuk 4.3).

Ook uit de studies van Fahrig et al. (2015) en Sirami et al. (2019) blijkt dat de diversiteit van natuurlijke vijanden, zoals loopkevers en zweefvliegen, op de akkers toeneemt bij een fijnmazige verdeling van de GBDA. Dit betekent kleine percelen, die zo veel mogelijk grenzen aan de GBDA.

BOX 5. Optimale natuurlijke plaagregulatie: wat heb je voor gbda nodig?

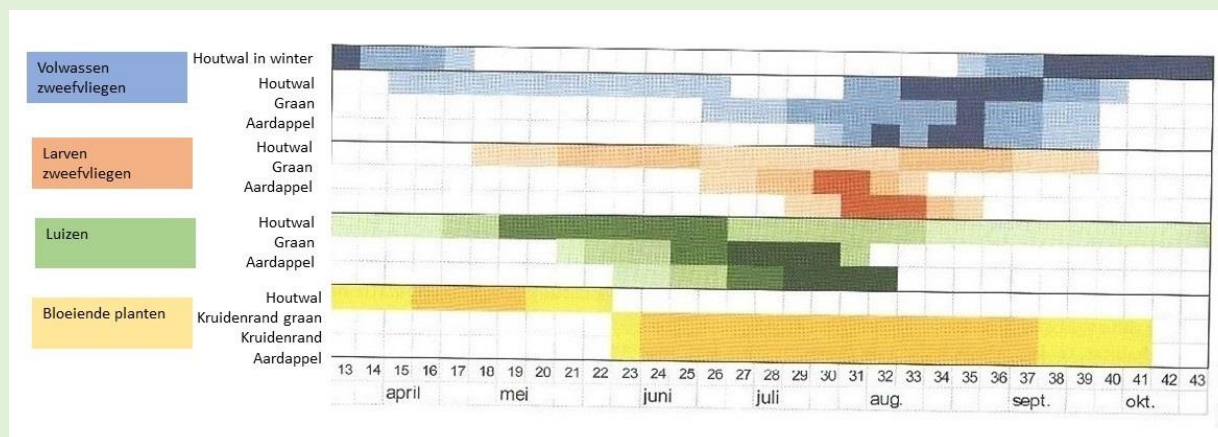
De studie van Van Rijn (2016) laat zien dat voor de optimale natuurlijke bestrijding van plagen in de akkerbouw een kleinschalig en gevarieerd landschap nodig is met meerdere typen gbda en meerdere gewassen. Het optimale landschap bestaat voor 5 tot 10% uit houtwallen met daarnaast kruidenrijke stroken langs de gewassen.

Levenscyclus van de natuurlijke vijand

In dit voorbeeld zijn zweefvliegen de natuurlijke vijand van de bladluizen. De zweefvliegen hebben meerdere typen leefgebied nodig om te kunnen overleven: prooien, nectar, beschutting en overwintering.

- De larven van de zweefvlieg voeden zich met bladluizen in de gewassen op het veld.
- Volwassen zweefvliegen gaan op zoek naar nectar en pollen in de kruidenrijke randen van de akkers.
- De zweefvliegen overwinteren in de houtwallen.

Zweefvliegen zijn van meerdere typen leefgebied afhankelijk omdat elk leefgebied maar een deel van het seizoen de nodige hulpbronnen levert (zie figuur 1).



Figuur 1 Geeft een overzicht waar de natuurlijke vijand, de zweefvlieg, en de plaagsoort, de luis, zich bevinden gedurende het seizoen. (hoe donkerder de kleur hoe groter de dichtheden).

De volwassen zweefvliegen (blauw) bevinden zich het gehele jaar in de houtwal met wisselende dichtheden. In de winter zijn de dichtheden in de houtwal het hoogst. Vanaf juni zitten de zweefvliegen in het graangewas en vanaf juli ook in het aardappelpgewas. Vanaf eind september, als de gewassen zijn geoogst, verdwijnen ze uit de gewassen.

De larven van de zweefvlieg (rood), die als eitje in een bladluis worden gelegd en dat als voedsel gebruiken, zijn vanaf mei in de houtwal te vinden. Vanaf juni zijn ze in het graan en vanaf juli zijn ze in de aardappelvelden te vinden. (N.B. De 1^e generatie die opgroeit op basis van luizen in de houtwal is dus gunstig voor de aantallen roof zweefvliegen later in het seizoen).

De bladluizen (groen) zijn de prooi waarin de volwassen zweefvliegen hun eieren leggen. Ze bevinden zich in april en mei in de houtwal en trekken vanaf mei naar de gewassen.

De bloeiende planten (geel), de voedselbron voor de volwassen zweefvliegen, zijn van april tot begin juni alleen te vinden in de houtwal. Daarna zijn bloemen aanwezig in de kruidenrijke randen langs de graan- en aardappelakker

De model berekeningen laten zien dat het aantal zweefvliegen in het agrarische landschap het grootst bij 5%-10% houtige elementen in het landschap. De luizenpopulatie is het kleinst bij 20% houtig gewas. Maar deze lage luizenstand remt ook de populatie van de zweefvliegen, waardoor de bestrijding minder effectief wordt. Het model onderstreept het belang van gbda in het landschap. Je hebt zowel houtige gewassen als kruidenrijke randen nodig. Dit kunnen kruidenrijke akkeranden zijn of kruidenrijke grasranden.

3.3.8 De aanbevelingen op een rij

- Combineer houtwallen met kruidenrijke grasstroken of kruidenrijke akkerranden voor de grootste effectiviteit van natuurlijke plaagonderdrukking.
- Richt het beheer van de GBDA op een hoge diversiteit aan bloeiende planten en struiken. bijvoorbeeld door maaien en afvoeren van grasstroken en het regelmatig gedeeltelijk terugsnoeien van houtwallen.
- Streef voor een optimale plaagregulatie naar 10-15% GBDA per km².
- Zorg voor een fijnmazige dooradering met veel overgangen tussen de GBDA en het perceel. Om dit te bereiken moeten de percelen dus niet te groot zijn.

Natuurlijke plaagonderdrukking is een onmisbare bouwsteen voor Natuur Inclusieve Landbouw

Groenblauwe dooradering vormt het stabiele leefgebied voor de natuurlijke vijanden van in een agrarisch landschap.

Hoe werkt het?

Natuurlijke plaagonderdrukking is het vermogen van het natuurlijke systeem om plaagsoorten te onderdrukken op akkers of in boomgaarden.

De natuurlijke vijanden vinden voedsel en beschutting in de gbda en trekken vroeg in het seizoen de akker op om de plaagsoorten op te eten, te infecteren of te parasiteren.

Welke typen groenblauwe dooradering?

Een combinatie van houtige en kruidenrijke gbda is nodig voor voedsel en overwintering van de natuurlijke vijanden.

- ✓ Houtwallen, bosjes
- ✓ Kruidenrijke grasstroken
- ✓ Kruidenrijke akkerranden
- ✓ Keverbanken

Welke soorten natuurlijke vijanden?

Een soortenrijke gemeenschap van natuurlijke vijanden is belangrijk voor risicospreiding bij slecht weer. Soortenrijkdom zorgt ook dat er in het hele groeiseizoen natuurlijke vijanden aanwezig zijn.

Sluipwespen, Loopkevers, zweefvliegen en vele andere soorten.

Beheer groenblauwe dooradering

Soortenrijk en structuurrijk

- ✓ Houtwallen met brede zoom, regelmatig gedeeltelijk terugsnoeien.
- ✓ Kruidenrijke grasstroken: gefaseerd maaien en afvoeren. Deels ongemaaid overwinteren.

Percentage gbda in het landschap

10 - 15% gbda per km²

Houtwallen en Kruidenrijke stroken

De gbda en bosjes tot op 1 km rond het perceel helpt mee.

Rangschikking gbda

Een fijnmazige dooradering van de gbda direct grenzend aan het perceel.

Percelen niet te groot zodat de natuurlijke vijanden ook het centrum kunnen bereiken

Percelen beter langwerping en niet te groot. Deel de gbda met je burens

Strokenlandbouw

3.4 Natuurlijke plaagonderdrukking van de Eikenprocessierups

3.4.1 Het doel van de landschapsdienst

Natuurlijke plaagonderdrukking van de eikenprocessierups is het vermogen van het natuurlijke systeem om eikenprocessierupsen te onderdrukken om daarmee de hinder voor mensen door deze plaagsoort te verminderen. Het is een specifieke vorm van natuurlijke plaagonderdrukking, specifiek gericht op de eikenprocessierups, die leeft in eikenbomen. De dienst wordt geleverd door populaties van natuurlijke vijanden (zoals loopkevers, sluipwespen, spinnen, vogels en vleermuizen) die de plaagsoort opeten, infecteren of parasiteren.

De waarde van deze dienst is dat de overlast van de brandharen van de rupsen sterk vermindert zonder dat er bestrijdingsmiddelen worden gebruikt, die ook veel andere soorten treffen die in de eikenbomen leven. Bovendien bespaart natuurlijke plaagonderdrukking kosten, omdat de actieve bestrijding zoals het wegzuigen van nesten arbeidsintensief en kostbaar.



Eikenlanen zijn karakteristiek voor het Brummense landschap. Maar soms is er overlast door de eikenprocessierups. (Foto Lars Soerink)

3.4.2 De stand van de kennis

Er is nog geen internationale wetenschappelijke literatuur over het onderdrukken van de processierups beschikbaar. Er is wel een 'Leidraad beheersing eikenprocessierups' ontwikkeld (Spijker et al. 2022) met op de praktijk gerichte maatregelen voor de natuurlijke onderdrukking van de eikenprocessierups. Daarnaast zijn er de laatste jaren enkele kleinschalige experimenten uitgevoerd waarin de effectiviteit van natuurlijke plaagregulatie van de eikenprocessierups is getest. Een bekend voorbeeld is het meerjarige experiment in Westerveld (Hellingman en van Vliet 2020) waarvan we hier de resultaten presenteren (zie Box 6 voor details).

3.4.3 De werking van de landschapsdienst

De natuurlijke onderdrukking van de eikenprocessierups is gericht op het stimuleren van de natuurlijke vijanden van de rupsen door leefgebied (GBDA) te ontwikkelen in de buurt van de met rupsen geïnfecteerde bomen. De natuurlijke vijanden onderdrukken de nesten door de rupsen op te eten of te parasiteren. Er zijn een groot aantal natuurlijke vijanden van de eikenprocessierups bekend: insecten (met name sluipwespen), vogels en vleermuizen.

3.4.4 Effectieve typen groenblauwe dooradering

De dichtheden van natuurlijke vijanden worden gestimuleerd door de aanleg van groenblauwe dooradering in de buurt van de eikenlanen. Ook worden nestkasten voor vogels en vleermuizen opgehangen in de eikenbomen, om de lokale dichtheden van koolmezen en andere nestkastbewoners te stimuleren.

De landschapselementen zijn vergelijkbaar met de GBDA die nodig is voor natuurlijke plaagregulatie van akkers en boomgaarden (zie hoofdstuk 3.3). Het gaat om kruidenrijke bermen, kruidenrijke akkerranden en struweel met ruigtekruiden. Daarnaast is het belangrijk dat in de bomenrijen nestkasten worden opgehangen voor vogels en vleermuizen.

3.4.5 Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

Het beheer van de GBDA is vergelijkbaar met het beheer voor natuurlijke plaagregulatie in bredere zin (zie hst 3.3). De effectiviteit van het inzetten van sluipwespen bij de bestrijding van de rupsen heeft tijd nodig. De sluipwespenpopulatie moet zich eerst ontwikkelen. Naarmate de aantallen sluipwespen in de omgeving van de eikenlanen toenemen, worden steeds meer rupsnesten geparasiteerd (zie Box 6). De geparasiteerde nesten worden in speciale kisten bewaard, zodat de volgende generatie van sluipwespen in het volgende jaar kan uitvliegen.

3.4.6 Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

De hoeveelheid GBDA die nodig is in het landschap zal naar verwachting gelijk zijn aan het percentage GBDA dat nodig is voor een goed functionerende plaagregulatie op akkers en in boomgaarden: 10-15% GBDA. De GBDA langs de eikenlanen wordt hiermee ingebed in een basisstructuur van natuurlijke elementen, waarin de natuurlijke vijanden van de eikenprocessierups kunnen overleven.

3.4.7 De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

Het is belangrijk dat de GBDA zich in de directe omgeving van de eikenlanen bevindt.

BOX 6. Natuurlijke bestrijding eikenprocessierups succesvol in Westerveld; een experimenteel onderzoek (Hellingman en van Vliet 2020)

Het stimuleren van natuurlijke vijanden resulteerde in 75 procent minder eikenprocessierupsnesten die ook nog voor een groot deel waren opgegeten door vogels of geparasiteerd door insecten. Hierdoor werd overlast van de rupsen voor de mens voorkomen.

In 2018 is een proeflocatie met 64 eikenbomen ingericht met groenblauwe dooradering en nestkassen om de natuurlijke vijanden te stimuleren. Het voorkomen van eikenprocessierups nesten op de proeflocatie en drie controle locaties is gedurende een aantal jaren gemonitord.

Op de proeflocatie zijn de volgende maatregelen genomen:

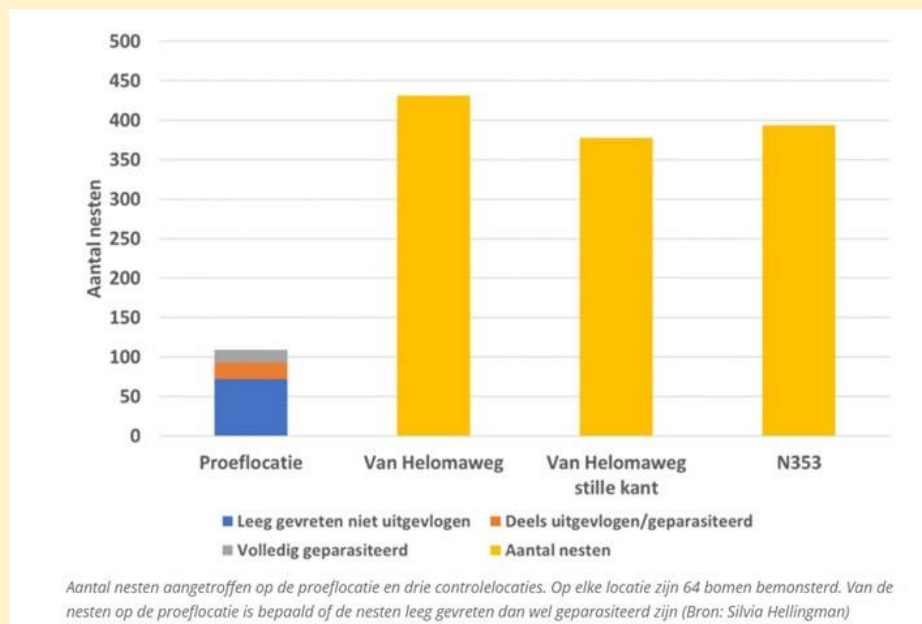
- Het inzaaien en aanplanten van bloemen in de berm en een strook weiland
- Het ontwikkelen van struweel en ruigte van bramen, brandnetels en fluitekruid in oeverhoekjes
- Het plaatsen van vogelnestkasten en vleermuiskasten
- Het plaatsen van insectenkasten met geparasiteerde nesten
- Het uitzetten van gaasvlieglarven



Proeflocatie natuurlijke bestrijding eikenprocessierups Wapserveen (Bron: Silvia Hellingman)

Resultaten na 3 jaar

De onderstaande figuur laat zien dat het aantal nesten op de met gbda ingerichte proeflocatie 75% lager is dan op de controle plekken waar geen maatregelen zijn genomen. Bovendien waren op de proeflocatie de nesten veel kleiner en was 80% van de nesten niet uitgevlogen omdat ze leeg gevreten waren door vogels of geparasiteerd door sluipwespen.



Net als in voorgaande jaren zijn op de proeflocatie in 2020 verschillende vogelsoorten waargenomen die eikenprocessierupsen aten, waaronder koolmezen, pimpelmezen, bonte vliegenvangers, vinken, zwartkoppen, spreeuwen, ringmussen en spechten. De mezen zijn het meest effectief.

In 2020 werden veel soorten insecten waargenomen op de proeflocatie, zoals soldaatjes, lieveheersbeestjes, gaasvliegen, verschillende soorten vlinders, sluipwespen, zweefvliegen, kevers en verschillende soorten vliegen, waaronder sluipvliegen en roofvliegen. Langs de stammen van verschillende bomen waren ook veel mieren aanwezig. In 2020 bloeide het boerenwormkruid op de proeflocatie voor het eerst en dat bleek veel insecten aan te trekken, waaronder vlinders zweefvliegen en oorwormen. In 2020 was de populatie actieve sluipvliegen voor het eerst goed merkbaar en meetbaar.

De behaalde resultaten in 3 jaar zijn een gevolg van een combinatie aan maatregelen die elkaar hebben versterkt en laten zien dat het onderdrukken van de eikenprocessierups effectief is door het stimuleren van de natuurlijke vijanden met voldoende gbda en nestkasten.

Ondanks het feit dat deze manier van beheersing goed werkt moet er rekening mee worden gehouden dat er altijd sprake zal zijn van nieuwe aanwas aan processierupsen op de proeflocatie vanwege migratie van de vlinders. Het doel van natuurlijke bestrijding is ook niet de eikenprocessierups uit te roeien, maar beheersbaar te houden op een natuurlijke wijze.

3.4.8 De aanbevelingen op een rij

- Leg GBDA aan in de directe omgeving van eikenlanen. Het gaat om kruidenrijke akkerranden, kruidenrijke bermen en overhoekjes met struweel en ruigtekruiden.
- In het omliggende landschap zal naar verwachting dezelfde hoeveelheid GBDA nodig zijn als voor natuurlijke plaagregulatie, zodat de GBDA langs de eikenlanen is ingebed in een basisstructuur van natuurlijke elementen, waarin de natuurlijke vijanden van de eikenprocessierups kunnen overleven.
- Hang nestkasten op voor vogels en vleermuizen in de eikenlanen.

Natuurlijke onderdrukking eikenprocessierups is een maatschappelijke dienst

Groenblauwe dooradering vormt het stabiele leefgebied voor de natuurlijke vijanden van de eikenprocessierups.

Hoe werkt het?

Door het stimuleren van de natuurlijke vijanden van de eikenprocessierupsen wordt de overlast van de brandharen sterk verminderd. Er hoeven geen bestrijdingsmiddelen te worden gebruikt die ook veel andere soorten treffen die in eikenbomen leven. Bovendien bespaart het kosten van actieve bestrijding zoals wegzuigen.

Gbda in de directe omgeving van eikenlanen vormt het leefgebied van de natuurlijke vijanden van de eikenprocessierups, gecombineerd met nestkasten voor vogels en vleermuizen.

Welke soorten natuurlijke vijanden?

De onderdrukking van de eikenprocessierups wordt geleverd door populaties van natuurlijke vijanden: zoals sluipwespen, loopkevers, spinnen, vogels en vleermuizen.

Percentage gbda in het landschap

10 - 15% gbda per km²

Houtwallen en kruidenrijke stroken

De gbda en bosjes tot op 1 km rond het perceel helpt mee.

Welke typen groenblauwe dooradering?

Een combinatie van houtige en kruidenrijke landschapselementen in de directe omgeving van de eikenlanen.

- ✓ Houtwallen en bosjes
- ✓ Kruidenrijke grasstroken (bermen)
- ✓ Kruidenrijke akkerranden
- ✓ Nestkasten voor vogels en vleermuizen

Beheer groenblauwe dooradering

Soortenrijk en structuurrijk

- ✓ Houtwallen met brede zoom van ruigtekruiden, regelmatig gedeeltelijk terugsnoeien.
- ✓ Kruidenrijke grasstroken: gefaseerd maaien en afvoeren. Deels ongemaaid overwinteren.

Rangschikking gbda

De gbda direct grenzend aan de eikenlanen.

De gbda langs eikenlanen is ingebed in een basisstructuur van landschapselementen.

3.5 Bestuiving

3.5.1 Het doel van de landschapsdienst

Bestuiving is het vermogen van het natuurlijke systeem om planten te bestuiven. Bestuiving is een essentiële voorwaarde voor de reproductie van de meeste planten, zowel in het natuurlijk systeem als in het landbouwsysteem. In de landbouw zijn veel teelten afhankelijk van bestuiving door insecten, zoals courgettes en suikerbieten, aardbeien, appels en peren. Wereldwijd wordt meer dan 70% van de belangrijkste landbouwgewassen bestoven door insecten (Eraerts 2020). Deze gewassen tellen voor 35% van het totaal geproduceerde voedselvolumen.



Een Vosje, een van de ruim 300 soorten wilde bijensoorten, bestuift bloemen van de zwarte bes in een moestuin. Een soortenrijke gemeenschap van bestuivende insecten geeft de beste garantie voor een kwalitatief goede oogst. (Foto Claire Vos)

3.5.2 De stand van de kennis

Er is veel onderzoek gedaan naar de randvoorwaarden voor het stimuleren van wilde bestuivers in het agrarisch gebied. De review van Holland et al. (2017) laat zien dat een positief effect van GBDA op de dichtheden en soortendiversiteit van bestuivers in het landschap door vele studies is aangetoond. Het belang van GBDA voor bestuiving is daarmee goed onderbouwd door onderzoek.

Het is tevens aangetoond dat een diverse bestuiversgemeenschap leidt tot hogere gewasopbrengsten (Garibaldi et al. , 2013, 2015; Woodcock et al. 2019). Gardibaldi et al. (2013) hebben voor meer dan 40 teelten aangetoond dat wilde bestuivers efficiënter zijn dan honingbijen en daardoor de vruchtzetting kunnen verdubbelen t.o.v. bestuiving door alleen honingbijen. Dit levert een belangrijke meeropbrengst van de oogst op.

Niet alleen wilde bijen maar ook vliegen, kevers, motten, wespen en vlinders zijn belangrijk voor de bestuiving. Deze groepen nemen 39% van de bloembezoeken voor hun rekening (Rader et al. 2016).

3.5.3 De werking van de landschapsdienst

Uit het onderzoek ontstaat een duidelijk beeld welke kenmerken van de gemeenschap van wilde bestuivers bepalen of de bestuiving effectief verloopt. Een soortenrijke gemeenschap is belangrijk om alle gewassen die afhankelijk zijn van bestuiving optimaal te bestuiven. Daarnaast hebben sommige gewassen specifieke soorten bestuivers nodig, zoals soorten met een lange tong. Andere gewassen hebben vroeg in het jaar of juist laat in het seizoen bestuivers nodig. Een soortenrijke bestuiversgemeenschap is ook belangrijk als een vorm van risicospreiding. Insecten zijn gevoelig voor variatie in het weer, zoals een plotselinge droogte of een late vorst. Bij een soortenrijke wilde bijengemeenschap zijn er altijd bestuivers aanwezig die minder gevoelig zijn voor bepaalde weersomstandigheden.

Uit de studies komen een aantal randvoorwaarden naar voren waaraan de GBDA moet voldoen voor het goed functioneren van de bestuiving.

- Voor een soortenrijke bestuiversgemeenschap moet er voldoende voedsel aanwezig zijn in de GBDA in de buurt van het te bestuiven gewas. Het gaat om de beschikbaarheid van nectar en stuifmeel van bloeiende planten. Veel bijensoorten zijn voor het stuifmeel gespecialiseerd op specifieke plantensoorten. Daarom is een grote diversiteit aan plantensoorten een randvoorwaarde voor een grote diversiteit aan wilde bijen.
- Het is belangrijk dat gedurende het gehele groeiseizoen bloeiende planten beschikbaar zijn. Uit experimenteel onderzoek (Williams 2015) blijkt dat bloemenmengsels in het agrarisch gebied vooral effectief zijn als er een palet aan plantensoorten in voorkomt die van het voorjaar tot in de herfst voor een voortdurende bron van nectar en stuifmeel zorgen. Dit wordt ook wel de bloeihoog genoemd.
- Nestgelegenheid op korte afstand is een belangrijke randvoorwaarde voor een diverse wilde bijen gemeenschap. Veel wilde bijensoorten zijn afhankelijk van stuifmeel en nectarbronnen op 50-200m afstand van hun nestplekken (Gathmann en Tscharrntke 2002). Wilde bestuivers hebben, afhankelijk van de soort, specifieke nestplekken nodig: sommigen nestelen ondergronds b.v. in open zand, leemhellingen e.d., andere soorten nestelen bovengronds, b.v. in dood hout, holle stengels, bijenhôtels e.d.. Dit soort nestelplekken zijn niet te vinden op de akkers en slechts ten dele in boomgaarden. De benodigde variatie van nestelplekken is alleen te vinden in de natuurlijke landschapselementen in het landelijk gebied.

3.5.4 Effectieve typen groenblauwe dooradering

Houtwallen

Houtwallen zijn belangrijk voor een diverse bestuiversgemeenschap. Uit een review van Kremen et al. (2018) blijkt dat houtwallen tijd nodig hebben om zich te ontwikkelen, voordat ze geschikt worden als leefgebied van bestuivers. De diversiteit van de bestuiversgemeenschap neemt toe naarmate de leeftijd van de houtwal toeneemt. Na 5 jaar komt er een grotere diversiteit aan bestuivers voor in de houtwal. Na 10 jaar is de bestuiversgemeenschap vergelijkbaar met natuurlijk leefgebied. Het is dus belangrijk om GBDA elementen voor lange tijd in stand te houden.

Kruidenrijke grasstroken

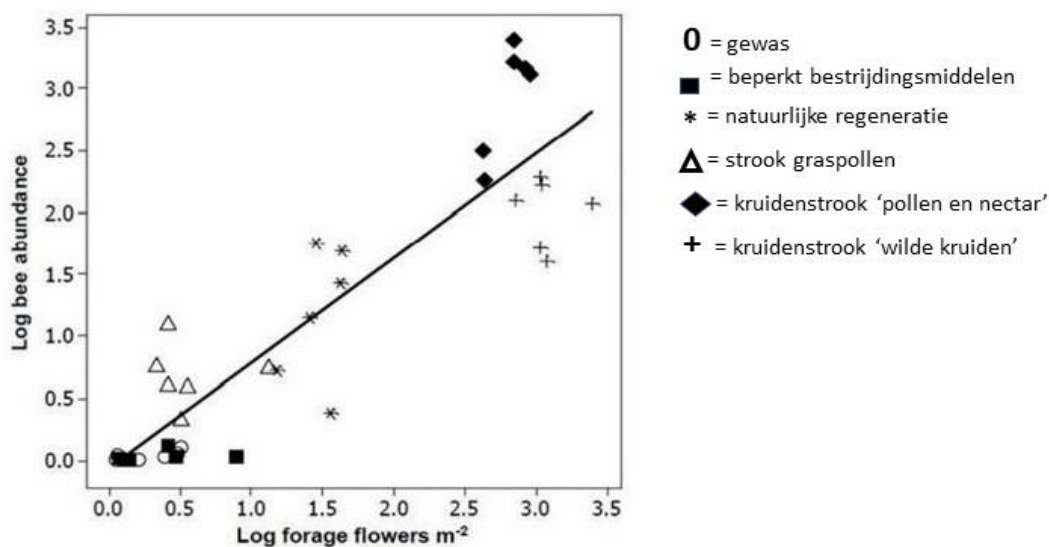
Kruidenrijke grasstroken, met een hoge diversiteit aan bloeiende planten vormen een belangrijk onderdeel van het leefgebied van bestuivers. De soortenrijkdom van de grasstroken is een belangrijke randvoorwaarde voor effectieve bestuiving.

Ingezaaide kruidenrijke akkerranden

Sutton (2020) heeft een brochure ontwikkeld hoe boeren effectief kunnen bijdragen aan de biodiversiteit op hun bedrijf en in het landschap. Het gaat over het betalen van landschapsdiensten via agrarisch natuurbeheer. Sutton heeft aangetoond dat bestuivers positief reageren op ingezaaide akkerranden. Daarbij heeft de samenstelling van het boemenmengsel invloed op de bestuivers die worden aangetrokken. Diepe bloemen zoals de vlinderbloemige rolklaver trekken honingbijen en hommels aan. Terwijl schermbloemigen zoals wilde peen belangrijk zijn voor zweefvliegen, en ook belangrijk zijn voor natuurlijke vijanden van plaagsoorten zoals loopkevers en sluipwespen (zie hoofdstuk 3.3). Figuur 6 laat zien dat de proefvlakken waar de akkerranden zijn ingezaaid met het mengsel 'pollen en nectar' en 'het wilde bloemenmengsel' de meeste bloeiende planten op leveren en veel hogere dichtheden wilde bijen herbergen (Sutton 2020).

Een combinatie van meerdere typen GBDA

In de review van Mkenda et al. (2019) wordt het belang van combinaties van verschillende typen GBDA, zowel houtige elementen als kruidenrijke stroken, in het landschap onderbouwd. Een diverse GBDA draagt bij aan de beschikbaarheid van voldoende voedsel, nestplekken en overwinteringsplekken op korte afstand en gedurende het gehele groeiseizoen.



Figuur 6. Dichtheden wilde bijen (vertikale as) en hoeveelheid bloeiende planten (horizontale as) in een 5 jarig experiment met verschillende behandeling van stroken langs akker. De kruidenstrook ingezaaid met het mengsel 'pollen en nectar' en mengsel 'wilde kruiden' leveren de hoogste dichtheden bloeiende planten en wilde bijen op (Sutton 2020, Buzz project data).

3.5.5 Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

De kwaliteit van de GBDA is een belangrijke factor voor de soortenrijkdom en dichtheden van wilde bijensoorten die daar voorkomen (Beyer et al. 2021). De soortenrijkdom van de bestuivers hangt hierbij af van de diversiteit en de bedekking van de bloeiende planten in de houtwal, kruidenrijke grasstrook of ingezaaide akkerrand. De aantallen wilde bijen in de GBDA is drie keer zo hoog wanneer 50% van de oppervlakte van de GBDA bedekt is met bloeiende planten t.o.v. GBDA met maar 10% bloeiende planten. Bermen met voornamelijk grassen dragen dus niet bij aan de wilde bijen gemeenschap. Het juiste beheer van bermen en grasstroken, waarbij gemaaid wordt na de zaadzetting en het maaisel wordt afgevoerd is een randvoorwaarde voor een kruidenrijke vegetatie en een soortenrijke bestuiversgemeenschap.

Niet alleen de aantallen wilde bijen maar ook de soortenrijkdom neemt toe in bloemrijke GBDA. Beyer et al. (2021) hebben aangetoond dat de soortenrijkdom van wilde bijen verdubbelt bij een hoge bloemrijkdom. Bij een bedekking van 10% bloeiende planten in de GBDA waren gemiddeld 3 soorten aanwezig tot 6 soorten bij een bedekking van 50% bloeiende planten in de GBDA.

In boomgaarden blijkt de kwaliteit van het grasland in de boomgaard zelf ook invloed te hebben op de beschikbare insecten voor de bestuiving. Eeraerts (2020) heeft aangetoond dat de hoeveelheid bloeiende planten in het grasland onder de fruitbomen in de boomgaard een positief effect heeft op de soortendiversiteit en dichtheden van wilde bijen die de boomgaard bezoeken (zie box 7 voor details).

3.5.6 Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

Volgens Denisow & Wrzesien (2015) profiteert de bestuivingsdienst op een perceel van de hoeveelheid GBDA tot op een afstand van 1000m. Dit komt overeen met de afstand van 1000m die Eeraerts (2020) heeft aangetoond in zijn studie naar de bestuiving van boomgaarden. Eeraerts vond dat de hoeveelheid semi-natuurlijk leefgebied in de omgeving van de boomgaard

tot op 1000m een positief effect heeft op zowel de soortendiversiteit als ook de dichtheden van de bestuiversgemeenschap. De soortenrijkdom was bijna 3x zo hoog en de dichtheden wilde bijen waren 4x zo hoog in boomgaarden met veel GBDA (met maximaal 30-40% gebda) in een straal van 1000 (zie box 7).

Niet alleen de natuurlijke elementen in het landschap maar ook natuurgebieden in de omgeving dragen bij aan de bestuiving op een perceel. Uit de review van van Kremen et al. (2018) blijkt dat de soortenrijkdom van de bestuivers toeneemt met de hoeveelheid natuurgebied en GBDA in de omgeving van het perceel. Een verklaring voor het belang van natuurgebieden in de buurt van de GBDA is dat de houtwallen beter gekoloniseerd worden door plantensoorten vanuit het natuurgebied (Kremer et al. 2018). Dit verhoogt de soortendiversiteit van planten in de houtwal en dat is weer gunstig voor de soortendiversiteit van de bestuiversgemeenschap.

De review van Mkenda et al. (2019) toont aan dat kruidenrijke grasstroken langs akkers niet alleen voor planten maar ook voor bestuivers en andere insecten functioneren als corridors door het agrarisch gebied. Dit heeft een positief effect op de bestuiving van percelen die omgeven zijn door grasstroken. Met name wilde bijensoorten die bovengronds nestelen reageren op de hoeveelheid GBDA in het landschap. Voor deze soorten is agrarisch landschap zonder natuurlijke elementen ontoegankelijk.

Sutton (2020) heeft aangetoond dat de dichtheden en de soortenrijkdom van wilde bijen en vlinders toeneemt vanaf een toename van de GBDA naar 3-5% en meer. Het gaat hier om ingezaaide bloemenmengsels langs akkerranden. Het onderzoek van Sutton laat zien dat het effectief is om direct rond de akker extra bloemrijke randen te ontwikkelen. Er wordt in dit onderzoek geen uitspraak gedaan over de hoeveelheid andere GBDA elementen in de bredere omgeving van de akker.

Ook Eeraerts (2020) heeft aangetoond dat niet alleen de hoeveelheid GBDA op 1000m, maar ook die op korte afstand een positief effect heeft op de bestuivers. De hoeveelheid GBDA binnen 100m en de bloemrijkdom in de boomgaard die bestoven moet worden dragen ook bij aan de dichtheden en soortenrijkdom van de bestuivers (zie box 6).

Deze positieve effecten van GBDA zijn aangetoond ongeacht de intensiteit van het agrarisch gebruik op de velden. Dus ook in landschappen met een intensievere landbouw, heeft de hoeveelheid GBDA een positief effect (Eeraerts 2020). Dit onderstreept het grote belang van GBDA als leefgebied voor de bestuivergemeenschap op het platteland.

De studie van Simari et al. (2019), waarin 435 landschappen met elkaar werden vergeleken, heeft aangetoond dat de soortendiversiteit van wilde bijen toeneemt bij 11% GBDA of meer in het landschap.

Samenvattend laten de resultaten zien dat minimaal 3-5% kruidenrijke randen, direct grenzend aan het perceel, bijdragen aan de soortenrijkdom van bestuivers op de akker. Daarnaast draagt ook de hoeveelheid GBDA (houtig en grazig) op een grotere afstand, in een straal van 1000m rond het perceel, bij aan de dichtheden en soortenrijkdom van bestuivers. Simari et al. (2019) komen tot de aanbeveling van minimaal 11% GBDA in het landschap. Overigens heeft het onderzoek van Eeraerts (2020) laten zien dat bij nog hogere percentages GBDA in het landschap (30-40%) de soortenrijkdom en dichtheden van bestuivers verder toenemen.

3.5.7 De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

Het is duidelijk aangetoond dat hoe dichterbij de GBDA gelegen is bij het gewas dat moet worden bestoven, hoe beter de bestuivingsservice functioneert. Een algemeen geldend resultaat uit de review van Mkenda et al. (2019) is dat GBDA aangrenzend aan de akker het meest optimaal is

voor de bestuiving van het gewas. Dit geldt echter alleen als de bloemrijke strook niet geïsoleerd ligt, maar onderdeel uitmaakt van een fijnmazig netwerk van GBDA.

Ook de studie van Fahrig et al. (2015,) en Sirami et al. (2019) heeft aangetoond dat bij dezelfde hoeveelheid natuurlijke elementen in het landschap de diversiteit van bestuivers op de akkers groter is bij een fijnmazige verdeling van de GBDA. Dit betekent kleine percelen, zo veel mogelijk grenzend aan de GBDA (zie ook Hoofdstuk 3.1 Biodiversiteit landelijk gebied).

Ook de variatie van het landgebruik in het landschap is een belangrijke factor voor de soortenrijkdom van de wilde bijen (Beyer et al. 2021). In de meest gevarieerde landschappen komen 2x zo veel wilde bijensoorten voor als in de minst gevarieerde landschappen. De variatie is berekend per km² (1 bij 1 km) met een diversiteitsindex (Shannon-index) in gebieden waar maximaal 14 landschapstypen voorkwamen.

Beijer et al. (2021) vonden dat ook het gewas dat wordt geteeld invloed heeft op de soortensamenstelling van de bestuiversgemeenschap. Uit het onderzoek blijkt dat bij de teelt van tuinbonen alleen de dichtheden van hommels en aan vlinderbloemigen gespecialiseerde wilde bijen toenamen. Dit zijn soorten met lange tongen die gespecialiseerd zijn in het verzamelen van nectar en stuifmeel van de diepe vlinderbloemigen. Als er daarentegen raapzaad op de velden wordt geteeld bevordert dit alle soorten wilde bijen.

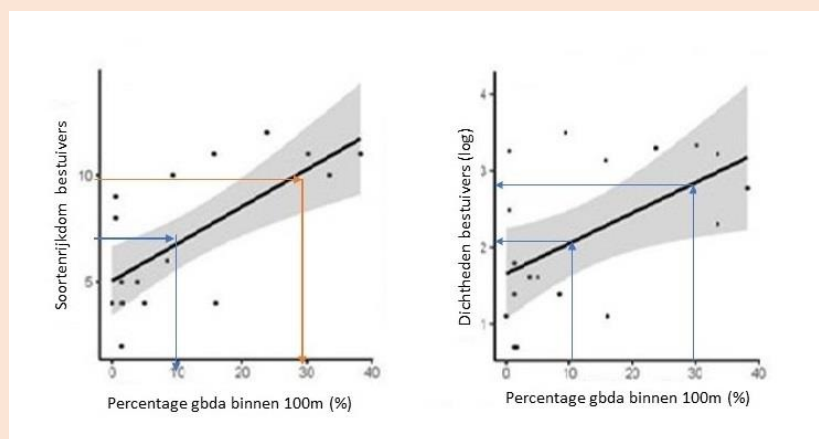
Deze resultaten laten zien dat variatie in het landschap en variatie van de teelten gunstig is voor een diverse wilde bijengemeenschap. Juist omdat de bestuivers verschillende eigenschappen hebben, waardoor de ene soort geschikter is voor het bestuiven van bepaalde gewassen dan de andere, is de bestuiving bij een soortenrijke bestuiversgemeenschap beter gewaarborgd. Een grote soortenrijkdom van bestuivers geeft ook risicospreiding, bijvoorbeeld als door grillige weersomstandigheden bepaalde soorten bestuivers wegvallen. In een gevarieerd landschap met een gevarieerde bloemrijke GBDA, waarin gevarieerde gewassen worden geteeld, zijn er altijd geschikte bestuivers beschikbaar.

BOX 7. Groenblauwe dooradering is goed voor de soortenrijkdom van wilde bestuivers en zorgt daarmee voor een hogere kersenopbrengst.

Eeraerts (2020) heeft de samenstelling van de bestuivergemeenschap en de kersenopbrengst onderzocht in boomgaarden die gelegen zijn in landschappen die variëren in de hoeveelheid natuurlijke elementen. Hij heeft aangetoond dat het aandeel gbda en natuurgebieden in de omgeving tot op een afstand van 1000m verklarend is voor de soortenrijkdom en dichtheden van de bestuivers. De hoeveelheid gbda op 1000m zorgt voor de connectiviteit van het landschap. Zonder de dooradering van gbda is het agrarisch landschap niet toegankelijk voor deze soorten.

Nectar en stuifmeelbronnen bij het nest

Ook de hoeveelheid gbda binnen een straal van 100m (en in de boomgaard zelf) hebben een positief effect op het aantal wilde bestuivers op de kersenbloesems (zie figuur).



Links de relatie tussen de hoeveelheid gbda in 100 m rond de boomgaard en het aantal wilde bijen soorten. Bij 10% GBDA zijn 7 soorten aangetroffen en bij 30% GBDA 10 soorten. Rechts laat zien een verdubbeling van de aantallen bestuivers zien van 10 naar 30% gbda binnen 100m (bron Eeraerts 2020)

Deze nectar- en stuifmeelbronnen op korte afstand zijn relevant voor nestelende bijen. Solitaire bijen blijven namelijk dicht bij hun nest. De afstand tussen voedselbronnen en het nest mag niet te groot zijn omdat het nest bewaakt moet worden tegen parasieten.

Wilde bestuivers geven een grotere kersenoogst

Er is een significante relatie tussen het aantal wilde bestuivende insecten en de opbrengst. Hoe meer wilde bestuivers hoe groter de oogst (iets wat ook in vele andere studies is aangetoond). Een vergelijkend onderzoek naar het foerageergedrag van de gehoornde metselbij (*Osmia cornuta*) en de honingbij toont aan dat de metselbij een hogere bestuivingsefficiëntie heeft. Bovendien bezoekt de metselbij meer bloemen per minuut en wisselt ook vaker van boom. Maatregelen die goed zijn voor wilde bijen, in en rondom de boomgaard, verhogen dus de productiviteit van de kersenteelt.

3.5.8 De aanbevelingen op een rij

- Een combinatie van houtwallen, kruidenrijke grasstroken en kruidenrijke akkerranden is optimaal voor een soortenrijke bestuiversgemeenschap.
- De hoeveelheid GBDA en natuurgebieden binnen een straal van 1000m van het perceel draagt bij aan de soortenrijkdom en dichtheden van de bestuiversgemeenschap.
- Kruidenrijke randen direct grenzend aan de teelt die bestoven moet worden is het meest effectief, mits deze landschapselementen onderdeel uitmaken van een fijnmazig netwerk van GBDA.
- Streef voor een soortenrijke bestuiversgemeenschap naar een landschap met minmaal 11% GBDA.
- Beheer in de GBDA richten op een hoge diversiteit en een bedekking van bloeiende planten.
- Houtwallen hebben een ontwikkelingstijd nodig, na 5 jaar wordt de bestuiversgemeenschap diverser, pas na 10 jaar optimaal.
- Een gevarieerd landschap, met veel verschillend typen landgebruik per km² en een gevarieerd aanbod van teelten draagt bij aan de soortenrijkdom van bestuivers.

Bestuiving is een onmisbare bouwsteen voor Natuur Inclusieve Landbouw

Groenblauwe dooradering vormt het stabiele leefgebied voor de wilde bestuivers gemeenschap in het agrarisch landschap.

Hoe werkt het?

70% van onze gewassen is afhankelijk van bestuiving.

Wilde bestuivers zijn efficiënter dan honingbijen en leveren een hogere opbrengst.

Wilde bestuivers zoeken voedsel (nectar en stuifmeel) in de gbda gedurende het gehele groeiseizoen.

Gbda levert nestgelegenheid, zowel bovengronds als ondergronds, op korte afstand van het gewas.

Een diverse bestuiversgemeenschap

Een soortenrijke bestuivers- gemeenschap is belangrijk als risicospreiding bij slecht weer. Ook om in het gehele groeiseizoen een variatie aan gewassen te bestuiven.

Wilde bijen, zweefvliegen, nachtvlinders, etc.

Percentage gbda in het landschap

De gbda en natuurgebieden tot op 1 km rond een perceel helpt mee.

Ook de hoeveelheid gbda in de directe omgeving van het perceel (kruidenrijke randen) is belangrijk voor een goede bestuiving.

Minimaal 11% gbda: 5% kruidenrijke akkerranden of grasstroken, in combinatie met minimaal 5% houtwallen

Meer dan 10% gbda geeft nog hogere soortenrijkdom en dichtheden

Welke typen groenblauwe dooradering?

Een combinatie van houtige en kruidenrijke gbda is nodig voor voedsel en nestplekken van de wilde bestuivers

- ✓ Houtwallen
- ✓ Kruidenrijke grasstroken
- ✓ Kruidenrijke akkerranden

Beheer groenblauwe dooradering

Het beheer richten op een hoge bedekking aan bloeiende planten en struiken in de gbda.

- ✓ Houtwallen met brede kruidenrijke zoom en bloeiende struiken, regelmatig gedeeltelijk terugsnoeien
- ✓ Kruidenrijke grasstroken: gefaseerd maaien na de bloei, deels ongemaaid overwinteren
- ✓ Kruidenrijke akkerranden zaadmengsels voor nectar en pollen
- ✓ Houtwallen voor lange tijd in stand houden, zijn pas na 10 jaar optimaal.
- ✓

Rangschikking gbda

Een fijnmazige gbda direct grenzend aan het perceel maar ook verbonden met het netwerk van gbda in de omgeving.

Een gevarieerd kleinschalig landschap draagt bij aan een soortenrijke bestuivers gemeenschap.

Variatie in teelten draagt bij aan een diverse bestuivers gemeenschap.

3.6 Bodemvruchtbaarheid en bodemfauna

3.6.1 Het doel van de landschapsdienst

Bodemvruchtbaarheid hangt af van de mate waarin de nutriëntencyclus verloopt zodat voedingsstoffen beschikbaar komen voor de gewassen. Bodemkwaliteit wordt voor een belangrijk deel bepaald door het bodemtype en de grondbewerking op het perceel zelf. Bij deze landschapsdienst gaat het om de bijdrage van de GBDA aan de bodemvruchtbaarheid en biodiverse bodemfauna van het perceel.



Houtwal in het Brummense landschap nabij het Leusveld. Houtwallen dragen bij aan de biodiversiteit van de bodem. (Foto Paul Opdam)

3.6.2 De stand van de kennis

De invloed van houtwallen en andere groene dooradering op de bodemkwaliteit is nog relatief weinig onderzocht. Het beschikbare onderzoek concentreert zich op de invloed van GBDA op de bodemfauna en bodemstructuur. Daarnaast speelt GBDA een rol bij CO₂ opslag (zie hoofdstuk 3.6).

3.6.3 De werking van de landschapsdienst

Herstel van de bodemkwaliteit, die achteruit is gegaan als gevolg van intensief agrarisch gebruik, is een sleutelfactor bij de ontwikkeling van natuurinclusieve landbouw. Bodemvruchtbaarheid van agrarische gronden hangt af van de nutriënten cyclus in de bodem, zodat stikstof, fosfaat en koolstof en in hoeverre deze nutriënten en allerlei mineralen beschikbaar komen voor de opname door de gewassen. De nutriëntenkringloop en bodemstructuur zijn afhankelijk van een breed scala aan bodem (micro) organismen, zoals schimmels, bacteriën en regenwormen. Bodemorganismen zijn belangrijk voor bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur (luchtig) en CO₂ opslag in de bodem.

Er is veel kennis beschikbaar hoe de bodemkwaliteit wordt bepaald door het bodemtype en de grondbewerking (zie bijvoorbeeld Biodivers boeren van Erisman en Slobbe (2019)). In deze literatuurstudie ligt de focus op de invloed van de natuurlijke landschapselementen op de bodemkwaliteit.

3.6.4 Effectieve typen groenblauwe dooradering

Houtwallen

In de studie van Smith et al. (2009) is aangetoond dat strooiselafbraak door het bodemleven op het perceel effectiever verloopt in de buurt van houtwallen. Er wordt geen afstand genoemd tot op welke afstand van de houtwal dit effect op de bodem van het perceel merkbaar is. Vooral bij oudere ongestoorde houtwallen werkt dit het best.

Holdena et al. (2019) hebben de bodems geanalyseerd onder houtwallen, grasland en akkerland. Zij concluderen dat bodems onder houtwallen een belangrijke functie hebben voor de bodemkwaliteit in agrarisch gebied, doordat de diversiteit en dichtheden van regenwormen en mycorrhiza in de houtwalbodem groter zijn dan op de percelen. Daardoor functioneren ze als een bron voor bodemorganismen.

De studie van Hoeffner et al. (2021) heeft aangetoond dat de aanwezigheid van houtwallen een positief effect heeft op de soortenrijkdom van de regenwormen in het aangrenzende grasland. Dit geldt voor jonge graslanden van 1 à 2 jaar oud (zie box 8 voor details). Het is niet duidelijk tot welke afstand van de houtwal dit effect in het jonge grasland merkbaar is.

Grasstroken

De review van Mkenda et al. (2020) toont aan dat zowel houtwallen als grasstroken de aanwezigheid van macrofauna in de bodem stimuleert en bijdraagt aan een nutriënten- en humusrijke bodem. De dichtheden van regenwormen zijn hoger in kruidenrijke grasstroken t.o.v. het veld omdat er niet wordt geploegd. Hoe ouder de GBDA, hoe beter deze functioneert, dit geldt bijvoorbeeld voor de organische stof afbrekende regenwormsoorten, die zeer belangrijk zijn voor de bodemkwaliteit (Mkenda et al. 2020).

Keverbanken

Bodem macrofauna van verschillende taxinomische groepen, zoals bodem predatoren, herbivoren, en detritusafbrekers, zijn in grotere dichtheden en diversiteit aanwezig in natuurlijke randen in vergelijking tot het perceel (Mkenda et al. 2020). Een voorbeeld zijn keverbanken, deze zijn niet alleen effectief in het creëren van hoge dichtheden natuurlijke vijanden zoals loopkevers voor plaagsoorten (zie hst 3.3 Natuurlijke plaagregulatie). Daarnaast dragen ze ook bij aan een grotere soortenrijkdom van de bodem macrofauna. De GBDA levert dus leefgebied voor zowel bovengrondse als ondergrondse organismen die diensten leveren aan de landbouw en levert zo meerde diensten tegelijk op voor de boer.

3.6.5 Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

Uit de review van Mkenda et al. (2020) blijkt dat de effectiviteit van houtwallen in de ontwikkeling van een divers bodemleven en betere strooiselafbraak ten opzichte van het perceel, groter wordt naarmate houtwallen ouder worden.

3.6.6 Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

Er is geen informatie gevonden in de literatuur over de optimale dichtheden aan houtwallen in het landschap voor een effectieve bijdrage aan de bodemvruchtbaarheid.

3.6.7 De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

De gunstige werking van de GBDA op de bodemvruchtbaarheid is merkbaar in het element zelf en op korte afstand van het element in het perceel zelf. Dus GBDA direct grenzend aan het perceel is het meest effectief. Er is echter geen kennis beschikbaar tot op welke afstand van de GBDA de gunstige effecten in het perceel merkbaar zijn.

BOX 8. Houtwallen zijn goed voor regenwormen

Hoefner et al. (2021) hebben de regenwormen geïnventariseerd in 24 graslanden in Bretagne, zowel in grasland in de buurt van een greppel of houtwal als in grasland zonder deze beide elementen. De studie onderzocht een mogelijke relatie tussen onder meer de regenworm gemeenschap en de aanwezigheid van houtwallen.

Regenwormen leveren belangrijke diensten voor de bodemkwaliteit. Ze dragen bij aan de nutriëntenkringloop, dragen bij aan watervasthoudend vermogen van de bodem (goed voor klimaatregulatie) en aan de bodemvruchtbaarheid. Uit een metastudie van Groenigen et al. (2014) blijkt dat de aanwezigheid van regenwormen een 18% (epigeic soorten) tot 32% (anecic soorten) hogere productie geven. Er bestaan een groot aantal verschillende soorten regenwormen die worden ingedeeld in 3 groepen (figuur 1).

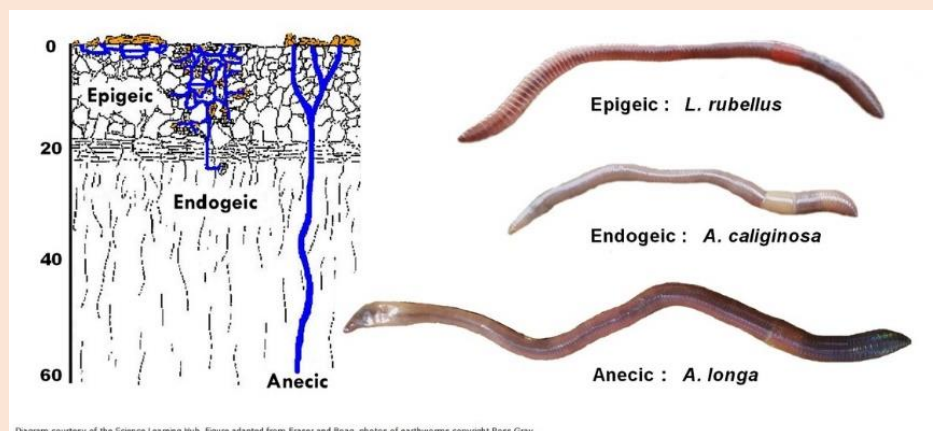


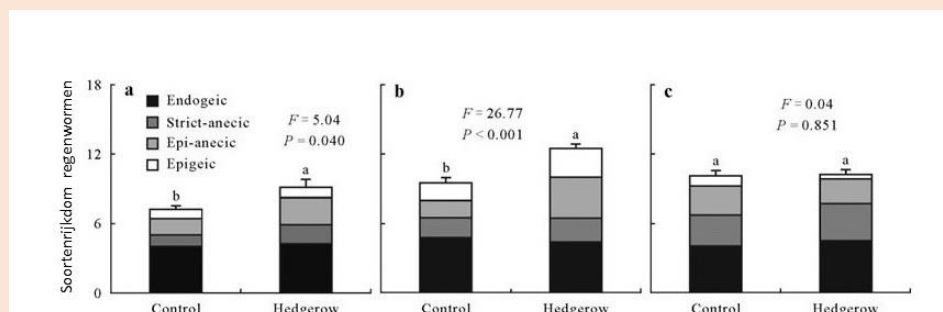
Diagram courtesy of the Science Learning Hub. Figure adapted from Fraser and Boag, photos of earthworms copyright Ross Gray.

Figuur 1. Er zijn veel verschillende soorten regenwormen, die worden ingedeeld in 3 groepen: epigeic (afbraak bovenste strooisellaag), anecic (vertikale pendelaars) en endogeic (meer vertikaal) (Bron: sciencelearn.org.nz).

Houtwallen

De aanwezigheid van houtwallen bleek een positief effect te hebben op de soortenrijkdom van de regenwormen, vooral in jonge graslanden van 1 à 2 jaar oud (Hoefner et al 2021).

In figuur 2 is te zien dat in het eenjarige grasland (figuur 2.a) en het twee jarig grasland (figuur 2.b) de soortenrijkdom in de buurt van de houtwal groter is dan in grasland zonder houtwal (control). Als het grasland 7 jaar oud is (figuur 2.c) is er geen verschil meer.



Figuur 2. De soortenrijkdom van regenwormen in grasland nabij een houtwal en in grasland zonder houtwal. Ouderdom grasland 1jaar (a), 2 jaar (b) en 7 jaar (c). Zie figuur 1 voor de verklaring van de verschillende typen regenwormen (bron: Hoefner et al. 2021).

3.6.8 De aanbevelingen op een rij

Bodemkwaliteit wordt voor een belangrijk deel bepaald door het bodemtype en de grondbewerking op het perceel zelf. Daarnaast heeft ook de GBDA een positief effect.

- Houtwallen en kruidenrijke grasstroken hebben een grotere soortenrijkdom aan regenwormen en ander bodemleven ten opzichte van het perceel. In jonge graslanden komen meer soorten regenwormen voor als er een houtwal aanwezig is.
- Strooiselafbraak verloopt sneller in de buurt van houtwallen.
- Keverbanken dragen ook ondergronds bij aan een soortenrijke bodemfauna.
- Het positieve effect van de landschapselementen op de bodem neemt toe met de ontwikkelingstijd van landschapselementen: hoe ouder hoe effectiever.

Een goede bodemvruchtbaarheid en bodemfauna is een sleutelfactor voor natuur inclusieve landbouw

Groenblauwe dooradering draagt bij aan bodemvruchtbaarheid en een divers bodemleven

Hoe werkt het?

Bodemkwaliteit wordt voor een belangrijk deel bepaald door het bodemtype en de groundbewerking op het perceel.

Daarnaast stimuleert gbda de strooiselafbraak en is de soortenrijkdom van de bodemfauna (o.a. regenwormen) en schimmels (mycorrhiza) groter in de gbda bodem en in het aangrenzende grasland.

Welke typen groenblauwe dooradering?

Zowel houtige als grazige gbda draagt bij aan de bodemkwaliteit.

- ✓ Houtwallen
- ✓ Grasstroken
- ✓ Keverbanken

Beheer groenblauwe dooradering

Het positieve effect van gbda op de bodem neemt toe met de ouderdom van de landschapselementen: hoe ouder hoe effectiever.

Regenwormen zijn belangrijk

Regenwormen leveren verschillende diensten en dragen bij aan de bodemkwaliteit:

- ✓ Stimuleren nutriëntenkringloop
- ✓ Verhogen watervasthoudend vermogen
- ✓ Betere bodemvruchtbaarheid

Percentage gbda in het landschap

Er is geen informatie gevonden in de literatuur over optimale dichtheden van gbda in het landschap voor een effectieve bijdrage aan de bodemvruchtbaarheid.

Rangschikking gbda

De gunstige werking van gbda op de bodemvruchtbaarheid vindt plaats in het landschapselement zelf en in het aangrenzende perceel. Het is niet bekend tot op welke afstand in het perceel de positieve effecten merkbaar zijn.

3.7 CO₂ opslag

3.7.1 Het doel van de landschapsdienst

CO₂ opslag staat voor het vastleggen van koolstof, zowel bovengronds in de vegetatie als ondergronds in de bodem. De opslag van CO₂ vermindert de concentratie van broeikasgassen in de lucht en is hiermee een mitigerende maatregel om klimaatverandering te verminderen.



Houtwallen leggen CO₂ vast. (Foto Lars Soerink)

3.7.2 De stand van de kennis

De relatie tussen CO₂ opslag en vegetatie is goed onderzocht. De resultaten van het onderzoek zijn eenduidig positief. De ontwikkeling van oudere bossen en andere natuurtypen, zoals natuurlijke graslanden, draagt bij aan het verminderen van de CO₂ concentraties in de lucht. Ook GBDA draagt bij aan CO₂ opslag. Er is een rechtlijnig verband tussen de hoeveelheid CO₂ opslag en de oppervlakte: hoe groter de oppervlakte natuur hoe meer CO₂ opslag. Er is minder bekend over de opslag van CO₂ in de bodem. Alleen van veenbodems is het belang voor de CO₂-opslag goed onderzocht.

3.7.3 De werking van de landschapsdienst

Planten nemen tijdens de groei CO₂ op. Bij snel groeiende planten gaat dit sneller dan bij langzaam groeiende soorten. Wanneer bomen worden gekapt of grasland wordt geoogst komt de CO₂ weer vrij. Ook in de bodem wordt CO₂ opgeslagen, met name in humusrijke grond.

3.7.4 Effectieve typen groenblauwe dooradering

Houtwallen

Drexler et al. (2021) hebben een meta-analyse uitgevoerd gebaseerd op 83 studies naar de vastlegging (zowel bovengronds en ondergronds) van CO₂ in houtwallen. In totaal wordt de extra opslag van koolstof in houtwallen ten opzichte van akkers geschat op 104 ± 42 mg/ha. Bovengronds wordt 84% vastgelegd, ondergronds 16%. Ook vindt er extra CO₂ opslag plaats in de akker in de buurt van de houtwal (Van Vooren et al. 2017). De resultaten laten zien dat het vastleggen van CO₂ in houtwallen vergelijkbaar is met wat je kan vastleggen in bossen. Houtwallen zijn daarmee een traditionele manier van *agroforestry* in de gematigde klimaatzones.

Grasstroken

In een grasstrook is de opslag van CO₂ 37% hoger dan in de aangrenzende akker (van Vooren et al. 2017). Voor een grasstrook is geen uitwaaiend effect van extra CO₂ opslag in de naastgelegen akker aangetoond. De vastlegging van CO₂ in grasland percelen is vergelijkbaar met grasstroken, mits het om permanente graslanden gaat.

3.7.5 Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

De CO₂ wordt bij de groei opgeslagen in de levende planten en komt weer vrij als deze worden afgebroken. Het is daarom effectief om houtwallen en grasstroken voor lange tijd in stand te houden. Uit onderzoek van Ruiz-Benito et al. (2014) blijkt dat de koolstof opslag in bossen toeneemt met de soortendiversiteit van het bos. Het is aannemelijk dat ook in houtwallen soortendiversiteit gunstig is voor de CO₂ opslag (zie Box 9 voor details).

3.7.6 Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

Op basis van de meta-analyse van Van Vooren et al. (2017) blijkt dat er in de buurt van een houtwal meer CO₂ wordt opgeslagen in de bodem van de akker. Bij een 10 meter hoge houtwal wordt extra CO₂ in de bodem vastgelegd over een strook van 43 meter vanaf de houtwal. Verder dan 43m is de CO₂ vastlegging vergelijkbaar met een akker zonder houtwal. Als je een akker met en een akker zonder houtwal met elkaar vergelijkt dan is de CO₂ opslag 22% hoger in de houtwal en gemiddeld 6% hoger in de strook van 43m langs de houtwal.

Voor een optimale CO₂ opslag in de akker is het daarom het meest effectief als de houtwallen niet verder dan 100 m van elkaar af liggen. Dit komt bij een perceelsomvang van 100 bij 200 m (2ha) neer op 14% GBDA in het landschap.

Voor grasstroken geldt dat de CO₂ opslag evenredig toeneemt met de oppervlakte van de grasstrook.

3.7.7 De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

De extra CO₂ opslag in akkers is maximaal als alle akkerranden grenzen aan houtwallen. Daarvoor is een fijnmazige verdeling van houtwallen over het landschap optimaal.

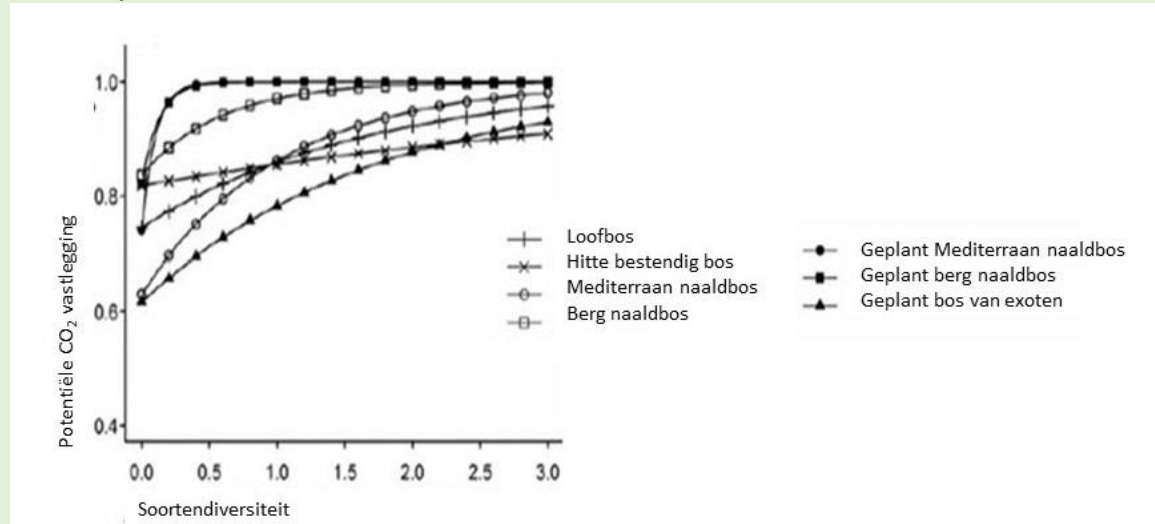
Voor grasstroken maakt de verdeling van de stroken t.o.v. de akkers niet uit voor de CO₂ opslag. Er is immers geen uitstralend effect van extra CO₂ opslag in de buurt van de grasstrook.

3.7.8 De aanbevelingen op een rij

- Houtwallen en grasstroken dragen bij aan de CO₂ opslag zowel bovengronds als ondergrondse opslag in de bodem.
- De hoeveelheid CO₂ opslag neemt rechtlijnig toe met de oppervlakte van de GBDA.
- De soortenrijkdom van loofbossen (en mogelijk ook houtwallen) draagt bij aan de CO₂ opslag.
- De opslagcapaciteit neemt toe met de leeftijd van de landschapselementen.
- Houtwallen hebben een positieve uitstraling op de CO₂ opslag in de akkerbodem: deze is groter in de buurt van houtwallen.
- Voor een optimale opslag van CO₂ in de akkerbodem zouden percelen niet breder moeten zijn dan 100m.
- Bij een perceelgrootte van 100 * 200m betekent dit een houtwallendichtheid van 14% in het landschap.

BOX 9. Meer CO₂ opslag bij een grotere soortendiversiteit

Het onderzoek van Ruiz-Benito et al. (2014) heeft aangetoond dat de koolstof opslag in Spaanse bossen toeneemt met de soortendiversiteit van het bos, totdat een maximum wordt bereikt. Met name in loofbos neemt de CO₂ opslag geleidelijk steeds verder toe naarmate het bos soortenrijker wordt.



De CO₂ opslag in bossen neemt toe met de (functionele) soortendiversiteit van de bomen (Ruiz-Benito et al. 2014).

Het onderzoek is uitgevoerd in bossen, dus het is niet bekend of dit effect ook opgaat voor houtwallen. Maar het is aannemelijk dat ook in houtwallen soortendiversiteit gunstig is voor de CO₂ opslag.

CO₂ opslag is een maatschappelijke landschapsdienst waarbij de vegetatie koolstof opneemt en klimaatverandering vermindert.

Groenblauwe dooradering draagt bij aan het vastleggen van CO₂

Hoe werkt het?

Planten nemen tijdens de groei CO₂ op. Ook in de bodem wordt CO₂ opgeslagen.

Ook groenblauwe dooradering draagt bij aan CO₂ opslag.

Het vastleggen van CO₂ in houtwallen is vergelijkbaar met de opslag in bossen.

Er wordt ook meer CO₂ vastgelegd in de akker in een zone langs de houtwal

Houtwallen zijn een traditionele manier van *agroforestry* in de gematigde klimaatzones.

Welke typen groenblauwe dooradering?

- ✓ Houtwallen en bomenrijen
- ✓ Permanente grasstroken

Rekening houden met biodiversiteit

In bossen is diversiteit van boomsoorten gunstig voor de CO₂ opslag. Dit geldt mogelijk ook voor houtwallen.

Bij het beheer rekening houden met de biodiversiteit die nodig is voor de andere diensten van de gbda.

- ✓ Natuurlijke plaagregulatie
- ✓ Wilde bestuivers
- ✓ Biodiversiteit landelijke gebied
- ✓ Ecologische verbindingzones

Beheer groenblauwe dooradering

CO₂ komt weer vrij als bomen worden gekapt of grasland wordt omgeploegd.

Het is effectief om houtwallen en grasstroken voor lange tijd in stand te houden.

Percentage gbda in het landschap

14% gbda per km²

Voor maximale vastlegging van CO₂ in houtwallen en akkers is een afstand tussen houtwallen van 100m optimaal. Dit komt bij een perceelomvang van 100 * 200 m (2 ha) neer op 14% gbda in het landschap.

Rangschikking gbda

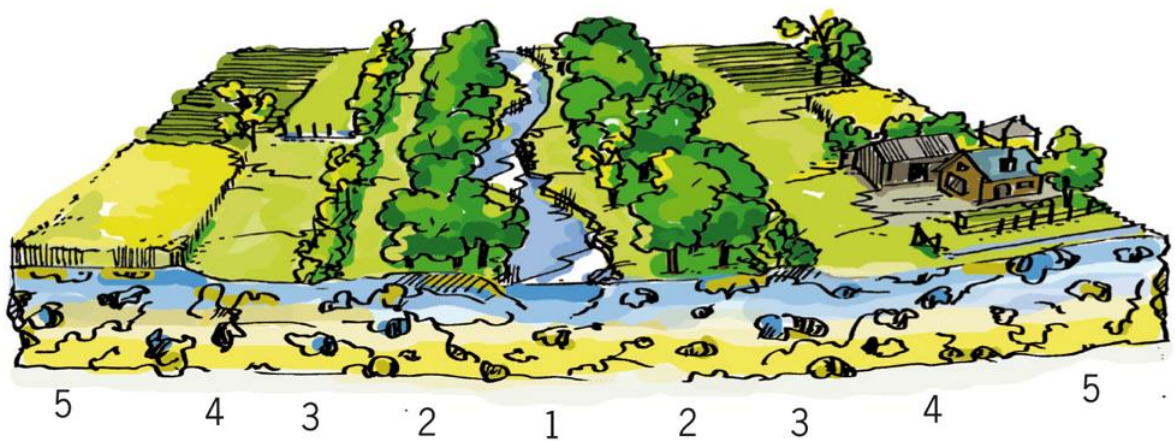
Een fijnmazige dooradering van de gbda direct grenzend aan het perceel geeft optimale CO₂ opslag in de houtwal en het aangrenzend perceel.

Percelen niet breder dan 100m

3.8 Waterzuivering

3.8.1 Het doel van de landschapsdienst

Waterzuivering is het vermogen van vegetatie om verontreinigende stoffen op te nemen. Het kan gaan om voedingsstoffen zoals fosfaat en stikstof, afkomstig uit landbouwpercelen. Maar ook giftige stoffen zoals bestrijdingsmiddelen en verontreinigingen afkomstig van verkeer en industrie kunnen worden opgenomen.



Gewenste situatie: vernat beekdal

Houtwallen langs een beek zorgen voor zuivering van het afstromende regenwater.

(Bron: visie beekdalontwikkeling in Limburg, waterschap Limburg)

3.8.2 De stand van de kennis

De relatie tussen vegetatie en waterzuivering is goed onderzocht, zowel in het veld als in laboratoriumexperimenten.

3.8.3 De werking van de landschapsdienst

Waterzuivering wordt geleverd door zowel groene als blauwe GBDA. Vegetatie en bodems vangen de verontreinigende stoffen af, zodat afspoeling naar oppervlaktewater of grondwater wordt voorkomen. De stoffen worden uit het systeem verwijderd door biomassa af te voeren.

De review van Prosser et al. (2020) laat zien dat GBDA tussen een veld en een waterloop een effectieve manier is om de waterkwaliteit te verbeteren. Nutrienten en pesticiden die tijdens regenval of dooi in het oppervlaktewater terecht zouden kunnen komen, worden afgevangen door de vegetatiestrip. Het is belangrijk dat de bufferstrip vegetatie heeft, een kale strip is veel minder effectief (Prosser et al. 2020).

3.8.4 Effectieve typen groenblauwe dooradering

Houtwal of bosstrook

Een houtwal, bomenrij of bosstrook voorkomt dat een groot deel van de uitspoeling van stikstof en fosfaat dat via het oppervlakkig afstromende water van de akker afstroomt in de watergang terecht komt (Van Vooren et al, 2017).

Grasstrook

Ook een grasstrook voorkomt een groot deel van de uitspoeling van stikstof en fosfaat dat via het oppervlakkig afstromende water van de akker afstroomt en in de watergang terecht kan komen (Van Vooren et al. 2017).

Natuurvriendelijke oevers

Ook moerasvegetatie, bijvoorbeeld in brede natuurvriendelijke oevers langs watergangen of in vloeivelden, kan bijdragen aan waterzuivering (Arya 2021). Helofytenfilters zijn een bekende methode voor het zuiveren van water doordat veel voedingsstoffen en verontreinigingen worden opgenomen. Helofyten zijn moerasplanten, zoals bijvoorbeeld riet en lisdodde, die met hun voeten in het water staan. Door het plantenmateriaal regelmatig af te voeren worden de voedingsstoffen afgevoerd.

Combinatie van houtwal en grasstrook

Een houtwal of bosstrook langs een rivier is effectief, als dit wordt gecombineerd met een grasstrook (Cole et al. 2020, Prosser et al. 2020). Het blijkt ook dat de GBDA effectiever wordt naarmate deze ouder wordt. In oudere landschapselementen heeft ook de bodem zich beter ontwikkeld (humusvorming) en dat draagt bij aan het afvangen van nutriënten en verontreinigingen.

3.8.5 Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

Voor het in stand houden van de effectiviteit van GBDA die gericht is op het afvangen van nutriënten (ook wel bufferstroken genoemd), is het belangrijk dat de biomassa regelmatig wordt afgevoerd, door maaien en afvoeren en het terugzetten van het struweel. Het ophopen van bestrijdingsmiddelen in de bufferstrip kan op termijn problematisch worden, waarbij de bufferstrip zelf een vervuilsbron wordt. Om dit te voorkomen is het belangrijk dat er maatregelen worden genomen bij de bron van de verontreiniging: minder of geen bestrijdingsmiddelen gebruiken.

Bij het afvoeren van biomassa is het belangrijk dat rekening wordt gehouden met de andere diensten die de GBDA levert, bijvoorbeeld bestuiving en natuurlijke plaagregulatie, waarbij de focus ligt op een bloemrijk beheer.

3.8.6 Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

Het percentage GBDA in het landschap gericht op waterzuivering wordt bepaald door de hoeveelheid beken en andere watergangen in het landschap. Waterzuivering door GBDA langs waterlopen is het meest effectief als het hele stroomgebied wordt meegenomen. Dat betekent dus GBDA langs de gehele beekloop (Prosser et al. 2020).

Ook kan worden overwogen om in de buurt van natuurgebieden bufferstrips aan te leggen om de hoeveelheid stikstof en fosfaat die in het natuurgebied terecht komt te verminderen.

3.8.7 De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

De effectiviteit van de GBDA voor waterzuivering neemt toe met de breedte (Cole et al. 2020). De effectiviteit hangt ook af van het type verontreiniging en het bodemtype. Het maakt uit of de verontreinigende stoffen oplossen in water of worden gebonden aan bodemdeeltjes. Volgens de review van Prosser et al. (2020) bestaat er een algemene vuistregel dat een 5m brede strip 50% reduceert en een 10m brede strip 90%, mits de vegetatie goed ontwikkeld is. Bijvoorbeeld een houtwal of bosstrook met graslandzoom. Ook wordt de bufferstrook effectiever naarmate hij ouder wordt.

Schmitt et al. (1999) bevelen een breedte van 7,5 m aan voor het vastleggen van verontreinigingen die aan sediment worden gebonden (zoals glyfosaat) en een breedte van 15m voor in water oplosbare verontreinigingen zoals nitraat en fosfaat.

Van Vooren et al. (2017) hebben in een meta-analyse de relatie tussen de breedte van landschapselementen en het opnemen van stikstof en fosfaat berekend, waarbij een houtwal van 5 meter breed twee derde van het fosfaat en driekwart van de stikstof afvangt rondom een akker (zie Box 10 voor details).

Gebaseerd op bovenstaande aanbevelingen is een bufferstrook van 10-15 m aan beide zijden van de watergang nodig om te voorkomen dat verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater terecht komen. Met deze aanpak kan de waterkwaliteit van de vele beken die van de Veluwe naar de IJssel lopen in het Brummense landschap worden verbeterd.

BOX 10. Houtwallen en grasstroken vangen stikstof en fosfaat weg.

Van Vooren et al. (2017) hebben in een meta-analyse de afvangende werking van houtwallen en grasstroken rondom een perceel berekend. Dit wordt gemeten door het stikstofgehalte in het water (surface flow) te meten op het punt waar het water het landschapselement inkomt en waar het deze weer verlaat.

De bredere elementen zijn het meest effectief (Tabel 1). Een houtwal van 5 m breed langs een akker kan driekwart van de stikstof en een tweederde van het fosfaat afvangen via oppervlakkige afstroming van het grondwater. Dit werkt het meest effectief in een hellend landschap waarbij de gbda elementen dwars op hellingsrichting staan. In Brummen is een hoogteverschil van de Veluwe naar de IJssel, die zorgt voor de afvoer van het grondwater richting IJssel. Zo kan worden voorkomen dat een groot deel van deze stoffen in het grondwater en oppervlaktewater terecht komen.

Tabel 1. Berekening van de reductie van stikstof en fosfaat door landschapselementen langs een akker (bron: Meta-analyse Van Vooren et al. 2017).

Breedte gbda	Houtwal		Grasstrook	
	Reductie Stikstof	Reductie Fosfaat	Reductie Stikstof	Reductie Fosfaat
2 meter	42%	-	29%	23%
5 meter	72%	67%	58%	48%
10 meter	-	-	76%	73%

3.8.8 De aanbevelingen op een rij

- Houtwallen of bosstroken gecombineerd met een grasstrook zijn het meest geschikt als bufferstrook langs watergangen die voorkomt dat verontreinigingen in het oppervlaktewater terecht komen.
- Brede natuurvriendelijke oevers nemen ook verontreinigingen vanuit het water op.
- Ook in de buurt van natuurgebieden kunnen deze landschapselementen stikstof en fosfaat afvangen.
- Landschapselementen worden effectiever in het opnemen van verontreinigingen naarmate ze ouder worden.
- Een bufferstrook van 10-15 m breed langs beide zijden van de watergang is nodig.
- Het aanleggen van bufferstroken langs alle beken en andere grotere watergangen in het gehele stroomgebied geeft effectieve waterzuivering.
- Beheer: de biomassa dient regelmatig afgevoerd te worden. Hierbij is het belangrijk dat rekening wordt gehouden met het vereiste beheer voor de andere diensten die de GBDA levert, zoals natuurlijke plaagregulatie en bestuiving.

Waterzuivering is een maatschappelijke landschapsdienst waarbij de vegetatie verontreinigende stoffen opneemt.

Groenblauwe dooradering langs watergangen en rondom natuurgebieden verbetert de waterkwaliteit.

Hoe werkt het?

De vegetatie en bodem van gbda neemt verontreinigende stoffen op zoals stikstof, fosfaat of bestrijdingsmiddelen, zodat deze niet in het water of natuurgebieden terecht komen.

De biomassa van de gbda wordt regelmatig afgevoerd.

De werking van de gbda neemt toe met de ouderdom.

Welke typen groenblauwe dooradering?

Een combinatie van houtige en grazige gbda is het meest effectief.

- ✓ Houtwallen
- ✓ Bosstroken
- ✓ Grasstroken
- ✓ Natuurvriendelijke oevers

Beheer groenblauwe dooradering

Voor het in stand houden van de zuiverende werking is het belangrijk dat de biomassa regelmatig wordt afgevoerd.

- ✓ Houtwal terugsnoeien
- ✓ Grasstrook maaien en afvoeren

Rekening houden met biodiversiteit

Bij het afvoeren van biomassa is het belangrijk om rekening te houden met het beheer gericht op biodiversiteit voor de andere diensten van de gbda.

- ✓ Natuurlijke plaagregulatie
- ✓ Wilde bestuivers
- ✓ Biodiversiteit landelijke gebied
- ✓ Ecologische verbindingzones

Percentage gbda in het landschap

Gbda langs de gehele waterloop aanleggen.

Gbda in bufferzone rond natuurgebieden aanleggen.

Het percentage gbda in het landschap hangt af van de hoeveelheid beken en andere watergangen.

Rangschikking gbda

Stroken van 10-15m breed langs beide zijden van de watergang.

Ook in de buurt van natuurgebieden kan gbda stikstof en fosfaat afvangen.

3.9 Klimaatadaptatie

3.9.1 Het doel van de landschapsdienst

Klimaatverandering heeft ingrijpende en uiteenlopende gevolgen voor de waterhuishouding van agrarische landschappen. Enerzijds nemen de zwaarte en de frequentie van hoosbuien toe, anderzijds worden steeds vaker droogtere records gebroken. De huidige hoofdwatgangen in Brummen zijn recht, diep en smal. De drainage van landbouwpercelen en de dimensionering van waterlopen is erop gericht het water zo snel mogelijk af te voeren. Daardoor kunnen hoosbuien benedenstrooms tot problemen leiden. In een hellend landschap als dat in Brummen ben je het afgevoerde water kwijt, en kan het water dus geen rol meer spelen bij het voorkomen van droogte. Zowel voor het omgaan met extreme regen als voor het verzachten van extreme droogte moet het watersysteem dus anders worden gedimensioneerd. Het doel van de landschapsdienst klimaatadaptatie door GBDA is de kans op overlast en schade door extreme regenval en droogte te verkleinen.



Ondiepe beken met natuurlijke oevers remmen de afvoer van regenwater: de Soerense beek (Foto Lars Soerink).

3.9.2 De stand van de kennis

De meeste kennis over hoe GBDA invloed heeft op de wisselwerking tussen klimaatverandering en het watersysteem is gebaseerd op onderzoek in bergachtige gebieden, die niet goed naar Brummen kunnen worden vertaald. Veel van de verzamelde kennis laat alleen kwalitatieve uitspraken toe. Bij kwantitatief onderzoek ligt de focus vaak op de schaal van de individuele houtwal, niet op landschapsniveau. In Europa zijn een paar belangwekkende onderzoeken over de capaciteit van GBDA om water vast te houden gedaan in Bretagne (Fr) en Engeland (referenties in Wolton et al. 2014).

Het onderzoek naar de rol van GBDA bij het verminderen van droogtestress richt zich vooral op akkerbouwlandschappen (Wolton et al. 2014).

Het Waterschap Vallei en Veluwe beschikt over modellen voor Brummen die op perceelniveau inzicht geven in de invloed van maatregelen op het watersysteem.

3.9.3 De werking van de landschapsdienst

De landschapsdienst klimaatadaptatie van het watersysteem kent verscheidene mechanismen.

Opslag van extreme neerslag.

Vooraf bij houtwallen en boomrijen die dwars op de helling staan kan de reductie van de waterstroom oplopen tot wel 45% en de reductie van erosie van de bodem tot 33% minder in vergelijking tot hellingen zonder houtige elementen (Wolton et al. 2014). In het zwak hellende landschap van Brummen en bij overwegend grazige begroeiing, liggen die getallen hier ongetwijfeld lager. Deze bijdrage aan water vasthouden is een optelsom van 3 processen. Ten eerste: als houtwallen bladeren hebben verdampen ze meer. Ten tweede: regen die op de bladeren valt verdampt deels voordat het water de bodem bereikt. En tenslotte: de bodem onder een houtwal laat water makkelijker door. Daardoor is de waterstand er lager dan in grasland, en vormt de bodem een opvangstrook voor water bij heftige regen.

Wallace et al. (2021) stelden vast dat deze waterbufferfunctie ook geldt voor 6m brede ruigteranden langs houtwallen. Vergeleken met begraasd grasland van 100% raaigras, hebben ruigteranden een poreuzere bodemstructuur met een 25% hogere doorlaatbaarheid. Daardoor nemen ze meer water op bij hevige regenval en verminderen de oppervlakkige waterstroom.

Verminderen van droogte.

Houtwallen reduceren de verdamping van de bodem op het perceel doordat de windsnelheid afneemt. Ook neemt de verstuiving van de bodem gedurende droogte af. In hun overzicht van de literatuur laten Weninger et al. (2021) zien dat reductie van de windsnelheid op een perceel met windsingel, oploopt tot meer dan 50%. Met name in akkerbouwgebieden leidt dit gedurende droge periodes tot aanzienlijk minder bodemerosie, wel tot 50% minder in vergelijking tot gebieden zonder houtwallen. Doordat de verdamping lager is, treedt droogtestress in de bodem pas later in de droogteperiode op en is de droogtestress minder hevig.

3.9.4 Effectieve typen groenblauwe dooradering

Houtwallen en bomenrijen

Houtige landschapselementen dragen bij aan de opvang van regenwater, zoals uitgelegd in de vorige paragraaf.

Voor het tegengaan van droogteschade door minder verdamping op het perceel is de hoogte van de houtwal bepalend voor de reikwijdte van het effect. Het effect van een bomenrij met struiken is daardoor groter dan van een houtwal met alleen struiken.

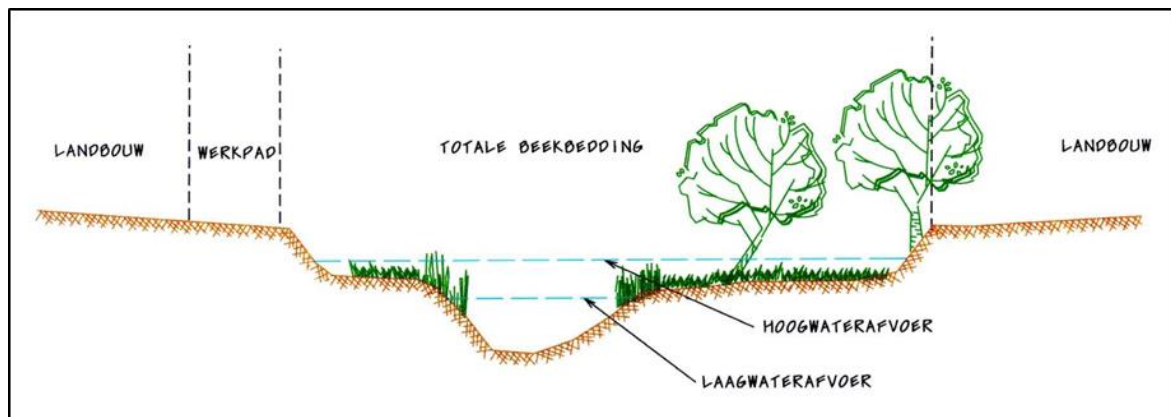
Kruidenrijke grasstroken

Ook kruidige bufferstroken langs houtwallen dragen bij aan de opvang van regenwater. In deze stroken is de bodem doorlaatbaarder voor water dan in het aangrenzende weiland, als gevolg van een hoger gehalte aan organische stof, diepere beworteling en minder verdichting door vee en machines. Ook verdampen de planten er meer.

Watergangen

Door het verondiepen van sloten langs percelen wordt het water minder snel afgevoerd, waardoor er minder snel droogtestress ontstaat.

Een effectief ontwerp van een watergang die zowel verdroging tegengaat als wateroverlast beperkt, staat bekend als het accoladeprofiel (zie figuur 7). Daarvoor wordt de watergang ondieper gemaakt en aanzienlijk verbreed, met brede oeverzones, die functioneren als uitwaarden bij hoge waterafvoer. De verdiepte geul zorgt ervoor dat de beek niet droog komt te staan bij lage waterafvoer, zodat waterdieren zoals macrofauna en vissen kunnen overleven.



Figuur 7 Voorbeeld van een accoladeprofiel (Bron: [Beleidsregels Ontwikkelen Waterlopen \(overheid.nl\)](https://overheid.nl/Beleidsregels%20Ontwikkelen%20Waterlopen))

Poelen

Ook poelen dragen bij aan wateropvang bij neerslag. In tijden van droogte wordt het opgevangen water geleidelijk aan de omgeving afgegeven.

3.9.5 Kwaliteit en beheer van de groenblauwe dooradering

Over de effecten van beheer van houtige elementen op de retentiefunctie zijn geen gegevens gevonden. Het beheer moet gericht zijn op het handhaven van de boom of struiklaag.

De functie als windsingel werkt het beste wanneer de begroeiing 40% van de wind doorlaat (Wolton et al. 2014). Dat is het geval bij een combinatie van een gesloten struiklaag en een enkele rij bomen, bijvoorbeeld eiken. De struiklaag moet periodiek worden afgezet.

3.9.6 Het percentage groenblauwe dooradering in het landschap

Opslag van extreme neerslag

Onderzoek op landschapsschaal is schaars. Enig inzicht komt uit Bretagne (Wolton et al. 2014). Hier werd gevonden dat een stroomgebied met een netwerk van houtwallen (ca. 3% bedekking) na hoosbuien 25-50% minder water afvoert dan een gebied zonder houtwallen. Als water eenmaal begint te stromen over de velden, kunnen houtwallen deze stroom blokkeren en gedeeltelijk in de bodem opnemen. Maar dit effect treedt alleen op als de percelen niet voorzien

zijn van een effectief drainagesysteem. Is dat er wel, dan verdwijnt alles snel in de hoofdwaterlopen, met kans op overstromingen benedenstrooms.

Verminderen van droogte

Onderzoek in Zuid-Italië (Campi et al. 2009) toonde aan dat boomrijen de windsnelheid reduceerde tot op een afstand van 13x de hoogte van de bomen. Het gevolg is dat in deze zone de verdamping afnam en de opbrengst van gewas 10-20% hoger was dan buiten de invloedssfeer van de windsingel. De bodem van het onderzoeksgebied was kleiig/lemig, terwijl de boomrijen uit 3 m hoge cipressen bestonden. In hoeverre deze resultaten op het Brummense landschap kunnen worden toegepast is daarom onzeker.

Als we deze indicatie mogen generaliseren naar Brummen, dan zou een houtwal van 10m hoog de verdamping kunnen verlagen van een perceel van ca. 2 ha. Bij een GBDA breedte van 5m zou dit neerkomen op 7% GBDA.

Klimaatadaptatie door waterelementen

Voor een kwantitatieve berekening van de bijdrage van watergangen aan het verminderen van wateroverlast en tegengaan van droogte verwijzen we naar de modellen van het Waterschap Vallei en Veluwe.

3.9.7 De verdeling tussen de groenblauwe dooradering en de percelen

De effectiviteit van de hier besproken landschapsdiensten is het hoogst wanneer de GBDA gelijkmatig over het landschap is verdeeld. Voor het beperken van een oppervlakkige waterstroom bij hoosbuien moeten de houtwallen dwars op de helling staan. Het effect op de verdamping reikt tot 130m (bij 10 m hoge GBDA).



Houtwallen remmen de wind en verlagen daardoor de verdamping van graslanden, waardoor deze minder gevoelig zijn voor langdurige droogte. (Foto Lars Soerink)

BOX 11. Andere bijdragen van gbda aan klimaatadaptatie

Minder hittestress vee

Schaduw van houtwallen en bomen vermindert de kans op hittestress bij vee. Voor commerciële koeienrassen is het waarschijnlijk dat houtwallen de gevolgen van hittestress kunnen verzachten. Het voorkomt een lagere melkgift, verminderde weerstand tegen ziektes en lagere gewichten bij de geboorte (Wolton et al. 2014).



Bomen bieden schaduw tegen hittestress (Bron: [Graziqe weiden - Lesmateriaal - Wikiwijs](#))

3.9.8 De aanbevelingen op een rij

- Houtwallen en andere lijnvormige landschapselementen reguleren het watersysteem bij extreme neerslag en droogte.
- In Brummen is bij extreme neerslag vooral de bufferfunctie relevant. Deze ontstaat doordat de poreuze bodem bij de relatief lage grondwaterstand onder houtwallen en ruigtestroken snel veel water kan opslaan.
- De beschikbare informatie is onvoldoende om een advies over een optimale dichtheid aan houtwallen op te baseren. Belangrijk: bij een effectieve drainage van de percelen wordt het water snel afgevoerd naar de watergangen en is de bijdrage van houtwallen een stuk kleiner.
- In perioden van extreme droogte treedt droogtestress voor gewassen en gras op de percelen later op en in mindere mate bij een houtwalnetwerk in de orde van 7% bedekking.
- Voor de beschreven diensten is een gelijkmatige verdeling van de houtwallen over het landschap een voorwaarde.
- Door minder diepe sloten langs percelen wordt het water minder snel afgevoerd, waardoor er minder snel droogtestress ontstaat.
- Voor beken en andere waterlopen zijn kwantitatieve uitspraken over de effecten van aanpassing van watergangen op het watersysteem mogelijk met behulp van de modellen van het Waterschap Vallei en Veluwe, die ook in WaardeVOL Brummen zijn gebruikt (zie [WaardeVOL Brummen - Vallei en Veluwe \(vallei-veluwe.nl\)](http://WaardeVOL.Brummen-Vallei-en-Veluwe.nl)).

Klimaatadaptatie vraagt om een aanpassing van het watersysteem

Groenblauwe dooradering vermindert de effecten van wateroverlast en droogtestress

Hoe werkt het?

Aanpassing van het watersysteem is nodig om zowel wateroverlast door zware regens als droogtestress tijdens perioden van droogte te verminderen.

Gbda draagt bij aan klimaatadaptatie doordat het regenwater opvangt, water in het gebied vasthoudt en de verdamping vermindert.

Gbda levert ook nog andere bijdragen aan klimaatadaptatie. Houtwallen en bomen verminderen de gevolgen van hittestress bij het vee in de wei.

Het accoladeprofiel

Een accoladeprofiel in beken zorgt ervoor dat de beek weinig water afvoert in tijden van droogte maar niet droog komt te staan. Bij een hoge waterafvoer functioneert de brede oeverzone als een uiterwaard zodat er geen wateroverlast optreedt.

Percentage gbda in het landschap

Alle beken inrichten met een accoladeprofiel

Onderzoek op landschapsschaal is schaars. Extrapolatie van onderzoek uit zuid Europa komt op:

7% GBDA per km²

Welke typen groenblauwe dooradering?

- ✓ Houtwallen
- ✓ Kruidenrijke grasstroken
- ✓ Bomenrijen met struiklaag
- ✓ Sloten verondiepen
- ✓ Beken met accoladeprofiel
- ✓ Poelen

Beheer groenblauwe dooradering

Het beheer van houtige elementen dient gericht te zijn op het in stand houden van de boomlaag en struiklaag.

Bij het beheer rekening houden met de biodiversiteit die nodig is voor de anderen diensten van gbda:

- ✓ Natuurlijke plaagregulatie
- ✓ Wilde bestuivers
- ✓ Biodiversiteit landelijk gebied
- ✓ Ecologische verbinding

Rangschikking gbda

Aanleg houtige landschapselementen direct langs akkers draagt het meest bij aan het verminderen van droogtestress.

4. Inzichten multifunctionele groenblauwe dooradering

4.1 Dezelfde groenblauwe dooradering levert meerdere diensten

Een van de opvallende resultaten uit hoofdstuk 3 is dat hetzelfde type landschapselement een belangrijke rol speelt voor het functioneren van meerdere landschapsdiensten. In tabel 2 is dit samengevat. Tabel 2 geeft een overzicht welke groenblauwe dooradering elementen belangrijk zijn voor het functioneren van de in hoofdstuk 3 besproken landschapsdiensten. De belangrijkste landschapselementen die voor elke dienst een bijdrage leveren zijn: houtwallen *met brede zoom* en *kruidenrijke grasstroken*. Dit is goed nieuws voor de realisatie van de GBDA, omdat er meerdere vragers kunnen zijn die ieder hun eigen belang hebben bij de aanleg van dezelfde landschapselementen. Dit nodigt uit tot samenwerking bij de realisatie van de GBDA in het landschap (zie hoofdstuk 4.4 Samenwerking loont).

Er zijn een echter aantal aandachtspunten wanneer een GBDA netwerk wordt aangelegd ten behoeve van meerdere landschapsdiensten.

Combinaties van groenblauwe dooradering

De GBDA elementen in de tabel 2 zijn onderverdeeld in 3 categorieën: houtige elementen, grazige elementen en natte elementen. Voor een aantal landschapsdiensten is een combinatie uit 2 of meer van deze categorieën essentieel voor het goed functioneren van de dienst. Dit geldt bijvoorbeeld voor de diensten natuurlijke plaagregulatie, onderdrukking eikenprocessierups en bestuiving. Deze diensten functioneren alleen goed als zowel houtige elementen als ook grazige kruidenrijke elementen aanwezig zijn. Voor de GBDA die gericht is op het herstel van de biodiversiteit in het landelijk gebied en voor de aanleg van ecologische verbindingen zijn combinaties van houtige, grazige en natte elementen nodig. De natte elementen zijn bijvoorbeeld belangrijk voor vissen. Terwijl amfibieën zowel natte, houtige elementen als grazige nodig hebben.

Samengestelde landschapselementen, waarbij verschillende typen elementen direct aan elkaar grenzen, werken het best. Dit blijkt bijvoorbeeld uit een evaluatie in de Ooijpolder waar de effectiviteit van de eerder aangelegde GBDA is onderzocht (Nijssen et al. 2019). Samengestelde landschapselementen leveren een hogere biodiversiteit op dan enkelvoudige elementen. Met name de combinatie van kruidenrijke grasstroken met struweel en/of met een natte component (greppel of watergang) leveren hogere aantallen soorten op. De grotere soortenrijkdom kan worden verklaard door zowel de grotere variatie aan begroeiing binnen het element als ook de grotere omvang van de elementen, aangezien samengestelde elementen vrijwel altijd breder zijn dan enkelvoudige landschapselementen.

Voor sommige landschapsdiensten speelt dit vereiste van combinaties van GBDA elementen niet en is de keuze vrij voor welke landschapselementen je kiest. Dit geldt bijvoorbeeld voor CO₂ vastleggen. Als je echter werkt aan een gemeenschappelijk GBDA netwerk voor meerdere diensten, dan zijn de diensten die bepaalde combinaties van elementen nodig hebben hierin leidend.

Beheer van de GBDA afstemmen

Ook het beheer van het landschapselement is een belangrijk aandachtspunt. Voor de landschapsdiensten CO₂ vastleggen of waterzuivering is het beheer gericht op het periodiek afvoeren van het plantenmateriaal. Voor de diensten die gericht zijn op biodiversiteit is de soortenrijkdom van struiken, bomen maar vooral ook bloeiende kruiden leidend voor het

optimaal functioneren van de dienst. Voor het beheer van de landschapselementen is het weliswaar belangrijk dat er regelmatig materiaal wordt afgevoerd maar dan wel gefaseerd, zodat er altijd voldoende bloeiende planten en struiken aanwezig zijn. Ook is het belangrijk dat een deel in de winter ongemoeid blijft zodat de soorten daar kunnen overwinteren. Bij het combineren van landschapsdiensten is het dus belangrijk om het beheer af te stemmen. Ook hier geldt dat de diensten die gericht zijn op biodiversiteit leidend dienen te zijn voor het beheer.

Er is veel kennis beschikbaar over het beheer van GBDA gericht op biodiversiteit. Voor het beheer van GBDA ten behoeve van karakteristieke platteland soorten wordt verwezen naar het agrarisch natuur – en landschapsbeheer (www.collectiefveluwe.nl of www.bij12.nl). Een recente OBN studie (Oosterveld et al. 2022) geeft een gedetailleerde lijst van aanbevelingen voor optimaal beheer van houtwallen, bomenrijen singels en poelen voor een brede biodiversiteit van het landelijk gebied. De brochure onderstreept het grote belang van variatie en gefaseerd beheer. Hoe meer soorten kruiden, struiken en bomen, hoe beter voor de biodiversiteit en de door de biodiversiteit geleverde landschapsdiensten: natuurlijke plaagonderdrukking, bestuiving en onderdrukking eikenprocessierups.

Tabel 2. Per ecosysteemdienst is een overzicht gegeven welke typen groenblauwe dooradering belangrijk zijn voor het functioneren van de dienst.

Betekenis symbolen: ++ levert een grote bijdrage, + levert een bijdrage, (+) draagt enigszins bij.

Bijdrage Groen-blauwe dooradering	Basiskwaliteit natuur	Ecologische Verbindings-zones	Bufferzone rond natuurgebied Waterzuivering	Bufferzone rond natuurgebied Droogtestress	Natuurlijke plaag onderdrukking	Bestuiving	Vruchtbare bodem en divers bodemeleven	Vastleggen CO ₂	Waterzuivering	Eikenprocessierups onderdrukking	Klimaatadaptatie Verminderen wateroverlast en droogte
Houtige landschapselementen											
Houtwallen met bredezoom	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Hagen	+				+			+		+	
Bosjes	++	++	++		++			++	++		
Bomenrijen	+	+		++	+			++			++
Grasige landschapselementen											
Kruidenrijke grasland stroken (permanent)	++	++	++	+	++	++	++	++	++	++	+
Kruidenrijke akkerranden (tijdelijk)	+	+			++	++				++	
Keverbanken (semi- permanent)					++	+	+			+	
Natte landschapselementen											
Poelen met kruidenrijke oeverzone	++	++		+	(+)	(+)					+
Natuurvriendelijke oevers & Accolaprofiel	++	++		++	(+)	(+)			++		++
Beken met vrije loop	++	++		+	(+)				+		+

4.2 Invloed groenblauwe dooradering op de agrarische opbrengst

Natuurlijke landschapselementen nemen ruimte in die ook voor de voedselproductie zou kunnen worden gebruikt. Dat betekent minder opbrengst voor de boer. Daar komt bij dat houtachtige elementen een schaduwwerking hebben, die eveneens tot reductie van opbrengst leidt. Aan de andere kant leveren de elementen landschapsdiensten die een positief effect kunnen hebben op de opbrengst, bijvoorbeeld doordat effectievere bestuiving producten van hogere kwaliteit

oplevert, of doordat opbrengstverlies door droogte wordt afgezwakt. Hoe pakt deze optelsom van positieve en negatieve invloeden netto uit?

Een deel van het antwoord komt van veldonderzoek, voornamelijk in akkerbouwbedrijven, waar de opbrengst is gemeten, evenals factoren die de opbrengst bepalen. Wolton et al. (2014) concluderen dat er sterke aanwijzingen zijn dat houtwallen met bomen een positief effect hebben op de oogst. Dat is vooral het geval bij groenten en fruit, en bij gewassen met grote bladeren zoals aardappelen en bonen. Bij deze gewassen is opbrengstverhoging tot 75% gemeten. Bij granen ligt dit getal lager, onder de 25%. Bij gras zijn waarden gevonden in de orde van 27-67% hogere opbrengst. Het effect hangt af van het klimaat en van de grondsoort, op zware gronden is het effect kleiner dan op lichte gronden. Wolton et al. (2014) verwijzen ook naar Canadees onderzoek van Kort (1988) dat laat zien dat de gunstige effecten het grootst zijn voor wintertarwe, rogge, gerst en hooi, en minder voor zomertarwe, haver en mais. Russisch onderzoek (door Kort geciteerd) komt uit op een opbrengstverhoging bij wintergraan van 25%, zowel in droge als natte jaren.

Dit positieve effect van houtige elementen is binnen het perceel niet overal gelijk. In een Duits onderzoek aan percelen met wintertarwe (Raatz et al. 2019) werd op verschillende afstanden van houtige elementen gemeten. De onderzoekers vonden een verlies aan opbrengst over de eerste 18 meter van 10%. Maar vergeleken ze de opbrengst van een graanperceel in landschappen met houtwallen met die in open landschap, dan bleek de opbrengst, ondanks het negatieve effect nabij de houtwal, over het gehele perceel toch hoger te zijn. Campi et al. (2009) deden onderzoek in Zuid-Italië, waar het weer associaties oproept met de extreem droge zomer van 2018 en 2022 in Nederland. Gemeten vanaf een 3 meter hoge windsingel van cipressen nam de opbrengst van tarwe eerst toe tot op een afstand van 15 meter, om daarna af te nemen tot op 54 m vanaf de windsingel. Dit effect wordt verklaard door de verlaagde verdamping en de hogere temperatuur in het voorjaar in de luwte van de windsingel.

Bloemrijke randen kunnen ook een bijdrage aan de opbrengst geven, zo zeer dat het verlies aan oppervlakte van het hoofdgewas wordt gecompenseerd. Pywell et al. (2015) voerden een 6-jarig experiment uit op een akkerbouwbedrijf in midden Engeland. Ze vergeleken controlepercelen, zonder bloemrijke randen, met 2 typen percelen waarin resp. 3 en 8 % van het perceel aan de rand werd ingezaaid met een kruidenmengsel. In een rotatieschema werden tarwe, bonen en koolzaad verbouwd. In vergelijking met de controle werd, ondanks het verlies aan grond voor het hoofdgewas, geen verschil in opbrengst gemeten, zowel bij de 3% als de 8% variant. Dat wordt ten dele verklaard doordat de opbrengst aan de rand van het perceel altijd al lager is. De kruidenranden lagen dus op het minst productieve deel van het perceel. De rest van de compensatie wordt verklaard door de betere bestuiving en natuurlijke plaagregulatie. Dit deel van de compensatie werd gedurende de looptijd groter; de beschreven compensatie werd pas na 4 jaar bereikt. In die tijd bouwde zich een soortenrijke gemeenschap van bestuivers en natuurlijke vijanden op.

Van Vooren et al. (2017) gebruikten een computermodel om een groot aantal van dergelijke metingen met elkaar in verband te brengen. Dat geeft inzicht in welke afwegingen moeten worden gemaakt. De afname van de opbrengst is bij een hogere en bredere houtwal (10m hoog en 7.5m breed) groter dan bij een smallere houtwal (5 hoog en 3.75 breed). Maar de bredere houtwal levert wel een flink grotere bijdrage aan de zuivering van water en het tegengaan van erosie. Dus de keuze voor het formaat houtwal en de perceelgrootte hangt af van het palet aan diensten waarvoor wordt gekozen.

Kruidenrijke grasstroken en ruigtes hebben geen negatief effect op de opbrengst in het aangrenzende perceel. Daarom is een combinatie van houtwal en kruidenrijke grasstrook gunstig voor de opbrengst. De zone langs de houtwal heeft een lagere opbrengst, dus dan leidt een kruidenrijke rand tot relatief weinig opbrengstverlies. De combinatie van houtwal en kruidenstrook is gunstig voor bestuiving en plaagregulatie, met een positief effect op de opbrengst in het perceel als geheel. Een combinatie van een smallere houtwal met ernaast een permanente bloemrijke grasstrook heeft daarom voordelen boven een brede houtwal.

4.3 10- 15% groenblauwe dooradering nodig in het landschap

Uit het literatuuronderzoek ontstaat een duidelijk beeld hoe een landschap met goed functionerende landschapsdiensten eruit zou moeten zien. We onderscheiden een aantal landschapskenmerken die bij de verschillende landschapsdiensten telkens terugkomen (zie tabel 3).

Tabel 3. Kenmerken hoe de GBDA in het landschap moet worden vormgegeven voor een aantal landschapsdiensten.

Landschapsdienst	Percentage GBDA in het landschap per km ²	Rangschikking
Natuurlijke plaagonderdrukking	10-15 % GBDA per km ²	• Fijnmazige dooradering • GBDA direct grenzend aan perceel • Percelen niet te groot
Bestuiving	Minimaal 10% GBDA per km ²	• Fijnmazige dooradering • GBDA direct grenzend aan het perceel • Gevarieerd kleinschalig landschap • Variatie in teelten
Biodiversiteit landelijk gebied herstellen	Minimaal 11 % GBDA per km ²	• Fijnmazige dooradering • GBDA direct grenzen aan perceel • Percelen niet groter dan 2,3 ha • Variatie in teelten

Deze kenmerken laten zich als volgt omschrijven.

1. Een percentage van 10-15% GBDA in het landschap

Uit de literatuur komt voor een aantal landschapsdiensten een gewenste basisstructuur van GBDA in het landschap naar voren van 10 tot 15 % per km². Dit netwerk van landschapselementen vormt het stabiele leefgebied voor de insecten die belangrijk zijn voor bestuiving en natuurlijke plaagonderdrukking, maar ook voor de kenmerkende soorten van het landelijk gebied. In deze GBDA structuur kunnen soorten overwinteren, nestelen, schuilen en voedsel zoeken, en dat kunnen ze niet of maar tijdelijk in de percelen.

Hoe ouder deze elementen zijn, hoe beter ze gaan functioneren. Dit geldt speciaal voor houtwallen, maar ook kruidenrijke grasstroken moeten zich enkele jaren ontwikkelen. Een houtwal herbergt pas na 10 jaar een optimale diverse bestuiversgemeenschap. Naast de permanente elementen kan het GBDA netwerk worden aangevuld met meer tijdelijke elementen zoals kruidenrijke akkerranden en keverbanken.

Bij het bepalen van het percentage natuurlijke elementen in het landschap tellen ook natuurgebieden mee, die binnen een straal van 1 km liggen van het perceel waar behoefte is aan de landschapsdienst. Een voorwaarde is dan wel dat er een verbinding met natuurlijke elementen aanwezig is tussen het natuurgebied en het perceel. Ook bosjes, overhoekjes, poelen, ecologische beheerde bermen en oevers, erfbeplanting en natuurlijk ingerichte tuinen tellen mee als onderdeel van de natuurlijke dooradering van het landschap.

2. Een fijnmazige verdeling tussen de landschapselementen en de percelen

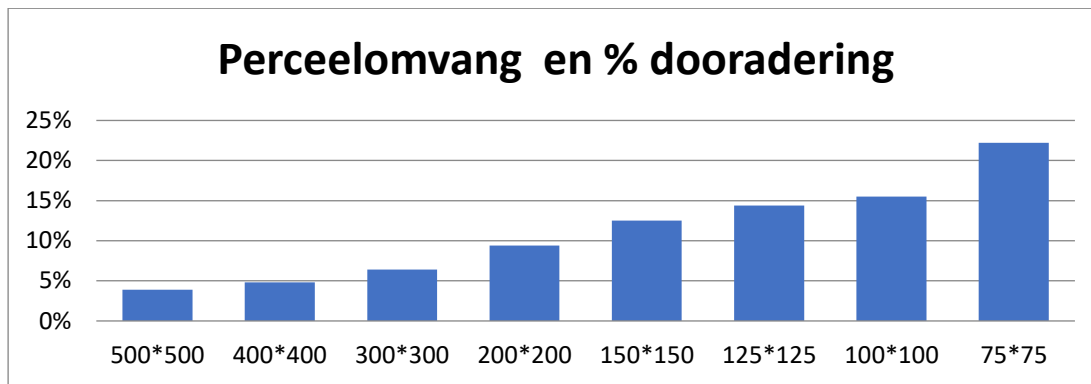
Een tweede randvoorwaarde die duidelijk uit de literatuur naar voren komt, is dat de GBDA een fijnmazig netwerk vormt. Voor het functioneren van landschapsdiensten zoals natuurlijke plaagregulatie en bestuiving is het belangrijk dat de percelen zoveel mogelijk direct grenzen aan een houtwal of kruidenrijke rand.

Voor een effectieve natuurlijke plaagregulatie is het bijvoorbeeld belangrijk dat de natuurlijke vijanden al vroeg in het seizoen aanwezig zijn, zodat ze op tijd het veld in kunnen trekken om de plaagsoorten te onderdrukken, voordat de plaagsoort zich tot grote aantallen kan ontwikkelen. Deze natuurlijke vijanden kunnen echter niet overleven op het perceel zelf, maar hebben een houtwal of ongemaaide kruidenrijke strook nodig om in te overwinteren. Bij natuurlijke plaagregulatie is het bovendien belangrijk dat de afstand tussen de GBDA en het centrum van het perceel niet te groot is, zodat de natuurlijke vijanden ook het centrum van het perceel weten te bereiken.

Ook voor een optimale bestuiving is het belangrijk dat de GBDA direct grenst aan het gewas of boomgaard. Veel wilde bijen soorten zijn weinig mobiel en hebben om te overleven alle voorwaarden voor hun levenscyclus binnen een paar 100 meter nodig, zoals nestgelegenheid in de houtwal en nectar en stuifmeel op het perceel. Voor de bereikbaarheid van het perceel is het belangrijk dat de GBDA niet geïsoleerd ligt, maar onderdeel uitmaakt van een netwerk. Ook voor de biodiversiteit van het landelijk gebied, zoals vogels, planten en dagvlinders, geldt dat een fijnmazige verdeling van de GBDA (met veel overgangen tussen de natuurlijke elementen en de percelen) de grootste soortenrijkdom oplevert. Bij een gelijk percentage aan natuurlijke elementen in het agrarische landschap levert een fijnmazig netwerk meer soorten in hogere dichtheden op dan bij een compacte oppervlakte GBDA.

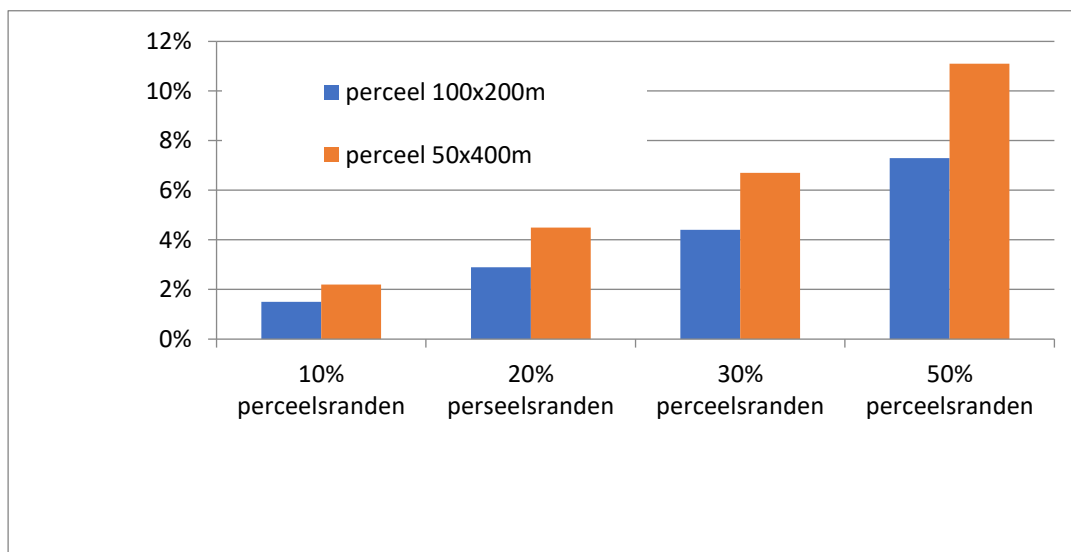
3. Kleinere percelen

Een belangrijk inzicht uit het literatuuronderzoek is dat bij 10-15% GBDA in het landschap een fijnmazige verdeling van landschapselementen alleen mogelijk is met kleinere percelen. Bij grote percelen is er simpelweg te weinig rand voor de natuurlijke dooradering (Vos en Jochem 2016). In figuur 8 is af te lezen welk percentage dooradering maximaal mogelijk is in een landschap, als alle perceelranden zouden worden ingericht met een GBDA strook van 10m breed. Dan blijkt dat er in een landschap met zeer grote percelen van 500 bij 500 meter (25 hectare) ruimte is voor maximaal 4% dooradering. In landschappen met percelen van 200 bij 200 meter (4 ha) is er ruimte voor bijna 10% dooradering.



Figuur 8. Percentage GBDA per km² dat mogelijk is in een landschap met percelen van verschillende omvang, wanneer alle perceelsranden met 10m brede GBDA zijn ingericht (Vos & Jochem 2016).

Ook de vorm van de percelen bepaalt hoeveel ruimte er in een landschap is voor natuurlijke dooradering (Vos en Jochem 2016). In figuur 9 zijn 2 percelen met dezelfde oppervlakte vergeleken. Het ene perceel is veel langer en smaller dan het andere perceel. Hoewel de percelen een even groot oppervlakte hebben, is het percentage dooradering in het landschap met lange smalle percelen duidelijk groter.



Figuur 9. Percentage GBDA per km² dat mogelijk is in een landschap met langwerpige perceelvormen en een toenemend aantal perceelsranden ingericht met 10m brede GBDA (Vos & Jochem 2016).

Het belang van kleinere percelen wordt onderschreven door het onderzoek naar de biodiversiteit van het landelijk gebied. In een grote internationale studie van Sirami et al. (2019; zie box 2 in Hst 3.1) is gevonden dat voor een hoge soortendiversiteit van 7 verschillende soortgroepen (waaronder vogels, planten en insecten) de percelen niet groter mogen zijn dan 2,3 ha. Een duidelijke illustratie dat de perceelgrootte invloed heeft op de biodiversiteit in het landschap biedt het onderzoek naar vogels in de Achterhoek (Stronks 2019, zie Box 1 in Hst 3.1). In kleinschalige landschappen komen veel hogere dichtheden aan broedvogels voor. Tussen een perceelsomvang van 4 ha en 2 ha ligt een omslagpunt waarop de dichtheid aan broedvogels toeneemt van 300 naar 500 broedparen per ha (bij de kleine percelen).

Niet alleen voor de biodiversiteit en de van biodiversiteit afhankelijke diensten, maar ook voor andere landschapsdiensten zijn niet te brede percelen optimaal. De aanbeveling op basis van de

meta-analyse van Van Vooren et al. (2017) is om de velden niet te breed te maken zodat de positieve effecten van stikstof- en fosfaat reductie en CO₂ vastlegging niet verdwijnen.

4. Een gevarieerd landschap

Tenslotte komt variatie in het landschap als een belangrijke factor naar voren. Het gaat hierbij om zowel variatie in de typen GBDA als ook om variatie in de teelten. Variatie in de GBDA is belangrijk omdat veel soorten afhankelijk zijn van een combinatie van natuurlijke elementen. Voor de biodiversiteit van het landelijk gebied en de ecologische verbinding in het landschap zijn houtige, grazige en natte elementen belangrijk. Ook voor een soortenrijke bestuivers gemeenschap is aangetoond dat variatie in het landschap, zowel van de GBDA als van de teelten, belangrijk is. Ook variatie binnen een GBDA type is belangrijk, omdat dit bijdraagt aan een gevarieerd aanbod van bloeiende struiken en kruiden gedurende het seizoen. Een soortenrijke houtwal heeft dus een duidelijke meerwaarde voor de insectenrijkdom vergeleken met een meidoornhaag.

De gewassen die worden geteeld hebben invloed op de bestuiversgemeenschap, bijvoorbeeld door vlinderbloemigen te telen worden hommelse soorten gestimuleerd, terwijl raapzaad alle wilde bijen soorten bevordert. Variatie in de gewassen die worden geteeld draagt bij aan het goed functioneren van de landschapsdiensten (zie Box 12).

BOX 12. Meer variatie in teelten door strokenteelt

Strokenteelt is een goed voorbeeld van variatie in teelten, waarbij meerdere gewassen in smalle stroken worden geteeld. Onderzoek heeft aangetoond dat in productiesystemen met een hoge gewasdiversiteit minder plaagsoorten voorkomen en een hogere opbrengst opleveren ten opzichte van mono teelt (Sukkel et al. 2019).



Strokenteelt (bron: www.landbouwmetsnatuur.nl)

Een gevarieerd landschap met hoge dichtheden en soortenrijkdom van bestuivers en natuurlijke vijanden van plaagsoorten geeft ook risicospreiding. Als door grillige weersomstandigheden bepaalde soorten wegvallen, zijn er andere soorten beschikbaar die minder gevoelig zijn en de dienst kunnen overnemen.

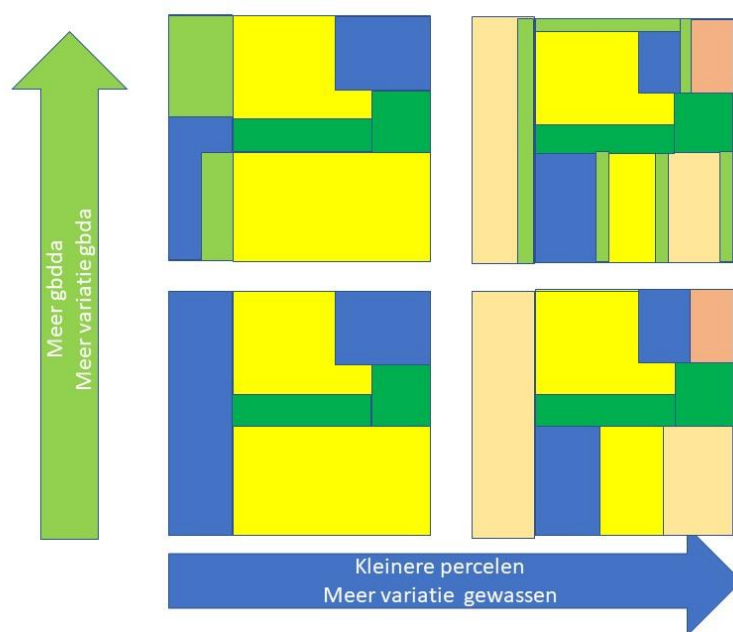
Gewenste veranderingen in het landschap bij een vraag naar landschapsdiensten

Concluderend is er voor het goed functioneren van landschapsdiensten een verandering nodig om grootschalige eenvormige landschappen om te vormen tot kleinschalige gevarieerde landschappen. Hierbij zijn 4 trends leidend.

- van weinig naar meer GBDA
- van eenvormige naar gevarieerde GBDA
- van grote naar kleine percelen
- van dezelfde teelten naar gevarieerde teelten.

De 4 gewenste trends in het landschap zijn geïllustreerd in figuur 10 met linksonder de huidige situatie en rechtsboven de gewenste situatie van het landschap.

- Linksonder bevindt zich het huidige landschap met weinig en eenvormige GBDA en grote percelen met dezelfde gewassen.
- Van linksonder naar linksboven is de situatie verbeterd doordat de hoeveelheid GBDA in het landschap is toegenomen en er een grotere variatie is in de typen GBDA. Er is echter geen sprake van een fijnmazige dooradering.
- Van linksonder naar rechtsonder zijn de percelen kleiner geworden en is er meer variatie in de gewassen op de velden. Er is echter geen toename van de GBDA.
- In de figuur rechtsboven zijn beide trends samen gekomen. Er is sprake van meer en een gevarieerde GBDA die doordat de percelen kleiner zijn geworden een fijnmazig patroon kan vormen met veel overgangen tussen GBDA en het perceel. Bovendien zijn de teelten op de percelen gevarieerd.



Figuur 10. Linksonder de huidige situatie: een landschap met weinig en eenvormige GBDA en grote percelen met dezelfde gewassen. Rechtsboven de gewenste situatie: een kleinschalig gevarieerd landschap.

4.4 Waar liggen kansen voor het realiseren van een landschap met multifunctionele GBDA?

Als we ervan uitgaan dat een vraag naar landschapsdiensten de kans verhoogt dat GBDA wordt aangelegd, dan zijn kansrijke gebieden te onderscheiden op grond van een potentiële vraag naar landschapsdiensten. Het is daarom interessant ons een beeld te vormen van waar er in de gemeente Brummen behoefte zou kunnen bestaan aan welke landschapsdiensten. Daarbij geldt: hoe meer diensten samenvallen, hoe kansrijker, want hoe meer samenwerkingspartners belang hebben bij GBDA.

We hebben daarom een kaart gemaakt met zoekgebieden waar mogelijk vraag zou kunnen zijn naar de verschillende landschapsdiensten. Voor sommige diensten geldt dat ze alleen een functie hebben op specifieke plekken. Bijvoorbeeld de onderdrukking van de eikenprocessierups is vooral zinvol langs eikenlanen waar (veel) mensen wonen of langs komen. Voor andere diensten, zoals herstel van de basiskwaliteit natuur in het landelijk gebied, geldt dat de vraag zich in het gehele landelijke gebied in gelijke mate voordoet. Dergelijke diensten zijn dus niet differentiërend voor het bepalen van kansrijke gebieden. Wel kunnen specifieke doelsoorten de aandacht richten op kansrijke delen van de gemeente Brummen, bijvoorbeeld de patrijs of de kamsalamander.

In onderstaand overzicht is per dienst aangegeven hoe zoekgebieden met een vraag naar GBDA kunnen worden onderscheiden. Voor de kaart, die een beeld geeft van waar de vraag naar GBDA-diensten het sterkst is en waar vraag naar verscheidene diensten tegelijk is, verwijzen we naar de poster die als onderdeel van dit project wordt gemaakt.

Eikenprocessierups onderdrukking:

Lokaliseren van de vraag: eikenlanen die niet zijn ingebed in bos, in of nabij bewoningskernen of langs fietspaden.

Maatregel: Eikenlanen inbedden in een zone met GBDA (houtig en grazig). GBDA draagt in principe bij tot 1 km afstand, maar GBDA direct grenzend aan de eikenlanen is het meest effectief (100-250m).

- Belanghebbenden: de gemeente maakt momenteel hoge kosten voor het bestrijden van de eikenprocessierups. Door een structurele oplossing waarbij natuurlijke vijanden de uitbraken van de eikenprocessierups beperken, bespaart de gemeente veel jaarlijks terugkomende kosten.

Waterzuivering waterlopen

Lokaliseren van de vraag: waterlopen in agrarisch gebied.

Maatregel: door de aanleg van 10-15 m brede GBDA stroken aan beide zijden van de waterlopen wordt 90% van de nutriënten en verontreinigingen gebonden en komt niet meer in het water terecht.

- Belanghebbenden: het waterschap haalt momenteel de doelen niet voor de waterkwaliteit die zijn afgesproken in de Kader Richtlijn Water. In een zone bovenstrooms van natuurgebieden hebben ook Natuurmonumenten en de Provincie belang bij waterzuivering van waterlopen.

Waterzuivering natuurgebieden

Lokaliseren van de vraag: rondom natuurgebieden in een zone tot 250 m afstand. Voor het afvangen van nutriënten en verontreinigingen die via grondwater het natuurgebied instromen.

Maatregel: GBDA van 10-15 m breed dwars op de richting van de grondwaterstroom.

- Belanghebbenden: Provincie en natuurbeschermingsorganisaties.

Natuurlijke plaagonderdrukking:

Lokaliseren van de vraag: Potentiële akkerbouwgebieden en boomgaarden. Hoewel overal in de gemeente akkerbouw en fruitteelt mogelijk is, zijn de gebieden die wat hoger liggen voor akkerbouw geschikter. Een goede benadering van de vraaglocaties wordt aangegeven door de gebieden waar nog tot in de jaren vijftig van de vorige eeuw relatief veel akkerbouw voorkwam.

Maatregel: 10-15% GBDA in een straal van 1000m, fijnmazige verdeling, variatie.

- Belanghebbenden: Agrariërs die overgaan op Natuurinclusieve landbouw.

Bestuiving:

Lokaliseren van de vraag: Potentiële akkerbouwgebieden en boomgaarden. Hoewel overal in de gemeente akkerbouw en fruitteelt mogelijk is, zijn de gebieden die wat hoger liggen voor akkerbouw geschikter. Een goede benadering van de vraaglocaties wordt aangegeven door de gebieden waar nog tot in de jaren vijftig van de vorige eeuw relatief veel akkerbouw voorkwam.

Maatregel: minimaal 10% GBDA in een straal van 1000m, fijnmazige verdeling, variatie.

- Belanghebbenden: Agrariërs die overgaan op Natuurinclusieve landbouw. Hier gelden dezelfde overwegingen als voor natuurlijke plaagonderdrukking. Naarmate bedrijven meer gemengd worden, groeit de behoefte aan een soortenrijke gemeenschap van bestuivers.

Ecologische verbinding:

Lokaliseren van de vraag: tussen natuurgebieden die meer dan 500m uit elkaar liggen en gemeenschappelijke natuurtypen hebben. Hiermee wordt de uitwisseling van soorten tussen de gebieden gestimuleerd en neemt de biodiversiteit er toe.

Maatregel: afhankelijk van te verbinden typen natuur een strook met keuze uit houtige, grazige en natte GBDA elementen.

- Belanghebbenden: Provincie voor het Gelders natuurnetwerk, Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer

Verminderen van wateroverlast en droogtestress ten gevolge van klimaatverandering.

Lokaliseren van de vraag: De klimaatmodellen van het waterschap voorspellen waar de meeste behoefte is aan het opvangen van wateroverlast en het voorkomen van droogtestress.

Maatregel: GBDA draagt bij aan wateropslag bij extreme neerslag en het verminderen van droogtestress.

- Belanghebbenden: Het waterschap is verantwoordelijk voor het klimaatbestendig maken van de waterhuishouding. De gemeente krijgt met hoge kosten te maken bij wateroverlast. Huizenbezitters onder de bewoners krijgen bij extreme droogte te maken met kosten voor herstel van scheuren in funderingen.

Natuurgebieden bufferen tegen de gevolgen van klimaatverandering.

Lokaliseren van de vraag: zone rondom natuurgebieden die kans lopen op schade door extreme droogte.

Maatregelen: GBDA vergroot het watervasthoudend vermogen in een zone rondom natuurgebieden.

- Belanghebbenden: Provincie en natuur beherende organisaties hebben belang bij het klimaatbestendig maken van de waterhuishouding van natuurgebieden.

Vruchtbare bodems en een divers bodemleven

Lokaliseren van de vraag: gunstig voor zowel akkers als grasland en in het gehele agrarische gebied en daarmee niet ruimtelijk differentiërend.

Maatregel: GBDA in de rand van akker- of graslandpercelen.

- Belanghebbenden: Agrariërs die overgaan op natuurinclusieve landbouw.

CO₂ vastleggen

Lokaliseren van de vraag: de dienst kan overal in gelijke mate worden geleverd, de vraag is niet ruimtelijk differentiërend.

Maatregel: door aanleg van houtwallen, bomenrijen en permanente grasstroken. Houtwallen zijn een traditionele manier van *agroforestry* in de gematigde klimaatzones.

- Belanghebbenden: In het belang van iedereen, want vertraagt het tempo van klimaatverandering. Bedrijven zoeken nog wel eens objecten om hun klimaatimpact te compenseren.

Biodiversiteit landelijk gebied herstellen:

Lokaliseren van de vraag: Dit is van belang voor het hele landelijke gebied, dus daarmee niet ruimtelijk differentiërend. Het kiezen van enkele focussoorten, zoals de patrijs en de kamsalamander, stimuleert gemeenschappelijke actie en concretiseert gewenste locaties.

Maatregel: zorg voor fijnmazig netwerk van GBDA met daarin zowel houtige, grazige als natte landschapselementen.

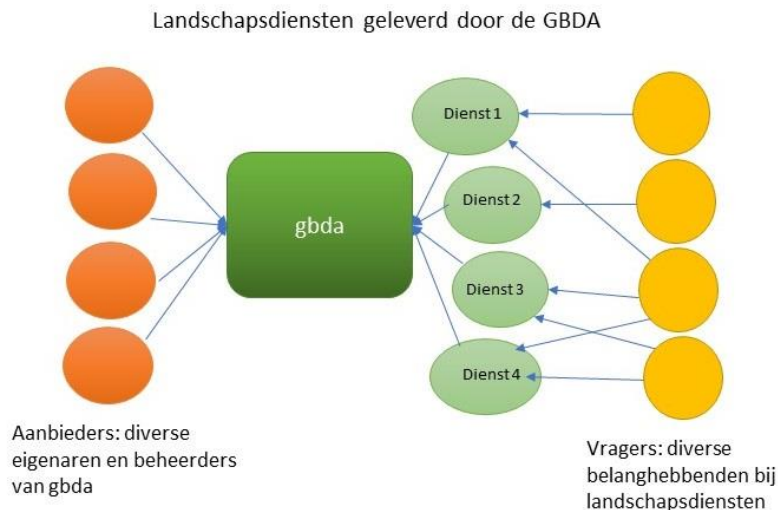
- Belanghebbenden: een biodivers landelijk gebied heeft een algemeen maatschappelijk belang. Het draagt bij aan de belevingswaarde van het landschap. Bovendien draagt de GBDA bij aan alle andere landschapsdiensten.

4.5 Samenwerking loont

We hebben in dit rapport gezien dat groenblauwe dooradering allerlei landschapsdiensten levert. We hebben ook gezien dat die diensten in het belang zijn van uiteenlopende partijen. Partijen die gebruik maken van het landschap of er een zorgtaak voor hebben. Daaronder bevinden zich bewoners, bedrijven in de agrarische of toerisme-sector en overheden met verantwoordelijkheden namens de samenleving. Al deze partijen hebben een gedeeld belang in GBDA. Dit collectieve belang kunnen ze vertalen in een gebundelde vraag naar landschapsdiensten. We hebben laten zien hoe die collectieve vraag binnen de gemeente Brummen kan worden vertaald naar een behoefte aan GBDA op specifieke locaties. Wij denken dat deze gebundelde vraag naar GBDA een belangrijke motor kan zijn in de transitie naar nieuwe verdienmodellen voor agrarische bedrijven.

Bij een vraag naar GBDA hoort een aanbod. GBDA kan worden versterkt door aanleg van nieuwe elementen, maar ook door het beheer van bestaande elementen te optimaliseren. In dit rapport laten we zien dat voor het ecologisch betrouwbaar leveren van een pakket aan landschapsdiensten 10-15 % fijnmazig verdeelde GBDA vereist is (zie hst 4.3). Dat lijkt ten koste te gaan van land voor voedselproductie, maar dat kan meevallen (zie hst 4.2). Veel GBDA is al in eigendom van andere partijen. Het enige dat die moeten doen is het beheer aanpassen aan wat gewenste diensten vragen.

Zo maken dijken en de bermen van wegen, waterlopen en spoorlijnen deel uit van de GBDA, op voorwaarde dat ze ecologisch worden beheerd (zie Box 13). Dat geldt ook voor particuliere tuinen, mits goed beheerd. Ook natuurgebieden binnen 1000m versterken het functioneren van het GBDA netwerk in het boerenland.



Figuur 11. Schema van relaties tussen aanbieders (links), de eigenaren en beheerders van de gbda, en vragers (rechts), de partijen die belang hebben bij landschapsdiensten. In het midden het landschap met de GBDA, de leverancier van de diensten.

Deze gebundelde inspanning betekent dat de collectieve vraag naar landschapsdiensten, hierboven genoemd, door samenwerkende aanbieders kan worden vertaald in een gebiedsplan. De kennis in dit rapport maakt het mogelijk de vraag te vertalen in een ontwerp van een GBDA die de diensten ook kan leveren. Op basis van een gebiedsplan ontwikkelt zich een onderhandelingsrelatie tussen aanbieders en vragers (zie figuur 11). Zijn de ambities realistisch? Welke kosten moeten worden gemaakt en welke financiële middelen zijn voorhanden? Moet er misschien gefaseerd worden? Bedenk hierbij dat vertegenwoordigers van overheden verschillende rollen kunnen spelen, zowel aan de aanbodkant als aan de vraagkant. Deze aanbieders en vragers binnen hetzelfde overheidsapparaat (provincie, gemeente), hebben soms met verschillende belangen te maken en beheren bovendien gescheiden geldpotjes. Die rollen moeten in het gebiedsproces duidelijk gescheiden worden.

Wat dit rapport ook duidelijk maakt is dat voor het betrouwbaar leveren van landschapsdiensten de partijen moeten gaan denken op landschapsschaal. Het bedrijf van een individuele boer is hiervoor te klein, hij moet samenwerken met zijn burens en met andere partijen onder de aanbieders. Vooral de diensten die afhankelijk zijn van functionele biodiversiteit vragen om maatregelen die verder reiken dan het perceel of bedrijf. Deze diensten vragen om samenhang van het GBDA netwerk op de schaal van het landschap (Begg et al. 2017 in Aviron et al. 2021).

BOX 13. Voorbeeld: Ecologisch bermbeheer als bijdrage aan gbda

Ecologische beheerde bermen, inclusief de greppels, dragen bij aan een groot aantal landschapsdiensten. Deze bermen bevorderen de lokale biodiversiteit van het landelijk gebied, creëren ecologische verbindingen, versterken natuurlijke plaagregulatie, onderdrukking van de eikenprocessierups, en bestuiving van voedselgewassen in particuliere tuinen en op natuurinclusieve bedrijven.

Hierdoor kan de gemeente dus een bijdrage leveren aan de vraag naar landschapsdiensten. Ecologisch bermbeheer houdt in dat er gefaseerd wordt gemaaid, zodat een deel van de berm altijd bloeiende kruiden bevat. Voor de kruidenrijkdom van de berm is het essentieel dat het gemaaide materiaal wordt afgevoerd. Ook is het belangrijk dat een deel van de berm ongemaaid blijft gedurende de winter, voor de overwintering van insecten.

Deze principes zijn uitgewerkt en geoperationaliseerd via het keurmerk Kleurkeur ([De Vlinderstichting | Kleurkeur](#)). Gecertificeerde groenbedrijven werken volgens de principes van ecologisch bermbeheer.



Het huidige bermbeheer door de gemeente voldoet daar niet aan. Door het huidige beheer van de bermen gaat de kwaliteit van de bermen steeds verder achteruit. Hier ligt voor de gemeente een kans om een voorbeeldrol te nemen in het hier beschreven samenwerkingsproces en daardoor invulling te geven aan het eigen biodiversiteitsbeleid, de transitie naar natuurinclusieve landbouw te stimuleren, en geld te besparen voor de bestrijding van plaagsoorten zoals de eikenprocessierups.

Natuurinclusieve landbouw: samenwerken nodig

Natuurinclusieve landbouw drijft op een gezonde biodiversiteit, die de motor is achter de meeste van de beschreven landschapsdiensten. Het vergroten van deze functionele biodiversiteit vraagt om een benadering op de schaal van het landschap (Aviron et al. 2021). Het is niet effectief om het alleen op perceel- of bedrijfsniveau te bekijken. Een cluster of netwerk van natuurinclusieve boerenbedrijven is nodig om het effectief te laten zijn (Aviron et al. 2021). Individuele natuurinclusieve bedrijven hebben er dus voordeel bij om in de buurt van andere natuurinclusieve bedrijven te liggen. Want succes wordt in belangrijke mate bepaald op landschapsniveau. Het is daarom belangrijk dat clusters van boeren met elkaar samenwerken om de optimale hoeveelheid GBDA en heterogeniteit te bereiken voor biodiversiteit en landschapsdiensten. Die samenwerking moet worden versterkt door andere partijen die het landschap benutten (Aviron et al. 2021). Denk aan waterschappen (waterkwaliteit, aanpassing aan klimaatverandering), aan de gemeente die verantwoordelijk zijn voor een netwerk van ecologisch beheerde grasstroken, houtwallen en bomenrijen (biodiversiteit, eikenprocessierups), aan bewoners die door natuurvriendelijke inrichting van hun tuin of erf het netwerk kunnen versterken (met als gevolg meer biodiversiteit in hun tuin om van te genieten).

Zoals betoogd in dit hoofdstuk is het in het belang van alle partijen samen het netwerk van GBDA te ontwikkelen als onderdeel van de transitie naar natuurinclusieve landbouw. Gestuurd door de vraag naar landschapsdiensten. En op basis van een integrale kijk op kosten en baten.

Niet alle landschapsdiensten behandeld

In ons onderzoek hebben we ons beperkt tot de literatuur over ecologische, klimatologische en hydrologische processen in het landschap. Daardoor blijven landschapsdiensten die waardevol zijn vanuit het perspectief van beleving en gezondheid buiten beschouwing. We noemen hier een paar voorbeelden van diensten die in dit rapport missen.

- Landschapsbeleving door bewoners en toeristen, in het belang van onder meer bedrijven in de toerisme-sector en de gemeente Brummen. Zie de publicatie van het Landschapsnetwerk “Brummen-de Landschapsbiografie” op de website www.landschapsnetwerkbrummen.nl.
- Positieve invloed op de fysieke en mentale gezondheid. Het gaat daarbij vooral over preventie van ziekten. Dit is onder meer in het belang voor zorgverzekeraars, zorginstellingen en de gemeente Brummen. Zie het rapport “Waarom het Brummense landschap mensen gezonder maakt” van het Landschapsnetwerk Brummen (2018) op www.landschapsnetwerkbrummen.nl.

Literatuur

- Actieplan Natuurinclusieve landbouw Gelderland (2019)
www.natuurinclusievelandbouwgelderland.nl
- Arya S (2021) Freshwater biodiversity and conservation challenges: a review. *International Journal of Biological Innovations IJBI* 3(1): 74-78 (2021)
- Aviron JS, Alignier A, Lavigne C, Helfenstein J, Herzog F, Kay S, Petit S, (2021) Agroecology landscapes. *Landscape Ecol* (2021) 36:2235–2257 <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01248-0>
- Banks JE (2000) Effects of weedy field margins on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) in a broccoli agroecosystem. *Pan-Pacific Entomologist* 76:95–101.
- Begg GS, Cook SM, Dye R, Ferrante M, Franck P, Lavigne C, Lövei GL, Mansion-Vaquie A, Pell JK, Petit S, Quesada N, Ricci B, Wratten SD, Birch ANE (2017) A functional overview of conservation biological control. *Crop Prot* 97:145–158
- Beyer N, Kirsch F, Gabriel D, Westphal C (2021) Identity of mass-flowering crops moderates functional trait composition of pollinator communities. *Landscape Ecol* (2021) 36:2657–2671 <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01261-3>
- Bianchi FJJA, van der Werf W (2003) The effect of the area and configuration of hibernation sites on the control of aphids by *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in agricultural landscapes: a simulation study. *Environ Entomol* 32:1290–1304
- Bianchi FJJA, Booij CJH, Tschirntke T (2006) Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R.Soc.B.* 273: 1715-1727
- Bianchi FJJA, Goedhart PW, Baveco JA (2008) Enhanced pest control in cabbage crops near forest in The Netherlands. *Landsc Ecol* 23:595–602
- Billeter R, Liira J, Bailey D, et al. (2008) Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 2008, 45, 141–150 doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01393.x
- Bischoff A, Pollier A, Lamarre E, Salvadori O, Cortesero A-M, Le Ralec A, Jaloux B (2016) Effects of spontaneous field margin vegetation and surrounding landscape on Brassica oleracea crop herbivory. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 223:135–143 DOI 10.1016/j.agee.2016.02.029
- Broekmeyer MEA, Steingröver EG (2001) Handboek robuuste verbindingen: ecologische randvoorwaarden. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.
- Campi P, Palumbo AD, Mastorilli M (2009) Effects of tree windbreak on microclimate and wheat productivity in a Mediterranean environment. *Europ. J. Agronomy* 30: 220–227
- Cole LJ, Stockan J, Helliwell R (2020) Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 266 doi.org/10.1016/j.agee.2020.106891
- Cormont A, Siepel H, Clement J, Melmana TCP, WallisDeVries MF, van Turnhout CAM, Sparrius LB, Reemer M, Biesmeijer JC, Berendse F, de Snoo GR (2016) Landscape complexity and farmland biodiversity: Evaluating the CAP target on natural elements. *Journal for nature conservation* 30 (2016) 19-26 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2015.12.006>
- Denisow B, Wrzesien M (2015) The importance of field-margin location for maintenance of food niches for pollinators. *Journal of Apicultural Science* 59(1):27–37 DOI 10.1515/jas-2015-0002
- Drexler S, Gensior A (2021) Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. *Regional Environmental Change* (2021) 21: 74
- Duelli P, Obrist MK (2003) Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of semi-natural habitat islands. *Basic and Applied Ecology*, 4, 129–138.

- Eeraerts M (2020) Pollination service to intensive sweet cherry orchards: local- and landscape level drivers and functional importance of pollinator diversity. Dissertatie Universiteit Gent
- Erisman JW, Slobbe R (2019) Biodivers boeren, de meerwaarde van natuur voor het boerenbedrijf. Uitgeverij Jan van Arkel
- Fahrig L, Girard J, Duro D, Pasher J, Smith A, Javorek S, King D, Freemark K, Scott Mitchell L, Tischendorf L (2015) Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture, ecosystems and Environment* (2015) 219-234.
- Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, et al. (2013) Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339:1608–1611
- Garibaldi LA, Carvalheiro LG, Leonhardt SD, Aizen MA, Blaauw BR, Isaacs R, Kuhlmann M, Kleijn D, Klein AM, Kremen C, Morandin L (2014) From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12:439–447
- Gathmann A, Tschardt T (2002) Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71:757–764
- Geertsema W, Grashof C, Meeuwssen H, Schotman A, van Turnhout C, van Swaay C (2004) Kwaliteit van groenblauwe dooradering en voorkomen van vogels, vlinders en planten. Alterra-rapport 1095
- Haan NL, Zhang Y, Landis DA (2020) Predicting landscape configuration effects on agricultural pest suppression. *Trends Ecol Evol* 35(2):175–186
- Hellingman S, van Vliet A (2020) Natuurlijke bestrijding eikenprocessierups voor derde jaar succesvol in Westerveld.
- Hoeffner KM, Santonja M, Monard C, Barbe L, Le Moing M, Cluzeau D (2021) Soil properties, grassland management, and landscape diversity drive the assembly of earthworm communities in temperate grasslands. *Pedosphere* 31(3): 375–383, 2021
doi:10.1016/S1002-0160(20)60020-0
- Holdena J, Grayson RP, Berdenib D, et al. (2019) The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* Volume 273, Pages 1-12
- Holland JM, Storkey J, Lutman PJW, Henderson I, Orson J (2013) Farm4Bio: Managing uncropped land in order to enhance biodiversity benefits of the arable farmed landscape.
- Holland JM, Bianchi FJJA, Entling MH, Moonen AC, Smith BM, Jeanneret PJ (2016) Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: a review of European studies. (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/ps.4318
- Holland JM, Douma JC, Crowley L, James L, Kor L, Stevenson DRW, Smith BM (2017) Semi-natural habitats support biological control, pollination and soil conservation in Europe. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (2017) 37: 31
- Koomen AJM, Maas G, Weijschede TJ (2007) Veranderingen in lijnvormige cultuurhistorische landschapselementen. Resultaten van een steekproef over de periode 1900-2003. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 34
- Kort J 1988 Benefits of Windbreaks to Field and Forage Crops *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 22/23 :165-190
- Kremen C, M'Gonigle LK, Ponisio, LC (2018) Pollinator Community Assembly Tracks Changes in Floral Resources as Restored Hedgerows Mature in Agricultural Landscapes. *Front. Ecol. Evol.*, 25 October 2018 | <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00170>
- Kwak R, van den Burg A, Dommerholt G, van Kreveld A, Stortelder A, van Wijngaarden R (2018) Op weg naar een basiskwaliteit voor natuur. De Levende Natuur - jaargang 119 - nummer 5
- LNv (1990) Natuurbeleidsplan. Regeringsbeslissing Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
- Martin EA, Dainese M, Clough Y, Bald A, Bommarco R, Gagi, V, Steffan-Dewenter I (2019) The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage

- functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. *Ecol. Lett.* 22 (7), 1083–1094. <https://doi.org/10.1111/ele.13265>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005) *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press Washington
- Mkenda PA, Ndakidemi PA, Mbega E, Stevenson PC, Arnold SEJ, Gurr GM, Belmain SR (2019) Multiple ecosystem services from field margin vegetation for ecological sustainability in agriculture: scientific evidence and knowledge gaps. *PeerJ* 7: e8091 DOI 10.7717/peerj.8091
- Nijssen M, Remke E, Versluijs R (2019) Effecten van groenblauwe dooradering in de Ooijpolder op de biodiversiteit. Stichting Bargerveen In opdracht van Via Natura
- Oosterveld EB, Visser T, Jonker M, la Haye M, Bekker D, Stip A, Zollinger R, Creemers R (2022) Ecologie en beheer van droge dooradering. OBN/VBNE, Driebergen
- PBL (2020) Balans van de Leefomgeving 2020. Burger in zicht, overheid aan zet. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- Petit S, Muneret L, Carbonne B, Hannachi M, Ricci B, Rusch A, Lavigne C (2020) Landscape-scale expansion of agroecology to enhance natural pest control: a systematic review. In: Bohan DA, Vanbergen AJ (eds) *Advances in Ecological Research*, vol 63. Academic Press, Cambridge, pp 1–48
- Prosser RS, Hoekstra PF, Gene S, Truman C, White M, Hanson ML (2020) A review of the effectiveness of vegetated buffers to mitigate pesticide and nutrient transport into surface waters from agricultural areas. *Journal of Environmental Management* <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110210>
- Provinciaal blad nr 1336, 31-1-2022 prb-2022-1136.pdf. Provincie Gelderland
- Pywell RF, Heard MS, Woodcock BA, Hinsley S, Ridding L, Nowakowski M, Bullock JM (2015) Wildlife friendly farming increases crop yield: evidence for ecological intensification. *Proc. R. Soc. B* 282: 20151740. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.1740>
- Raamwerk Aanvalsplan versterking landschappelijke identiteit via landschapselementen; Samen voor biodiversiteit
- Raatz L, Bacchi N, Pirhofer Walz K, Glemnitz M, Müller MEH, Joshi J, Scherber C (2019) How much do we really lose? —Yield losses in the proximity of natural landscape elements in agricultural landscapes *Ecology and Evolution*. 9:7838–7848
- Rader R, Bartomeus I, Garibaldi LA, et al. (2016) Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proc Natl Acad Sci* 113(1):146–151
- Rijn van P (2016) Landschapscomplementering voor een betere plaagbeheersing. *Landschap* 2016- 41-44
- Ruiz-Benito P, Gómez-Aparicio L, Paquette A, Messier C, Kattge J, Zavala MA (2014) Diversity increases carbon storage and tree productivity in Spanish forests. *Global Ecology and Biogeography* 23: 311-322
- Schmitt TJ, Dosskey M., Hoagland KD (1999) Filter strip performance and process for different vegetation, widths and contaminants. *J. Environ. Qual.* 28, 1479–1489
- Schumacher JC (2020) Onderzoek relatie kleinschaligheid en biodiversiteit in het Nationaal landschap Winterswijk. Rapport 2117 Staringadvies
- Sirami C, Gross N, Boserup Baillod A, et al. (2019) Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *PNAS*, 16442–16447
- Smith J, Potts SG, Woodcock BA, Eggleton P (2009) The impact of two arable field margin management schemes on litter decomposition. *Applied Soil Ecology* 41(1):90–97 DOI 10.1016/j.apsoil.2008.09.003
- Spijker JH, Hellingma S, Hellingman, G, Hofhuis HD, Jans H, Kuppen, HHJM, van Vliet AJH, Kroese K (2022) Leidraad beheersing eikenprocessierups.
- Steingröver EG, Geertsema W, van Wingerden WKRE (2010) Designing agricultural landscapes for natural pest control: a transdisciplinary approach in the Hoeksche Waard (The Netherlands). *Landscape Ecology*, 25: 825-838

- Stronks DJ (2019) Onderzoek relatie kleinschaligheid en biodiversiteit in het Nationaal landschap Winterswijk. Staringadvies Rapport nr. 1812
- Sukkel W, Cuperus F, van Apeldoorn D (2019) Biodiversiteit op akkers door gewasdiversiteit. *De Levende natuur* 2019: 132-135
- Sutton P (2020) Operation pollinator: positive action for pollinators and improved biodiversity on farm. Guildford, UK
- Tillman PG, Smith HA, Holland JM (2012) Cover crops and related methods for enhancing agricultural biodiversity and conservation biocontrol: successful case studies. In *Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management*, ed. by Gurr GM, Wratten SD, Synder WE and Read DMY. Wiley-Blackwell, Chichester, UK pp. 309–328
- Van Vooren L, Reubens B, Broekx S, De Frenne P, Nelissen V, Pardon P, Verheyen K (2017) Ecosystem service delivery of agri-environment measures: A synthesis for hedgerows and grass strips on arable land. *Agriculture, Ecosystems and Environment Agriculture, Ecosystems & Environment* Volume 244, 15 June 2017, Pages 32-51
- Viallatte A, Tibi A, Alignier A, et al. (2021) Promoting crop pest control by plant diversification in agricultural landscapes: A conceptual framework for analysing feedback loops between agro-ecological and socio-economic effects. *Advances in Ecological Research*, Volume 65 <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2021.10.004>.
- Vos CC, Grashof-Bokdam CJ, Opdam PFM (2014) Biodiversity and ecosystem services: does species diversity enhance effectiveness and reliability? Wageningen, Wot=technical report 25
- Vos CC, Jochem R (2016) Natte en droge dooradering 10 vuistregels voor de ontwikkeling van natte en droge dooradering in het agrarisch gebied. WUR, Wageningen
- Weninger T, Scheper S, Lackóova L, Kitzler B, Gartner K, King NW, Cornelis W, P Strauss P, Michel K (2021) Ecosystem services of tree windbreaks in rural landscapes—a systematic review. *Environ. Res. Lett.* 16 (2021) 103002 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1d0d>
- Williams NM, Ward KL, Pope N et al. (2015) Native wildflower plantings support wild bee abundance and diversity in agricultural landscapes across the United States. *Ecol. Appl.* 25, 2119–2131. doi: 10.1890/14-1748.1
- WNF Wereld Natuur Fonds (2020) Living Planet Report Nederland. Natuur en landbouw verbonden. WNF, Zeist.
- Wolton RJ, Morris RKA, Pollard KA, Dover JW (2014) Understanding the combined biodiversity benefits of the component features of hedges. Report of Defra project BD5214. 130
- Woodcock BA, Garratt MPD, Powney GD, Shaw RF, Osborne JL, Soroka J, Lindström SA, Stanley D, Ouvrard P, Edwards ME, Jauker F (2019) Meta-analysis reveals that pollinator functional diversity and abundance enhance crop pollination and yield. *Nat Commun* 10:1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09393-6>
- WNF Wereld Natuur Fonds (2020) Living Planet Report Nederland. Natuur en landbouw verbonden. WNF, Zeist.

