

De bijdrage van de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland

Marjolein de Graaf

De bijdrage van de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland

Een literatuurstudie naar de bijdrage van de gebruikte landbouwmethoden binnen de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Naam: Marjolein de Graaf
Opleiding: Toegepaste Biologie
Plaats: Bovenkarspel
Datum: 9 november 2020
Afstudeerdocent: Erwin Roze

Voorwoord

Voor u ligt de literatuurstudie over de bijdrage van de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland. Deze studie is geschreven als afstudeerwerkstuk voor de opleiding Toegepaste Biologie aan de Aeres Hogeschool Almere. Tijdens mijn opleiding kwam ik er steeds meer achter dat mijn interesse uitgaat naar biologische landbouw. Ook is mijn interesse in het nut van insecten binnen de landbouw gegroeid. Vandaar dat ik tot dit onderwerp ben gekomen. Deze studie is geschreven voor biologische akkerbouwers en voor akkerbouwers die om zouden willen schakelen van gangbare naar biologische akkerbouw.

Graag wil ik Erwin Roze bedanken voor zijn begeleiding en feedback. Ook wil ik Eline Schuurman bedanken voor haar feedback op mijn vooronderzoek. Als laatste wil ik Irene de Graaf en Henrieke de Graaf bedanken voor hun hulp en feedback in de eindfase van deze studie.

Marjolein de Graaf

Bovenkarspel, 9 november 2020

N.B. In de inleiding zijn op basis van feedback enkele punten veranderd. Ook is de gebruikte methode aangepast. Verder is de literatuurlijst uitgebreid. Bij dezen het vriendelijke verzoek om een nieuwe beoordeling voor deze hoofdstukken.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting.....	6
Abstract	7
1. Inleiding.....	7
2. Aanpak.....	12
2.1 Zoeken van literatuur	12
2.1.1 Zoektermen en criteria voor beoordeling literatuur	12
3. Resultaten.....	14
3.1 Welke rol speelt de landbouw in de achteruitgang van de insectenstand in Nederland?	14
3.1.1 Intensivering van de landbouw	14
3.1.2 Stikstofdepositie.....	14
3.1.3 Versnippering van natuurgebieden en het verdwijnen van kleine landschapselementen ..	15
3.1.4 Pesticiden.....	15
3.1.5 Vermindering in beschikbaarheid voedselplanten.....	16
3.2 Welke landbouwmethoden worden er gebruikt binnen de biologische akkerbouw die anders zijn dan die van de gangbare akkerbouw in Nederland?	16
3.2.1 Grondbewerking.....	17
3.2.2 Ziekte- en plaagbestrijding.....	18
3.2.3 Onkruidbestrijding.....	19
3.2.4 Bemesting	19
3.3 Wat is de impact van de door de biologische akkerbouw gebruikte landbouwmethoden op de insectenstand in Nederland?	19
3.3.1 Grondbewerking.....	19
3.3.2 Ziekte- en plaagbestrijding.....	20
3.3.3 Onkruidbestrijding.....	21
3.3.4 Bemesting	21
4. Discussie	23
4.1 Welke rol speelt de landbouw in de achteruitgang van de insectenstand in Nederland?	23
4.2 Welke landbouwmethoden worden er gebruikt binnen de biologische akkerbouw die anders zijn dan die van de gangbare akkerbouw in Nederland?	23
4.3 Wat is de impact van de door de biologische akkerbouw gebruikte landbouwmethoden op de insectenstand in Nederland?	23
Grondbewerking	23
Ziekte- en plaagbestrijding	24
Onkruidbestrijding	24
Bemesting.....	24

5. Conclusie	26
5.1 Welke rol speelt de landbouw in de achteruitgang van de insectenstand in Nederland?	26
5.2 Welke landbouwmethoden worden er gebruikt binnen de biologische akkerbouw die anders zijn dan die van de gangbare akkerbouw in Nederland?	26
5.3 Wat is de impact van de door de biologische akkerbouw gebruikte landbouwmethoden op de insectenstand in Nederland?	26
5.4 Wat is de bijdrage van de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland?	27
5.5 Aanbevelingen	27
6. Literatuurlijst	28
Bijlagen.....	33
Bijlage I Checklist Schriftelijk Rapporteren.....	33

Samenvatting

Een onderzoek gebaseerd op 73 studies van over de hele wereld laat zien dat ruim 40 procent van de insectensoorten achteruit gaat en één derde van de soorten is bedreigd. Ook de insectenstand in Nederland is hard achteruitgegaan. Zo zijn bijvoorbeeld de dagvlinders, gemiddeld over alle soorten genomen, in 25 jaar 35 procent in aantallen achteruitgegaan. Insecten hebben verschillende functies binnen een ecosysteem. Zo zorgen insecten voor bestuiving van landbouwgewassen, zorgen sommige soorten insecten voor natuurlijke bestrijding en dienen insecten als voedsel voor veel diersoorten.

Diverse onderzoeken laten zien dat biologische akkerbouw een positief effect heeft op de agrobiodiversiteit. Zo komen er op biologische landbouwbedrijven 1,5 tot 3 keer meer soorten akkerkruiden voor dan op gangbare landbouwbedrijven en leidt het achterwege laten van intensieve grondbewerking tot een hogere biodiversiteit, zowel in als op de bodem. Uit deze studies blijkt dat biologische landbouw een positieve impact heeft op de agrobiodiversiteit, maar wat is de bijdrage van de biologische akkerbouw aan de insectenstand? In deze literatuurstudie is er gekeken wat de bijdrage is van de biologisch akkerbouw aan de insectenstand in Nederland. Dit is gedaan door eerst uit te zoeken wat de rol is van de landbouw in de achteruitgang van de insectenstand in Nederland. Daarna is uitgezocht welke methoden er verschillen tussen die van de biologische akkerbouw en die van de gangbare akkerbouw. Als laatste is van deze methoden uitgezocht wat hun bijdrage is aan de insectenstand in Nederland.

De grootste oorzaken voor de achteruitgang van de insectenstand in Nederland waar de landbouw een rol in speelt zijn de intensivering van de landbouw, stikstofdepositie, versnippering van natuurgebieden en het verdwijnen van kleine landschapselementen, het pesticiden gebruik en de vermindering in beschikbaarheid van voedselplanten. De biologische akkerbouw gebruikt voor de bestrijding van ziekten en plagen, voor de bestrijding van onkruiden, voor de bemesting en voor het bewerken van de grond andere methoden dan de gangbare akkerbouw. Op onkruidbestrijding na, leveren al deze methoden een positieve bijdrage aan de insectenstand in Nederland. In vervolgonderzoek kan gebruik gemaakt worden van verruimde criteria voor de afbakening van het onderzoek. Zo zou een vervolgstudie waarbij niet alleen wordt gekeken naar de bijdrage van de biologische akkerbouw, maar naar de bijdrage van de biologische landbouw in het algemeen, een goede vervolgstap kunnen zijn.

Abstract

A study based on 73 studies from around the world shows that more than 40 percent of insect species are declining and one-third of the species are endangered. The insect population in the Netherlands has also declined tremendously. This can for instance be seen in the 35 percent decline in butterflies over a period of 25 years. Insects have different functions within an ecosystem. For example, insects pollinate agricultural crops, some types of insects provide natural control and insects serve as food for many animal species.

Various studies have shown that organic farming has a positive effect on agricultural biodiversity. To illustrate, there are 1.5 to 3 times more types of herbs on organic farms than on conventional farms and the absence of intensive tillage leads to higher biodiversity, both in and on the soil. These studies show that organic farming has a positive impact on agro-biodiversity, but what is the contribution of organic farming to insect numbers? This literature study examined the contribution of organic agriculture to the insect population in the Netherlands. This was done by first investigating the role of farming in the decline of the insect population in the Netherlands. Subsequently, it was investigated which methods used in organic agriculture differ from those used in conventional agriculture. Finally, the contribution of those methods to insect numbers in the Netherlands has been investigated.

The main causes for the decline of the insect population in the Netherlands, in which farming plays a role, are as follows: the intensification of agriculture, nitrogen deposition, the use of pesticides, the reduction in the availability of food plants, fragmentation of nature areas and the disappearance of small landscape elements. Organic agriculture uses methods that differ from those used in conventional agriculture for the control of pests and diseases, for the control of weeds, for fertilization and for cultivating the soil. Apart from weed control, all these methods make a positive contribution to the insect population in the Netherlands. In future research, use can be made of expanded criteria for the demarcation of the research. For instance, a follow-up study looking not only at the contribution of organic agriculture but at the contribution of organic farming in general, could be a promising next step.

1. Inleiding

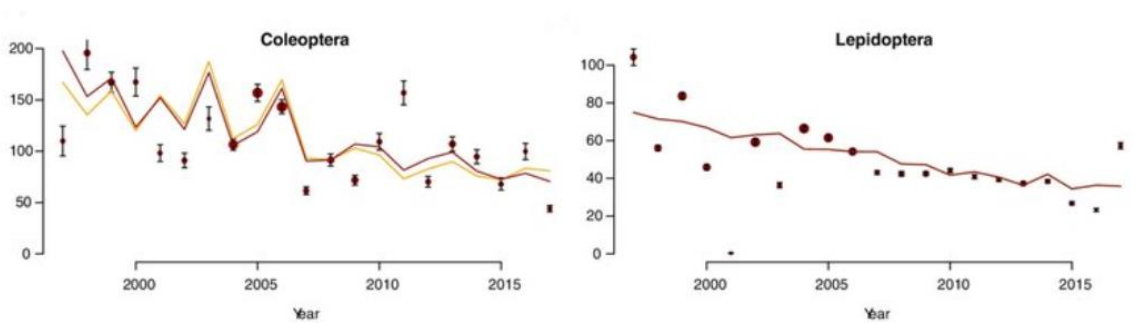
Een onderzoek gebaseerd op 73 studies van over de hele wereld laat zien dat ruim 40 procent van de insectensoorten achteruit gaat en één derde van de soorten is bedreigd. Het tempo waarop insecten uitsterven is acht keer groter dan dat van zoogdieren, reptielen en vogels (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Niet alleen de insecten nemen in aantal soorten af, een alarmerend rapport over biodiversiteitsverlies uit 2019 van het IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) laat zien hoe ruim één miljoen soorten wereldwijd door toedoen van de mens met uitsterven worden bedreigd (Diaz, Settele, & Brondizio, 2019). Het IPBES benoemt voor dit biodiversiteitsverlies de volgende vijf oorzaken met de grootste wereldwijde impact. Ten eerste de veranderingen in leefgebieden; driekwart van het landoppervlak, tweederde van de oceanen en 85% van de wetlands is door de mens ingrijpend veranderd of verwoest (Diaz et al., 2019; Newbold et al., 2015). De tweede oorzaak die het IPBES geeft is directe exploitatie en in het bijzonder overexploitatie van planten, dieren en andere organismen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door oogsten, houtkap, jacht en visserij. De derde oorzaak is klimaatverandering. De afgelopen 30 jaar is de gemiddelde temperatuur op aarde met 0,2°C per decennium gestegen. Ook zijn de frequentie en intensiteit van extreme weersomstandigheden de afgelopen 50 jaar toegenomen, samen met de branden, overstromingen en droogte die daarmee gepaard kunnen gaan. Sinds 1900 is het wereldwijde gemiddelde zeeniveau met 16 tot 21 cm gestegen en in de afgelopen twee decennia zelfs met een snelheid van meer dan 3 mm per jaar. Al deze veranderingen in het klimaat dragen bij aan wijdverbreide gevolgen voor veel aspecten van de biodiversiteit, waaronder ecosysteemdiensten, populatiedynamiek en de verspreiding van soorten. Ook milieuvervuiling is een oorzaak met een grote impact. Door vervuiling van land, lucht en water hebben veel ecosystemen, planten- en diersoorten het zwaar te verduren. Zo is sinds 1980 de verontreiniging van de zee door plastic vertienvoudigd. Dit treft ten minste 267 soorten, waaronder 86 procent van de zeeschildpadden, 44 procent van de zeevogels en 43 procent van de zeezoogdieren. De vijfde en laatste oorzaak die het IPBES geeft is de introductie van invasieve soorten. Dit heeft namelijk als gevolg dat inheemse soorten worden verdrongen en bedreigd in hun voortbestaan. Sinds 1980 zijn de waarnemingen van uitheemse soorten met 40 procent toegenomen. Dit wordt in verband gebracht met de toegenomen handel en de dynamiek en trends van de menselijke bevolking. De introductie van invasieve soorten heeft niet alleen gevolgen voor de inheemse soorten, ecosysteemdiensten en de bijdragen van de natuur aan de mens, maar ook voor de economie en de menselijke gezondheid (Diaz et al., 2019; Dua, Visser, & de Walsche, 2014). Om deze biodiversiteitachteruitgang goed te kunnen begrijpen is het belangrijk te weten wat biodiversiteit nu precies inhoudt. De betekenis van het begrip biodiversiteit is een onderwerp van (wetenschappelijk) debat, mede waardoor veel verschillende definities gebruikt worden. In deze studie zal de definitie zoals deze wordt gegeven in de studie van Altieri (1999) worden gehanteerd: “Biodiversiteit zijn alle soorten planten, dieren en micro-organismen die bestaan en interacteren binnen een ecosysteem” (Altieri, 1999).

Het uitsterven van planten- en diersoorten zorgt voor een sterke afname van de biodiversiteit. Deze afname heeft een grote invloed op de ecosystemen en al het leven op aarde doordat de ecosysteemdiensten die biodiversiteit levert, zoals bestuiving, waterregulatie en biologische bestrijding van plagen door middel van natuurlijke vijanden, ook aangetast worden (Costanza et al., 1997). Voor het menselijk bestaan en een goede kwaliteit van leven is de natuur essentieel. Het speelt onder andere een cruciale rol bij het verstrekken van voedsel, medicijnen en energie. Zo vertrouwen er bijvoorbeeld meer dan 2 miljard mensen op houtbrandstof om aan hun primaire energiebehoeften te voldoen. Ook zijn er naar schatting 4 miljard mensen afhankelijk van natuurlijke medicijnen voor hun gezondheidszorg. Verder bestaat ongeveer 70 procent van alle medicijnen

tegen kanker uit natuurlijke producten of synthetische producten die hierop gebaseerd zijn. Ook zorgt de natuur voor de verspreiding van zoet water, de regulering van het klimaat en ondersteunt het de luchtkwaliteit. Ten slotte zorgt de natuur voor bestuiving, waarop meer dan 75 procent van de soorten voedselgewassen vertrouwen (Diaz et al., 2019).

In 1992 is daarom het verdrag inzake Biologische Diversiteit (CBD, Convention on Biological Diversity) opgesteld. Dit verdrag is tot stand gekomen op de VN-conferentie over Milieu en Ontwikkelingen, die plaatsvond in Rio de Janeiro, en is een internationaal verdrag. De doelstellingen die voortkwamen uit dit verdrag waren enerzijds het behoud en het duurzaam gebruik van de biodiversiteit en anderzijds een eerlijke verdeling van de voordelen van het gebruik van genetische rijkdommen (Convention on Biological Diversity, 2016). Na het opstellen van het Biodiversiteitsverdrag heeft Nederland de verantwoordelijkheid op zich genomen om de biodiversiteit op haar hele grondgebied te behouden en in 2020 moeten van alle in 1982 voorkomende soorten de condities voor instandhouding duurzaam gegarandeerd zijn (Demeulenaere & de Blust, 2000). Ook in Nederland is de biodiversiteit hard achteruitgegaan. Zo zijn veel soorten akkerkruiden inmiddels zeldzaam geworden en ook veel vogelsoorten die op akkers en akkerranden broeden zijn verdwenen of in aantallen achteruitgegaan (Sanders & Westerink, 2015). De patrijzenpopulatie, bijvoorbeeld, is sinds de jaren zestig met 95% afgenomen en ook de ortolaan en grauwe gors zijn zo goed als verdwenen (Roodbergen, 2013).

Ook de insectenstand in Nederland is hard achteruitgegaan. Zo zijn bijvoorbeeld de dagvlinders, gemiddeld over alle soorten genomen, in 25 jaar 35 procent in aantallen achteruitgegaan (Kleijn et al., 2018). Een langlopend onderzoek naar de aantalsontwikkelingen van insecten in de Kaaistoep bij Tilburg en rond het Drentse Wijster laat een sterke achteruitgang zien. Zo is tussen 1997 en 2017 het aantal kevers en macro-nachtvlinders gemiddeld met respectievelijk 5,0 procent en 3,8 procent per jaar afgenomen in De Kaaistoep (zie fig. 1). En tussen 1985 en 2016 nam het aantal loopkevers rond Wijster gemiddeld met 4,3 procent per jaar af (Hallman et al., 2018).



Figuur 1: trend van kevers (links) en vlinders (rechts) in de Kaaistoep. Op de X-as het jaar en op de Y-as het gevonden aantal kevers of vlinders (Hallman et al., 2018).

Insecten hebben verschillende functies binnen een ecosysteem, waardoor een afname van insecten grote gevolgen kan hebben voor het betreffende ecosysteem. Eén van deze functies is de rol die insecten spelen bij de bestuiving van veel voedselgewassen. Niet alleen de gehouden honingbijen spelen daar een rol in, maar ook de in het wild voorkomende soorten zweefvliegen en bijen. Voor de stabiliteit en kwaliteit van ons voedselecosysteem is een goede diversiteit aan bestuivende soorten belangrijk. Het grootste gedeelte van de bestuiving van landbouwgewassen wereldwijd wordt door een relatief beperkte groep algemene soorten gedaan (Kleijn et al., 2016). Voor het functioneren van ecosystemen buiten het voedselecosysteem spelen ook andere bloembezoekende insecten een belangrijke rol. Deze insecten bestuiven namelijk een groot gedeelte van de wilde plantensoorten (Ollerton, Winfree, & Tarrant, 2011). Als de diversiteit en de abundantie van de bestuivers afneemt, kan dit leiden tot bestuivingstekorten. Ook kan dit ervoor zorgen dat de wilde plantensoorten en de

gewasopbrengsten afnemen (de Groot et al., 2016). Naast de rol die insecten spelen in de bestuiving zijn er ook veel diersoorten die zich voeden met insecten, zoals vogels, vleermuizen, egels, vissen, amfibieën en reptielen. Een afname van insecten kan daarom leiden tot een achteruitgang van deze diersoorten (Kleijn, et al., 2018). Ook spelen insecten een belangrijke rol in de natuurlijke plaagbeheersing binnen de landbouw. Het gaat dan om soorten van hogere trofische niveaus, zoals zweefvliegen en loopkevers, waarvoor geldt dat een afname kan zorgen voor een afname van de natuurlijke plaagbeheersing. Dit kan leiden tot een negatieve spiraal doordat er meer insecticiden gebruikt moeten worden om de plaaginsecten te bestrijden, hetgeen (vaak) ook een negatief effect heeft op de natuurlijke plaagbeheersers (Holland et al., 2016).

Om aan de doelstelling te kunnen voldoen om de biodiversiteit op het hele grondgebied van Nederland te behouden is het Natuur Netwerk Nederland (NNN) (voor 2013 bekend onder de naam Ecologische Hoofdstructuur (EHS)) opgezet. Dit is een netwerk van natuurgebieden dat ernaar streeft om de biodiversiteit te stabiliseren. Naast het behoud van biodiversiteit binnen deze natuurgebieden, is het ook van belang dat de soorten die buiten de NNN vallen in stand worden gehouden. Nederland bestaat in oppervlakte namelijk voor ongeveer 70% uit landbouwgebied (Smit, Driessen, & van Amstel, 2005) en een kwart van dit areaal wordt door de akkerbouw in beslag genomen (CBS, PBL, RIVM, WUR, 2019). Het biologische landbouwareaal was in 2019 68 duizend hectare, wat overeenkomt met 3,8 procent van het totale landbouwareaal in Nederland. Van deze 68 duizend hectare was 19 procent akkerbouwgrond (Compendium voor de Leefomgeving, 2020). Doordat het landbouwareaal een groot gedeelte van Nederland beslaat zou de instandhouding van de biodiversiteit in het akkerlandbouwgebied, de zogenaamde agrobiodiversiteit, een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de realisatie van de algemene doelstelling om in 2020 van alle in 1982 voorkomende soorten de condities voor instandhouding duurzaam gegarandeerd te hebben.

Diverse onderzoeken laten zien dat biologische akkerbouw een positief effect heeft op de agrobiodiversiteit. Twee grote metastudies (Mondelaers, Aertsens, & van Huylenbroek, 2009 & Tuomisto, Hodge, Riordan, & Macdonald, 2012) laten zien dat biologische landbouw beter scoort op milieu-impact dan gangbare landbouw. Zo bevatten biologische bodems over het algemeen meer micro-organismen en regenwormen dan de gangbare bodems. Ook bevatten biologische bodems gemiddeld meer organisch materiaal (Haveman & Stortelder, 2005; Mondelaers et al., 2009; Tuomisto et al., 2012). Verder komen er op biologische landbouwbedrijven 1,5 tot 3 keer meer soorten akkerkruiden voor dan op gangbare landbouwbedrijven (Haveman & Stortelder, 2005) en leidt het achterwege laten van intensieve grondbewerking tot een hogere biodiversiteit, zowel in als op de bodem (Sukkel, Cuperus, & van Apeldoorn, 2019). Uit deze studies blijkt dat biologische landbouw een positieve impact heeft op de agrobiodiversiteit, maar welke landbouwmethoden zorgen voor deze positieve impact en wat voor impact hebben deze landbouwmethoden op de insectenstand? In deze studie wordt gekeken of er een koppeling kan worden gemaakt tussen landbouwmethoden die worden gebruikt binnen de biologische akkerbouw en een verhoging van de insectenstand, om van daaruit antwoord te kunnen geven op de overkoepelende onderzoeksvraag: *“Wat is de bijdrage van de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland?”* De deelvragen die uit deze onderzoeksvraag voortkomen zijn:

- Welke rol speelt de landbouw in de achteruitgang van de insectenstand in Nederland?
- Welke landbouwmethoden worden er gebruikt binnen de biologische akkerbouw die anders zijn dan die van de gangbare akkerbouw in Nederland?
- Wat is de impact van de door de biologische akkerbouw gebruikte landbouwmethoden op de insectenstand in Nederland?

In hoofdstuk 2 wordt de gebruikte aanpak besproken. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de oorzaken van de insectenachteruitgang weergegeven. Ook worden de in de literatuur gevonden landbouwmethoden met hun bijdrage aan de insectenstand weergegeven. In de discussie in hoofdstuk 4 zullen deze landbouwmethoden met hun bijdrage worden besproken, waarna er in hoofdstuk 5 een antwoord zal worden gegeven op de hoofdvraag: *Wat is de bijdrage van de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland?* Hoofdstuk 6 sluit af met de literatuurlijst.

2. Aanpak

In dit hoofdstuk is de gebruikte methode beschreven. Allereerst is beschreven hoe de literatuur is gezocht. Daarna is beschreven welke zoektermen er zijn gebruikt en hoe de literatuur werd beoordeeld.

2.1 Zoeken van literatuur

Voor het beantwoorden van de deelvraag *“Welke rol speelt de landbouw in de achteruitgang van de insectenstand in Nederland?”* is gezocht naar wetenschappelijke artikelen en rapporten die deze achteruitgang verklaren en meer inzicht geven in de oorzaken van de insectenachteruitgang. Er is gericht gezocht naar oorzaken waarin de landbouw een rol speelt, zodat er vervolgens ook gericht kon worden gezocht naar specifieke landbouwmethoden die de insectenstand kunnen verbeteren.

Voor het beantwoorden van de deelvraag *“Welke landbouwmethoden worden er gebruikt binnen de biologische akkerbouw die anders zijn dan die van de gangbare akkerbouw?”* zijn de landbouwmethoden onderverdeeld in een aantal categorieën: grondbewerking, ziekte- en plaagbestrijding, onkruidbestrijding en bemesting. Per categorie zijn de landbouwmethoden uitgezocht die verschillen van de landbouwmethoden die worden gebruikt binnen de gangbare akkerbouw. Vervolgens is er per landbouwmethode gezocht naar de impact van deze methode op de insectenstand voor het beantwoorden van de deelvraag *“Wat is de impact van de door de biologische akkerbouw gebruikte landbouwmethoden op de insectenstand in Nederland?”*

2.1.1 Zoektermen en criteria voor beoordeling literatuur

De in tabel 1 weergegeven zoektermen zijn afzonderlijk of in combinatie met andere zoektermen gebruikt om wetenschappelijke artikelen en rapporten te zoeken. Er is gebruik gemaakt van de databases van Google Scholar, Wageningen Universiteit, Science Direct, Springer en Wiley om literatuur te zoeken. De criteria om de gevonden literatuur te beoordelen waren: actualiteit, betrouwbaarheid, taal en relevantie. Wat betreft actualiteit is in eerste instantie gefilterd op literatuur uit 2010 of later, maar als er voor een zoekterm geen recente literatuur werd gevonden werd er gefilterd vanaf het jaar 2000. Betrouwbaarheid: bij informatie afkomstig uit wetenschappelijke bronnen werd de voorkeur gegeven aan artikelen die peer-reviewed zijn om zo een hoge kwaliteit te kunnen garanderen. Taal: er is zowel in het Nederlands als in het Engels gezocht. Relevantie: de gebruikte bronnen moesten relevant zijn voor het beantwoorden van één of meerdere deelvragen, anders werd de bron niet gebruikt. Bij elk zoekresultaat werden eerst de titels gescreend om te bepalen of de zoekterm relevante titels opleverde. Daarna werd de samenvatting van het rapport gescreend of werd er met behulp van de zoekfunctie (CTRL + F) gezocht naar de zoekterm in het rapport. Als de gevonden literatuur gebruikt kon worden werd er in de literatuurlijst van die bron gezocht naar meer literatuur over de zoekterm. De bronnen in de literatuurlijst werden ook beoordeeld aan de hand van de criteria: actualiteit, betrouwbaarheid, taal en relevantie.

Tabel 1: gebruikte zoektermen.

Zoekterm		Gecombineerd met
Biologische akkerbouw OF Biologische landbouw	EN	Nederland OF Landbouwmethoden OF Gangbare landbouw OF Gangbare akkerbouw OF Onkruidbestrijding OF Gewasbescherming OF Bemesting
Insectensterfte OF Insecten achteruitgang OF Insecten afname	EN	Oorzaken OF Nederland Of Pesticiden OF Herbiciden
Landschapselementen	EN	Functies
Onkruidbestrijding	EN	Neveneffecten OF Nadelen
Bemesting OF Kunstmest OF Organische meststoffen	EN	Effect
Ziekte en plagen	EN	Natuurlijke vijanden OF Functionele Agro Biodiversiteit OF
Vruchtwisseling OF Ruimere vruchtwisseling	EN	Voordelen OF Nadelen OF Methode
Vaste rijpaden	EN	Bodemverdichting OF Teelt OF Systeem OF Bodemleven OF Bodembiodiversiteit OF Bodemstructuur
Gereduceerde grondbewerking	EN	Bodemleven OF Bodembiodiversiteit OF Bodemverdichting OF Bodemstructuur

3. Resultaten

In dit hoofdstuk zijn per deelvraag de in de literatuur gevonden resultaten beschreven.

3.1 Welke rol speelt de landbouw in de achteruitgang van de insectenstand in Nederland?

Uit de aantalsontwikkeling van individuele soortengroepen blijkt dat er niet meer op alle plekken in Nederland een insectenafname is. De soorten die voor hun voorkomen sterk afhankelijk zijn van natuurgebieden hebben geprofiteerd van de herstelmaatregelen die in deze natuurgebieden zijn toegepast, maar soorten die kenmerkend zijn voor het agrarische landschap laten een doorgaande achteruitgang zien (Kleijn et al., 2018). Deze insectenachteruitgang heeft voor de hele natuurlijke voedselketen schadelijke gevolgen. Zo staan ecosystemen onder druk die belangrijk zijn voor de landbouw, zoals bestuiving en ziekte- en plaagbestrijding (van Doorn et al., 2019). In deze paragraaf worden de oorzaken van de insectenachteruitgang in Nederland waarin de landbouw een rol speelt besproken.

3.1.1 Intensivering van de landbouw

De intensivering van de landbouw is mondiaal één van de belangrijkste oorzaken van biodiversiteitsverlies (Lichtenberg et al., 2017). Nederland heeft één van de productiefste en intensiefste landbouwsectoren ter wereld (Erisman, van Eekeren, Cuijpers, & de Wit, 2014). Deze intensivering heeft gezorgd voor verschillende ontwikkelingen en factoren die ongunstig zijn voor de insectenstand in agrarisch gebied, waaronder vermesting, gewasbeschermingsmiddelen, vermindering in beschikbaarheid van voedselplanten, verdwijnen van overhoekjes en versnippering van het landschap. Zo heeft de intensivering van de landbouw in de twintigste eeuw geleid tot een sterke afname van de variatie aan habitatten, ook wel homogenisering genoemd (Kleijn et al., 2018). Grote delen van het Nederlandse landschap worden tegenwoordig gedomineerd door hoogproductieve, maar zeer soortenarme graslanden en akkers (Erisman et al., 2014). Uit verschillende studies blijkt dat er een samenhang is tussen een hogere landgebruiksintensiteit en een sterke reductie van het aantal soorten en de abundantie van insecten (Carrié, Andrieu, Ouin, & Steffan-Dewenter, 2017; Lichtenberg et al., 2017; Weisser, Gossner, & Simons, 2016). Zo blijkt uit gegevens van het Landelijk Meetnet Vlinders dat de laatste 15 jaar de achteruitgang van soorten die ook in het agrarisch gebied voorkomen eerder sterker wordt dan zwakker, terwijl de achteruitgang van vlinders in natuurgebieden zicht heeft gestabiliseerd (Wallis de Vries, 2017).

3.1.2 Stikstofdepositie

Na 1950 is in Nederland de stikstofbelasting exponentieel toegenomen, vooral door emissies vanuit de landbouw door het gebruik van kunstmest. Door brongerichte maatregelen is tussen 1988 en 2005 de atmosferische stikstofdepositie met 35% afgenomen, maar sindsdien is de afname gestagneerd. Daarnaast is, parallel met de verhoogde stikstofdepositie, de fosfaatbelasting toegenomen. Alleen blijven de effecten van fosfaat, in tegenstelling tot die van stikstof, beperkt tot de lokale schaal waar daadwerkelijk is bemest. Stikstof wordt namelijk via de atmosfeer over grotere afstanden verspreid en kan daardoor ook tot ver in grotere natuurgebieden van invloed zijn door de vermestende en verzurende effecten (Kleijn, et al., 2018).

Via een scala aan mechanismen kan een verhoogde beschikbaarheid van stikstof insecten beïnvloeden (Erisman et al., 2013; Wallis de Vries, 2017). Allereerst zorgen zowel een verhoogde beschikbaarheid van stikstof als de hiermee gepaard gaande bodemverzuring via een grotere

dominantie van concurrentiekrachtige grassen ten opzichte van kruiden voor een afname van het bloemenaanbod. Dit zorgt voor een afname van bloembezoekende insecten, zoals vlinders, bijen en zweefvliegen, maar ook van insecten die zich voor een deel van hun levenscyclus voeden met planten (Kleijn et al., 2018). Ten tweede zorgt een hoge stikstofdepositie voor een koeler, en daarmee voor veel warmteminnende insectensoorten ongunstiger, microklimaat. Dit komt door de toename van de plantaardige biomassa door de vergrassing en verdichting van de ondergroei (Klop, Omon, & Wallis de Vries, 2015; Wallis de Vries & van Swaay, 2017). Als laatste leidt hoge stikstofdepositie en de daarmee samenhangende bodemverzuring tot een verandering van de voedselkwaliteit. Hierdoor kunnen er bij insecten tekorten ontstaan aan andere nutriënten, zoals fosfaat (Tao & Hunter, 2012). Zo werden er in Nederlandse heidegebieden bij een toenemende overmaat van stikstof ten opzichte van fosfaat (hoge N/P-verhouding) significant minder soorten en ook lagere dichtheden van loopkevers (Carabidae) en vliegen en muggen (Diptera) aangetroffen (Vogels, Verberk, Lamers, & Siepel, 2017).

3.1.3 Versnippering van natuurgebieden en het verdwijnen van kleine landschapselementen

Door intensivering van de landbouw, verstedelijking en de ontwikkeling van industriegebieden in de afgelopen eeuw is het oppervlak aan (half)natuurlijke habitats sterk afgenomen. Door dit habitatsverlies, maar ook door de daarmee gepaard gaande habitatversnippering, zijn de meeste resterende natuurgebieden in Nederland klein. Ook hebben deze natuurgebieden een geïsoleerde ligging ten opzichte van elkaar. In tegenstelling tot grotere natuurgebieden hebben kleine natuurgebieden een relatief grote randlengte. Hierdoor neemt de gevoeligheid voor negatieve invloeden van andere drukfactoren vanuit de omgeving toe. Ook heeft habitatversnippering een sterk negatief effect op de mogelijkheden voor uitwisseling van individuen tussen verschillende gebieden via dispersie. De mate waarin een soort voorkomt in een bepaald gebied is afhankelijk van de dynamische balans tussen het lokaal verdwijnen uit geschikte habitatplekken en (her)kolonisaties. Deze balans kan beïnvloed worden door de ruimtelijke samenhang tussen de habitatplekken in het landschap, dat wil zeggen de oppervlakte van de habitatplekken en de (fysieke) verbinding hiertussen (Kleijn, et al., 2018). Insectensoorten met een lange levensduur hebben vaak een geringe dispersiecapaciteit en zijn gevoeliger voor de negatieve effecten van versnippering. Een geringe ruimtelijke samenhang van het landschap, met een laag aandeel aan seminatuurlijke elementen, gaat vaak samen met een lage rijkdom aan insectensoorten (Rossetti, Tscharntke, Aguilar, & Batáry, 2017). Ook in veel agrarische gebieden is op een kleiner schaalniveau de ruimtelijke samenhang tussen (potentiële) habitats voor insecten afgenomen door het verdwijnen van kleine landschapselementen, zoals bloemrijke bermen, slootkanten, overhoekjes en houtwallen. Voor veel insectensoorten kunnen dergelijke elementen een belangrijk leefgebied vormen en daarmee dus bijdragen aan de soortenrijkdom. Hieronder vallen relatief veel soorten die bij kunnen dragen aan een natuurlijke plaagbeheersing (Holland et al., 2016; van Rijn, 2016; Scheper et al., 2013).

3.1.4 Pesticiden

Pesticiden, chemische middelen die worden gebruikt bij de bestrijding van ongewenste organismen, kunnen worden onderverdeeld in bestrijdingsmiddelen die gericht zijn tegen insecten (insecticiden), onkruiden (herbiciden) en schimmels (fungiciden). Pesticiden worden gebruikt in de landbouw, maar ook bij het groenbeheer door gemeenten, bedrijven en particulieren (Kleijn et al., 2018). Insecticiden zijn ontworpen om insecten te bestrijden en hebben vaak een direct toxisch effect. Ook zijn de meeste insecticiden niet specifiek, waardoor veel niet-doelwitsoorten negatief kunnen worden beïnvloed, maar ook de specifieke middelen beïnvloeden andere insectensoorten vaak negatief. De

effecten van herbiciden en fungiciden zijn vaak minder sterk en vooral indirect. Herbiciden en fungiciden kunnen zorgen voor een verminderde beschikbaarheid van voedsel (Ewald et al., 2015; Ewald, Wheatley, Aebischer, Duffield, & Heaver, 2016) of hebben een effect via interacties met andere drukfactoren, zoals het staken van het extensief beheer en de vermindering in beschikbaarheid van voedselplanten (Ewald et al., 2016; Myers et al., 2016).

3.1.5 Vermindering in beschikbaarheid voedselplanten

Veel soorten akkerkruiden zijn inmiddels zeldzaam geworden (Sanders & Westerink, 2015). Een biodiversiteitsexperiment in Jena (Duitsland) liet zien dat een soortenrijke vegetatie over het algemeen een hogere abundantie herbergt en met name een hogere rijkdom aan insectensoorten (Scherber et al., 2010). De soortensamenstelling van plantengemeenschappen bepaalt sterk de variatie in de soortensamenstelling van de hiermee gepaard gaande insectengemeenschappen. Dit bleek de meest bepalende factor te zijn bij een onderzoek in 47 proefvlakken in graslanden in Nederland (Schaffers, Raemakers, Sykora, & ter Braak, 2008). Veel insectensoorten zijn namelijk voor hun voedsel, en daarmee overleving, afhankelijk van planten. De bloemen verschaffen essentiële voedselbronnen, zoals stuifmeel (bron van eiwitten en mineralen) en nectar (voor de energievoorziening) (Kleijn, et al., 2018). Zo is de kans op overleving van hommels kleiner als er in een straal van 250-1000 meter van de kolonie onvoldoende bloemen aanwezig zijn (Carvell et al., 2017). Een onderzoek naar honingbijen liet zien dat een tekort aan bloemen met een goed bereikbare en kwalitatief goede nectar ook indirecte effecten kan hebben via een verhoogde gevoeligheid voor neonicotinoïde-pesticiden (Tosi & Nieh, 2017). Dit toont dus een interactie-effect aan tussen het aanbod geschikte nectarplanten in het landschap en de negatieve effecten van insecticiden (Kleijn et al., 2018). Neonicotinoïde zijn neuro-actieve, systemische insecticiden. Het insecticide verspreidt zich door de hele plant en doodt zo de insecten die van deze plant eten (Blacquière, Smagghe, van Gestel, & Mommaerts, 2012). Acetamiprid, clothianidine, imidacloprid, nitenpyram, nithiazine, thiacloprid en thiamethoxam horen bij de groep neonicotinoïde. Vanaf eind 2018 is het gebruik van imidacloprid, clothianidin en thiamethoxam verboden.

3.2 Welke landbouwmethoden worden er gebruikt binnen de biologische akkerbouw die anders zijn dan die van de gangbare akkerbouw in Nederland?

Er zijn een aantal grote verschillen tussen de biologische en de gangbare akkerbouw. Zo hecht de biologische akkerbouw veel waarde aan een gezonde bodem en wordt er geen gebruik gemaakt van chemische bestrijdingsmiddelen voor het bestrijden van ziekten, plagen en onkruid. Ook wordt er in plaats van kunstmest gebruik gemaakt van organische meststoffen. Door deze verschillen in uitgangspunten zijn er landbouwmethoden die de biologische akkerbouw gebruikt die anders zijn dan de landbouwmethoden van de gangbare akkerbouw, maar die wel hetzelfde doel bereiken. In tabel 2 worden deze verschillen in gebruikte methoden per categorie aangegeven. Vervolgens wordt elke binnen de biologische akkerbouw gebruikte methode kort toegelicht.

Tabel 2: de gebruikte landbouwmethode per categorie binnen de gangbare en biologische akkerbouw.

Categorie	Gangbare landbouwmethode	Biologische landbouwmethode
Grondbewerking	Ploegen	Gereduceerde grondbewerking in combinatie met groenbemesters en/of rustgewassen
	Rijden over het hele perceel	Vaste rijpaden
Ziekte-en plaagbestrijding	Pesticiden	Ruimere vruchtwisseling, (bloemrijke)akkerranden en het terugbrengen van landschapselementen
Onkruidbestrijding	Herbiciden	Preventieve, mechanische en thermische technieken
Bemesting	Kunstmest	Organische meststoffen

3.2.1 Grondbewerking

Binnen de biologische akkerbouw is de bodem de basis van het bedrijf. Een vruchtbare, levende bodem met een goede structuur is een belangrijke component van een biologisch bedrijf. Om de bodem gezond te maken en te houden maakt de biologische akkerbouw gebruik van gereduceerde grondbewerking in plaats van ploegen. Dit gebeurt vaak in combinatie met groenbemesters en/of rustgewassen. Ook wordt er binnen de biologische akkerbouw gebruik gemaakt van vaste rijpaden om bodemverdichting minimaal te houden.

Gereduceerde grondbewerking in combinatie met groenbemesters en/of rustgewassen

De in de gangbare landbouw gebruikte methode van grondbewerking, i.e. ploegen, maakt de bodem losser, verbetert de afwatering, bevordert het zaaien en ontkiemen van een gewas en werkt gewasresten en onkruiden onder. Na vertering komen hieruit voedingstoffen vrij die in een volgende teelt kunnen worden gebruikt. Ook wordt door ploegen de grond geëgaliseerd en worden stenen of stronken verwijderd. Allemaal positieve effecten van ploegen, maar er zijn ook veel negatieve effecten waar niet aan voorbij kan worden gegaan. Zo vermindert de bodemstructuur door ploegen en vallen aggregaten (kruimels) uit elkaar. Ook verdwijnt organische stof versneld in de vorm van CO₂ en spoelen nutriënten uit als deze niet op tijd door een volgend gewas kunnen worden gebruikt. Verder verdicht de bodem door het gewicht van de zware machines, maar voornamelijk als er met de trekker eenzijdig door de ploegvoor wordt gereden. Deze verdichting leidt tot een slechte afwatering, verslemping, verkorte berijdbaarheid van percelen en erosie (Schouten et al., 2018). Een alternatief voor ploegen die wordt gebruikt binnen de biologische akkerbouw is gereduceerde grondbewerking in combinatie met groenbemesters. Bij gereduceerde grondbewerking wordt de grond alleen bewerkt waar het nodig is om bijvoorbeeld een zaai-, poot- of plantbed te maken. De groenbemesters en/of rustgewassen zorgen voor de aanvoer van organische stof, maar ook voor bodembedekking gedurende de winter (van Balen & van Leeuwen-Haagsma, 2017). Een groenbemester is een gewas dat geteeld wordt tussen twee hoofdteelten. Het heeft als doel de bodemvruchtbaarheid in stand te houden, waardoor het een bedrijfsinterne functie heeft in de vruchtwisseling. Onder rustgewassen vallen de granen en grasklaver- of luzerneweiden, maar vaak worden de peulvruchten hier ook bij gerekend. Rustgewassen danken hun naam aan de overwegend positieve effecten van het verbouwen van deze gewassen op alle aspecten van de bodemvruchtbaarheid, de bodem wordt letterlijk rust gegund, vanwege de lage belasting van de bodemkwaliteit, de opbouw van organische stof en de relatief lage nutriëntenbehoefte (Dawson et al., 2019).

Vaste rijpaden

De teelt met vaste rijpaden is erop gericht om een zo klein mogelijk oppervlakte van het perceel te berijden om de bodemstructuur te sparen. Ook ontstaat er door het niet berijden van stukken perceel een homogeen teeltbed met weinig verschillen in onder andere verkruiemeling, vlakligging en waterhuishouding. Werken met vaste rijpaden houdt in dat elk jaar de rijpaden op dezelfde plaats liggen. Hierbij worden de teeltsystemen gestandaardiseerd. Denk hierbij aan de spoorbreedtes, zaai-, plant- of pootafstanden en de werkbreedtes (van Keulen, 2009).

3.2.2 Ziekte- en plaagbestrijding

Voor het bestrijden van ziekte en plagen wordt er binnen de biologische akkerbouw geen gebruik gemaakt van chemische middelen, zoals in de gangbare akkerbouw. In plaats daarvan richt de biologische akkerbouw zich op het versterken van de Functionele Agro Biodiversiteit (FAB). FAB is het versterken van het natuurlijke vermogen om ziekten en plagen te beheersen door de biodiversiteit te stimuleren. Het gaat hierbij om het gebruik van biodiversiteitsmaatregelen op en rondom het bedrijf die natuurlijke vijanden aantrekken en stimuleren of die plagen hinderen, verwarren of onderdrukken (Smits & Alebeek, 2007). Hieronder wordt het gebruik van een ruimere vruchtwisseling, het inzaaien van bloeiende akkerranden het terugbrengen van landschapselementen verder uitgewerkt.

Ruimere vruchtwisseling

Het verruimen van de vruchtwisseling is één van de manieren om de FAB te versterken die wordt gebruikt binnen de biologische akkerbouw. Vruchtwisseling houdt in dat er op een perceel in een specifieke volgorde verschillende gewassen worden geteeld. Op deze manier komt er pas na een aantal jaar weer hetzelfde gewas op het perceel terug (lengte van de vruchtwisseling) (van Dijk W. , Spruijt, Runia, & van Geel, 2012). Vruchtwisseling heeft twee hoofdfuncties: 1) het instandhouden en/of verbeteren van de bodemvruchtbaarheid en 2) het voorkomen en/of beheersbaar maken van ziekten, plagen en onkruiden door middel van FAB (Dawson et al., 2019). Daarnaast speelt vruchtwisseling een belangrijke rol in het efficiënt benutten van de aanwezige nutriënten. De gewassen die in een jaar worden geteeld horen samen bij het bouwplan. Een verruiming van de vruchtwisseling kan op twee niveaus. Het eerste niveau is de verruiming op bouwplanniveau. Dit is het vervangen van intensieve gewassen voor extensievere gewassen, die een minder groot beroep doen op de bodemkwaliteit en/of een minder hoge nutriëntenbehoefte hebben. Onder intensieve gewassen vallen aardappelen, bloembollen, groentegewassen en andere rooivruchten. Onder extensievere gewassen vallen de maaigewassen, zoals granen, graszaad en vlinderbloemigen. Het tweede niveau is verruiming op gewasniveau. Dit is het verruimen van de teeltfrequentie van gewassen. Het blijkt namelijk dat bij rooivruchten een ruimere teeltfrequentie (van 1:2 naar 1:3 of 1:4) meestal positief bijdraagt aan de opbrengst (van Dijk et al., 2012).

Inzaaien van (bloemrijke) akkerranden en het terugbrengen landschapselementen

Zowel (bloemrijke) akkerranden als landschapselementen versterken de FAB en worden daarom gebruikt binnen de biologische akkerbouw. Akkerranden zijn bewust aangelegde stroken door of langs percelen, waarin een gewas staat die niet geteeld wordt voor landbouwproductie (Bos & Musters, 2014). De (bloemrijke) akkerranden trekken bestuivers en natuurlijke vijanden aan en vormen een netwerk met relatief onverstoorde en permanent aanwezige leefgebieden voor biodiversiteit. Voor het realiseren van een akkerrand kan worden gekozen uit droge of natte elementen, eenjarige of meerjarige elementen en kruidachtige of houtige elementen (Dawson et al., 2019; Luske, Hospers-Brands, & Janmaat, 2015). Landschapselementen zijn elementen die bestaan uit (half)natuurlijke vegetaties, zoals kleine bosjes, bomenrijen, houtwallen, overhoekjes met ruige vegetaties, slootkanten en natuurvriendelijke oevers. Veel landschapselementen zijn al decennialang

in het landschap aanwezig. In het verleden speelden de landschapselementen een belangrijke rol in de agrarische bedrijfsvoering, zoals houtwallen die werden gebruikt voor de perceel begrenzing, plaagbeheersing of voervoorziening. Doordat de landbouw in schaal is vergroot en de functionaliteit voor de productie is weggefallen zijn veel landschapselementen verdwenen (Erisman, van Eekeren, van Doorn, Geertsema, & Polman, 2017).

3.2.3 Onkruidbestrijding

Samen met gewassen concurreren onkruiden om water, licht en nutriënten. Ook fungeren onkruiden als waardplanten voor ziekten en plagen en vormen daarmee een bedreiging voor de gewasopbrengst en –kwaliteit. Binnen de landbouw is effectieve onkruidbeheersing een belangrijk aspect. Waar gangbare telers gebruik maken van herbiciden als basis voor de onkruidbestrijding, gebruiken biologische telers niet-chemische technieken. Deze niet-chemische technieken kunnen onderverdeeld worden op de schaal waarop deze technieken werkzaam zijn. Zo zijn er technieken die op het hele perceel kunnen worden toegepast, namelijk de volvelds technieken. Andere technieken worden toegepast tussen de rijen met gewassen en weer andere technieken in de rij met gewassen. Ook kunnen de technieken onderverdeeld worden op de manier waarop deze technieken werkzaam zijn (mechanisch of thermisch). Volveds-technieken worden op het hele veld of gewas toegepast en worden gedaan met behulp van de cultivator, eg, staafwieder, combcut, breedwerkend mes en brander. Voor het wieden tussen de rij worden de volgende technieken gebruikt: schijven, schoffel, borstelwieders, rotorkopeg, branden en inter-rij cultivators. Voor het wieden in de rij kunnen torsiewieders, vingerwieders, branders, schoffels en luchtdruk wieders worden gebruikt (Rombout, van Rozen, & Riemens, 2019).

3.2.4 Bemesting

Binnen de gangbare akkerbouw in Nederland wordt er gebruik gemaakt van kunstmest voor de bemesting. Kunstmest is gemaakt van synthetische stoffen en daarom ook verboden binnen de biologische akkerbouw. De biologische akkerbouw maakt gebruik van organische meststoffen. Dit is mest van alleen dierlijke of plantaardige oorsprong. Net als alle telers moet ook de biologische akkerbouw de beperkingen op grond van de nitraat- en fosfaatregelgeving naleven. Het uitgangspunt bij het gebruik van organische meststoffen is dat het uit de natuurlijke kringloop moet komen. Binnen de biologische akkerbouw zijn alleen A- en B-meststoffen toegestaan, waarbij minimaal 70% van de stikstof uit A-meststoffen moet bestaan. Onder de A-meststoffen valt mest van biologische herkomst en met B-meststoffen wordt mest uit de extensieve gangbare veeteelt bedoeld. Hierbij geldt wel dat deze dieren de beschikking moeten hebben over weidegang/uitloop of een deels dichte vloer. Per jaar mag er maximaal 170 kg stikstof uit dierlijke mest per hectare worden gebruikt (Skal, z.d.).

3.3 Wat is de impact van de door de biologische akkerbouw gebruikte landbouwmethoden op de insectenstand in Nederland?

Een bloemrijk, natuurlijk en gezond agrarisch gebied kan een leefgebied vormen waar veel insecten kunnen voortplanten en foerageren. Door geen gebruik te maken van pesticiden, herbiciden en kunstmest, geen intensieve grondbewerking toe te passen en door een toename van de voedsel- en schuilplaatsmogelijkheden binnen de akkerranden en landschapselementen kan het agrarische gebied weer een aantrekkelijke plek worden voor insecten (Noordijk et al., 2020).

3.3.1 Grondbewerking

Veel insecten zijn voor hun hele levenscyclus of een gedeelte ervan afhankelijk van de bodem. Sommige soorten insecten zijn bijvoorbeeld voor voedsel geheel afhankelijk van de bodem. Deze insecten zijn hoofdzakelijk te vinden in de humeuze bodemlagen en in het strooisel en leven van de

organische stof. Voorbeelden van soorten die voor hun voedsel afhankelijk zijn van de bodem zijn miljoenpoten, duizendpoten, pissebedden, springstaarten, mijten, tweestaarten en pseudoscorpionen (Noordijk, Smit, Smit, & Vreugdenhil, 2016). Andere soorten zijn voor een gedeelte afhankelijk van de bodem en brengen er een deel van hun levenscyclus door, meestal als ei, pop of larve. Bij deze groep horen de kevers (Coleoptera) en de vliegen (Diptera). Vaak worden deze insecten geen bodembewoner genoemd, maar toch leven deze insecten als larve langer in de bodem dan dat het volwassen insect bovengronds leeft. Deze soorten leven vaak van plantenwortels, afgevallen blad of mest. De volwassen insecten leven boven de grond als planteneter of bloembezoeker. Ook kunnen deze insecten andere (schadelijke) insecten eten en daarmee, bijv. binnen de akkerbouw, een belangrijke rol spelen in de natuurlijke plaagbeheersing. Nog weer andere soorten insecten leven bijna hun hele levenscyclus boven de grond, maar hebben de bodem nodig om te overwinteren. Daar verpoppen deze insecten van nymf of larve naar volwassen insect. Bij deze groep horen de vlinders en tripsen (Berg & Franken, 2016).

Zowel gereduceerde grondbewerking als het gebruik van vaste rijpaden hebben een positieve invloed op de bodemstructuur. De teelt met vaste rijpaden is erop gericht om een zo klein mogelijk oppervlakte van een perceel te berijden, waardoor de bodemstructuur gespaard wordt en zo de condities voor het gewas zo optimaal mogelijk zijn (Handboek Bodem & Bemesting, z.d.). Door gereduceerde grondbewerking blijft de grond grotendeels intact door alleen te bewerken waar het nodig is voor het maken van een zaai-, poot of plantbed. Een ander effect van gereduceerde grondbewerking is de verhoging van het organische stofgehalte (van Balen & van Leeuwen-Haagsma, 2017). De hoeveelheid en de kwaliteit van de organische stof is voor een vruchtbare bodem van essentieel belang (Bloem, Dimmers, van Balen, & Postma, 2017). Organische stof aanvoer heeft namelijk in veel opzichten een positief effect op de bodemstructuur. Zo gaat het onder andere verkleaving en verslemping tegen op kleigronden en wordt het bodemleven gestimuleerd (Visscher et al., 2008). Het bodemleven bestaat uit verschillende organismen, zoals schimmels, bacteriën en insecten, en is een belangrijk onderdeel van de bodem. Zo zorgt het bodemleven voor de omzetting van plantenresten in voedingsstoffen die weer opgenomen kunnen worden door planten. Ook zorgt het bodemleven voor stabiele bodemaggregaten en helpt het bij de waterhuishouding (Brussaard, 2011).

Een belangrijke rol in het positieve effect op de bodemstructuur spelen rustgewassen en groenbemesters, want groenbemesters en rustgewassen hebben een goede doorworteling, zorgen voor de toevoer van organische stof en gaan erosie tegen (van Balen & van Leeuwen-Haagsma, 2017). Ook spelen groenbemesters en rustgewassen een rol in het beheer van de Functionele Agro Biodiversiteit (FAB), want groenbemesters en rustgewassen kunnen een waardplant zijn voor natuurlijke vijanden. Verder voorzien groenbemesters en rustgewassen het bodemleven van voedsel (Cuijpers & Janmaat, 2012; Dawson et al., 2019). Het bodemleven kan zo gedurende de winter ongestoord aan het werk met het verwerken van de top laag van de bodem. De top laag bestaat na het verwerken uit een kruimelstructuur die qua bewerkbaarheid vergelijkbaar is met een geploegde grond, maar die door het bodemleven stabiel is (van Balen & van Leeuwen-Haagsma, 2017).

3.3.2 Ziekte- en plaagbestrijding

Een ruimere vruchtwisseling kan er preventief voor zorgen dat de populaties ziekteverwekkers op een laag niveau blijven, doordat het langer duurt voordat het gewas dat de ziekte of plaag als waardplant heeft, weer wordt geteeld (Cuijpers & Janmaat, 2012). Ook kan een ruimere vruchtwisseling de intensiteit van het landgebruik af laten nemen. Grote delen van het Nederlandse landschap worden tegenwoordig gedomineerd door hoogproductieve, maar zeer soortenarme graslanden en akkers (Erisman et al., 2014). Uit verschillende studies blijkt dat er een samenhang is tussen een hogere landgebruiksintensiteit en een sterke reductie van het aantal soorten en de abundantie van insecten. Door de vruchtwisseling te verruimen met extensieve gewassen neemt de

intensiteit van het landgebruik af en daarmee ook de reductie van het aantal soorten en de abundantie van insecten (Carrié et al., 2017; Lichtenberg et al., 2017; Weisser et al., 2016).

Een onderzoek van Dainese *et al* (2019) toont aan dat in landschappen waar een grote variatie is aan gewassen, bomen, heggen en weilanden meer insecten te vinden zijn die meehelpten aan de natuurlijke plaagbeheersing. Ook is de samenstelling van deze insecten diverser (Dainese et al., 2019). Akkerranden en landschapselementen dragen beide bij aan voedsel- en schuilplaatsmogelijkheden voor insecten binnen het agrarisch gebied. Meerdere onderzoeken tonen aan dat wilde bloemenstroken grotere aantallen en meer soorten insecten herbergen dan de gewassen aangrenzend aan deze bloemenstroken (Dainese et al., 2019; Haaland, Naisbit, & Bersier, 2011). In de bloemenstroken kunnen de insecten voedsel en een schuilplaats vinden (Hatt et al., 2017). Ook landschapselementen vormen voor veel insectensoorten een belangrijk habitat in het agrarisch landschap (Cormon et al., 2016), want een geringe ruimtelijke samenhang van het landschap, met een laag aandeel aan seminatuurlijke elementen, gaat vaak samen met een lage rijkdom aan insectensoorten (Rossetti et al., 2017). Zo zijn er voor meerdere insectengroepen positieve relaties gevonden tussen deze habitats en het agrarisch landschap (Cormon et al., 2016). Zowel bestuivers als natuurlijke vijanden vinden in de landschapselementen voedsel of schuilplaatsmogelijkheden (Erismann et al., 2017; Noordijk et al., 2020). Natuurlijke vijanden kunnen er overwinteren als er geen gewassen meer op de akkers staan en in het voorjaar bloeien de houtige landschapselementen eerder dan de akkers en de akkerranden en leveren zo pollen en nectar. Met deze pollen en nectar kunnen natuurlijke vijanden, zoals sluipwespen en zweefvliegen, hun populaties weer opbouwen. Als het gewas begint te groeien zijn er voldoende natuurlijke vijanden om plaagpopulaties te onderdrukken (Holland et al., 2016; van Rijn, 2016; Scheper et al., 2013).

3.3.3 Onkruidbestrijding

De biologische akkerbouw maakt geen gebruik van herbiciden, maar maakt in plaats daarvan gebruik van mechanische en thermische technieken om onkruid te bestrijden op het perceel. Zowel het gebruik van herbiciden als het toepassen van deze mechanische en thermische technieken is nadelig voor de insectenstand, want beide zorgen voor een verminderde beschikbaarheid van voedsel- en schuilplaatsmogelijkheden (Booij, 2017; Brussaard, 2011; Ewald et al., 2015; Ewald et al., 2016). Ook kunnen mechanische technieken zorgen voor directe sterfte. Uit een Deens onderzoek waarin eggen in granen werd gemeten blijkt dat door eenmalig eggen op 1-2 cm diepte de geleedpotigenpopulatie reduceerde met 25-60% (Thorbek & Bilde, 2004). Deze reductie is vergelijkbaar met de reductie van geleedpotigen na intensieve bewerkingen, zoals ploegen. Wel verschilt de mate van effectiviteit van de mechanische technieken. Dit is te zien aan de hoeveelheid onkruidbiomassa dat achterblijft op het perceel. Hoe meer onkruidbiomassa er achterblijft hoe hoger de populatie met spinnen en loopkevers die op dit onkruid foerageren (Rombout et al., 2019).

3.3.4 Bemesting

Binnen de biologische akkerbouw is het verboden om kunstmest te gebruiken. Een deel van deze mest kan verdampen als ammoniak en komt zo in de lucht. Deze stikstofdepositie samen met verzuring zorgt ervoor dat de bodem en de daarop groeiende planten ernstig worden verstoord, waardoor deze planten minder aantrekkelijk zijn voor herbivore insecten (Noordijk et al., 2016). Ook is de dichtheid van het bodemleven in zuurdere bodems lager dan in meer neutrale bodems. Dit komt door het lage gehalte van calcium (Ca) en magnesium (Mg) dat in zure bodems zit. Deze elementen hebben veel insecten nodig om hun uitwendig skelet mee op te bouwen (Berg & Franken, 2016). Het gebruik van organisch meststoffen, zoals de biologische akkerbouw doet, kan de aanwezigheid van het bodemleven en natuurlijke vijanden vergroten (Blom, Brandemann, Huiting, &

van der Maarl, 2019). Deze insecten zijn te vinden in de humeuze bodemlagen en in het strooisel en leven van de organische stof die daar te vinden is (Noordijk et al., 2020).

4. Discussie

In deze literatuurstudie is onderzocht wat de bijdrage is van de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland. In dit hoofdstuk worden per deelvraag de resultaten kritisch overdacht.

4.1 Welke rol speelt de landbouw in de achteruitgang van de insectenstand in Nederland?

De landbouw, mede als gevolg van de doorgevoerde intensivering, speelt een rol in de volgende oorzaken voor de achteruitgang van de insectenstand in Nederland: stikstofdepositie, versnippering van natuurgebieden en het verdwijnen van kleine landschapselementen, pesticiden gebruik en de vermindering in beschikbaarheid van voedselplanten. In deze studie is er alleen gefocust op oorzaken waar de landbouw een directe rol in speelt. Er is niet gekeken of er oorzaken zijn voor de insectenachteruitgang waarbij de landbouw (mogelijk) een indirecte rol speelt of die versterkt worden door oorzaken waar de landbouw wel een rol in speelt. Dit kan door bijvoorbeeld literatuurstudie te doen naar de rol van de landbouw in de klimaatverandering of milieuvervuiling. Verder is er in deze studie alleen gefocust op Nederland. Hierdoor konden alleen onderzoeken die zijn gedaan in Nederland worden gebruikt, waardoor de hoeveelheid literatuur die gebruikt kon worden afnam. Hierdoor kan ook de betrouwbaarheid van deze studie afnemen.

4.2 Welke landbouwmethoden worden er gebruikt binnen de biologische akkerbouw die anders zijn dan die van de gangbare akkerbouw in Nederland?

Er zijn drie uitgangspunten waarmee de biologische akkerbouw zich onderscheidt van de gangbare akkerbouw:

1. Het gebruik van kunstmest is verboden
2. Het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen voor het bestrijden van ziekten, plagen en onkruiden is verboden
3. De bodem is de basis van het bedrijf

Deze drie uitgangspunten zorgen voor verschillen in landbouwmethoden tussen de biologische en gangbare akkerbouw. Deze staan weergegeven in tabel 2 (hoofdstuk 3.2). In deze studie is gefocust op de landbouwmethoden die aansluiten op de drie uitgangspunten waarmee de biologische akkerbouw zich onderscheidt van de gangbare akkerbouw. De vier categorieën: grondbewerking, ziekte- en plaagbestrijding, onkruidbestrijding en bemesting zijn op basis van deze drie uitgangspunten uitgekozen. Hierdoor werd de literatuurstudie afgebakend wat tot gevolg kan hebben dat niet alle verschillen in landbouwmethoden zijn gevonden. Wel omvatten deze vier categorieën alle landbouwmethoden die vallen onder de drie uitgangspunten die verschillen van de gangbare akkerbouw, waardoor deze literatuurstudie wel een goed uitgangspunt kan zijn voor vervolgstudie(s).

4.3 Wat is de impact van de door de biologische akkerbouw gebruikte landbouwmethoden op de insectenstand in Nederland?

Grondbewerking

Veel insecten zijn voor hun hele levenscyclus of een gedeelte ervan afhankelijk van de bodem. Zowel gereduceerde grondbewerking als groenbemesters en/of rustgewassen en het gebruik van vaste rijpaden verbeteren de bodemstructuur en verminderen bodemverstoring. Daardoor krijgen insecten de kans om zich te ontwikkelen in of op de bodem en om te foerageren. Ook zorgt gereduceerde grondbewerking voor een verhoging van het organische stofgehalte wat het bodemleven stimuleert.

Ondanks dat gereduceerde grondbewerking en het gebruik van vaste rijpaden een positievere bijdrage levert aan de insectenstand dan ploegen en rijden over het hele perceel, blijven het wel grondbewerkingen. En het bodemleven, wat ook insecten bevat, houdt over het algemeen niet van grondbewerkingen en kan in het ergste geval een grondbewerking niet overleven (van Balen, 2012).

Ziekte- en plaagbestrijding

Door een ruimere vruchtwisseling neemt de intensiteit van het landgebruik af, waardoor ook de reductie van het aantal soorten insecten minder wordt. Een verruiming van de vruchtwisseling kan op twee niveaus. Het eerste niveau is de verruiming op bouwplanniveau. Dit is het vervangen van intensieve gewassen voor extensievere gewassen, die een minder groot beroep doen op de bodemkwaliteit en/of een minder hoge nutriëntenbehoefte hebben. Het tweede niveau is verruiming op gewasniveau. Dit is het verruimen van de teeltfrequentie van gewassen. Het verruimen van de vruchtwisseling levert een positieve bijdrage aan de insectenstand, maar er is ook een nadeel. Extensievere gewassen zijn vaak gewassen met een lager rendement. Het verruimen van de vruchtwisseling kan dan ook leiden tot inkomstenverlies (van Dijk, Spruijt, Runia, & van Geel, 2013).

Zowel akkerranden als landschapselementen dragen bij aan voedsel- en schuilplaatsmogelijkheden voor insecten. Door akkerranden in te zaaien en landschapselementen aan te leggen of te herstellen wordt het perceel aantrekkelijker gemaakt voor insecten. Een nadeel is dat een akkerrand of landschapselement ten koste gaat van productie-oppervlakte (van Rijn, Willemse, & van Alebeek, 2011). Akkerranden en landschapselementen hebben als doel het versterken van de FAB: het bestrijden van plaagdieren met behulp van natuurlijke vijanden. Veel plaagdieren zijn echter ook insecten, waardoor er naast een verhoging van de “goede insecten” een verlaging is van de “slechte insecten”.

Onkruidbestrijding

De biologische landbouw maakt gebruik van mechanische en thermische technieken om onkruid te bestrijden. Deze technieken zorgen voor een verminderde beschikbaarheid van voedsel – en schuilplaatsmogelijkheden voor insecten door het weghalen van het onkruid. Ook kunnen mechanische technieken zorgen voor directe sterfte bij de insecten die op de grond leven. Wel verschilt de efficiëntie van de verschillende mechanische technieken. Dit kan gezien worden aan de hoeveelheid achtergebleven onkruidbiomassa. Hoe meer onkruidbiomassa er achter blijft, hoe hoger het aantal aanwezige insecten.

Er is in deze studie gekeken naar de bijdrage van de onkruidbestrijdingstechnieken op de insectenstand in Nederland. Zowel de methode die de gangbare akkerbouw gebruikt als de methode die de biologische akkerbouw gebruikt leveren een negatieve bijdrage aan de insectenstand. In deze studie is niet gekeken naar de bijdrage aan de insectenachteruitgang in aantallen, waardoor er niet kan worden gezegd of de methode die de gangbare akkerbouw of de methode die de biologische akkerbouw gebruikt een grotere negatieve bijdrage levert.

Bemesting

Het gebruik van organische meststoffen binnen de biologische akkerbouw vergroot de aanwezigheid van het bodemleven en de natuurlijke vijanden, doordat deze insecten in de humeuze bodemlagen en in het strooisel zijn te vinden en leven van de organische stof. Ook is, door organische meststoffen te gebruiken in plaats van kunstmest, de bodem minder zuur. Dit is gunstig voor de insectenstand, want in neutrale bodems is de dichtheid van het bodemleven hoger dan in zure bodems. Een nadeel aan het gebruik van organische meststoffen is dat de mest nooit hetzelfde is, omdat het afkomstig is

van dieren. Daardoor is het bij gewassen die gevoelig zijn voor een overschot aan bepaalde componenten moeilijk bemesten.

5. Conclusie

In deze literatuurstudie is er gekeken wat de bijdrage is van de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland. In dit hoofdstuk wordt eerst een antwoord gegeven op elke deelvraag en vanuit deze conclusies wordt het antwoord op de hoofdvraag geformuleerd.

5.1 Welke rol speelt de landbouw in de achteruitgang van de insectenstand in Nederland?

In de volgende oorzaken speelt de landbouw, mede als gevolg van de doorgevoerde intensivering, een rol: stikstofdepositie, versnippering van natuurgebieden, verdwijnen van kleine landschapselementen en overhoekjes, pesticiden en de vermindering in beschikbaarheid van voedselplanten. De intensivering van de landbouw heeft een sterke afname van habitatten en versnippering van natuurgebieden tot gevolg. Uit verschillende studies blijkt dat er een samenhang is tussen een hogere landgebruiksintensiteit en een sterke reductie van het aantal soorten en de abundantie van insecten (Carrié, Andrieu, Ouin & Steffan-Dewenter, 2017; Lichtenberg et al., 2017; Weisser, Gossner & Simons, 2016). Insectensoorten met een lange levensduur hebben geringe dispersiecapaciteit en zijn gevoeliger voor de negatieve effecten van versnippering. Een geringe ruimtelijke samenhang van het landschap, met een laag aandeel aan seminatuurlijke elementen, gaat vaak samen met een lage rijkdom aan insectensoorten. Stikstofdepositie heeft op drie manieren een negatief effect op de insectenstand. Ten eerste zorgen zowel een verhoogde beschikbaarheid van stikstof als de hiermee gepaard gaande bodemverzuring voor een afname van het bloemenaanbod, wat zorgt voor een afname van bloembezoekende insecten en insecten die zich voeden met planten. Ten tweede zorgt een hoge stikstofdepositie voor een koeler, en daarmee voor veel warmteminnende insectensoorten ongunstiger, microklimaat. Dit komt door de toename van de plantaardige biomassa door de vergrassing en verdichting van de ondergroei. Ten derde leidt hoge stikstofdepositie en de daarmee samenhangende bodemverzuring voor insecten tot een verandering van de voedselkwaliteit. Hierdoor kunnen er bij insecten tekorten ontstaan aan andere nutriënten, zoals fosfaat. Landschapselementen en overhoekjes kunnen voor veel insecten een belangrijk leefgebied vormen en daarmee dus bijdragen aan de soortenrijkdom. Pesticiden doden insecten, zorgen voor een verminderde beschikbaarheid van voedsel of hebben een effect via interacties met andere drukfactoren. Veel insectensoorten zijn voor hun voedsel afhankelijk van planten. De bloemen verschaffen essentiële voedselbronnen, zoals stuifmeel (bron van eiwitten en mineralen) en nectar (voor de energievoorziening). Een soortenrijke vegetatie herbergt, over het algemeen, een hogere abundantie en met name een hogere rijkdom aan insectensoorten.

5.2 Welke landbouwmethoden worden er gebruikt binnen de biologische akkerbouw die anders zijn dan die van de gangbare akkerbouw in Nederland?

De biologische akkerbouw onderscheidt zich van de gangbare akkerbouw met de volgende uitgangspunten: de biologische akkerbouw maakt geen gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen en kunstmest en binnen de biologische akkerbouw wordt er veel waarde gehecht aan een gezonde bodem. Deze verschillen in uitgangspunten zorgen voor verschillen in landbouwmethoden tussen de gangbare en de biologische akkerbouw. Deze verschillen staan weergegeven in tabel 2 (hoofdstuk 3.2).

5.3 Wat is de impact van de door de biologische akkerbouw gebruikte landbouwmethoden op de insectenstand in Nederland?

Zowel gereduceerde grondbewerking als het gebruik van vaste rijpaden leveren een positieve bijdrage aan de insectenstand. Beide methoden zorgen voor een betere bodemstructuur en stimuleren het bodemleven. Ook de methoden die de biologische akkerbouw gebruikt voor ziekte-

en plaagbestrijding leveren een positieve bijdrage aan de insectenstand in Nederland. Door een ruimere vruchtwisseling neemt de intensiteit van het landgebruik af, waardoor ook de reductie van het aantal soorten insecten afneemt. Zowel akkerranden als landschapselementen dragen bij aan voedsel- en schuilplaatsmogelijkheden voor insecten, waardoor het perceel aantrekkelijker wordt gemaakt voor insecten. Ook het gebruik van organische meststoffen voor de bemesting levert een positieve bijdrage aan de insectenstand in Nederland, want het vergroot de aanwezigheid van het bodemleven en de natuurlijke vijanden, doordat deze insecten in de humeuze bodemlagen en in het strooisel zijn te vinden en leven van de organische stof. Alleen de technieken die de biologische akkerbouw gebruikt voor het bestrijden van onkruid leveren een negatieve bijdrage aan de insectenstand in Nederland. Deze technieken zorgen namelijk voor een verminderde beschikbaarheid van voedsel – en schuilplaatsmogelijkheden voor insecten door het weghalen van het onkruid. Ook kunnen mechanische technieken zorgen voor directe sterfte bij de insecten die op de grond leven.

5.4 Wat is de bijdrage van de biologische akkerbouw aan de insectenstand in Nederland?

Op basis van de gevonden resultaten kan er worden gesteld dat de biologische akkerbouw, over het algemeen genomen, een positieve bijdrage levert aan de insectenstand in Nederland. Wel is door de afbakening van deze studie de bijdrage van een klein gedeelte van de biologische akkerbouw onderzocht. Daarom wordt er aangeraden vervolgonderzoek te doen.

5.5 Aanbevelingen

In deze studie is gefocust op de landbouwmethoden die aansluiten op de drie uitgangspunten waarmee de biologische akkerbouw zich onderscheidt van de gangbare akkerbouw. De vier categorieën: grondbewerking, ziekte- en plaagbestrijding, onkruidbestrijding en bemesting zijn ook hierop uitgekozen. Hierdoor werd de literatuurstudie afgekaderd wat tot gevolg kan hebben dat niet alle verschillen in landbouwmethoden zijn gevonden. In vervolgstudies kan gekozen worden voor andere categorieën. Ook is er in deze literatuurstudie afgebakend op alleen de bijdrage van de biologische akkerbouw. In een vervolgstudie kan er ook worden gekeken naar de bijdrage van de biologische veehouderij of de biologische landbouw in het algemeen. Ook kan er worden gekeken naar de bijdrage van de gangbare akkerbouw aan de insectenstand in Nederland, zodat er een vergelijking kan worden gemaakt tussen de bijdrage die de biologische en gangbare akkerbouw leveren en mogelijke verschillen kunnen worden onderzocht.

Zowel de methode die de gangbare akkerbouw gebruikt voor onkruidbestrijding (herbiciden) als de methoden die de biologische akkerbouw gebruikt voor onkruidbestrijding (mechanische en thermische technieken) leveren een negatieve bijdrage aan de insectenstand. Er is in deze studie niet uitgezocht welke methode een negatievere bijdrage levert. In een vervolgonderzoek kan worden gekeken naar de impact van deze methoden op de aantallen insecten om te kunnen zeggen welke methode de minst negatieve bijdrage levert aan de insectenstand.

6. Literatuurlijst

- Altieri, M. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. In M. Paoletti, *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes* (pp. 19-31). Elsevier Science.
- Berg, M., & Franken, O. (2016). De cruciale rol van bodemtype op de verspreiding van bodemfauna. *Entomologische berichten*(76), 41-47.
- Blacquière, T., Smagghe, G., van Gestel, K., & Mommaerts, V. (2012). *Neonicotino den en Fipronil en sterfte van bijen en bijenvolken: overzicht van open beschikbare peer reviewed laboratorium-, veld-en monitoringsstudies*. Plant Research International.
- Bloem, J., Dimmers, W., van Balen, D., & Postma, J. (2017). Gereduceerde grondbewerking, labiele organische stof en micro-organismen. *Gewasbescherming*, 48(2/3), 67-68.
- Blom, M., Brandemann, J., Huiting, H., & van der Maarl, C. (2019). Plaagbeheersing in de biologische spruitkoolteelt. *Biokennisbericht*(39).
- Booij, C. (2017). *Beleid en onderzoek kampen met gebrekkige en onvoldoende kennis over de biodiversiteit van insecten*. Wageningen: Wageningen University & Research.
- Bos, M., & Musters, C. (2014). *De effectiviteit van akkerranden in het vervullen van maatschappelijke diensten*. Leiden: Department of Conservation Biology .
- Brussaard, L. (2011). Bodemleven koesteren loont. *Syscope Magazine*(29), pp. 8-9.
- Carrié, R., Andrieu, E., Ouin, A., & Steffan-Dewenter, I. (2017). Interactive effects of landscape-wide intensity of farming practices and landscape complexity on wild bee diversity. *Landscape Ecology*, 32(8), 1631-1642.
- Carvell, C., Bourke, A., Dreier, S., Freeman, S., Hulmes, S., Jordan, W., . . . Heard, M. (2017). Bumblebee family lineage survival is enhanced in high-quality landscapes. *Nature*, 543(7646), 547-549.
- CBS, PBL, RIVM, WUR. (2019). *Land- en tuinbouw: ruimtelijke spreiding, grondgebruik en aantal bedrijven*. . Retrieved april 18, 2020, from www.clo.nl: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl2119-agrarisch-grondgebruik->
- Compendium voor de Leefomgeving. (2020, maart). *Biologische landbouw: arealen en veestapels, 2011-2019*. Retrieved september 9, 2020, from www.clo.nl: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0011-biologische-landbouw#:~:text=In%202019%20telt%20Nederland%2068,meer%20als%20het%20jaar%20e rvoor.&text=Van%20het%20biologische%20landbouwareaal%20is,groenvoedergewassen%2 0en%2071%20procent%20grasland.>
- Convention on Biological Diversity. (2016, mei 13). *Text of the Convention*. Retrieved april 7, 2020, from <https://www.cbd.int/convention/text/?lg=0>
- Cormon, A., Siepel, H., Clement, J., Melman, T., Walis de Vries, M., Turnhout, C., . . . de Snoo, G. (2016). Landscape complexity and farmland biodiversity: Evaluating the CAP target on natural elements. *Journal for Nature Conservatio*, 30, 19-26.
- Costanza, R., d'Arge, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., . . . van den Belt, M. (1997, mei 15). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*(387), 253-260.

- Cuijpers, W., & Janmaat, L. (2012). *Biowisselkas: bredere vruchtwisseling voor een gezondere bodem*. Louis Bolk Instituut.
- Dainese, M., Martin, E., Aizen, M., Albrecht, M., Bartomeus, I., & Bommarco, R. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science advances*, 5(10).
- Dawson, A., Norén, I., Sukkel, W., Cuperus, F., Schoutsen, M., Vijn, M., & Visser, A. (2019). *Inspiratie voor een biodiverse akkerbouw: Bouwstenen voor integratie van biodiversiteit in de bedrijfsvoering*. Wageningen University & Research, Open Teelten.
- de Groot, G., Knoben, N., van Kats, R., Dimmers, W., van't Zelfde, M., Reemer, M., . . . Kleijn, D. (2016). *De bijdrage van (wilde) bestuivers aan een hoogwaardige teelt van peren en aardbeien: nieuwe kwantitatieve inzichten in de diensten geleverd door bestuivende insecten aan de fruitteeltsector in Nederland*. Alterra, Wageningen-UR.
- Demeulenaere, E., & de Blust, G. (2000). Natuur voor mensen, mensen voor natuur: nota natuur, bos en landschap in de 21e eeuw. *Landschap*, 18(1), 41-47.
- Diaz, S., Settele, J., & Brondizio, E. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Retrieved from https://ipbes.net/sites/default/files/downloads/spm_unedited_advance_for_posting_htn.pdf
- Dua, V., Visser, M., & de Walsche, A. (2014). Is natuur te koop? *Oikos*, 68, 27-42. Retrieved maart 20, 2020
- Erisman, J., Galloway, J., Seitzinger, S., Bleeker, A., Dise, N., Leach, A., . . . Petrescu, A. (2013). Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1621).
- Erisman, J., van Eekeren, N., Cuijpers, W., & de Wit, J. (2014). *Biodiversiteit in de melkveehouderij*. Louis Bolk Instituut.
- Erisman, J., van Eekeren, N., van Doorn, A., Geertsema, W., & Polman, N. (2017). *Maatregelen natuurinclusieve landbouw*. Wageningen Environmental Research.
- Ewald, J., Wheatley, C., Aebischer, N., Duffield, S., & Heaver, D. (2016). *Investigation of the impact of changes in pesticide use on invertebrate populations*. York: Natural England.
- Ewald, J., Wheatley, C., Aebischer, N., Moreby, S., Duffield, S., Crick, H., & Morecroft, M. (2015). Influences of extreme weather, climate and pesticide use on invertebrates in cereal fields over 42 years. *Global Change Biology*, 21(11), 3931-3950.
- Haaland, C., Naisbit, R., & Bersier, L. (2011). Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conservation and Diversity*, 4(1), 60-80.
- Hallman, C., Zeegers, T., Vermeulen, R., Spijkers, H., Jongejans, E., van Klink, R., & van Wielink, P. (2018). *Analysis of insect monitoring data from De Kaaistoep and Drenthe*. Nijmegen: Department of Animal Ecology and Physiology, Radboud University Nijmegen.
- Handboek Bodem & Bemesting. (z.d.). *Vaste rijpadensystemen*. Retrieved oktober 23, 2020, from [handboekbodemenbemesting](http://handboekbodemenbemesting.nl):

<https://www.handboekbodembemesting.nl/nl/handboekbodembemesting/Handeling/Grondbewerking-en-berijding/Vaste-rijpadensystemen.htm>

- Hatt, S., Uyttenbroeck, R., Chevalier Mendes Lopes, T., Mouchon, P., Chen, J., Piqueray, J., . . . Francis, F. (2017). Do flower mixtures with high functional diversity enhance aphid predators in wildflower strips? *European Journal of Entomology*(114), 66-76.
- Haveman, R., & Stortelder, A. (2005). *De effecten van biologische landbouw op biodiversiteit*. Wageningen: Alterra.
- Holland, J., Bianchi, F., Entling, M., Moonen, A., Smith, B., & Jeanneret, P. (2016). Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: a review of European studies. *Pest management science*, 72(9), 1638-16561.
- Kleijn, D., Bink, R., Ozinga, W., Roessink, I., Scheper, J., Schmidt, A., . . . van der Zee, F. (2018). *Achteruitgang insectenpopulaties in Nederland: trends, oorzaken en kennislacunes*. Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- Kleijn, D., Winfree, R., Bartomeus, I., Caralheiro, L., Henry, M., Isaacs, R., . . . Potts, S. (2016). Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications*, 7.
- Klop, E., Omon, B., & Wallis de Vries, M. (2015). Impact of nitrogen deposition on larval habitats: the case of the Wall Brown butterfly *Lasiommata megera*. *Journal of Insect Conservation*, 19(2), 393-402.
- Lichtenberg, E., Kennedy, C., Kremen, C., Batáry, P., Berendse, F., Bommarco, R., . . . Crowder, D. (2017). A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields across agricultural landscapes. *Global Change Biology*, 23(11), 4946-4957.
- Luske, B., Hospers-Brands, A., & Janmaat, L. (2015). *Aanleg en onderhoud van akkerranden: Onkruid de baas blijven*. Louis Bolk Instituut.
- Mondelaers, K., Aertsens, J., & van Huylenbroek, G. (2009). A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British food journal*, 111(10), 1098-1119.
- Myers, J., Antoniou, M., Blumberg, B., Carroll, L., Colborn, T., Everett, L., . . . Benbrook, C. (2016). Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. *Environmental Health*, 15(1), 1-13.
- Newbold, T., Hudson, L., Hill, S., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R., & Day, J. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520, 45-50.
- Noordijk, J., de Haas, M., Zeegers, T., Smit, J., Groothuis, J., & Morssinkhof, R. (2020). *Insectenbevorderende maatregelen in het kader van het 'Programma Biodiversiteit' van de gemeente Ede*. Leiden: EIS Kenniscentrum Insecten.
- Noordijk, J., Smit, J., Smit, J., & Vreugdenhil, D. (2016). De insectengemeenschap van aangelegde steilranden op de heide. *Entomologische berichten*, 76(2), 48-55.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321-326.

- Rombout, S., van Rozen, K., & Riemens, M. (2019). *Neveneffecten van niet-chemische onkruidbestrijding in de landbouw: Een literatuurstudie naar de (neven) effecten op drie groepen: bodemleven, insecten en broedsel*. Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten.
- Roodbergen, M. (2013). *Het jaar van de Patrijs: kennisupdate*. Nijmegen: Sovon Vogelonderzoek Nederland.
- Rossetti, M., Tschardtke, T., Aguilar, R., & Batáry, P. (2017). Responses of insect herbivores and herbivory to habitat fragmentation: a hierarchical meta-analysis. *Ecology Letters*, 20(2), 264-272.
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological conservation*, 232, 8-27.
- Sanders, M., & Westerink, J. (2015). *Op weg naar een natuurinclusieve duurzame landbouw*. Wageningen: Alterra Wageningen UR.
- Schaffers, A., Raemakers, I., Sykora, K., & ter Braak, C. (2008). Arthropod assemblages are best predicted by plant species composition. *Ecology*, 89(3), 782-794.
- Scheper, J., Holzschuh, A., Kuussaari, M., Potts, S., Rundlöf, M., Smith, H., & Kleijn, D. (2013). Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss—a meta-analysis. *Ecology letters*, 16(7), 912-920.
- Scherber, C., Eisenhauer, N., Weisser, W., Schmid, B., Voigt, W., Fischer, M., . . . Tschardtke, T. (2010). Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature*, 468(7323), 553-556.
- Schouten, T., Bloem, J., de Goede, R., van Eekeren, N., Deru, J., Zanen, M., . . . Rutgers, M. (2018). Veldexperimenten uitgelicht: Niet-kerende grondbewerking goed voor de bodembiodiversiteit? *Bodem*(3), 20-23.
- Skal. (z.d.). *Regelgeving biologische meststoffen en voorwaarden*. Retrieved oktober 24, 2020, from skal: <https://www.skal.nl/certificeren/teelt-van-gewassen/voorwaarden/meststoffen>
- Smit, A., Driessen, P., & van Amstel, M. (2005). Heeft agrobiodiversiteit toekomst? *Landschap*, 22(2), 103-111.
- Smits, M., & Alebeek, F. (2007). *Biodiversiteit en kleine landschapselementen in de biologische landbouw; Een literatuurstudie*. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.
- Sukkel, W., Cuperus, F., & van Apeldoorn, D. (2019). Biodiversiteit op de akker door gewasdiversiteit. *De levende natuur*, 120(4), 132-135.
- Tao, L., & Hunter, M. (2012). Does anthropogenic nitrogen deposition induce phosphorus limitation in herbivorous insects? *Global Change Biology*, 18(6), 1843-1853.
- Thorbek, P., & Bilde, T. (2004). Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. *Journal of Applied Ecology*, 41(3), 526-538.
- Tosi, S., & Nieh, J. (2017). A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, alters honey bee activity, motor functions, and movement to light. *Scientific reports*, 7(1), 1-13.

- Tuomisto, H., Hodge, I., Riordan, P., & Macdonald, D. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts? *Journal of environmental management*, 112, 309-320.
- van Balen, D. (2012). Mechanisatie in dienst van bodembeheer. *Ekoland*, 32(5), 12-13.
- van Balen, D., & van Leeuwen-Haagsma, W. (2017). De effecten van gereduceerde grondbewerking: groenbemesters beschermen bodem in winter en verminderen onkruidruk in groeiseizoen. *Ekoland*, 37(5), 12-13.
- van Dijk, W., Spruijt, J., Runia, W., & van Geel, W. (2012). *Verruiming vruchtwisseling in relatie tot mineralenbenutting, bodemkwaliteit en bedrijfseconomie op akkerbouwbedrijven*. Wageningen: Praktijonderzoek Plant & Omgeving.
- van Dijk, W., Spruijt, J., Runia, W., & van Geel, W. (2013). Ruimere vruchtwisseling: voor- en nadelen voor nutriëntenbenutting en bedrijfseconomie : effecten van verruiming van vruchtwisseling op mineralenbenutting, bodemkwaliteit en economie op akkerbouwbedrijven. *Kennisakker*.
- van Doorn, A., Schutt, J., Erisman, J., Kleijn, D., Melman, D., Sukkel, W., . . . Hilgen, P. (2019). *Herstel & benutten van biodiversiteit in de kringlooplandbouw: programmeringsstudie voor de kennis en innovatie agenda*. Wageningen: Wageningen University & Research.
- van Keulen, H. (2009). Vaste rijpaden bieden veel voordeel. *Biokennisbericht*(26). Retrieved from <https://edepot.wur.nl/13936>
- van Rijn, P. (2016). Landschapscompletering voor een betere plaagbeheersing. *Landschap*, 33(1), 41-43.
- van Rijn, P., Willemse, J., & van Alebeek, F. (2011). *FAB en akkerranden voor natuurlijke plaagbeheersing*. Wageningen: Wageningen Universiteit.
- Visscher, J., Boer, H. d., Haan, M. d., Hoving, I., Schooten, H. v., Dekker, P., . . . Wolf, P. d. (2008). *Perspectieven bedrijfsmaatregelen voor duurzaam bodemgebruik*. Wageningen: Animal Sciences Groep.
- Vogels, J., Verberk, W., Lamers, L., & Siepel, H. (2017). Can changes in soil biochemistry and plant stoichiometry explain loss of animal diversity of heathlands? *Biological conservation*, 212, 432-447.
- Wallis de Vries, M. (2017). Vlinders als graadmeter voor verandering in onze omgeving. Wageningen Environmental Research.
- Wallis de Vries, M., & van Swaay, C. (2017). A nitrogen index to track changes in butterfly species assemblages under nitrogen deposition. *Biological Conservation*, 212, 448-453.
- Weisser, W., Gossner, M., & Simons, N. (2016). Multi-taxa approach shows consistent shifts in arthropod functional traits along grassland land-use intensity gradient. *Ecology*, 97(3), 754-764.

Bijlagen

Bijlage I Checklist Schriftelijk Rapporteren

Naam:

Klas:

*De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn 'killing points'. Wanneer de beoordelaar daarvan meer dan vijf heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen 'killing points' toegestaan.*

1. Het taalgebruik

- ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden; het rapport/verslag is dan afgekeurd*
- ☐ Heeft een actieve schrijfstijl*
- ☐ Is zakelijk, formeel en objectief *
- ☐ Is coherent (verwijs- en verbindingswoorden)*
- ☐ Heeft een adequate interpunctie*
- ☐ Bevat niet de persoonlijke voornaamwoorden 'ik/ mij/me, jij/je/jou, jullie, u, wij/we/ons' *
- ☐ Is doelgroepgericht*
- ☐ Heeft een uniforme stijl*

2. De ordening

- ☐ Het verslag/rapport heeft een logisch opbouw
- ☐ Elk hoofdstuk heeft een logische alineastructuur
- ☐ Elk hoofdstuk kent een introductie (m.u.v. H.1)

3. Het rapport/verslag

- ☐ Is vrij van plagiaat*
- ☐ De pagina's zijn genummerd*
- ☐ Heeft een uniforme opmaak

4. De omslag

- ☐ Bevat de titel
- ☐ Vermeldt de auteur(s)

5. De titelpagina/het titelblad

- ☐ Heeft een specifieke titel*
- ☐ Vermeldt de auteur(s)*
- ☐ Vermeldt de plaats en de datum*
- ☐ Vermeldt de opdrachtgever(s)*

6. Het voorwoord:

- ☐ Bevat de persoonlijke aanleiding tot het schrijven van het rapport/verslag
- ☐ Bevat persoonlijke bedankjes (persoonlijke voornaamwoorden toegestaan)

7. De inhoudsopgave:

- ☐ Vermeldt alle genummerde onderdelen van het rapport/verslag*
- ☐ Vermeldt de samenvatting en de bijlage(n)
- ☐ Is overzichtelijk/gestructureerd
- ☐ Heeft een correcte paginaverwijzing

8. De samenvatting:

- ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag
- ☐ Bevat de conclusies
- ☐ Bevat suggesties voor verder onderzoek
- ☐ Bevat geen persoonlijke mening
- ☐ Staat direct na de inhoudsopgave

9. De inleiding

- ☐ Is hoofdstuk 1*
- ☐ Beschrijft het kader/de context en de aanleiding*
- ☐ Geeft inhoudelijke relevante achtergrondinformatie*
- ☐ Bevat de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Vermeldt het doel*
- ☐ Bevat een leeswijzer voor het rapport/verslag*

10. Materiaal en methode

- ☐ Beschrijft de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Motiveert de keuze voor de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Past bij de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Beschrijft de variabelen/eenheden
- ☐ Beschrijft de methode van data-analyse

11. De (opmaak van de) kern

- ☐ De hoofdstukken en de (sub)paragrafen met maximaal drie niveaus zijn genummerd*
- ☐ De hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben een passende titel
- ☐ Een hoofdstuk beslaat ten minste één pagina
- ☐ Een nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina
- ☐ De zinnen lopen door (geen 'enter' binnen een alinea gebruiken)
- ☐ De figuren zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (onder de figuur)*
- ☐ De tabellen zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (boven de tabel)*
- ☐ Tabellen en figuren zijn zelfstandig te begrijpen
- ☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar figuren en/of tabellen*
- ☐ De tekst bevat verwijzingen naar de desbetreffende bijlage(n)
- ☐ De tekst is ook zonder verwijzingen te begrijpen

12. De discussie

- ☐ Vermeldt de interpretatie(s) van de resultaten
- ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur
- ☐ Geeft de valide argumentatie weer
- ☐ Evalueert de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen

13. De conclusies en aanbevelingen

- ☐ Bevatten antwoord(en) op de onderzoeksvraag
- ☐ Zijn gebaseerd op relevante feiten
- ☐ Bevatten geen nieuwe informatie*

14. De bronvermelding

- ☐ Verwijzingen in de tekst zijn conform de APA-normen*
- ☐ De bronnenlijst is conform de APA-normen*

15. De bijlagen

- ☐ Zijn genummerd
- ☐ Zijn voorzien van een passende titel
- ☐ Bevatten geen eigen analyse
- ☐ Zijn overzichtelijk weergegeven