



**Bijlage 2. Opdrachtomschrijving/onderzoeksvoorstel
OBN-2020-123-EG “Oorzaken achteruitgang van biomassa van insecten”**

1. Algemeen

1.1 Opdrachtgever: VBNE

De VBNE is een samenwerkingsverband van bos en natuurterreineigenaren. De samenwerking binnen de VBNE is gericht op het gebied van de professionele bedrijfsvoering van het bos en natuurbeheer. Alle activiteiten die binnen, door, via en met de vereniging worden aangegaan zijn hier op gericht. De vereniging is daarmee een vorm van structurele samenwerking tussen partijen die betrokken zijn bij de professionele bedrijfsvoering en vormt daarmee een breed gedragen basis voor verdere samenwerking. Bij een professionele bedrijfsvoering van het bos en natuurbeheer hoort kennisontwikkeling. Dit is een belangrijke randvoorwaarde.

Deze randvoorwaarde wordt onder andere ingevuld door het coördineren en uitvoeren van het OBN kennisprogramma. De VBNE heeft als doelstelling de onderzoeksprojecten van het OBN kennisnetwerk rechtmatig en doelmatig aan te besteden conform de daarvoor geldende regelgeving. Daarnaast heeft de VBNE als nevendoeel de kwaliteit van het aanbestedingsproces en de daarvoor benodigde standaard stukken te verbeteren.

1.2 Algemene projectbeschrijving

Deze onderzoeksopdracht vindt plaats in het kader van het 'Programma Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit' (OBN). Het OBN wordt gefinancierd door Bij12 en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Het Kennisnetwerk OBN heeft als doel de ontwikkeling, ontsluiting, verspreiding en benutting van kennis over natuurherstel en -beheer in de breedste zin ten behoeve van Natura 2000, de structurele aanpak van stikstof, de Kaderrichtlijn water, de leefgebiedenbenadering voor soorten, exoten, de ontwikkeling en verbinding van nieuwe natuur (het Nationaal Natuurnetwerk) en het cultuurlandschap/het agrarisch natuurbeheer.

De werkgebieden van het Kennisnetwerk kunnen als volgt worden beschreven:

- Inrichting van nieuw verworven (landbouw)gronden (het Nationaal natuurnetwerk) naar bepaalde (SNL-)natuurtypen; het kan hier gaan om enclaves, om verbindingen, bufferzones en dergelijke; het betreft inrichting, het ontwikkelingsbeheer en het instandhoudingsbeheer;
- Bij Natura2000 en de Kaderrichtlijn water gaat het om beheer en ontwikkeling gericht op het realiseren van de (internationale) instandhoudings-/kwaliteitsdoelen (verbetering, uitbreiding) en de daarvoor op te stellen herstelstrategieën, beheerplannen of maatregelenpakketten;
- Meer specifiek gaat het bij N2000 om stikstofgevoelige gebieden waarbij het gaat om de mitigatie van de effecten van stikstofdepositie door systeemherstel door maatregelen in de gebieden en in de overgangsgebieden zoals hydrologisch herstel of het wegnemen van overtollige stikstof; dit vertaalt zich in herstelstrategieën en maatregelenpakketten in het kader van Programma Natuur;
- Het soortenbeleid richt zich op behoud of herstel van populaties van bedreigde en beschermde soorten en (waar nodig) bestrijding van invasieve exoten, hetzij door specifieke maatregelen, hetzij door inrichting en herstel van natuurgebieden. De te nemen maatregelen en de inpassing daarvan in het ecosysteembeheer is onderwerp in het nieuwe Kennisnetwerk;
- Ontwikkeling en beheer van het cultuurlandschap betreft de effectiviteit van het particulier landschaps-, landgoed- en bosbeheer en van het agrarisch natuurbeheer.

De aard van het onderzoek dat door het OBN wordt uitgevoerd kenmerkt zich door probleemgestuurd, veelal langjarig en experimenteel onderzoek op veldschaal, gericht op de ontwikkeling en toetsing van innovatieve en praktijkgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van natuurkwaliteit.

1.3 (Intellectueel) eigendom

Het intellectueel eigendom van door de aanbestedende dienst verstrekte informatie berust bij de aanbestedende dienst. Behoudens uitzonderingen door de Auteurswet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de aanbestedende dienst niets uit deze vraagspecificatie worden veelevoudigd (anders dan voor het doel van deze vraagspecificatie) door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins.

De VBNE staat er te allen tijde voor in dat informatie afkomstig van de inschrijver, waarvan hij de vertrouwelijkheid kent, dan wel behoort te kennen, vertrouwelijk zal worden behandeld en in ieder geval rekening zal worden gehouden met de gerechtvaardigde (zakelijke) belangen van de inschrijver.

2. Probleemstelling

In de afgelopen decennia blijkt vrijwel ongemerkt meer dan 75% van de insectenbiomassa te zijn verdwenen uit natuurreservaten in Duitsland (Hallmann et al. 2017), een check aan de weinige lange-termijn datasets in Nederland blijkt een vergelijkbaar beeld op te leveren (Hallmann et al. 2019). Als mogelijke oorzaken worden gesuggereerd:

- a. het weglekken van insecten uit relatief kleine natuurgebieden naar het agrarisch gebied er om heen (principe van de ecologische val) (zie ook Battin, 2004);
- b. het inwaaien van pesticiden, waarbij sinds 1995 met name neonicotinoiden verdacht zijn (zie ook Hallmann et al. 2014). Verspreiding van pesticiden voor Gelderland is onderzocht door Buijs & Mantingh (2019);
- c. stikstofdepositie. Effecten van N depositie op de fauna zijn uitgebreid beschreven door Nijssen et al. (2017), waarbij verschillende oorzakelijke routes worden aangeduid: 1. direct effect van chemische stress (pH, zuurstofspanning in water), 2. koeler en vochtiger microklimaat, 3. verkleining van nest- en broedgelegenheid (open zand), 4. verandering van aanbod voedselplanten (zowel herbivoren als bestuivers), 5. verandering van kwaliteit van voedselplanten (stoichiometrie) (vaak op de arme zandgronden), waardoor een P tekort optreedt voor de fauna (Vogels et al. 2017, Siepel et al. 2018, 2019) en 6. afname van prooidieren (door de 5 eerder genoemde oorzaken).

De gesuggereerde 3 oorzaken van insectenafname (a, b en c) hebben allen te maken met een intensiteit van landbouw, die zijn sporen nalaat in de insectenstand (a. onherbergzame omgeving reservaten (op agrarisch gebied), b. gebruik en verspreiding pesticiden (ook buiten agrarisch gebied) en c. effecten van N depositie (vooral buiten agrarisch gebied)).

Binnen de Expertisegroep Fauna van OBN is een deskundigenconsultatie geweest over welke insecten- groepen kwantitatief sterk zijn achteruitgegaan in de afgelopen decennia en wat daarvan de mogelijke oorzaken zijn. Hoewel er natuurlijk bezwaren kleven aan een dergelijke inschatting, is dit het best haalbaar bij gebrek aan werkelijke biomassa meetgegevens over verschillende groepen.

Daarbij werden de volgende soorten en soortgroepen genoemd:

- I. argusvlinder en andere graslandvlinders, zoals zwartsprietdikkopje, groot dikkopje, maar ook heivlinder. Mogelijke oorzaken: intensivering grasland, verkoeling microklimaat (Nijssen et al 2017 route 2) en afname voedselkwaliteit in natuurreservaten op zandgronden (Nijssen et al 2017 route 5);
- II. nachtvinders, soorten gebonden aan grasland, moeras, hei en in mindere mate bos. Mogelijke oorzaak: afname voedselplanten en stoichiometrie (Nijssen et al. 2017 routes 4 en 5);
- III. zwarte heidelibel en andere ven-libellen. Mogelijke oorzaken: eutrofiering door stikstof (Nijssen et al. 2017 route 1); afname verzuring door afname zwaveldepositie (zie van Kleef et al. 2010) en opwarming door klimaatverandering;

- IV. bijen / hommels (met name langtongige soorten) (zie Kleijn & Raemakers, 2008 en Scheper et al. 2014). Deze soorten foerageren vooral op vlinderbloemigen (N binders). Mogelijke oorzaak: afname voedselplanten (Nijssen et al. 2017 route 4);
- V. meikever / junikever. Deze soorten vertegenwoordigden vroeger veel biomassa. De larven zijn fytofaag. Mogelijke oorzaak: pesticiden in agrarisch land;
- VI. weeschildkevers / soldaatjes. Deze soorten vertegenwoordigden vroeger veel biomassa. Imago's leven als carnivoor van bladluizen etc.. Mogelijke oorzaken: afname prooidieren door stikstofdepositie (Nijssen et al. 2017 route 6) en pesticiden;
- VII. wantsen, vooral de fytofagen. Mogelijke oorzaak: pesticiden;
- VIII. gaasvliegen, o.a. *Chrysoperla carnea*. Vroeger zeer talrijk, maar met weinig biomassa. Imago's en larven leven vooral van bladluizen. Mogelijke oorzaken: afname prooidieren, stochiometrie (Nijssen et al. 2017 routes 5 en 6) en pesticiden;
- IX. kriebelmuggen (*Simulidae*). Vroeger zeer talrijk, maar met weinig biomassa. Larven zijn aquatisch. Mogelijke oorzaken: pesticiden, m.n. neonicotinoiden (zie ook Pisa et al. 2015), veranderingen hydrodynamiek door normalisatie, landgebruik;
- X. zwarte vliegen (*Bibionidae*). Vroeger zeer talrijk, met biomassa. Larven leven in bodem. Mogelijke oorzaken: gevolg agrarisch beheer (Zie ook Siepel (2018), degradatie biodiversiteit van de bodems in agrarisch gebied), fungiciden in de bodem (zie Buijs & Mantingh, 2019);
- XI. wapenvliegen (*Sargus / Microchrysa*). Vroeger talrijk, maar met weinig biomassa. Heel kenmerkende soorten van bossen, waar de larven in houtmoolm leven. door veranderingen in bosbeheer is bij deze soorten juist vooruitgang verwacht. Mogelijke oorzaak: stoichiometrie (Nijssen et al. 2017 route 5);
- XII. zweefvliegen – Syrphini (*Syrphus, Scaeva, Dasysyrphus, Eupeodes* etc). Sterke afname in aantal en biomassa. Larven van deze subfamilie leven van bladluizen. Mogelijke oorzaak: afname prooidieren, stochiometrie (Nijssen et al. 2017 routes 5 en 6) en pesticiden;
- XIII. Koepel bouwende bosmieren (*Formica rufa* en *F. polyctena*). Sterk afname in aantal en biomassa. Larven worden gevoed met prooien (rupsen etc.), imago's leven van bladluizenmelk. Mogelijke oorzaken: verandering microklimaat, afname prooidieren, stochiometrie (Nijssen et al. 2017 routes 2, 5 en 6) en pesticiden.

Als we van deze opsommingen het net ophalen zien we een paar frequent terugkerende mogelijke oorzaken:

- pesticiden, direct (V, VII, IX en X) of indirect doordat beschikbaarheid van prooidieren afneemt (VI, VIII, XII en XIII);
- verschuivingen in de stoichiometrie (I, II, XI), waarvan in natuurgebieden ook prooien, zoals de regelmatig genoemde bladluizen, last zouden kunnen hebben (m.n. VIII, XII en XIII; VI speelt meer in landelijk gebied);
- verdwijnen van planten als voedselbron. Deze oorzaak van insectensterfte is al redelijk goed in beeld (II en IV).

NB. Oorzaken voor de achteruitgang van ven-libellen (III) zijn nog hypothetisch en onderwerp van onderzoek in het OBN-jaarplan 2021.

Daarnaast wordt herkend dat er nog vele andere stressoren zijn die bij kunnen dragen aan de achteruitgang van insecten, waaronder biotoopverlies en versnippering. De focus zal in dit onderzoek liggen op de effecten van pesticiden en stikstof gerelateerde verschuivingen in stoichiometrie, aangezien deze in potentie erg groot, maar in de praktijk slecht bekend zijn. Dit geldt zowel voor de afzonderlijke als de cumulatieve effecten.

3. Beleidscontext

In het beleid is recent aandacht gekomen voor de dramatische achteruitgang van insecten. Ook is het Deltaplan Biodiversiteitsherstel ondersteund met onderzoek in zogenaemde living labs. Onderzoek aan insecten in dit voorstel zal in belangrijke mate ondersteunend zijn aan de diverse metingen aan insecten biomassa, dat met cameravallen wordt opgestart.

4. Doel van het onderzoek

Het voornaamste doel van het onderzoek is een weging te maken van de bovengenoemde mogelijke oorzaken van achteruitgang van insecten. Welke factor(en) spelen waar en in welke mate een (hoofd)rol? De focus zal liggen op onderzoek naar de effecten van N depositie (effecten van verzuring en veranderde stoichiometrie, zie punten van Nijssen et al. 2017) en de mogelijke gevolgen van een mix van pesticiden, waarbij de aandacht vooral uit zal gaan naar additieve en synergistische effecten van de vele soorten pesticiden die nu in de bodem van ook natuureservaten worden gevonden. Daarnaast zal rekening worden gehouden met effecten van klimaatverandering en andere inmiddels beter bekende oorzaken, zoals verlies van habitat en versnippering.

In welke mate deze knelpunten bijdragen aan de insectensterfte, is te achterhalen door hun effecten te bestuderen op een modelsysteem, bestaande uit een voorheen talrijke en nu sterk afgenomen insectensoort in (trofische) samenhang met zijn omgeving. Bladluizen vormen hiervoor een goed model, dat meerdere keren in de deskundigenconsultatie is genoemd. De dieren vormen stapelvoedsel voor vele andere insectensoorten (o.a. mieren, zweefvliegen, gaasvliegen en wekschildkevers) en zijn daarmee een sleutelsoort in meerdere voedselketens. Zelf zijn ze fytofaag en zullen direct reageren op stoichiometrische veranderingen in de waardplanten. Doordat ze monofaag leven op bomen in stikstof- en fosforgenlimiteerde systemen is de kans groot dat dit soorten betreft die gevoelig zijn voor verschuivingen in stoichiometrie (Vogels et al. 2020).

5. Welke kennis is al voorhanden

Nijssen et al. 2017 hebben in hun review alle tot dan toe relevante kennis bijeengebracht over de effecten van N depositie op de fauna. Dat stikstof-geïnduceerde verschuivingen in stoichiometrie optreden in Nederlandse natuurterreinen is evident (Vogels et al. 2017), echter over de werkingsmechanismen en daarmee de gevoeligheid van soorten en habitattypen is nog veel niet bekend (Vogels et al. 2020).

De effecten van pesticiden zijn al langer onderwerp van studie. Ook in Nederlandse natuurgebieden blijken pesticiden een belangrijk knelpunt. Hallman et al. (2014) toonden een verband aan tussen concentratie van imidacloprid en afname van insectenetende broedvogels. In reservaten blijken echter meerdere toxische stoffen voor te komen, 5 tot 11 per gebied (Mantingh en Bujs 2020). Over de additieve en synergistische effecten hiervan op soorten is niets bekend.

Daarnaast is al veel kennis aanwezig over effecten van biotoopverlies en versnippering. Klimaatverandering zorgt voor nieuwe soorten insecten (bv. hoornaar), terwijl soorten van vooral boreale relictten (bv. hoogvenen, daarin het veenhooibeestje en de veenbesparelmoervlinder) achteruit gaan (Turlure et al. 2013). Ook geheel andere oorzaken zoals lichtvervuiling zijn al in belangrijke mate onderzocht (Van Geffen 2015).

6. Kennisvragen

1. In hoeverre zijn bladluizen gevoelig voor veranderde stoichiometrie van hun waardplanten in natuurgebieden (bv. zomereik en grove den)?
2. In hoeverre is in het landelijk gebied door gebruik van een keur van bestrijdingsmiddelen de bladluizen biomassa en diversiteit achteruitgegaan?
3. Hoe vertalen de effecten van stoichiometrie en pesticiden op bladluizen zich naar hogere trofische niveaus, zoals (bos)mieren?

7. Aard van het onderzoek

Het onderzoek zal naast bronnen en veldonderzoek in belangrijke mate experimenteel van aard zijn. Onder gecontroleerde omstandigheden wordt gekeken naar stoichiometrische effecten op bladluispopulaties. Met gangbare toxiciteitstests wordt onderzocht wat de additieve en vooral synergistische effecten zijn van pesticiden. Daarbij worden concentraties gebruikt, zoals die worden gemeten in het veld en welke elk afzonderlijk onder het NOEL (No-Observed-Effect-level) liggen. Combinaties van stoffen worden gekozen op basis van de chemische karakteristieken van de middelen, zoals dat nu ook gebeurt in onderzoek naar betere remedies tegen kanker (aandacht voor synergistische effecten van medicijnen bij lage doseringen). Het onderzoek zal door zijn aard en duur het best kunnen worden uitgevoerd door een assistent in opleiding. Details van de onderzoeksoepzet dient bij aanbesteding verder uitgewerkt te worden.

8. Gewenste producten

Academisch proefschrift, met daarin 4-5 ook afzonderlijk gepubliceerde wetenschappelijke artikelen, Tenminste één, maar mogelijk meer artikelen in populair wetenschappelijke tijdschriften (bv. De Levende Natuur, Bodem, Landschap, H₂O). Eindrapport (conform OBN-format; Bijlage 10) en jaarlijkse tussenrapportages.

9. Indicatie planning en oplevering (tussen) producten en eindrapportage

Duur van het onderzoek zal 4-5 jaar zijn en worden afgesloten met een academische promotie. Jaarlijks zal een tussenrapportage worden gepubliceerd en zal deze met de betreffende deskundigenteams van OBN worden besproken, waarbij eventuele bijstellingen van het onderzoek mogelijk zijn.

10. Beschikbaar budget

Voor de volledige looptijd van het onderzoek is een bedrag beschikbaar van maximaal 250k€ incl. BTW. (dit is incl. begeleiding, materiaal- en reiskosten en alle overige kosten).

11. Benodigde kennis/ervaring voor het goed uitvoeren van de opdracht

- Kennis van en ervaring met het kweken van insecten, identificeren van insecten, basiskennis ecotoxicologie en kennis van stoichiometrische effecten in ecosystemen.
- Ervaring met experimenteel onderzoek met insecten zowel ecologisch als toxicologisch (additieve en synergistische effecten van diverse pesticiden).

12. Literatuur

Arnolds, E. & Jansen, E., 1987: Qualitative and quantitative research on the relation between ectomycorrhizae of *Pseudotsuga menziesii*, vitality of host and acid rain (1985-1986). Report 25-01 Dutch priority programme on acidification. R.I.V.M. Bilthoven. 53 pp..

Battin, J., 2004. When good animals love bad habitats: Ecological traps and the conservation of animal populations. *Conservation Biology* 18: 1482-1491.

Buijs, J. & Mantingh, M., 2019. Een onderzoek naar mogelijke relaties tussen de afname van weidevogels en de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen op veehouderijbedrijven: onderzoeksrapport. Bennekom.

Geffen, K. G. van, 2015. Moths in illuminated nights : artificial night effects on moth ecology. Dissertatie Wageningen University.

- Hallmann, C.A., Foppen, R.P.M., Van Tunrhout, C.A., De Kroon, H. & Jongejans, E., 2014. Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature* 511: 341-343.
- Hallmann C.A., M. Sorg, E. Jongejans, H. Siepel, N. Hofland, H. Schwan, W. Stenmans, A. Müller, H. Sumser, T. Hörrén, D. Goulson & H. de Kroon, 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* 12(10) e0185809.
- Hallmann, C.A., Th. Zeegers R. van Klink, R.J. Vermeulen, P. van Wielink, H. Spijkers, J. van Deijk, W. van Steenis & E. Jongejans, 2019. Declining abundance of beetles, moths and caddisflies in the Netherlands. *Insect conservation and diversity* 13: 127-139.
- Kleef, H.H. van, E. Brouwer, R.S.E.W. Leuven, H. van Dam, A. de Vries-Brock, G. van der Velde, and H. Esselink. 2010. Effects of reduced nitrogen and sulphur deposition on the water chemistry of moorland pools. *Environmental Pollution* 158:2679-2685.
- Kleijn, D., & Raemakers, I., 2008. A retrospective analysis of pollen host plant use by stable and declining bumble bee species. *Ecology* 89: 1811–1823.
- Mantingh, M. & J. Buijs, 2020. Onderzoek naar de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in vier Natura 2000 gebieden in Drenthe en de mogelijke invloed van de afstand van natuurgebieden tot landbouwgebieden op de belasting met bestrijdingsmiddelen. Rapport Mantingh Environment and Pesticides, Assen - Buijs Agro-Services, Bennekom.
- Nijssen, M.E., M.F. WallisdeVries & H. Siepel, 2017. Pathways for effects of increased nitrogen deposition on fauna. *Biological Conservation* 212: 423-431.
- Pisa, L W; Amaral-rogers, V; Belzunces, L P; Bonmatin, J M; Downs, C A; et al. 2015. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates *Environmental Science and Pollution Research International*; 22: 68-102. DOI:10.1007/s11356-014-3471-x.
- Scheper, J., M. Reemer, R. van Kats, W. A. Ozinga, G.T.J. van der Linden, J.H.J. Schaminée, H. Siepel & D. Kleijn, 2014. Museum specimens reveal loss of pollen host plants as key factor driving wild bee decline in the Netherlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 111: 17552-17557.
- Siepel, H., 1990. The influence of management on food size in the menu of insectivorous animals. In: Sommeijer, M.J. & J. van der Blom (eds) *Experimental and applied entomology*, Proc. Neth. Entomol. Soc. Amsterdam, Vol I, 69-74.
- Siepel, H., 2018. Bodembiodiversiteit van zandgronden. *Bodem* 2018 (3), 11-13.
- Siepel, H., J. Vogels, R. Bobbink, R.J. Bijlsma, E. Jongejans, R. de Waal & M. Weijters, 2018. Continuous and cumulative acidification and N deposition induce P limitation for the microarthropod soil fauna of mineral-poor dry heathlands. *Soil Biology and Biochemistry* 119: 128-134.
- Siepel, H., R. Bobbink, B.P. van de Riet, A.B van den Burg & E. Jongejans, 2019. Long-term effects of liming on soil physico-chemical properties and micro-arthropod communities in Scotch pine forest. *Biology and Fertility of Soils* 55:675–683.
- Turlure, C., V. Radchuk, M. Baguette, M. Meijrink, A. van den Burg,, M. Wallis De Vries & G.J. van Duinen, 2013. Plant quality and local adaptation undermine relocation in a bog specialist butterfly. *Ecology and Evolution* 3: 244-254.
- Vogels, J., W.C.E.P. Verberk, L.P.M. Lamers & H. Siepel, 2017. Can changes in soil biochemistry and plant stoichiometry explain loss of animal diversity of heathlands?. *Biological Conservation* 212: 432-447.
- Vogels, J., A. van den Burg, D. van de Waal, M. Weijters, R. Bobbink, M. Nijssen & M. Wallis de Vries, 2020. Imbalanced by overabundance. Effects of nitrogen deposition on nutritional quality of producers and its subsequent effects on consumers. Rapport OBN 2020/OBN236-NZ, 162 pp.