

Pesticiden in terrestrische Natura 2000-gebieden

Verkennde beoordeling op aanwezigheid, blootstellingsroutes en potentiële ecologische risico's voor bodemorganismen en niet-doelwit geleedpotigen



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Pesticiden in terrestrische Natura 2000-gebieden

Verkennde beoordeling op aanwezigheid, blootstellingsroutes en potentiële ecologische risico's voor bodemorganismen en niet-doelwit geleedpotigen

1 Wageningen Environmental Research, Team Environmental Risk Assessment

2 Wageningen Plant Research, Team Field Technology Innovations

Dit onderzoek is gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (project nummer BO-43-208.01-014_KD-2025-038).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, februari 2026

Gereviewd door:

Akkoord voor publicatie:

Rapport 3504
ISSN 1566-7197



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

2000-gebieden; Verkennende beoordeling op aanwezigheid, blootstellingsroutes en potentiële ecologische risico's voor bodemorganismen en niet-doelwit geleedpotigen. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3504. 100 blz.; 10 fig.; 11 tab.; 37 ref.

Abstract

De uitspraak van de Raad van State op 2 april 2025 over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de lelieteelt nabij Natura 2000-gebied Holtingerveld vormt de aanleiding voor een nadere verkenning van de kennisbasis rondom pesticiden in natuurgebieden. De uitspraak maakt duidelijk dat voor vergunningverlening inzicht nodig is in de aanwezigheid en de mogelijke effecten van pesticiden op beschermde natuur, terwijl dergelijke inzichten momenteel slechts beperkt beschikbaar zijn. Dit onderzoek heeft als doel om, op basis van een eerste inventarisatie van bestaande monitoringstudies, inzicht te geven in de aanwezigheid en verspreiding van pesticiden in terrestrische Natura 2000-gebieden, de belangrijkste kennishiaten te identificeren en een eerste aanzet te maken voor het inschatten van ecologische risico's en het formuleren van handelingsperspectieven.

De analyse is gebaseerd op beschikbare meetgegevens uit 12 Natura 2000-gebieden, met in totaal 13 bodemonsters en 63 plantenmonsters. In deze monsters zijn 84 verschillende actieve stoffen en metabolieten aangetoond. De meeste stoffen zijn aangetroffen in planten, wat erop wijst dat atmosferische depositie een belangrijke blootstellingsroute is: pesticiden kunnen via de lucht over grote afstanden worden getransporteerd en neerslaan op vegetatie, ook op honderden meters van landbouwpercelen. Spuitdrift lijkt vooral relevant op korte afstand van agrarische percelen.

Voor bodemonsters zijn geen overschrijdingen gevonden van conservatief afgeleide ecologische drempelwaarden. In plantenmonsters zijn voor negen stoffen wel overschrijdingen vastgesteld, wat betekent dat negatieve effecten op gevoelige soorten in deze gevallen niet met zekerheid kunnen worden uitgesloten. Wanneer rekening wordt gehouden met mengsels van meerdere pesticiden, blijkt dat in circa 22% van de plantenmonsters de gecombineerde belasting mogelijk boven een voorlopige risicodrempel ligt.

Een belangrijk resultaat van deze verkenning is dat de beschikbare ecotoxicologische kennis beperkt is, met name voor langdurige (chronische) en cumulatieve effecten. Hierdoor kunnen populatie- en ecosysteemeffecten momenteel slechts globaal worden ingeschat. Daarnaast ontbreekt een systematisch en gestandaardiseerd monitoringsprogramma, waardoor verspreidingsroutes moeilijk te herleiden zijn en ruimtelijke en seizoenspatronen grotendeels onbekend blijven.

Het onderzoek concludeert dat een gebiedsgerichte benadering noodzakelijk is. Herkomst van pesticiden is niet eenduidig toe te schrijven aan individuele bedrijven, waardoor beoordeling vooral op landschapsniveau zinvol is. Voor beleid ligt het handelingsperspectief in het combineren van verbeterde monitoring met verspreidingsmodellen, het versterken van bufferzones en het stimuleren van emissiereducerende en precisietechnieken. Deze verkenning biedt daarmee een eerste basis voor het ontwikkelen van een meer onderbouwd toetsingskader voor pesticiden in en rond Natura 2000-gebieden.

Abstract

The ruling of the Dutch Council of State on 2 April 2025 regarding the use of plant protection products in lily cultivation near the Natura 2000 site Holtingerveld provides the impetus for a closer examination of the knowledge base on pesticides in nature areas. The ruling highlights that, for permitting purposes, insight is required into both the presence of pesticides and their potential effects on protected nature, while such insights are currently only limited. This study aims, based on an initial inventory of existing monitoring studies, to provide insight into the presence and distribution of pesticides in terrestrial Natura 2000 sites, to identify the main knowledge gaps, and to make a first step towards estimating ecological risks and formulating management and policy options.

The analysis is based on available measurement data from 12 Natura 2000 sites, comprising a total of 13 soil samples and 63 plant samples. In these samples, 84 different active substances and metabolites were detected. Most substances were found in plants, indicating that atmospheric deposition is an important exposure pathway: pesticides can be transported through the air over long distances and deposited on

vegetation, even hundreds of metres from agricultural fields. Spray drift appears to be mainly relevant at short distances from farmland.

No exceedances of conservatively derived ecological threshold values were found in soil samples. In plant samples, however, exceedances were identified for nine substances, meaning that negative effects on sensitive species cannot be ruled out with certainty in these cases. When mixtures of multiple pesticides are taken into account, around 22% of the plant samples show combined exposure levels that may exceed a preliminary risk threshold.

An important outcome of this exploration is that the available ecotoxicological knowledge is limited, particularly with regard to long-term (chronic) and cumulative effects. As a result, population- and ecosystem-level effects can currently only be assessed in a very general way. In addition, there is a lack of a systematic and standardised monitoring programme, making it difficult to trace exposure pathways and leaving spatial and seasonal patterns largely unknown.

The study concludes that an area-based approach is necessary. The origin of pesticides cannot be unambiguously attributed to individual farms, meaning that assessment is primarily meaningful at the landscape level. From a policy perspective, the main options lie in combining improved monitoring with dispersion models, strengthening buffer zones, and stimulating emission-reducing and precision application techniques. This exploration therefore provides a first basis for developing a more robust assessment framework for pesticides in and around Natura 2000 sites.

Keywords: Natura-2000, pesticiden, blootstellingroutes, monitoring, ecologische risico's

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/708361> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2026 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt met een gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem volgens ISO 9001 en een milieumanagementsysteem dat voldoet aan de norm ISO 14001.

Daarnaast geeft Wageningen Environmental Research via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3504 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

Disclaimer	7
Verantwoording	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	19
1.1 Achtergrond	19
1.2 Projectdoelstelling & onderzoeksvragen	19
1.3 Aanpak	20
2 Materialen en methoden	22
2.1 Inventarisatie van beschikbare meetnetten en data	22
2.1.1 Zoektocht naar beschikbare meetnetten en studies	22
2.1.2 Selectie criteria	22
2.1.3 Verzameling en structurering van data	22
2.2 Analyse van monitoringgegevens	23
2.2.1 Dataverwerking en voorbereiding	23
2.2.2 Verkennende analyse	23
2.2.3 Identificatie van CAS-nummers	24
2.3 Stofeigenschappen en hun relatie tot blootstellingsroutes	24
2.4 Ecologische risicobeoordeling	25
2.4.1 Data verzameling en selectie	25
2.4.2 Afleiden van veiligheidsfactoren	28
2.4.3 Afleiden van drempelwaarden	30
2.4.4 Berekening van overschrijdingen en mengseltoxiciteit	30
3 Resultaten en discussie	32
3.1 Beschikbare meetnetten en data	32
3.1.1 Buijs, J., Mantingh, M. (2020). Gelderland	33
3.1.2 Buijs J., Mantingh M. (2022). Meten = Weten	34
3.1.3 Buijs J., Mantingh M., Nijland G. (2024). Meten = Weten	34
3.1.4 Buijs J., Plantema O. (2025). De Peel gebieden (Werkgroep Behoud de Peel)	35
3.1.5 OBO onderzoeksrapport (2019)	35
3.1.6 Internationale studies naar regionale verspreiding van pesticiden vanuit landbouwgebied	36
3.1.7 Review artikel Albaser et al (2025): Beyond the field: How pesticide drift endangers biodiversity	38
3.2 Evaluatie van monitoringsgegevens	39
3.2.1 Bodemonsters	40
3.2.2 Plantenmonsters	44
3.3 Ecologische risicobeoordeling	47
3.3.1 Bodem organismen	47
3.3.2 Bladbewoners	48
3.3.3 Cumulatieve effecten	50
3.4 Datakwaliteit en beschikbaarheid	51
3.4.1 Ecotoxicologische gegevens	51
3.4.2 Beschikbaarheid en volledigheid van monitoringgegevens	52
3.4.3 Datasetbeperkingen	52
3.5 Gebruik van data voor risico-inschatting	52

4	EU Risicobeoordelingskader voor bodemorganismen en niet-doelwit Arthropoda	54
4.1	Bodemorganismen	54
4.2	Niet-doelwit Arthropoda (NTA's)	56
5	Handelingsperspectief	59
5.1	Ontwikkelen van een monitoringsstrategie	59
5.1.1	Luchtbemonstering	59
5.1.2	Bodem-, planten- en dierenbemonstering	61
5.2	Mogelijke bedrijfsmaatregelen en beheeringrepen	62
5.2.1	Mogelijke bedrijfsmaatregelen	62
5.2.2	Mogelijke beheeringrepen	63
5.3	Verbeteren milieurisicobeoordeling (ERA)	64
6	Conclusies	65
	References	67
Annex 1	Aantal stoffen per Natura 2000-gebied	69
Annex 2	Aangetroffen stoffen in bodemmonsters	70
Annex 3	Aangetroffen stoffen in plantenmonsters	72
Annex 4	EPA ECOTOX database resterende groepen	78
Annex 5	Orde van grootte van VF	83
Annex 6	Soortgevoeligheids-verdelingen (SSDs)	88
Annex 7	Drempelwaarden	98

Disclaimer

In het proces van totstandkoming is het rapport gereviewd door het RIVM en het Ctgb. Deze review impliceert geen goedkeuring van de inhoud, en het RIVM en Ctgb dragen geen verantwoordelijkheid voor de wetenschappelijke bevindingen en de conclusies.

Verantwoording

Rapport: 3504

Projectnummer: BO-43-208.01-014_KD-2025-038

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

positie: Senior researcher

naam:

■■■■■■■■■■

datum: februari 2026

positie: Senior researcher

naam:

■■■■■■■■■■

datum: februari 2026

Akkoord teamleider voor de inhoud,

name:

■■■■■■■■■■

datum: februari 2026

Samenvatting

Inleiding

Op 2 april 2025 heeft de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State uitspraak gedaan over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de lelieteelt nabij Natura 2000-gebied Holtingerveld (ECLI:NL:RVS:2025:1428). De rechter concludeerde dat er aanwijzingen bestaan voor mogelijk schadelijke effecten van gewasbeschermingsmiddelen op habitattypen en beschermde soorten. Hierdoor dienen lelietelers in de nabijheid van Natura 2000-gebied het Holtingerveld een voortoets uit te voeren. Wanneer daarbij niet met zekerheid kan worden uitgesloten dat significante negatieve effecten optreden, is een vergunning verplicht op basis van een passende beoordeling. Als gevolg van deze uitspraak dient verkend te worden of het mogelijk is om een dergelijke voortoets op te stellen, en welke wetenschappelijke kennisbiaten eerst moeten worden opgelost. Deze uitspraak legt bloot dat het huidige inzicht in emissie, verspreiding en ecologische effecten van pesticiden in natuurgebieden onvoldoende is.

Tegen deze achtergrond heeft dit onderzoek als doel inzicht te verkrijgen in de aanwezigheid, verspreiding en mogelijke ecologische effecten van pesticiden in terrestrische Natura 2000-gebieden. Daarnaast is geïnventariseerd welke kennis ontbreekt om betrouwbare risico-inschattingen te maken. Binnen deze context spelen twee fundamentele vragen een rol. Enerzijds betreft dit een wetenschappelijke vraag: in hoeverre dekken effectgegevens voor één of enkele testsoorten de gevoeligheid van de overige soorten binnen deze ecologische groepen af? Anderzijds betreft het een beleidsmatige vraag: voor welk aandeel van de biodiversiteit in natuurgebieden dient het optreden van significante effecten te worden uitgesloten? De analyse in dit rapport richt zich op: (i) welke stoffen worden aangetroffen in bodem en vegetatie; (ii) via welke routes bereiken pesticiden deze gebieden; en (iii) in welke mate vormen de aangetroffen concentraties mogelijke risico's voor terrestrische organismen.

Materialen en methoden

Locaties en type monsters

Het onderzoek is uitgevoerd op basis van velddata uit 13 bodemonsters en 63 plantenmonsters afkomstig uit 12 Natura 2000-gebieden, verkregen middels een deskstudie. Monsterlocaties in Natura 2000-gebieden die in uiterwaarden zijn gelegen, zijn buiten beschouwing gelaten om de invloed van periodieke overstromingen op de aanwezigheid van pesticideresiduen afkomstig van andere bronnen dan het lokale agrarische landschap uit te sluiten.

Chemische analyses

De kwantitatieve chemische analyses zijn uitgevoerd door contractlaboratoria met multi-methoden die meer dan 600 stoffen kunnen detecteren bij relatief lage detectielimieten. Ondanks dat de meeste studies per stof een kwantificatie-limiet (LOQ) hebben gerapporteerd, is het kwantificeren van zeer lage concentraties van stoffen in extracten uit complexe matrices zoals grond en vegetatie lastig, en worden idealiter interne standaarden per stof gebruikt om matrix effecten en invloed van monsterbewerkingsstappen uit te sluiten. Ondanks dat interne standaarden geen onderdeel van de analysemethode zijn geweest, worden in de evaluatie van de resultaten de gerapporteerde metingen boven het gestelde kwantificatielimiet als meetwaarde aangenomen. De gemeten concentraties zijn geïnterpreteerd in relatie tot fysisch-chemische stofeigenschappen (onder meer dampdruk en sorptiegedrag) en toelatingsstatus in Nederland.

Emissiebronnen en blootstellingsroutes

Vanwege de beperkte looptijd van het project, en omdat metingen van watermonsters in Natura 2000-gebieden slechts incidenteel zijn gerapporteerd, ligt de focus op (ongewervelde) terrestrische organismen en zijn hydrologische routes zoals afspoeling, drainage en aanvoer via oppervlaktewater niet meegenomen. Transport via of naar grondwater is eveneens buiten beschouwing gelaten. Hierdoor blijven drie relevante routes over: druppelvormige spuitdrift, die met name naast de akker optreedt tijdens of kort na toediening (inclusief stofdrift van zaadcoatings of granulaat), vervluchtiging van pesticiden vanaf de akker en

daaropvolgend atmosferische depositie, en verwaaiing van grondgebonden pesticiden vanaf de akker en daaropvolgend atmosferische depositie. Zowel de vluchtige als grondgebonden pesticiden-residuen kunnen regionaal en zelfs internationaal worden verspreid, afhankelijk van weerscondities. Aangezien een groot deel van het oppervlak van Nederlandse Natura 2000-gebieden op meer dan 50 m afstand van landbouwpercelen ligt, is aangenomen dat atmosferische depositie de belangrijkste blootstellingsroute vormt (i.e. belangrijker dan bijvoorbeeld spuitdrift). Andere routes, zoals hydrologische aanvoer, kunnen lokaal echter eveneens bijdragen, en zullen in de toekomst tevens verkend moeten worden.

Blootstellingsmatrices en kwantificering ecotoxiciteit

Voor de ecotoxicologische beoordeling is specifiek gefocust op bodemorganismen en bladbewonende ongewervelde dieren, vanwege de directe koppeling met de monitoring van pesticiden in bodem- en vegetatiemonsters. Ecotoxiciteitsgegevens zijn verzameld uit bestaande databases en de wetenschappelijke literatuur. Het doel was om drempelwaarden af te leiden voor deze twee groepen organismen waar beneden de kans op negatieve ecologische effecten zeer gering is.

Verkend is of deze drempelwaarden kunnen worden gebaseerd op soortgevoeligheidsverdelingen (Species Sensitivity Distributions; SSDs), afgeleid uit eindpunten van ecotoxiciteitstesten met bodemorganismen en terrestrische insecten, analoog aan de gangbare werkwijze voor de ecotoxicologische beoordeling van oppervlaktewater. Voor het opstellen van SSDs is als minimum vereist dat ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar zijn voor ten minste vijf verschillende soorten voor vissen en acht voor ongewervelden; voor robuuste SSDs wordt normaliter een dataset van ten minste tien soorten aanbevolen. De gebruikte eindpunten moeten bovendien afkomstig zijn uit testen met vergelijkbare blootstellingscondities en in consistente eenheden zijn uitgedrukt. Op basis van een SSD kan vervolgens, met toepassing van een beperkte veiligheidsfactor, de kans op negatieve effecten voor blootgestelde soorten in natuurgebieden met redelijke zekerheid worden ingeschat.

Voor bodemorganismen en bladbewonende ongewervelde dieren bleken voor de meeste pesticiden echter onvoldoende gegevens uit chronische (langdurige) ecotoxiciteitstesten beschikbaar om SSDs af te leiden. Ook uit de database-scan blijkt dat voor de meeste pesticiden die in Natura 2000-gebieden zijn aangetoond, zelfs het aantal acute eindpunten onvoldoende is om SSDs op te stellen voor deze organismen groepen. Waar het afleiden van een SSD niet mogelijk was, is gebruik gemaakt van het laagste beschikbare eindpunt per pesticide om alsnog een drempelwaarde af te leiden waaronder de kans op een negatief ecologisch effect zeer gering wordt geacht.

Om inzicht te krijgen in de variatie in gevoeligheid van bodemorganismen en bladbewonende ongewervelde dieren, zijn de verzamelde ecotoxiciteitsgegevens geanalyseerd voor alle stoffen waarvoor dergelijke gegevens beschikbaar waren, waaronder ook zware metalen. Uit deze analyse blijkt, zoals weergegeven in Tabel 3, dat voor ecotoxicologische eindpunten bij bodemorganismen voor 5% van de stoffen het maximale verschil in gevoeligheid tussen soorten meer dan een factor 100 000 en 600 000 bedroeg voor respectievelijk acute en chronische effecten. Voor bladbewoners bedroeg deze variatie voor 5% van de stoffen meer dan een factor 2400 en 1600. Voor stoffen waarvoor ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar zijn voor meer dan 5 soorten bodemorganismen, ligt de maximale variatie in gevoeligheid vrijwel altijd boven een factor 1000.

WUR heeft, op basis van de hierboven beschreven analyse en beperkte databeschikbaarheid, een veiligheidsfactor van 1000 toegepast om desondanks een voorlopige risicoschatting mogelijk te maken op basis van effectgegevens voor minder dan vijf soorten. Deze veiligheidsfactor ligt beduidend hoger dan de beoordelingsfactoren die binnen de toelatingsprocedure voor gewasbeschermingsmiddelen worden gehanteerd voor risicoberekeningen bij bodemorganismen en bladbewoners. Dit verschil is gerechtvaardigd, aangezien het beschermdoel voor Natura 2000-gebieden zou kunnen worden gericht (toekomstig gedefinieerd beleid, en/of de rechterlijke uitspraak volgend) op het voorkomen van significante negatieve effecten op biodiversiteit (het zogenaamde precautionary principle). Dit brede beschermdoel wijkt af van het huidige Europese beoordelingskader voor het gebruik van pesticiden in en rond agrarische percelen, waarin een ander acceptatieniveau wordt gehanteerd en specifieke beschermdoelen zijn geformuleerd om risicobeoordeling werkbaar te maken.

De drempelwaarde werd uiteindelijk als volgt berekend:

$$\text{Drempelwaarde} = \frac{\text{Laagste eindpuntwaarde (of HC}_5 \text{ uit een SSD)}}{\text{Veiligheidsfactor}}$$

Deze drempelwaarde is vervolgens gebruik om per matrix voor elke stof (i) in elk monster (j) het risicoquotiënt (RQ) te berekenen volgens:

$$RQ_{ij} = \frac{MEC_{ij}}{\text{Drempelwaarde}_i}$$

waarbij MEC_{ij} de gemeten concentratie van stof i in monster j weergeeft, en Drempelwaarde_i de voor die stof geldende toxiciteitsdrempelwaarde is.

Als laatste zijn mengseleffecten berekend met behulp van som-RQs (sum risk quotiënt), uitgaande van additieve toxiciteit van alle pesticiden.

Resultaten

Aantal en typen stoffen

In totaal zijn 84 actieve stoffen en metabolieten aangetoond in de onderzochte monsters. In zowel bodem- als plantenmonsters worden fungiciden het meest frequent gedetecteerd. In planten volgen daarop herbiciden en insecticiden, terwijl in bodemmonsters relatief vaker bird repellents en biociden voorkomen. Metabolieten vormen slechts een beperkt aandeel van het totaal aantal aangetroffen stoffen.

In de bodem zijn 18 verschillende stoffen waargenomen, tegenover 77 in planten. Het hogere aantal stoffen in planten kan duiden op een belangrijke rol van directe depositie op het bladoppervlak en systemische opname door de vegetatie. Daarbij moet echter worden aangetekend dat meer plantenmonsters dan bodemmonsters zijn geanalyseerd en dat planten afkomstig zijn uit een groter aantal Natura 2000-gebieden, wat deze vergelijking mede beïnvloedt.

Metabolieten vormen op basis van detecties een relatief klein aandeel van het totaal. Dit kan echter (deels) samenhangen met beperkingen in de toegepaste analysemethoden, waardoor de werkelijke aanwezigheid van metabolieten waarschijnlijk wordt onderschat.

De betrokken stoffen verschillen sterk in eigenschappen zoals vluchtigheid, persistentie en sorptie. Screening op één afzonderlijke eigenschap, of zelfs op een specifiek combinatieprofiel van stofeigenschappen, biedt daarom geen betrouwbaar criterium om verhoogde risico's te voorspellen. Nader onderzoek is nodig om vast te stellen of stoffen met een hoge toepassingsfrequentie en -dosis vaker tot overschrijdingen leiden, en hoe dit samenhangt met hun fysisch-chemische en ecotoxicologische profiel.

Emissiebronnen

De ruimtelijke ligging van monsterpunten ten opzichte van landbouwpercelen blijkt relevant binnen de eerste 50 meter, aangezien er hogere concentraties worden verwacht door druppeldrift. Verder van de bron (bijvoorbeeld >250 meter) treedt vooral atmosferische depositie op. Monitoring laat zien dat pesticiden nog steeds meetbaar zijn op honderden meters afstand van landbouwpercelen. Dit is tevens vergelijkbaar met monitoringsdata in andere landen.

Type blootstellingsmatrix

Niettemin blijft het aannemelijk dat de doorgaans hoge bedekkingsgraad van vegetatie in natuurgebieden (weinig onbedekte bodem), in combinatie met atmosferische depositie, opname door planten en verschillen in afbraaksnelheden en uitwisseling tussen lucht, plant, bodem en wortelzone, bijdraagt aan een hogere detectiefrequentie in planten dan in bodemmonsters. Tegelijkertijd kan natte depositie via neerslag zich juist gemakkelijker op de bodem accumuleren, kunnen regenbuien residuen van het bladoppervlak afspoelen en zal een deel van de vegetatie in de winter in de bodem worden opgenomen. Nadere onderbouwing van deze patronen vereist aanvullend, gericht onderzoek.

Beschikbaarheid ecotoxiciteit gegevens

Voor 78% van de stoffen die in bodem zijn aangetroffen waren acute ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar. In planten betrof dit 64%. Vaak ging het om slechts één of twee gegevens per stof, waardoor het afleiden van SSDs in de meeste gevallen niet mogelijk was. Ondanks dat chronische eindpunten voor enkele bodemorganismen als datavereiste in dossiers moeten worden opgenomen, en middels een pesticide database zijn meegenomen, bleek over het algemeen dat sub-letale en chronische gegevens grotendeels ontbraken, waardoor effecten op populaties en ecologische functies niet konden worden beoordeeld. Dit vormt een belangrijk kennishiaat.

Voor stoffen waarvoor ecotoxiciteit gegevens beschikbaar zijn in bodems uit Natura 2000-gebieden geen overschrijdingen van de conservatief afgeleide grenswaarden aangetroffen (d.w.z. met toepassing van een veiligheidsfactor van 1000). In plantenmonsters zijn daarentegen voor negen stoffen overschrijdingen vastgesteld. Deze overschrijdingen impliceren dat negatieve effecten op gevoelige soorten in deze gevallen niet met zekerheid kunnen worden uitgesloten.

Mengseltoxiciteit

Mengseltoxiciteit is bepaald voor 13 bodem- en 63 plantenmonsters. De som-RQ kwam niet boven de 1 uit voor de bodemmonsters. Echter kwam de som-RQ boven de 1 uit voor 22% van de plantenmonsters, wederom gebaseerd op afgeleide drempelwaarden met een veiligheidsfactor van 1000 per stof, en de aanname van additie van de stofwerkingen. Dat mengseffecten een rol spelen is ecologisch plausibel, echter in de Europese toelatingskaders worden mixture-risk assessments slechts toegepast voor formuleringen met meerdere werkzame stoffen. Of alle pesticiden samen een rol kunnen spelen in mengseffecten, of dat beter een mengseffect bepaald kan worden voor stoffen met hetzelfde werkingsmechanisme zal verder onderzocht moeten worden.

Discussie

De resultaten van een beperkt aantal studies tonen aan dat pesticiden voorkomen in terrestrische Natura 2000-gebieden. De waargenomen variatie in stofeigenschappen in grond en vegetatiemonsters verzameld diep in de natuurgebieden suggereert dat atmosferische depositie van vluchtige stoffen en stof-gebonden residuen tegelijk actief zijn, over grote afstand van landbouwakkers. Druppeldrift kort na bespuiting kan vooral op korte afstand van akkerland tot detecteerbare residuen in natuurgebieden leiden. De aanwezigheid van overschrijdingen van drempelwaarden op basis van acute toxiciteit betekent dat schadelijke effecten niet met zekerheid kunnen worden uitgesloten, maar de afwezigheid van chronische data maakt het onmogelijk om chronische-cumulatieve effecten te kwantificeren. Dit is relevant omdat veel terrestrische soorten in Natura 2000 gebieden langdurig worden blootgesteld aan lage doseringen van meerdere pesticiden.

Kwaliteit bemonstering en koppeling aan eindpunten ecotox studies

Een tweede belangrijk knelpunt betreft de monitoringspraktijk. Niet in alle studies wordt nauwkeurig geregistreerd welke planten zijn bemonsterd, wat verdere interpretatie belemmert omdat de rol van groeivormen (bodembedekkend, opstijgend, diep of ondiep wortelend, etc.) niet kan worden meegewogen. De vertaalslag tussen gemeten concentraties in vegetatiemonsters naar de eindpunten uit relevante ecotoxiciteitsstudies is slechts mogelijk met grove aannames, en dient beter te worden onderbouwd. De tijdsresolutie van monitoring is laag en ruimtelijke dekking incidenteel, waardoor seizoens patronen veelal onzichtbaar blijven. Het 2024 rapport van Meten=Weten toont seizoens-fluctuaties over 1 jaar voor diverse pesticiden in zowel luchtfilters als vegetatiemonsters. Het ontbreekt aan gestandaardiseerde datarapportage, wat vergelijking tussen meetnetten beperkt.

Handelingsperspectief

Monitoring

Een effectieve monitoring van pesticiden rond Natura 2000-gebieden vraagt om een geïntegreerde strategie die zowel transport naar als gedrag van stoffen binnen natuurgebieden vastlegt. Luchtmetingen zijn vooral geschikt om drift, volatiliteit en atmosferisch transport zichtbaar te maken, maar hun interpretatie blijft lastig door sterke variabiliteit in tijd en ruimte, en de mate van depositie is sterk afhankelijk van weerscondities.

Koppeling monitoring en procesmodellen

Daarom werkt luchtmonitoring alleen goed wanneer deze wordt gekoppeld aan procesmodellen die emissie, verspreiding en depositie kunnen voorspellen. Een model-gestuurde benadering, zoals de combinatie van drift-, volatiliteits- en dispersiemodellen, biedt een robuuste basis om depositie en gemeten concentraties te duiden en om hotspots en risicogebieden te identificeren.

Ecotoxicologische beoordeling

Voor de beoordeling van daadwerkelijke ecologische blootstelling binnen Natura 2000-gebieden blijven bodem-, planten- en faunamonters onmisbaar. Ze geven inzicht in accumulatie, beschikbaarheid en persistentie van stoffen en vormen essentiële input voor de risicobeoordeling. Een doelgerichte monitoring moet aansluiten op relevante blootstellingsroutes, moet rekening houden met seizoensvariatie en moet zich richten op gradiënten tussen landbouw en natuur. Daarbij zijn nauwkeurige locatiegegevens, gestandaardiseerde analyses en ecologisch relevante detectielimieten cruciaal. Door luchtmetingen, depositiemetingen en terrestrische metingen te combineren ontstaat een basisbegrip waarmee blootstelling realistischer kan worden ingeschat en waarmee risicobeoordelingen beter aansluiten op veldsituaties.

Maatregelen

Op basis van deze informatie (die op dit moment dus nog niet beschikbaar is) kunnen maatregelen worden ontwikkeld die daadwerkelijk bijdragen aan het verminderen van drift, atmosferische transport, depositie en blootstelling. Technische verbeteringen in de toepassing, zoals drift-reducerende spuitdoppen en voorkeur voor grondgebonden technieken en nauwkeurig doseren, kunnen emissies op korte afstand (bijvoorbeeld <50 m) verlagen. Landschappelijke ingrepen, zoals brede bufferzones of dichte heggen, versterken dit effect en beperken de belasting van aangrenzende habitats. Voor verspreiding op grotere afstand spelen persistentie, volatiliteit en formulering een belangrijkere rol; hiervoor zijn innovaties in middelen en gewasopname mogelijk.

Tegelijk vraagt duurzaam natuurherstel om gebiedsgerichte keuzes waarin landbouwkundige en ecologische belangen worden gecombineerd. Differentiatie in gebruiksvoorwaarden, zoals beperkingen voor risicovolle middelen, grotere bufferzones en extensivering of stimulering van precisielandbouw kunnen helpen om kwetsbare habitats structureel te ontlasten. Monitoring blijft daarbij essentieel om maatregelen te evalueren en waar nodig bij te sturen.

Belang koppelen milieurisicobeoordeling en monitoring

Verbeterde monitoring en modelkoppelingen maken bovendien een verfijning van de milieurisicobeoordeling mogelijk. Huidige drempelwaarden zijn gebaseerd op data uit laboratorium experimenten, waarbij blootstellingsroute, accumulatie, en mengseleffecten eenvoudig en gestandaardiseerd zijn. Wanneer blootstellingsroutes, accumulatie en mengsel-effecten beter worden meegenomen, op basis van o.a. monitoringsdata, kan het toetsingskader en bijbehorende drempelwaarden van laboratoriumwaarden naar veld-realistische drempels verschuiven. Dit biedt beleidsmakers een sterker fundament voor vergunningverlening en mitigatie, en draagt bij aan een beter beschermingsniveau voor ecosystemen in en rond Natura 2000-gebieden.

Conclusies

Monitoring

- Momenteel zijn slechts enkele incidentele studierapporten beschikbaar die inzicht geven in de aanwezigheid van pesticiden in Natura 2000-gebieden, maar zonder een (internationale, onafhankelijke) peer-review te hebben doorlopen. Voor een goed onderbouwde beoordeling is een systematisch en meerjarig monitoringsprogramma nodig dat de verspreiding van pesticiden naar deze gebieden structureel en verifieerbaar in kaart brengt.
- De aanwezigheid in en verspreiding van deze pesticiden naar natuurgebieden is niet enkel een Nederlandse situatie, en waarschijnlijk ook niet uniek voor natuurgebieden met aangrenzende percelen met bloementeelten, maar vereist verdere afstemming en onderzoek op Europees niveau.
- Zo'n monitoringsprogramma moet worden ontworpen in samenhang met gekoppelde emissie- en atmosferische verspreidingsmodellen, omdat alleen via deze combinatie metingen zinvol kunnen worden geïnterpreteerd en herleid naar bronnen.

- Een combinatie van luchtbemonstering, depositiemetingen en bodem-, planten- en dierenmonsters ligt voor de hand. Hiermee kan zowel de route van pesticiden vanaf de bron naar Natura 2000-gebieden worden gevolgd als de uiteindelijke depositie worden vertaald naar ecologisch relevante concentraties voor terrestrische organismen.
- Voor de opzet van het benodigde monitoringsprogramma kan bovendien worden aangesloten bij de kennis, methodieken en infrastructuur die in het kader van stikstofmonitoring reeds zijn ontwikkeld of in ontwikkeling zijn.

Blootstellingsroutes

- Waar spuitdrift de randen van Natura 2000-gebieden kan bereiken, lijkt atmosferische depositie de belangrijkste route waarlangs pesticiden dieper gelegen locaties in Natura 2000-gebieden bereiken.
- Op dit moment kunnen verspreidingsroutes niet direct worden gekoppeld aan de gemeten concentraties in natuurgebieden, omdat er geen eenduidige relatie bestaat tussen fysisch-chemische eigenschappen en de in Natura 2000-gebieden aangetroffen stoffen. Zowel vluchtige als niet-vluchtige middelen, en zowel persistente als snel afbreekbare stoffen worden gevonden. Hierdoor kunnen momenteel geen onderbouwde uitspraken worden gedaan over het uitsluiten of verbieden van specifieke groepen stoffen op basis van hun fysisch-chemische kenmerken.
- Mogelijke bedrijfsmaatregelen variëren van het gebruik van driftreducerende spuittechnieken tot het aanleggen van heggen of andere fysieke barrières om drift naar de rand van natuurgebieden te beperken. Veel van de meer innovatieve maatregelen (bijvoorbeeld precisietoepassing, gebruik van producten met daarin drift-vertragende middelen) zijn echter nog niet breed toepasbaar, doordat benodigde technieken nog niet altijd beschikbaar of betaalbaar zijn voor de gemiddelde teler. Een logisch aangrijpingspunt is daarom om de verdere ontwikkeling en toegankelijkheid van dergelijke technieken te stimuleren.
- Over grotere afstanden dan een gebruikelijke bufferzone dient er rekening gehouden te worden met het volgende. Gezien de gemiddelde windsnelheid van 8-20 km/uur in Nederland, verloopt verwaaiing van drift gedurende een half uur na bespuiting, vervluchtigde pesticiden en opwaaiend stof in dagen na de bespuiting, en daarna pas potentiële depositie, makkelijk over een afstand van meer dan 10 km. In dit opzicht zijn afstanden van natuurgebieden in Nederland tot intensieve landbouwpercelen moeilijk beheersbaar om aanzienlijke reducties te waarborgen, en depositie in natuurgebieden volledig uit te sluiten. Een landelijke (of zelfs internationale) reductie in het gebruik van pesticiden is de enige maatregel die gegarandeerd tot een verminderde depositie in natuurgebieden zal leiden. Een gebiedsgerichte aanpak zou kunnen zijn om de voor stikstof vastgestelde overgangsgebieden (deze worden momenteel nog afgeleid) tevens in te zetten voor het beperken van de verspreiding van pesticiden. In deze zones zou bijvoorbeeld het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen geheel kunnen worden uitgesloten, waarbij bijvoorbeeld biologische landbouw of permanent grasland als alternatief kan worden ingericht.

Ecologisch risico

- De beschikbare ecotoxiciteitsgegevens zijn vaak nog ontoereikend, met name omdat er weinig data bestaan over langdurige blootstelling. Het aantal monitoringsdata per natuurgebied is zeer beperkt en incidenteel. Het vastleggen van welke veiligheidsfactoren relevant zijn bij beperkte beschikbaarheid van toxicologische data is hierbij een belangrijke factor in risicobeleid.
- Op basis van de huidige analyses en beperkingen in data kan voor sommige taxonomische groepen een negatief effect van de aangetroffen pesticidenconcentraties in Natura 2000-gebieden niet met zekerheid worden uitgesloten, maar ook niet worden bevestigd.
- Bovendien is het niet altijd mogelijk om metingen rechtstreeks te koppelen aan de eindpunten van ecotoxiciteitsgegevens, wat de interpretatie van risico's bemoeilijkt en wijst op de noodzaak voor verdere methodologische verbetering van de monitoring.
- Cumulatieve effecten worden in de huidige risicobeoordelingskaders voor de toelating niet meegenomen. Onder de aannames van additie van effecten van alle pesticiden, en de veiligheidsfactor van 1000 per stof, blijkt uit de beschikbare monitoringsdata ($n = 13$) dat er via cumulatie geen overschrijding is van de drempelwaarde (som-RQ) voor bodemorganismen.
- Voor bladbewonende insecten is aangenomen dat alle pesticiden een additie van effect hebben en dat de pesticide residuen in vegetatie volledige beschikbaar zijn voor opname door insecten. Onder deze aannames blijkt er een verhoogde kans op overschrijdingen van de drempelwaarde door cumulatie (som-RQ > 1) voor bladbewonende geleedpotigen (NTA) in natuurgebieden (22% van de 63 vegetatiemonsters).

Haalbaarheid van een voortoets

- Herkomstbepaling van pesticiden is momenteel nog niet mogelijk. Gemeten concentraties in lucht, bodem of plantenmateriaal kunnen niet worden herleid tot het gebruik van één specifieke agrariër, omdat pesticiden via meerdere emissieroutes en over grotere afstand kunnen worden getransporteerd.
- Dit maakt een gebiedsbrede aanpak noodzakelijk. Door de menging van bronnen en windrichtingen is toekennen van een bron (i.e. een individueel agrarisch bedrijf) niet realistisch; een voortoets kan daarom alleen zinvol zijn op het niveau van het natuurgebied en het (agrarisch) landgebruik van het omliggende landschap.
- Er bestaan geen erkende wetenschappelijke methoden om effecten van pesticiden op Natura 2000-gebieden te kwantificeren. Hier is binnen dit rapport een aanzet voor gedaan voor bodemorganismen en bladbewonende geleedpotigen. Echter moet deze aanpak nog verder uitgewerkt worden voor deze groepen en overige taxonomische groepen, en verder gevalideerd worden.
- Een mogelijke beheeringreep is om ervoor te kiezen om overgangsgebieden te gaan implementeren om een reductie in zowel stikstof- als pesticiden-depositie te realiseren. Echter is het op dit moment nog onduidelijk hoe groot het gebied rond een Natura 2000-gebied zou moeten zijn om dit te realiseren.

Suggesties voor vervolgonderzoek

- Het expliciet definiëren en kwantificeren van beschermdoelen voor terrestrische ecosystemen in Natura 2000-gebieden.
- Onderzoek naar bron- en herkomstbepaling van aangetroffen stoffen, inclusief de inzet van tracers of markers in spuitvloeistoffen om verspreidingsroutes nauwkeurig te volgen.
- Nadere analyse van blootstellingsroutes (primair drift, secundaire emissie, her-emissie, atmosferisch transport), inclusief hun relatieve bijdrage aan belasting van Natura 2000-gebieden.
- Studie naar fysische en moleculaire processen van vervluchtiging en her-emissie, en naar de manier waarop pesticiden zich ophopen in vegetatie, boomschors en andere oppervlakken in de omgeving van landbouwpercelen.
- Verdieping van ecotoxicologische kennis over lage, chronische en sub-letale blootstelling, inclusief effecten op overleving, gedrag, voortplanting en gemeenschapsdynamiek.
- Het ontwikkelen van methoden om matrix specifieke concentraties (lucht, planten, bodem) te koppelen aan risico's voor specifieke soortgroepen.
- Onderzoek naar de impact van fungiciden op mycorrhiza-netwerken, bodemecologie en bredere bodemprocessen.
- Verdere uitwerking en aanvulling van ecotoxiciteitsgegevens voor alle terrestrische beschermdoelen:
 - vogels en zoogdieren,
 - reptielen en amfibieën,
 - terrestrische planten,
 - terrestrische niet-doelwit arthropoden blootgesteld via voedsel,
 - bodemorganismen,
 - schimmels, micro-organismen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Op 2 april 2025 heeft de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State uitspraak gedaan over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de lelieteelt op percelen nabij het Drentse Natura 2000-gebied Holtingerveld (ABRvS 2 april 2025, ECLI:NL:RVS:2025:1428). De rechter concludeerde dat er aanwijzingen zijn dat het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de lelieteelt mogelijk schadelijke effecten heeft op Natura 2000-gebieden.

Daarom zijn telers die lelies willen telen in de nabijheid van dergelijke gebieden verplicht om een voortoets uit te voeren. Uit deze toets moet blijken dat er geen significante negatieve effecten op de natuur optreden. Indien dat niet met zekerheid kan worden vastgesteld, is een vergunning verplicht, gebaseerd op een meer uitgebreide passende beoordeling.

De verwachting is dat deze uitspraak ook gevolgen zal hebben voor andere teelten (zie advies Pels-Rijcken, Cie030925-A1-vervolgstappen-lelieteelt-COMPL.pdf). Om provincies in staat te stellen een (generieke) voortoets op te stellen, is aanvullend onderzoek noodzakelijk.

LNV wil zich in eerste instantie richten op onderzoek voor de korte termijn. Het onderzoek dat wordt beschreven in dit rapport heeft twee doelen:

- a. Inzicht bieden in de meest urgente vragen van provincies ten behoeve van een tijdelijk toetsingskader voor de uitvoering en beoordeling van een voortoets;
- b. Meer inzicht verkrijgen in de blootstelling en mogelijke natuureffecten van pesticiden in en rondom Natura 2000-gebieden.

Het onderzoek moet resulteren in een overzicht van de huidige kennis, de belangrijkste kennislacunes en aanbevelingen voor vervolgonderzoek op de langere termijn.

1.2 Projectdoelstelling & onderzoeksvragen

Het overkoepelende doel van dit project is om inzicht te verkrijgen in de aanwezigheid, verspreiding en mogelijke ecologische effecten van pesticiden in Natura 2000-gebieden, en identificeren welke kennis ontbreekt voor een betrouwbare risico-inschatting. Dit vraagstuk hebben we uitgewerkt aan de hand van de volgende hoofd- en deelvragen:

1. Welke pesticiden (en afbraakproducten) komen voor in Natura 2000-gebieden, in welke matrices en concentraties, en welke informatie ontbreekt in bestaande monitoring en studies?¹
 - a. Welke monitoringprogramma's en studies leveren informatie over pesticiden in Natura 2000-gebieden?
 - b. Welke stoffen (en afbraakproducten) zijn daar tot nu toe aangetroffen, in welke matrices (bodem, planten, dieren) en in welke concentraties?
 - c. Welke informatie ontbreekt en waar liggen de belangrijkste kennislacunes?
2. Via welke routes bereiken deze stoffen Natura 2000-gebieden, en welke maatregelen kunnen bijdragen aan het verminderen van emissie en verspreiding vanuit landbouw of andere bronnen?
 - a. Via welke routes komen pesticiden en hun afbraakproducten in Natura 2000-gebieden terecht (bijv. drift, atmosferische depositie, doorvergiftiging)?
 - b. In welke mate kunnen verspreidingsroutes verklaren waar en in welke concentraties stoffen worden gemeten?

¹ LNV heeft de volgende stoffen specifiek benoemd: Boscalid, Fluopyram, Fthalamide, Pendimethalin en Tebuconazool, Propamocarb hydrochloride, Fluopicolide, Fluazinam en Cyprodinil. 6 van deze 9 stoffen komen voor in de top-10 aangetroffen stoffen in bodem- en/of plantenmonsters, en worden daarom kort besproken in secties 0.

-
- c. Welke bedrijfsmaatregelen of beheeringrepen kunnen bijdragen aan het reduceren van emissies en verspreiding richting Natura 2000-gebieden (staat beschreven in sectie 5.2)?
 3. Wat is bekend over de ecologische effecten van (lage, chronische en cumulatieve) blootstelling aan pesticiden in Natura 2000-gebieden, en welke aanvullende kennis is nodig voor een betrouwbare risico-inschatting?
 - a. Wat is er bekend over ecologische effecten van (lage, chronische) blootstelling aan pesticiden in natuurgebieden?
 - b. Hoe kunnen meetwaarden uit verschillende matrices gebruikt worden om risico's voor soorten of functies te voorspellen (bijvoorbeeld: concentraties in planten → effecten op bijen)?
 - c. In welke mate spelen cumulatieve of mengseleffecten een rol?
 - d. Wat is de mogelijke impact van fungiciden op mycorrhiza in de bodem en andere sleutelorganismen in Natura 2000-ecosystemen?

1.3 Aanpak

De belangrijkste blootstellingsroutes van pesticiden naar naastgelegen gebieden zijn (zie o.a. FOCUS-Air: Kubiak et al. 2008; OBO-samenvatting in Montforts et al. 2019):

- Spuitdrift: het verwaaien van druppels tijdens of kort na toediening. Dit leidt tot blootstelling via de lucht, waarbij druppels benedenwinds neerkomen op planten of bodem. De verdamping van de werkzame stof tijdens dit proces is relatief gering en kan doorgaans worden verwaarloosd.
- Drainage: pesticiden die op de bodem terechtkomen, kunnen uitspoelen naar het grondwater en zich van daaruit verspreiden via de bodem of drainpijpen. Dit is een relatief traag proces, waarbij de middelen meestal op enige diepte in de bodem terechtkomen.
- Atmosferische depositie: een deel van de middelen kan na toepassing vervluchtigen en als damp in de lucht terechtkomen. Deze damp kan over grote afstand worden getransporteerd en vervolgens neerslaan op planten of bodem, ook ver buiten het behandelde perceel.
- Erosie van bodemdeeltjes door wind: bodemdeeltjes waaraan middelen zijn gebonden kunnen door wind worden verplaatst. Dit wordt vooral genoemd bij herbicidetoepassingen wanneer nog geen gewas aanwezig is (FOCUS-Air: Kubiak et al. 2008). De relevantie van deze route onder Nederlandse omstandigheden is nog onzeker, maar wordt momenteel in turf-rijke akkergronden in Drenthe onderzocht door Wageningen Universiteit in het EU-Horizon project SoilProm (2024-2028).

Spuitdrift leidt tot relatief hoge concentraties op korte afstand van de bron, terwijl atmosferische depositie juist gepaard gaat met lage concentraties over langere perioden en grotere afstanden. De depositie van spuitdrift op verticale oppervlakken (bijv. planten) kan een factor 10–100 hoger zijn dan op horizontale oppervlakken (Van de Zande et al., 2017), en is daarnaast afhankelijk van het type gewas en de toedieningsmethode.

Op basis van deze kennis kan worden geconcludeerd dat:

- Spuitdrift voornamelijk relevant is op korte afstand van het behandelde perceel (tot circa 50–100 meter, Porskamp et al., 2003);
- Atmosferische depositie op grotere afstanden kan plaatsvinden en, ondanks lage concentraties, cumulatief toch tot significante belasting kan leiden.

Vanwege deze redenen, en de aanname dat het grootste deel van het oppervlak van Nederlandse Natura 2000-gebieden op meer dan 50 m afstand van landbouwpercelen ligt, wordt voor dit onderzoek aangenomen dat atmosferische depositie de belangrijkste blootstellingsroute is voor Natura 2000-gebieden. Daarnaast is dit onderzoek vanwege de korte doorlooptijd nog verder afgebakend op de volgende punten:

- (i) Omdat dit onderzoek zich op terrestrische organismen en habitats richt, zijn routes waarbij aanvoer via oppervlaktewater plaatsvindt (bijv. via afspoeling, uitspoeling, drainage, of overstromende rivieren in uiterwaarden) buiten beschouwing gelaten. Ook transport via grondwater is niet meegenomen.

Overblijvende relevante routes zijn:

- Spuitdrift: verwaaien van druppels tijdens of kort na toediening. Deze route leidt tot lokale depositie op planten of bodem, gewoonlijk binnen een afstand van circa 50–100 meter van het behandelde perceel.
- Atmosferische depositie: verdamping (vervluchtiging) van pesticiden na toepassing, gevolgd door transport en neerslag van damp of bodemdeeltjes op grotere afstand van de bron.

-
- (ii) De concentraties en het voorkomen van pesticiden in en nabij Natura 2000-gebieden zijn geïnterpreteerd aan de hand van stofeigenschappen en gebruiksfactoren die bepalend zijn voor atmosferische depositie. Daarbij is specifiek gekeken naar:
- de dampdruk (VP), als maat voor de neiging van een stof tot vervluchtiging;
 - de organische-koolstofverdelingscoëfficiënt (Koc), die bepaalt in welke mate een stof aan bodemdeeltjes sorbeert en daardoor via aerosolen kan worden getransporteerd;
 - de afbraaktijd in de bodem (DT₅₀), die bepaalt hoe lang de werkzame stof beschikbaar blijft zolang uitspoeling niet optreedt.

Op basis hiervan is onderzocht in hoeverre de gemeten aanwezigheid van stoffen in verschillende milieucompartimenten kan worden verklaard door variatie in VP, Koc en DT₅₀, in combinatie met de actualiteit van toelating in Nederland en de aanduiding als *Candidate for Substitution* (ECHA). Daarnaast is erkend dat ook gebruiksfactoren, zoals toedieningsfrequentie en -dosis (die samen de totale seizoensbelasting per hectare bepalen) en het aantal toepassingen per seizoen (dat de kans op cumulatieve emissie vergroot), een belangrijke rol spelen. Hoewel in de Emissieregistratie jaarlijkse luchtemissies van gewasbeschermingsmiddelen worden geschat, zijn deze gegevens in de huidige rapportage niet nader geanalyseerd.

- (iii) Wat betreft de ecotoxicologische beoordeling is een gerichte data-analyse uitgevoerd voor twee soortgroepen: bodemorganismen, en plantbewonende insecten. Voor deze groepen zijn de beschikbare ecotoxiciteitsgegevens verzameld, geëvalueerd en waar mogelijk gebruikt voor een (voorlopige en indicatieve) risicobeoordeling. Voor de overige soortgroepen (zoogdieren, vogels, reptielen, amfibieën, planten, andere invertebraten, en schimmels) is vanwege de beperkte looptijd van het project volstaan met een beperkte analyse en, waar relevant, aansluiting gezocht bij de bestaande beoordelingen van het Ctgb. Deze beperkte analyse is uitgevoerd voor een lijst van 10 focusstoffen, aangedragen door LNVN begin 2025, welke bestaan uit middelen met relatief hoge relevantie voor de blootstelling en/of ecologische risico's op basis van monitoringsstudies van voor 2025.

2 Materialen en methoden

2.1 Inventarisatie van beschikbare meetnetten en data

2.1.1 Zoektocht naar beschikbare meetnetten en studies

Om inzicht te krijgen in de aanwezigheid van pesticiden in terrestrische natuurgebieden, is een inventarisatie uitgevoerd van bestaande meetnetten, monitoringprogramma's en studies met veldmetingen in Nederland.

De zoektocht startte met de meest recente en relevante publicaties over pesticiden in natuurgebieden die in de Kennisdeskvraag door LVVN is gesteld aan WUR (Buijs & Plantema 2025; Buijs et al. 2024 – Meten = Weten). Vanuit deze rapportages is door middel van kruisverwijzingen verder gezocht naar gerelateerde onderzoeken en rapportages. Er is geen systematische review uitgevoerd, maar de selectie richtte zich op studies met directe meetgegevens van pesticiden in terrestrische milieumatrices in natuurgebieden.

2.1.2 Selectie criteria

Bij de selectie van relevante meetnetten en datasets is uitsluitend gekeken naar het terrestrische systeem; aquatische studies zijn niet meegenomen.

Studies kwamen in aanmerking indien:

- metingen waren uitgevoerd in bodem en/of planten;
- de bemonstering had plaatsgevonden binnen de grenzen van een Natura 2000-gebied in Nederland;² en
- er kwantitatieve gegevens over concentraties van pesticiden beschikbaar waren met een gerapporteerde indicatie van monsternamen, tijdstip en locatie.

Analyses uitgevoerd op luchtmonsters zijn niet meegenomen in onze analyse, omdat deze met de huidige wetenschappelijke kennis niet direct aan het gebruik en risico van pesticiden te koppelen zijn. Luchtmonsters geven namelijk enkel inzicht in de luchtconcentratie op een specifiek moment. Echter speelt de depositiesnelheid (natte en droge) hierbij ook een cruciale rol, welke met behulp van natte en droge depositiemetingen achterhaald moet worden. Luchtmonsters kunnen echter wel een beeld schetsen van de mate van verspreiding van pesticiden vanuit landbouwgebied naar gebieden in dezelfde regio waar geen pesticide gebruikt plaats vindt.

2.1.3 Verzameling en structurering van data

Uit de geïdentificeerde publicaties die aan onze selectie criteria voldeden, zijn waar mogelijk de ruwe meetgegevens geëxtraheerd. In deze evaluatie van de resultaten zijn de gerapporteerde metingen boven de gestelde kwantificatielimieten als meetwaarde aangenomen, tenzij in de tekst opmerkingen worden geplaatst.

Voor elke afzonderlijke meting is vastgelegd in welk matrix de stof werd aangetroffen en uit welk Natura 2000-gebied de meting afkomstig was. Daarnaast hebben we, indien gerapporteerd, de afstand tot landbouw genoteerd.

De informatie is handmatig gecontroleerd en samengevoegd tot één uniforme dataset in een .csv-bestand, die als bijlage beschikbaar is.

De uiteindelijke dataset bevatte per waarneming de variabelen zoals beschreven in Tabel 1.

² Er is niet gecontroleerd of de bemonsteringspunten daadwerkelijk binnen de exacte grenzen van de Natura 2000-gebieden lagen; de toewijzing is gebaseerd op de locatieaanduiding zoals gerapporteerd in de oorspronkelijke studies.

Tabel 1 Beschrijving van het gebruikte datamodel.

Variabele	Beschrijving
Active substance	Naam van de werkzame stof
Type pesticide	Functionele categorie (herbicide, insecticide, fungicide, enz.)
CAS	CAS-nummer van de stof
# Locatie N2000 / Locatie N2000	Nummer en naam van het Natura 2000-gebied
Monster ID	Uniek (door WENR) identificatienummer van het monster
GPS-coördinaten	X- en Y-coördinaten van de bemonsteringslocatie
Type landbouw / afstand tot landbouw (m)	Soort landbouw gewas / Ligging en nabijheid van landbouwpercelen, zoals aangegeven in de monitoringsstudie rapportages.
Matrix	Medium waarin de stof is gemeten (bodem, plantenmateriaal)
Sample datum	Datum van monsternamen
Laboratorium analyse / rapport	Herkomst van de meetwaarde
Concentratie	Gemeten waarde inclusief eenheid
Unit	Eenheid waarin de concentratie is uitgedrukt
LOQ / BELOW LOQ?	Detectielimiet en aanduiding of waarde onder de LOQ ligt
% drooggewicht	Indien beschikbaar, aandeel droge stof in het monster

2.2 Analyse van monitoringgegevens

2.2.1 Dataverwerking en voorbereiding

Alle data-voorbereiding, -verwerking, -analyse en -visualisatie zijn uitgevoerd in R (versie 4.4.1). De gebruikte scripts en functies zijn beschikbaar als bijlage, waardoor het uitgevoerde werk 100% herleidbaar en reproduceerbaar is. Voor de analyse zijn diverse R-pakketten gebruikt, waaronder *dplyr* (Wickham et al., 2023), *ggplot2* (Wickham, 2016), *tidyr* (Wickham et al., 2024), *readxl* (Wickham and Bryan, 2023), *stringr* (Wickham, 2023) en *PubChemR* (Korkmaz et al., 2025).

Na het inlezen van de data is eerst een kwaliteitscontrole uitgevoerd. Resultaten afkomstig van locaties buiten Natura 2000-gebieden zijn verwijderd. Vervolgens zijn enkel metingen uit terrestrische matrices (bodem, planten) behouden; watermonsters zijn uitgesloten.

De eenheden waarin concentraties werden gerapporteerd, varieerden tussen de studies. Om deze waarden onderling vergelijkbaar te maken, zijn alle concentraties gestandaardiseerd naar microgram per kilogram versgewicht ($\mu\text{g/kg}$ FW). Daarbij is, indien beschikbaar, het percentage drooggewicht gebruikt om waarden uitgedrukt in $\mu\text{g/kg}$ drooggewicht om te rekenen naar versgewicht.

2.2.2 Verkennende analyse

Na standaardisatie is de dataset geanalyseerd om inzicht te krijgen in:

- de verspreiding van aangetroffen stoffen over de verschillende Natura 2000-gebieden en matrices;
- de frequentie van voorkomen van werkzame stoffen binnen elk type matrix;
- de verdeling over stofgroepen (herbiciden, insecticiden, fungiciden, biociden³); en
- de range van gemeten concentraties per stof.

³ Biociden betreft alleen de stoffen BAC-12, BAC-14 en DDAC, die in de studie van Meten = Weten in Drentse gebieden (Buijs en Mantingh, 2022) zijn gerapporteerd. Hierover is opgemerkt dat deze stoffen na 2018 niet meer in de chemische methode waren opgenomen, en dus daarna niet meer zijn gedetecteerd.

2.2.3 Identificatie van CAS-nummers

Om de gevonden stoffen eenduidig te koppelen aan bestaande toxicologische informatie, zijn CAS-nummers opgezocht met behulp van de R-package PubChemR. De procedure bestond uit het automatisch opvragen van synoniemen en CAS-nummers via de PubChem-database. Wanneer automatische koppeling niet mogelijk was, zijn de ontbrekende CAS-nummers handmatig aangevuld op basis van de Pesticide Properties DataBase (Lewis et al., 2016, Lewis and Tzilivakis, 2017).

Alle stoffen zijn uiteindelijk samengevoegd tot één tabel met bijbehorende CAS-nummers. Deze tabel vormde de basis voor verdere koppeling aan toxicologische data en risicobeoordelingen.

2.3 Stofeigenschappen en hun relatie tot blootstellingsroutes

Voor de waargenomen stoffen zijn de belangrijkste fysisch-chemische eigenschappen verzameld om inzicht te krijgen in hun gedrag in het milieu en mogelijke verspreidingsroutes. Daarbij is gekeken naar afbreekbaarheid, sorptiecapaciteit en vluchtigheid, alsook naar parameters die een indicatie geven van persistentie en potentiële verspreiding via lucht of water.

De eigenschappen zijn verzameld uit de Pesticide Property Database (PPDB), beheerd door de University of Hertfordshire (Lewis et al., 2016, Lewis and Tzilivakis, 2017).

De halfwaardetijd in bodem ($DT_{50,soil}$) geeft een indicatie van hoe lang een stof in de bodem aanwezig kan blijven. Stoffen met een hoge DT_{50} kunnen langere tijd beschikbaar blijven voor verspreiding van pesticide residuen vanaf de akker. Dit kan zowel via verdamping van de akker, verwaaiing aan stofgebonden deeltjes, en run-off (erosie) na regen. Ter vergelijking: de afbreekbaarheid op plantoppervlakken ($DT_{50,on\ crop\ canopy}$) is in de FOCUS Surface Water Scenarios standaard gesteld op 10 dagen, wat betekent dat stoffen doorgaans relatief snel afbreken op gewasoppervlakken.

De dampdruk (V_p , in milliPascal) bepaalt in belangrijke mate de kans op verspreiding via de lucht. Volgens FOCUS (2008) worden stoffen als volgt geclassificeerd:

- Zeer vluchtig: $V_p > 5$ mPa
- Medium vluchtig: 0,001–5 mPa
- Laag of niet vluchtig: $< 0,001$ mPa

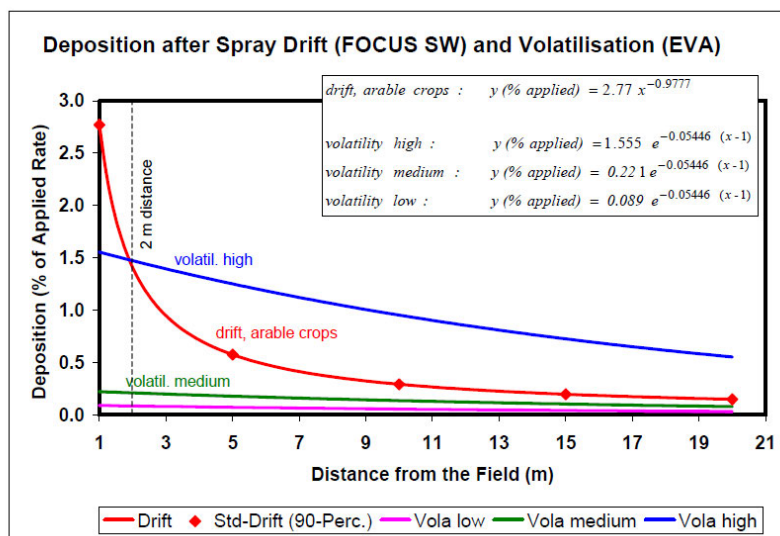
Daarnaast wordt in sectie 2.7 van FOCUS (2008) een triggerwaarde genoemd voor verdamping:

- $V_p \geq 0,1$ mPa (20°C) → verdamping vanaf bodem mogelijk
- $V_p \geq 0,01$ mPa (20°C) → verdamping vanaf planten mogelijk

De sorptiecoëfficiënt (K_{oc}) geeft aan in welke mate een stof zich bindt aan organisch koolstof in de bodem. Sterk sorberende stoffen zullen niet snel vanuit het poriewater of na een regenbui verdampen, en zijn dus minder mobiel in de bodem. Hierdoor blijven ze dus relatief lang aan de oppervlakte en kunnen zich via verwaaiing van stofdeeltjes alsnog verspreiden.

De combinatie van deze eigenschappen bepaalt de waarschijnlijke blootstellingsroutes. Stoffen met een hoge vluchtigheid kunnen via tijdens spuitdrift ook via de gasfase verder worden verspreid, en vervluchtigen vanaf de akker een verder verwaaien met de wind, terwijl stoffen met een lage afbreekbaarheid en hoge K_{oc} -waarde via stofdeeltjes kunnen opwaaien en eerder accumuleren in bodem of sediment. Zo wordt in FOCUS (2008) beschreven dat de bijdrage van verdamping aan de totale depositie buiten het perceel sterk afhankelijk is van de vluchtigheid van de stof. Voor medium vluchtige stoffen is deze bijdrage doorgaans beperkt, terwijl voor zeer vluchtige stoffen de bijdrage aan de totale depositie op korte afstand (tot ca. 20 m van de perceelrand) groter kan zijn dan die van drift. In de eerste 24 uur na toepassing bedraagt de geschatte depositie van zeer vluchtige stoffen circa 1% van de toegepaste dosis op 10 m afstand, en 0.5% op 20 m afstand (Fent 2004, in FOCUS 2008).

Figure 5.4–1: Comparison of deposition caused by spray drift (FOCUS SW, arable crops, instantaneous event) and by volatilisation from arable crops (as predicted by EVA 2.0, cumulative over 24 h)



Figuur 1 Vergelijking van depositie veroorzaakt door spray drift en door vervluchtiging van akkerbouwgewassen. Gebaseerd op Figuur 5.4-1 uit in FOCUS 2008, gebaseerd op data van Fent 2004.

Naast deze eigenschappen spelen ook het aantal toepassingen en de toepassingsdosis een belangrijke rol in de uiteindelijke blootstelling en verspreiding. De hulpstoffen aanwezig in de precieze formulering kunnen het gedrag van de actieve ingrediënten in het milieu tevens beïnvloeden. Echter worden deze type informatie op dit moment nog niet volledig in openbare databases gevangen, en is het daarom niet in deze studie meegenomen.

2.4 Ecologische risicobeoordeling

Vanwege de korte tijdslijn van dit project, is ervoor gekozen om de ecologische risicobeoordeling voor terrestrische organismen op dit moment alleen uit te werken voor bodemorganismen (i.e. blootstelling via bodem) en bladbewoners (i.e. blootstelling via atmosferische depositie op blad). We hebben deze twee groepen gekozen omdat ze het meest direct aan de beschikbare monitorings-data te koppelen zijn, en er daarnaast de verwachting was dat de databeschikbaarheid voldoende zou zijn om een risico-inschatting te kunnen maken op basis van data voor meerdere toetsorganismen per stof. De specifieke beschermgroep van 'bijen' is buiten beschouwing gelaten, aangezien dit apart wordt beoordeelt in de toelating met bijbehorende specifieke blootstellingsroutes die (voorlopig nog) niet makkelijk gekoppeld kunnen worden aan die van andere terrestrische evertbraten.

2.4.1 Data verzameling en selectie

2.4.1.1 Bodemorganismen

Toxiciteitsgegevens voor bodemorganismen zijn afkomstig uit de ECOTOX-database (US EPA 2025, www.epa.gov/ecotox, versie 09-11-2025). De relevante ASCII-tabellen (tests.txt, results.txt, species.txt, chemicals.txt) zijn in de statistische software R (R Core Team, 2025) samengevoegd op basis van test- en soort-ID's.

De dataset werd gefilterd om enkel terrestrische soorten uit het dierenrijk (Animalia) te behouden. Waarnemingen zonder geslachtsnaam werden verwijderd. Vervolgens werd onderscheid gemaakt tussen letale effecten (sterfte) en sub-letale effecten (groei, voortplanting en effecten op de populatie-omvang). Alleen gangbare ecotoxicologische eindpunten (zoals LC₅₀, EC₅₀, NOEC en LOEC) werden behouden.

Concentraties werden geharmoniseerd naar de eenheid mg/kg. Hiervoor zijn enkel gewicht-gerelateerde eenheden (bijv. mg/kg, µg/g, ng/g) geselecteerd en omgerekend met vaste conversiefactoren. Gegevens met andere eenheden of zonder omrekenbare context zijn verwijderd. Op deze manier bleven enkel waarnemingen over met blootstelling via bodem of bodem-gerelateerd medium (zoals soil, litter, dry media).

Om de dekking van de ECOTOX-database verder te vergroten, zijn aanvullende toxiciteitsgegevens geïntegreerd vanuit het offline PPDB document, versie 25-01-07. De identificatietabel uit de PPDB werd gebruikt om stoffen te koppelen aan hun CAS-nummer, werkzame stofnaam en pesticidetype, waarna relevante ecotoxicologische gegevens uit het tabblad Terrestrial_Ecotox zijn geëxtraheerd. Dit betrof zowel acute (14-daagse LC₅₀-waarden) en chronische (28–56-daagse NOEC-waarden (reproductie)) toxiciteitswaarden voor regenwormen (Annelida: Clitellata) en springstaarten (Arthropoda: Collembola), beide uitgedrukt in mg/kg droge bodem. Na opschoning (verwijderen van ontbrekende waarden, extractie van soortnamen en conversie van CAS-nummers) werden de PPDB-gegevens samengevoegd met de ECOTOX-data:

- Acute waarden werden toegevoegd aan de letale dataset.
- Chronische waarden werden toegevoegd aan de sub-letale dataset.

De gecombineerde database vormde zo een uitgebreidere basis voor de afleiding van gevoeligheidsdistributies (i.e. Species Sensitivity Distributions, SSDs). Aan de hand van deze SSDs is het inzichtelijk om (i) te toetsen of er een 'significant effect' op biodiversiteit kan worden gesteld bij bepaalde meetconcentraties van pesticiden (bijvoorbeeld, een drempelwaarde van 5% van soorten mag effect ondervinden (HC5), in combinatie met extra veiligheidsfactoren), en (ii) te toetsen of de opgetelde risico's van een mengsel van verschillende pesticiden op een monsterlocatie boven een drempelwaarde uit zou kunnen komen. Een andere manier om risico's van stoffen in mengsels bij elkaar op te tellen is door gebruik te maken van de risk-quotiënt (RQ) per stof, die de verhouding aangeeft van de gemeten concentratie/dosis in een matrix t.o.v. de concentratie/dosis afgeleid uit toxiciteitsstudie(s) (met vergelijkbare concentratie/dosis eenheid). De individuele RQ van stoffen in een mengsel kunnen worden opgeteld, onder de aanname dat bijvoorbeeld alle stoffen in het mengsel gelijk bijdragen aan de toxiciteit, of dat alleen stoffen met verschillende werkingsmechanismen bij elkaar worden opgeteld. Als conservatieve vorm zijn wij van de eerstgenoemde aanname uitgegaan.

2.4.1.2 Bladbewoners

Voor bladbewoners werd een vergelijkbare procedure gevolgd op basis van dezelfde ECOTOX-database. Ook hier zijn enkel gegevens van terrestrische diersoorten behouden en werd onderscheid gemaakt tussen letale en sub-letale effecten met standaard eindpunten (LC₅₀, EC₅₀, NOEC, LOEC, enz.).

Omdat blootstelling voor deze groep organismen tijdens laboratoriumtesten meestal via spuittoepassing plaatsvindt, zijn enkel testen geselecteerd met een spray-gerelateerde blootstelling (codes SP, GS, FS, AS, HS). Verder zijn uitsluitend concentraties opgenomen die zijn uitgedrukt per oppervlakte-eenheid (bijv. g/ha, kg/ha, g/m²).

Alle waarden zijn omgerekend naar kg/ha met behulp van vaste conversiefactoren, en waarden met niet-converteerbare eenheden zijn verwijderd. De uiteindelijke dataset bevat zo enkel veldrelevante toepassingen, geschikt voor verdere gevoeligheids- en risicobeoordeling.

Om het aantal soorten en stoffen in de dataset te vergroten, zijn aanvullende gegevens voor nuttige insecten (i.e. beneficial insects) geïntegreerd uit de PPDB (versie 25-01-07). Na koppeling met de identificatiegegevens via CAS-nummers zijn gegevens uit het tabblad Terrestrial_Ecotox geëxtraheerd voor lieveheersbeestjes, gaasvliegen, loopkevers, sluipwespen en roofmijten (allemaal Arthropoda). Enkel waarnemingen met eenheid "as Mortality LR₅₀ g/ha" zijn behouden, waarna waarden zijn omgerekend naar kg/ha. De data werden opgeschoond (verwijderen van ontbrekende waarden, extractie van soortnamen, standaardisatie van CAS-nummers) en toegevoegd aan de letale ECOTOX-dataset. Chronische of sub-letale eindpunten waren niet beschikbaar in de PPDB.

2.4.1.3 Andere taxonomische groepen

Er is een beperkte analyse gedaan voor zoogdieren, vogels, terrestrische planten en schimmels. Wederom is hier de ECOTOX-database geraadpleegd, waarbij voor de 10 stoffen in de LVVN vraagstelling gezocht is naar de volgende eindpunten: LC₅₀, LD₅₀, LL₁₀, LL₅₀, EC₅₀, ED₅₀, EL₁₀, EL₅₀, LR_{xx}, ER_{xx}, NOEC, NOEL en NOER (Tabel 2). Uitgangspunt van deze beperkte analyse was controleren of er: 1) in de database ecotoxicologische informatie te vinden was voor de 10 focusstoffen, voor genoemde soortgroepen; en 2) een mogelijkheid is om de laagst gemeten waarde om te zetten in een drempelwaarde ter vergelijking aan gemeten waarden in N2000 om een indicatie te geven van mogelijke gevolgen. In vervolg onderzoek kunnen de eindpunten uit toelatingsdossiers worden toegevoegd, en onderzocht worden of: In vervolg onderzoek kunnen de eindpunten uit toelatingsdossiers worden toegevoegd, en onderzocht worden of: 3) er vervolgens voldoende informatie beschikbaar is om op basis van LD/LC₅₀ waarden een toxicokinetisch-toxicodynamisch (TKTD) model te parameteriseren; 4) een SSD af te leiden.

Tabel 2 Overzicht van beschikbaarheid in de ECOTOX-database, met het aantal metingen per stof/soort combinatie, en het laagst gerapporteerde eindpunt per stof/soort combinatie.

Stofnaam	Rijk	ECOTOX waarden (n)	Laagste waarde	Eenheden	Blootstelling	Opmerking	Type	Soort	Nederlandse naam
boscalid	Animalia	7	300 ppm		Oraal		NOEL	<i>Colinus virginianus</i>	Kwartel
cyprodinil	Animalia	8	500 mg/kg org		Oraal	>	LD50	<i>Anas platyrhynchos</i>	Wilde eend
fluazinam	Animalia	16	50 mg/kg/d		Oraal		NOEL	<i>Rattus norvegicus</i>	Bruine rat
fluopicolide	Animalia	10	162 ppm		Oraal		NOEC	<i>Colinus virginianus</i>	Kwartel
fluopyram	Animalia	10	9,69 ppm		Oraal Oraal		NOEL	<i>Colinus virginianus</i>	Kwartel
pendimethalin	Animalia	8	1,68 mg/org/d		Oraal		NOEL	<i>Rattus norvegicus</i>	Bruine rat
propamocarb	Animalia	18	225 ppm		Oraal		NOEL	<i>Colinus virginianus</i>	Kwartel
tebuconazole	Animalia	13	1,102 mg/kg bdwt/d		Oraal		NOEL	<i>Alectoris rufa</i>	Rode patrijs
pendimethalin	Fungi	2	15,58 L/ha		Groeimedium		LD50	<i>Phomopsis amaranthicola</i>	Zakjeszwamachtige
boscalid	Plantae	17	39,34 g/ha		Spray	<	NOEL	<i>Brassica napus</i>	Koolzaad
fluazinam	Plantae	22	0,6 g/kg org		Topical		NOEL	<i>Zea mays</i>	Mais
fluopicolide	Plantae	1	135,62 g/ha		Spray		NOEL	<i>Lolium perenne</i>	Engels raaigras
fluopyram	Plantae	1	62,77 g/ha		omgeving/ onbekend		NOEL	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Boekweit
pendimethalin	Plantae	264	22,42 g/ha		omgeving/ onbekend		NOEL	<i>Lolium perenne</i>	Engels raaigras
propamocarb hydrochloride	Plantae	12	8967 g/ha		Spray	<	NOEL	<i>Avena sativa</i>	Haver
tebuconazole	Plantae	98	11,21 g/ha		omgeving/ onbekend		NOEL	<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomaat

De dekking is niet volledig voor de verschillende groepen en stoffen. Met name voor de groep van schimmels is de beschikbare data beperkt, wat logisch is, aangezien dit niet een standaard data vereiste is. Voor geen van de stoffen lijkt er voldoende informatie beschikbaar in de ECOTOX database om TKTD modellen af te leiden (Annex 4). Daarnaast zijn er idealiter gegevens beschikbaar voor 5-10 soorten binnen een groep (hoewel aanvullende dierproeven met vertebraten in het algemeen niet wenselijk worden geacht). Dit was niet het geval voor de data gevonden binnen de beperkte analyse.

2.4.2 Afleiden van veiligheidsfactoren

De huidige veiligheidsfactoren (of trigger values) voor mesofauna-bodemorganismen (namelijk 10 voor acute en 5 voor chronische gegevens) die voor toelatingsbeoordeling voor pesticiden worden aangehouden, zoals opgenomen in Verordening 546/2011, zijn destijds niet zorgvuldig gekalibreerd op basis van robuuste data. Voor bladbewonende organismen wordt voor de off-crop beoordeling een veiligheidsfactor van 5 toegepast, of 10 als alleen glasplaattesten beschikbaar zijn (ESCORT 2, 2002, P18⁴). Er ontbreekt een goed wetenschappelijk onderbouwde marge ter bescherming van de meest gevoelige soorten.

Om richting te geven aan de afleiding van geschikte veiligheidsfactoren (assessment factors of trigger values), hebben wij de orde van grootte van de beschikbare ecotoxiciteitsgegevens onderzocht. Deze orde van grootte weerspiegelt het gevoeligheidsverschil tussen de meest gevoelige en de minst gevoelige (i.e. meest tolerante) soort waarvoor gegevens beschikbaar zijn. De grootte-orde kan alleen worden bepaald voor stoffen waarbij gegevens voor ten minste twee verschillende soorten aanwezig zijn. Aangezien terrestrische ecotoxiciteitsgegevens beperkt beschikbaar zijn, hebben we voor deze analyse de toxiciteitsgegevens voor alle beschikbare stoffen meegenomen, en de chemische ruimte dus niet beperkt tot pesticiden. De huidige analyse kan dus enigszins beïnvloed zijn door de aanwezigheid van bijvoorbeeld zware metalen, waarvan bekend is dat verschillen tussen organismen groot kunnen zijn vanwege factoren zoals biobeschikbaarheid. In een mogelijk vervolgonderzoek zou het goed zijn om deze analyse verder toe te spitsen op alleen pesticiden, om het effect hiervan te bestuderen.

Tabel 3 toont de mediaan, het 75e en het 95e percentiel van deze gevoeligheidsverschillen voor bodem- en plantbewoners. Het 95e percentiel geeft hiermee het maximale gevoeligheidsverschil weer voor 95% van de stoffen waarvoor op zijn minst twee soorten zijn getest. Dit is een andere interpretatie dan gebruikelijk bij species sensitivity distributions (SSDs). Voor SSDs wordt als mogelijk beschermdoel doorgaans een HC5 afgeleid per stof, waarbij wordt verondersteld dat 95% van de soorten beschermd zijn wanneer de blootstelling onder deze waarde blijft. In vergelijking met monitoringsdata kan uit de SSD en fractie soorten die mogelijk wordt beïnvloedt (PAF) worden teruggerekend, en de PAF van meerdere stoffen (msPAF) kan worden opgeteld om mengseltoxiciteit te beoordelen.

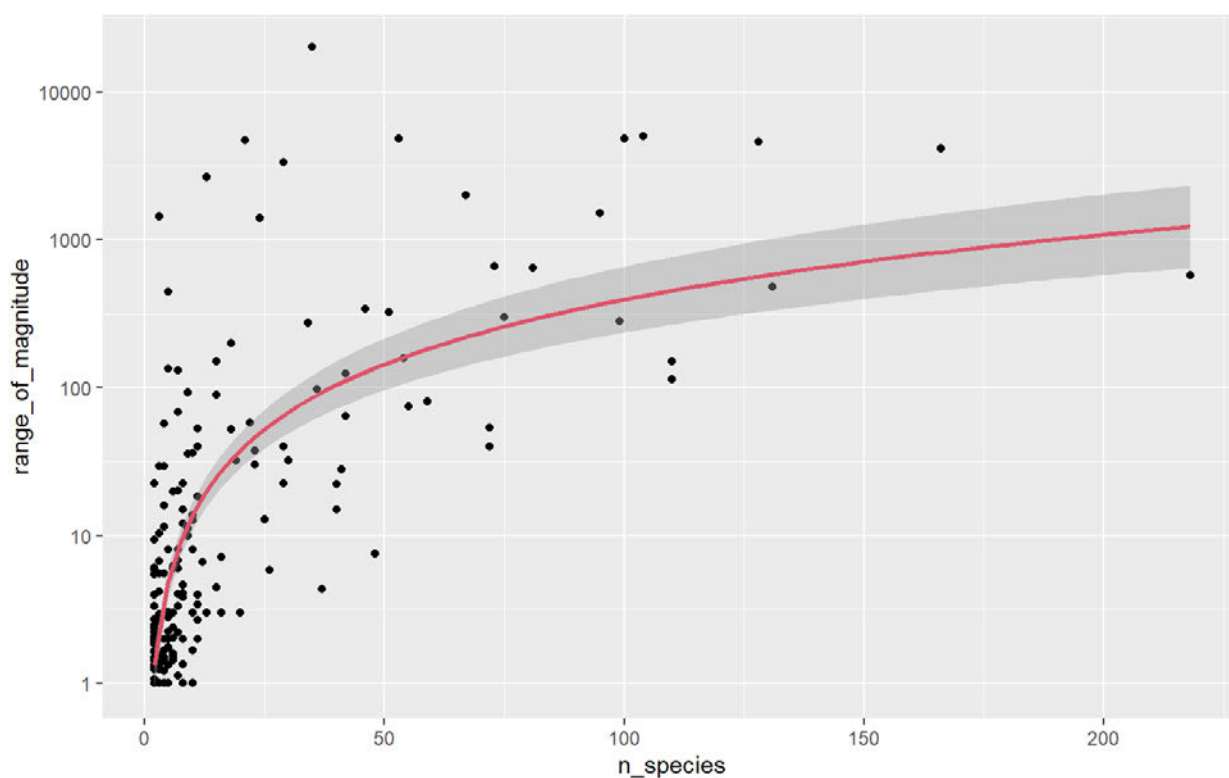
Tabel 3 De mediaan, het 75e en het 95e percentiel van de orde van grootte tussen de meest gevoelige en minst gevoelige soort.

Organisme groep	Effect	Mediaan	75 percentiel	95 percentiel
Bodem	Letaal	6,5	299	100,875
	Sub-letaal	200	8,333	601,682
Plantbewoners	Letaal	3	18	2,405
	Sub-letaal	4	35	1,676

Het aantal soorten waarvoor data beschikbaar is, beïnvloedt logischerwijs de kans dat grote gevoeligheidsverschillen worden waargenomen: hoe meer soorten getest zijn, hoe groter de kans dat zowel een extreem gevoelige als een extreem tolerante soort wordt gevonden. Daarom is tevens gekeken naar de relatie tussen het aantal geteste soorten en de waargenomen orde van grootte in gevoeligheidsverschillen. Het resultaat hiervan voor sub-letale data van bladbewoners is weergegeven in Figuur 2. Vergelijkbare figuren voor letale data en voor bodemorganismen zijn opgenomen in Annex 5.

⁴ ESCORT 2 report mentions about four recommended higher tier test organism [Orius l., Chrysoperla c., Coccinella s., Aleochara b., ed.]: "Although a comprehensive test organisms/test system sensitivity analysis of higher tier studies is not yet possible due to the limited data available, it appears that these organisms are relatively sensitive to plant protection products as indicated by risk assessments recently conducted for the re-registration of products according to EU directive 91/414. (...). Since a limited number of indicator species are tested when compared to the range of species which could be exposed in off-field habitats, a 5-fold correction (uncertainty) factor was included to the calculation to ensure a higher rate is tested which covers the inter-species variability in sensitivity of off-field non-target arthropod species to plant protection products. However, by testing additional species, uncertainty can be reduced, and a safety factor less than 5 can be applied.

Bij een lager aantal geteste soorten neemt de onzekerheid toe over uitsluiten van significante effecten van impact op de totale biodiversiteit in Natura 2000 gebieden. Dit hangt af van het beschermdoel dat gesteld wordt in Natura 2000 gebieden, waardoor aanvullende conservativiteit zoals in deze veiligheidsfactoren wordt meegenomen (bijvoorbeeld via data-poor triggers), gerechtvaardigd kan zijn in vergelijking met de veiligheidsfactoren die in de toelating van pesticiden worden gehanteerd. Uit Figuur 2 blijkt dat een veiligheidsfactor van ongeveer 1000 voldoende zou zijn om het merendeel van de waargenomen gevoeligheidsverschillen tussen soorten (en blootstellingscondities) af te dekken, als er maar data voor 1 of 2 toetsorganismen beschikbaar is. Deze aanpak komt overeen met de Assessment Factor in het biocidenkader, REACH en voor de Kader Richtlijn Water (KRW) kwaliteitsnormen. De eindpunten die voor standaardtoetsorganismen in toelatingsdossiers zijn opgenomen, zijn verzameld in de PPDB, en ook in de evaluatie meegenomen. Hierin moet echter worden meegewogen dat in de toelating per dossier per stof/middel meer informatie beschikbaar is dan de toxiciteitseindpunten die in dit rapport zijn verzameld, zoals toetsorganismen die niet in de PPDB zijn opgenomen of eindpunten die in onze analyse uitgefilterd zijn, maar ook hogere tier eindpunten zoals veldstudies, en mitigerende maatregelen voor verhoogde bescherming off-field zone van NTA. Dit zou in vervolgonderzoek naar belangrijkste stoffen in de monitoringsdata kunnen worden toegevoegd, zoals voor enkele voorbeeldstoffen is weergegeven in Hoofdstuk 3.3.4.



Figuur 2 De relatie tussen het aantal soorten waar ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar voor zijn (x-as) en de waargenomen orde van grootte van het verschil tussen de meest tolerante en de meest gevoelige soort die getest is voor een stof. Ieder punt geeft 1 stof weer.

In de volgende secties hebben we een veiligheidsfactor van 1000 gehanteerd voor stoffen waar slechts enkele (i.e. voor minder dan 5 soorten) toxiciteitsgegevens voor beschikbaar waren. Hoewel we zowel acute als sublethale lange termijn effecten willen voorkomen in natuurgebieden, is deze factor voorlopig zowel voor het bepalen van acute als chronische drempelwaarden toegepast. Indien het mogelijk was om een SSD te construeren, hebben we voorlopig een veiligheidsfactor van 5 toegepast om de drempelwaarde af te leiden (zoals toegepast in de KRW, REACH en Biocidal Product Directive), voorlopig voor zowel acute als chronische drempelwaarden (zie 2.4.3). Daarnaast zijn ter vergelijking in diverse secties veiligheidsfactoren gehanteerd zoals deze binnen de huidige Europese toelatingsbeoordeling van pesticiden is vastgelegd, met name in hoofdstuk 4.

2.4.3 Afleiden van drempelwaarden

Indien er voldoende ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar waren hebben we voor elke stof SSD's opgesteld, afzonderlijk voor letale en sub-letale effecten. Per chemische stof zijn de SSD-parameters (gemiddelde, helling, HC₅-waarde, en het aantal fyta waar toxiciteitsdata beschikbaar voor was) berekend. De HC₅-waarde (hazardous concentration voor 5% van de soorten) werd vervolgens gebruikt als uitgangspunt voor de afleiding van drempelwaarden, aangezien dit tevens zo wordt gedaan in de Europese toelating (bijv. EFSA PPR Panel, 2013).

Voor stoffen met onvoldoende gegevens om een SSD op te stellen (in de meeste gevallen), werd de laagste waargenomen effectconcentratie in plaats van de HC₅-waarde gebruikt, met hogere veiligheidsfactoren om de onzekerheid te compenseren.

Om rekening te houden met de mate van onvolledigheid van de beschikbare data werd een veiligheidsfactor (VF) toegepast zoals beschreven in sectie 2.4.2. De uiteindelijke drempelwaarde werd berekend als:

$$\text{Drempelwaarde} = \frac{HC_5 \text{ (of laagste waarde)}}{\text{Veiligheidsfactor}}$$

Indien de drempelwaarde wordt overschreden kan een mogelijk ecologisch effect op niet-doelwit organismen niet worden uitgesloten, en is vervolgonderzoek noodzakelijk.

De resultaten werden per stof opgeslagen, met afzonderlijke waarden voor letale en sub-letale effecten, en samengevoegd in één overzichtsbestand voor verdere risicoanalyse.

2.4.4 Berekening van overschrijdingen en mengseltoxiciteit

Voor de beoordeling van de risico's van de aangetroffen stoffen is voor elke stof (i) in elk monster (j) de risicoquotiënt (RQ) berekend volgens:

$$RQ_{ij} = \frac{MEC_{ij}}{\text{Drempelwaarde}}$$

waarbij MEC_{ij} de gemeten concentratie van stof i in monster j weergeeft, en de voor die stof geldende drempelwaarde is zoals beschreven in sectie 2.4.2.

Overschrijdingen konden voor de bodemonsters direct worden afgeleid. Voor de plantenmonsters is het eerst nodig om de waargenomen concentraties om te rekenen naar oppervlakte-gebaseerde eenheden, omdat de beschikbare ecotoxicologische drempelwaarden doorgaans zijn afgeleid op basis van blootstelling via het bladoppervlak. Hiervoor zijn de in planten gemeten concentraties omgerekend van µg per kg versgewicht (µg/kg fw) naar een maximaal beschikbare dosis per bladoppervlak (µg/m²). Deze omrekening maakt een directe vergelijking mogelijk met de beschikbare ecotoxicologische data, maar is een worst-case benadering omdat ervan wordt uitgegaan dat de totale hoeveelheid stof op en in de bladeren volledig beschikbaar is voor blootstelling via contact.

De omzetting is uitgevoerd met behulp van de volgende formule:

$$D_{area} = \frac{C_{fw}}{f_{dry} \times SLA}$$

Waarbij:

- D_{area} = geschatte maximale dosis oppervlakte residu (µg/m² bladoppervlakte),
- C_{fw} = gemeten concentratie (µg/kg versgewicht),
- f_{dry} = fractie droge stof (afgeleid uit de verhouding tussen droge en verse massa),
- SLA = specifieke bladoppervlakte (m² bladoppervlakte/kg drooggewicht).

Voor de specifieke bladoppervlakte is een waarde van 13,5 m²/kg gehanteerd, en voor de fractie droge stof van het blad is een waarde van 0,47 gehanteerd, beide gebaseerd op waardes afgeleid voor beuken bomen Ali et al. (2017). Om D_{area} uit te drukken in g w.s./ha in plaats van µg/m² wordt het getal gedeeld door 100. De aldus verkregen oppervlakte-gebaseerde concentraties zijn vervolgens gebruikt voor de berekening van de RQ-waarden, zoals beschreven.

Om een eerste indicatie te verkrijgen van de cumulatieve toxische druk van het totale mengsel in een monster, zijn de RQ-waarden van alle aangetroffen stoffen bij elkaar opgeteld (de sumRQ). Hierbij is verondersteld dat de effecten van de afzonderlijke stoffen additief zijn. We hebben dit gedaan aan de hand van de drempelwaarden afgeleid met behulp van de indicatieve veiligheidsfactor van 1000.

3 Resultaten en discussie

3.1 Beschikbare meetnetten en data

De volgende publicaties voldeden aan de gestelde criteria, zijn opgenomen in onze data-analyse, en worden in navolgende paragrafen kort besproken:

1. Buijs J., Mantingh M. (2020). Inventarisatie van de aanwezigheid en risico's van bestrijdingsmiddelen in begraasde natuurgebieden in Gelderland. Toxicologische risico's voor mestkevers
2. Buijs J., Mantingh M. (2022). Onderzoek verspreiding bestrijdingsmiddelen in Drenthe en omstreken. Evaluatie van 3 jaar onderzoek van bodem, planten, mest en lucht (Meten = Weten)
3. Buijs J., Mantingh M., Nijland G. (2024). Een nevel van bestrijdingsmiddelen (Meten = Weten)
4. Buijs J., Plantema O. (2025). Onderzoek naar de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in Natura 2000-gebieden in de Peel (WBdP)

In opdracht van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft een consortium van kennisinstituten in een vierjarig onderzoek (2015-2019) gemeten in hoeverre omwonenden van bollenvelden blootgesteld worden aan pesticiden (OBO, RIVM 2019). Alhoewel er geen metingen in Natura 2000-gebieden zijn uitgevoerd, geeft dit grootschalige onderzoek veel informatie op over de mogelijke verspreiding van pesticiden over grotere afstand dan de rand van de akkers van bloementeelten, en wordt een aantal resultaten zoals genoemd in het eindrapport hier ook samengevat:

5. Montforts M.H.M.M., Bodar C.W.M., Smit, C.E., Wezenbeek, J.M., Rietveld, A.G. (2019). Bestrijdingsmiddelen en omwonenden Samenvattend rapport over blootstelling en mogelijke gezondheidseffecten RIVM Rapport 2019-0052. DOI 10.21945/RIVM-2019-0052

Kruse-Plaß et al. (2021) beschrijven analyses van pesticiden in luchtmonster verdeeld over heel Duitsland (109 locaties). Dit volgde op een Duitstalig onderzoeksrapport naar pesticide residu analyse in schors van berkenbomen uit natuurgebieden bemonsterd in de periode 2014-2017 (Hofmann et al. 2019). Dezelfde luchtfilters zijn gebruikt in Nederlandse Natura 2000-gebieden in de studies van Stichting Meten=Weten (Buijs, Mantingh 2022; Buijs et al. 2024). Overlap van gemeten pesticiden in Duitsland met de metingen in N2000 gebieden staat beschreven in sectie 3.2.2 over metingen van vegetatie monsters.

6. Kruse-Plaß M, Hofmann F, Wosniok W, Schlechtriemen U, Kohlschütter N, 2021. Pesticides and pesticide-related products in ambient air in Germany. Environmental Sciences Europe 33(1):114.

Enkele internationale studies die verspreiding van pesticiden aantonen over grotere afstand vanuit landbouwgebied naar natuurgebieden beschrijven zijn:

7. Coscollà C., Colin P., Yahyaoui A., Petrique O., Yusà V., Mellouki A, et al. (2010) Occurrence of currently used pesticides in ambient air of Centre Region (France). Atmospheric Environment 44(32):3915-25.
8. Brühl C.A., Bakanov N., Köthe S., Eichler L., Sorg M., Hörren T., et al. (2021) Direct pesticide exposure of insects in nature conservation areas in Germany. Scientific Reports 11(1):24144.
9. Hladik ML, Kraus JM, Smith CD, Vandever M, Kolpin DW, Givens CE, et al. (2023) Wild Bee Exposure to Pesticides in Conservation Grasslands Increases along an Agricultural Gradient: A Tale of Two Sample Types. Environmental Science & Technology 57(1):321-30.
10. Lenard A., Burns T., Hladik M.L., Keller K.E., Marcum S., Thogmartin W.E., et al. (2025) Pesticide contamination detected across five wildlife refuges in the Sacramento Valley of California. Science of the Total Environment 969, 178991.

Een recente (2025) overzicht-studie door een internationale groep onderzoekers over het risico van pesticiden op biodiversiteit op middelgrote afstand van teeltgebieden is verschenen in het peer-reviewed tijdschrift *Environmental Pollution*, en wordt kort samengevat omdat het een up-to-date beeld schetst met enkele voorbeelden uit literatuur van verspreiding, impact, en mogelijke maatregelen:

11. Albaseer S.S., Jaspers V.L.B., Orsini L., Vlahos P., Hussein E. A.-H., Hollert H. (2025). Beyond the field: How pesticide drift endangers biodiversity, *Environmental Pollution* 366, 125526, DOI 10.1016/j.envpol.2024.125526.

3.1.1 Buijs, J., Mantingh, M. (2020). Gelderland

Doel van het gerapporteerde onderzoek is inzicht te verkrijgen in de belasting van begraasde natuurgebieden (in Gelderland) met pesticiden en hun metabolieten, en het voorkomen van mestkevers (Coleoptera) in rundveemest in natuurgebieden en een eventuele correlatie vast te stellen met het voorkomen van pesticiden. De afstand tot percelen (akkerbouw of fruitteelt) die behandeld worden met pesticiden wordt gesteld te variëren van 5-2539 meter, maar is niet aangegeven per locatie. Er is op deze locaties gesteld dat er geen bijvoer (zoals stro en hooi) van buitenaf plaatsvindt. Van de bemonsterde locaties zijn uiterwaarden niet meegenomen in de huidige WENR analyse, aangezien deze locaties mogelijke vervuiling met pesticiden via reguliere overstromingen kunnen bevatten.

Vegetatie is bemonsterd van plantensoorten die werden begraasd door het aanwezige vee. Bodemonsters werden geboord tot 18 cm, en van 25 sub-monsters per terrein gemengd. Multianalyse van 661 verschillende pesticiden, biociden en metabolieten werd uitgevoerd bij een contract laboratorium. De grondmonsters zijn ook getest op aanwezigheid van glyfosaat, AMPA en glufosinaat. De 'limit of quantification' LOQ is aangegeven per monster (100-200 g), 0,5 tot 2,8 microgram per kg (onduidelijk of dit vers- of drooggewicht is).

Er worden, naast meerdere werkzame stoffen van pesticiden, ook regelmatig in grond en planten de volgende stoffen aangetoond, die niet geheel duidelijk aan pesticide gebruik zijn gekoppeld. In veel gevallen vertegenwoordigen deze stoffen het merendeel van het totaalgehalte aan pesticiden die zijn gedetecteerd in monsters genomen in de natuurgebieden:

- Antrachinon ('Anthraquinone' in onze analyse, rapport benoemt dit als: 'repellent'; niet toegelaten in NL),
- difenyl ('bifeny' in WENR analyse, rapport benoemt dit als: fungicide; niet toegelaten in NL),
- fenylfenol-2 (rapport benoemt dit als: fungicide; niet toegelaten), en
- difenylamine ('diphenylamine' in WENR analyse, rapport benoemt dit als: insecticide; niet toegelaten).

Hierbij merkt WENR op dat het voor deze vier stoffen zeer onduidelijk is of meetwaardes van deze stoffen gelinkt kunnen worden aan gebruik als pesticide in landbouw, aangezien:

- 'anthraquinone' in Bijlage 7 van het rapport meer gedetailleerd geduid wordt als een 'vogelafweermiddel', maar ook dat het wordt toegepast in de papier- en textiel industrie en bij verbrandingsprocessen vrijkomt (bijvoorbeeld als oxidatieproduct van de polycyclische aromatische koolwaterstof anthraceen);
- fenylfenol-2 als biocide een toelating in NL heeft maar geen relatie tot substantieel gebruik in landbouw (in-can preservative (PT06) and a preservative for metalworking fluids (PT13));
- difenylamine bekend is als verontreiniging via industrie processen en gemotoriseerd verkeer, rubber toevoeging (Drzyzga, 2003);
- 'difenyl' mogelijk met name op citrusvruchten of verpakkingen gebruikt wordt, maar Ctgb rapporteert geen toelatingen in Nederland, ook niet van biphenyl, bifeny, diphenyl.

De vier hierboven opgesomde stoffen zijn in meer detail besproken in de RIVM Memo: duiding van het M=W rapport over stofmonitoring in Drentse Natura 2000 gebieden (RIVM, 2020).

3.1.2 Buijs J., Mantingh M. (2022). Meten = Weten

Doel van het gerapporteerde onderzoek is om verschillende metingen in Drenthe en omstreken die afzonderlijk zijn uitgevoerd (door stichting Meten = Weten) en gerapporteerd met elkaar in verband te brengen om daarmee de onderlinge verbanden inzichtelijk te maken, en om binnenlands en buitenlands onderzoek te betrekken bij de interpretatie van de metingen. Coördinaten van iedere monsterlocatie zijn bepaald met behulp van een GPS. Wat betreft metingen in natuurgebieden betreft dit plantenmonsters (19) en bodemonsters (6). Afstand tot landbouwgebied is per locatie geduid, met afstanden van 58-2341 meter voor plantenmonsters, en 0.5-379 meter voor bodemonsters.

Bodemonsters zijn genomen met grondboor, per locatie 20 monsters genomen van 0-20 cm diepte, daarna gemengd. Plantenmonsters zijn mengsels van 25 monsters genomen binnen een afstand van 10 meter, van geselecteerde soorten planten. Multianalyse van 661 verschillende pesticiden, biociden en metabolieten werd uitgevoerd bij contract laboratorium Eurofins Graauw. De LOQ is aangegeven per monster (100-200 g), 0,5 -2,4 microgram per kg versgewicht (dus waarschijnlijk ook versgewicht in de 2020 studie). Van alle gescande pesticiden werden maar 3 stoffen aangetroffen boven de 10 µg/kg in vegetatie: chloorprofam op 6 pesticiden (maximaal 23.7 µg/kg, variërend over 58 – 900 m van, prosulfocarb (1 locatie op 106 m, 15.1 µg/kg), en fthalimide (1 locatie op 158 m, 10 µg/kg). Zes andere pesticiden die tussen de 3 en 10 µg/kg werden gedetecteerd waren de herbiciden pendimethalin, terbutylazine, en metoprotrothryn, de fungiciden difenoconazool en Prothioconazool-desthio (metabooliet), en de insecticiden clothianidine en permethrin. Van de 6 geanalyseerde grondlocaties werd in slechts één monster, bij een houtwal op 0.5 m van landbouwgebied, toegelaten pesticiden aangetroffen boven de detectielimiet: de herbiciden isoxaben (hoogste waarde van 19.4 µg/kg) en metolachloor-S, en de fungicide Boscalid. De overige gedetecteerde stoffen in grondmonsters betroffen biociden (BAC-12, BAC-14, DDAC), historische verontreiniging uit de DDT groep, en de in het 2020 rapport genoemde stoffen antraquinone, biphenyl, en diphenylamine. Een bodemonster op grotere afstand van akkerbouw had sporen (binnen factor 2 van de LOQ) van pendimethalin en tebuconazool.

Het rapport behandelt ook luchtfilter monsters, zowel 5x een PUF filter (Model Hoffmann-GMS t.b.v. multi-analyse) alsook 2x een PEF filters (glyfosaat/AMPA model) van de firma Tiem Technic. Gedurende 1-2 maanden zijn stoffen uit de lucht opgenomen op 1 locatie (Koekoeksweg in de gemeente Westerveld) op 250 cm hoogte. Opvallend zijn een zeer hoog gehalte metabooliet fthalimide in 1 PUF monster waarin ook de moederstof folpet is aangetroffen, meerdere hoge PUF metingen van de vluchtige stoffen chloorprofam, prosulfocarb en pendimethalin, en zowel glyfosaat als AMPA in beide PEF monsters. PUF filters zijn afgeschermd van regenwater en hebben een resin-sorbent dat voornamelijk gasvormige stoffen passief vangt uit lucht, terwijl de PEF filters zijn ontworpen om ook deeltjesgebonden chemicaliën zoals glyfosaat ($K_{oc} = 1424$ L/kg, dus relatief hoge sorptiecapaciteit) te verzamelen uit langsstromende lucht.

3.1.3 Buijs J., Mantingh M., Nijland G. (2024). Meten = Weten

Doel van het gerapporteerde onderzoek is om meer metingen van pesticiden in woonwijken en Natura 2000-gebieden te verzamelen, waarbij luchtfilters (PUF en PEF) geplaatst zijn en op korte afstand ook plantenmonsters zijn genomen (door stichting Meten = Weten). Multi-analysen van 712 stoffen (excl. glyfosaat en AMPA) werden uitgevoerd door Eurofins Graauw met een LOQ van 0,5-2,4 microgram per kg vers monster. De monsterlocaties zijn met GPS vastgelegd, en afstand tot een akker in locaties die niet binnen Natura 2000-gebieden lagen varieerden van 10 en 50 meter, en 100-2200 meter afstand tot een akker voor locaties binnen een Natura 2000-gebied.

Plantenmonsters waren enkel eikenbladeren. Deze combinatie van planten en luchtfilter monsters sluiten aan bij recent onderzoek naar pesticide verspreiding in Duitsland (Kruse-Plass et al., 2021) en Zweden (Kreuger & Lindstrom, 2019). Luchtmetingen zijn enkel gerapporteerd als gemiddelde meetwaarde per locatie over een jaar in microgram per kg filter, en zijn niet goed bruikbaar als kwantitatieve indicator per locatie en tijd voor deze WENR analyse, maar geven een gedetailleerd beeld over welke stoffen zich via de lucht verspreiden over grote afstanden.

Enkele ongebruikte controle filters lieten chemicaliën zien uit de multi-analyse, zoals anthraquinone en DEET, maar ook sporen (lager dan de LOQ) van metalaxyl en chlorpyrifos-ethyl. Een veel gebruikte fungicide als boscalid (niet vluchtig) komt vrijwel niet voor in de analyses van eikenblad, maar wel bekende vluchtige stoffen zoals de fungicide fthalimide, en de herbiciden prosulfocarb, pendimethalin, en ook de fungicide fluopyram. Daarnaast is de regelmatige detectie van DNOC in PUF opvallend, aangezien het niet in eikenblad werd aangetroffen en dit middel (met brede werking) al meer dan 20 jaar niet meer toegelaten is in zowel NL als EU. De pieken van de concentraties van pesticiden in eikenblad en PUF filters kwamen volgens het rapport in veel gevallen overeen, wat aannemelijk maakt dat de bomen een groot deel van deze stoffen uit de lucht opvangt, ofwel via sorptie uit de lucht, of via atmosferische depositie. In meer detail stelt het rapport over 38 stoffen die zowel in PUF als in eikenblad gedetecteerd zijn: "De gemiddelde concentraties van 20 van de stoffen bleken statistisch significant gecorreleerd te zijn, waarvan 19 positief en 1 negatief (fenylfenol-2) en van de overige 18 stoffen bleken ze niet gecorreleerd te zijn bij $p=0,05$.

3.1.4 Buijs J., Plantema O. (2025). De Peel gebieden (Werkgroep Behoud de Peel)

Doel van het gerapporteerde onderzoek is om metingen van pesticiden in verschillende Natura 2000-gebieden in de regio Noord-Limburg en Noord-Brabant te rapporteren. Coördinaten van iedere monsterlocatie zijn bepaald met behulp van een GPS. Afstand tot landbouwgebied is per locatie geduid, en varieerde van dichtbij landbouwgebied (6 locaties binnen 50 meter, minimum 15 meter) tot verder afgelegen plekken (103-2420 meter). De afstand tussen locaties was minimaal 840 meter.

Er zijn geen bodem of lucht monsters genomen. Plantenmonsters van 56-169 gram verse bladen waren genomen van een enkele zomereik (*Quercus robur*), die dus op elke locatie aanwezig moest zijn. Multianalyse van 668 verschillende pesticiden, biociden en metabolieten werd uitgevoerd bij het contract laboratorium Eurofins Graauw. De LOQ is aangegeven per monster, in het bereik van 8-13 (eenheid niet aangegeven, maar data is gepresenteerd in microgram per kg drooggewicht (DM)).

Van de geteste 668 pesticiden werden er 46 in de 10 monsters van eikenbladeren aangetoond. In locaties op meer dan 100 meter afstand waren de hoogst gerapporteerde stoffen niet hoger dan 22.1 µg/kgDM, en van de hoogste 7 concentraties was dit in 3 gevallen fluopyram, en verder prosulfocarb, propamocarb, cyprodinil en permethrin. Voor locaties binnen 50 m afstand vielen 1 zeer hoge en 1 verhoogde concentratie op van propamocarb op (1427 en 37 µg/kgDM), en 1 relatief hoge concentratie fluopyram (123 µg/kgDM), terwijl alle resterende meetwaarden onder de 22 µg/kgDM bleven. De stoffen die geen duidelijke gebruik in de landbouw hebben, maar die in de hierboven besproken studies veelvuldig werden gerapporteerd (biphenyl, diphenylamine, anthraquinone en 2-phenylphenol, en de biociden BAC-12, BAC-14 en DDAC) zijn niet gedetecteerd in deze plantenmonsters, hoewel ze wel op de analyse-lijst stonden.

3.1.5 OBO onderzoeksrapport (2019)

Zoals ook beschreven in het FOCUS (2008) rapport, is duidelijk dat de verspreiding van pesticiden via lucht verder reikt dan de (teeltvrije) akkerranden en afvoerslootjes op basis waarvan de toelating in Europa en lidstaten van actieve stoffen plaatsvindt. Met name de verdampte concentratie in lucht is een duidelijke route waarlangs actieve stoffen via wind over grotere afstand (en waarschijnlijk sterk verdund) verspreid kunnen worden. Het blootstellingsonderzoek bevestigde met name de verwachting van de Gezondheidsraad dat telers relatief meer risico lopen.

Het OBO onderzoek laat zien dat mensen die in de buurt van landbouwpercelen wonen, kunnen worden blootgesteld aan chemische pesticiden, bijvoorbeeld via buitenlucht rond woningen in de buurt, stof op de deurmat en in het huisstof. Dit betrof ook mensen die op meer dan 500 meter afstand van agrarische velden woonden. Uit het onderzoek komt ook naar voren dat het onduidelijk is hoe schadelijk dit is voor de gezondheid. Metingen in natuurgebieden zijn in dit OBO onderzoek niet meegenomen, maar geven wel aan dat verspreiding van actieve stoffen over ruimere afstand vanaf behandeld landbouwgebied mogelijk is. OBO metingen in grond zijn uitgevoerd in tuinen rond woningen, in totaal 124 monsters. De grondmonsters die bij omwonenden zijn verzameld bevestigden dat het inslepen van stof- en gronddeeltjes kan leiden tot de belasting van huisstof met pesticiden. Chemische analyse werd uitgevoerd met een LV-MS/MS multi-residue methode voor 48 stoffen (. In de monsters waren de concentraties van sommige pesticiden (pendimethalin, prochloraz en pyraclostrobin) een factor 5 tot 10 hoger dan bij de controlegroep voor huisstof- en gronddeeltjes verzameld bij bewoners.

OBO metingen in lucht zijn uitgevoerd binnen een straal van 250 m van het landbouwgebied, en in controle gebieden op meer dan 500 m afstand. De concentraties van pesticiden in lucht (en stof) bleken buiten de spuitperiode lager te zijn dan tijdens de spuitperiode. Concentraties van pesticiden in de buitenlucht waren hoger bij de woningen binnen een straal van 250 m dan bij de woningen van de verder weg gelegen woningen, gemiddeld genomen een factor 10. Doordat de wind op de bollenvelden tijdens het spuiten niet gericht was op de huizen van omwonenden, leverde drift geen noemenswaardig bijdrage aan de gemeten luchtconcentraties. Het concentratieverloop in de zeven dagen na het spuitmoment liet geen eenduidige afname zien. Dit concentratieverloop bleek sterk afhankelijk van (a) de hoeveelheid pesticide die nog aanwezig was op het perceel en die nog kon verdampen; (b) de windrichting, en (c) andere bespuitingen in de omgeving binnen de zeven dagen. Als voorbeeld van variatie in concentraties van luchtmetingen wordt pendimethalin benoemd: bij omwonenden gedurende de spuitperiode was de laagste concentratie circa 0,2 ng/m³ en de hoogste circa 120 ng/m³, bij de verder gelegen controlegroep in dezelfde periode varieerden de concentraties tussen 0,01 - 40 ng/m³. De dosering van een pesticide bij het spuiten, de omvang van het behandelde perceel en de stoffeigenschappen van het gebruikte middel hebben een groot effect op de meetresultaten.

Uit experimentele studies bij een proefboerderij blijkt dat drift die door de wind worden meegevoerd op een afstand van vijftig meter van de spuitlocatie nog meetbaar is, ook op tien meter hoogte. De blootstelling door drift kan meer dan een factor 10 hoger zijn dan de blootstelling zonder drift. Als er tussen het bespoten veld en een woning een windbarrière stond, in de vorm van een scherm, werden hierachter soms lagere, maar soms ook juist hogere concentraties pesticiden gemeten dan wanneer er geen windbarrière was. Dit hing samen met de doorlaatbaarheid van de windbarrière, maar de invloed van verschillende types barrières is nog onduidelijk.

Het RIVM is bezig met een achtjarige studie (OBO-2) met een looptijd van 2023 tot naar verwachting 2031. Waar in OBO(-1) onderzoek werd gedaan naar blootstelling en gezondheidsrisico's van omwonenden nabij akkerbouwpercelen, wordt in OBO-2 een soortgelijk onderzoek gedaan bij zijwaartse toedieningen, zoals in de fruitteelt. In Werkpakket 2 van OBO-2 wordt deze blootstelling onderzocht. Parallel hieraan is recent een verkennend onderzoek gestart door RIVM en WUR in opdracht van het ministerie LNV naar de onderbouwing van een geschikte (veilige) spuitzone tussen bewoning en agrarische activiteiten (met name de toediening van pesticiden).

In het OBO rapport is opgenomen dat sinds 2014 het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) standaard de risicobeoordeling voor omwonenden uitvoert, vanaf 2016 middels het OPEX-model van EFSA. Dit gaat uit van (1) persoonlijke blootstelling aan *drift* op 2 m van het gewas, (2) een vaste concentratie van 1-15 ng/m³ van *verdampende stof* in lucht gedurende de hele dag van bespuiting, (3) *contact met residuen* van pesticiden op oppervlakten die door drift zijn geraakt, en (4) mogelijke herbetreding van het veld.

3.1.6 Internationale studies naar regionale verspreiding van pesticiden vanuit landbouwgebied

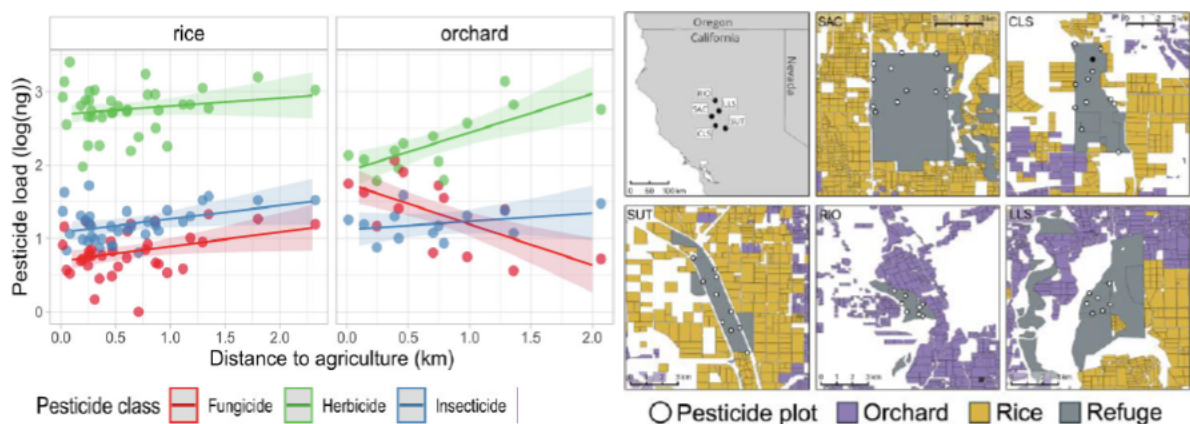
De Franse studie van Coscolla et al. (2010) gebruikte luchtmetingen van pesticiden m.b.v. actieve PUF luchtfilters, in intensieve landbouwgebieden en stedelijk gebied (residentieel gebied op grondniveau, bij parkeerplaats op 3.5m hoogte). Er werd gescand op 56 werkzame stoffen, waarvan er 41 werden gedetecteerd. Beide monitoringsplekken vertoonden vrijwel gelijke luchtmetingen van pesticiden, zowel in seizoen-fluctuaties als in concentraties in dezelfde monsternamen periode. De meest gedetecteerde herbicides waren trifluralin, pendimethalin, acetochlor, alachlor and metolachlor (allen relatief vluchtig). De meest gedetecteerde fungicides waren chlorothalonil (frequentie 58%, niet vluchtig) and fenpropidin (30%, vluchtig), maar ook spiroxamine, fenpropimorph, cyprodinil, tolyfluanid en epoxiconazole. Van de insecticides werd het al lang verbannen lindaan wijd aangetroffen, en daarnaast chlorpyrifos (48%) en alfa-endosulfan (28%).

De Duitse studie van Brühl et al. (2021) verzamelde vliegende insecten in natuurgebieden gedurende 14-daagse interval periodes in Malaise vallen gevuld met ethanol, en analyseerde de pesticide gehalten in de ethanol. waarbij werd aangenomen dat deze pesticiden uit de weefsels van insecten afkomstig was. De vallen op verschillende afstanden van nabijgelegen landbouwgebied, variërend van 0, 25, 50 meter en ongeveer

100 meter. Bij de akkers waren verschillende bufferzones ingesteld waarbinnen niet gespoten mocht worden, variërend van 500 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m, 2500 m, 3000 m, and 3500 m. Residuen van herbiciden metolachlor-S, prosulfocarb en terbuthylazine, en de fungiciden azoxystrobin en fluopyram, werden op elke van de 21 bestudeerde natuurgebieden waargenomen. Aangezien de meeste verzamelde insecten grote afstanden kunnen afleggen, blijkt blootstelling in het nabijgelegen akker niet de enige bron van verontreiniging van insecten. Tot op een afstand van 2000 m bleek landbouwkundig gebruik gecorreleerd aan residuen in de insecten.

De Amerikaanse studie van Hladik et al. (2023) analyseerde de pesticide gehalten in zowel het weefsel van honingbijen als in siliconen polsbandjes, die werden opgehangen aan paatjes in het veld en zo gebruikt als passieve samplers. Bandejes en bijen werden verzameld in grasland gebieden, die onbespoten als natuurgebied worden beheerd om bestuivende insecten te bevorderen. De monsterlocaties, allen in de staat Iowa, zijn wel regionaal omgeven door conventionele landbouw. De silicone polsbandjes, opgehangen op ongeveer 1,5 m hoogte, vertoonden seizoensafhankelijke concentraties van 46 pesticiden, die dus opgenomen werden vanuit lucht boven onbespoten gebied. Aangezien bijen zeer grote verspreidingsgebieden hebben, bleek hun weefsel minder seizoensfluctuaties te hebben dan polsbandjes, en vooral ook metabolieten van enkele insecticiden aan te tonen. Alhoewel concentraties in polsbandjes moeilijk te vertalen zijn naar weefsel, heeft voordeel van polsbandjes dat stoffen niet enzymatisch afgebroken worden, en een goed beeld geven van het aantal pesticiden dat vanuit de lucht op hydrofoob oppervlak terechtkomt en daarin vastgehouden wordt. Hoe groot de afstand tot landbouwgebied was wordt in deze studie niet duidelijk, wel wordt er gemeld dat er meer pesticiden worden aangetroffen bij hogere dichtheid van landbouwgebied in de regio.

De Amerikaanse studie van Lenard et al. (2025) analyseerde de pesticide gehalten in siliconen polsbandjes in natuurgebieden in Californië, ook opgehangen aan paatjes in het veld. De natuurgebieden waren omgeven door landbouwgebied, gedomineerd door rijstvelden en/of boomgaarden. Er werden 36 verschillende pesticiden gedetecteerd, waarvan 12 in >90% van de samples (fungicide chlorothalonil; herbiciden benzobicyclon, clomazone, metolachlor, pendimethalin, propanil, thiobencarb, and trifluralin; en de insecticiden bifenthrin, cyhalothrin, methoxyfenozide, en permethrin). Sommige pesticiden waren exclusief gelinkt aan rijstteelt. In deze studie is nauwkeurig de afstand aangegeven tot dichtstbijzijnde landbouw. Figuur 3 laat het pesticide gehalte in de polsbandjes zien uitgesplitst per som herbiciden, som fungicide en som insecticiden, voor 49 locaties in de 5 bestudeerde natuurgebieden. Er is geen significante relatie te zien tussen pesticide gehalte (getoond als som van herbiciden, som van fungiciden, en som van insecticiden) en afstand tot dichtstbij gelegen rijstakker of boomgaard, in veel gevallen eerder een toename in gehalte met grotere afstand. Ook voor de individuele pesticiden die specifiek in rijst worden toegepast is geen relatie tussen gehalte en afstand tot rijstveld waargenomen in het bereik tot 2.5 km. Locaties op meer dan 15 km van rijst toonde (iets) lagere concentraties in polsbandjes van deze specifieke stoffen. De relevantie van deze waarnemingen voor de situatie in Europese natuurgebieden is echter onduidelijk, omdat de studie aangeeft dat veel bespuiting in deze regio worden uitgevoerd met "aerial methods", waarschijnlijk per vliegtuigje, wat veel hogere mate van drift heeft.



Figuur 3 De relatie tussen afstand tot landbouwgebied met rijst (linker grafiek) of boomgaard (rechter grafiek) en het pesticide gehalte gemeten in siliconen polsbandjes die 28 dagen zijn uitgehangen op 50 cm hoogte op 49 locaties in 5 verschillende natuurgebieden in Californië (zie overzichts kaartjes recht).

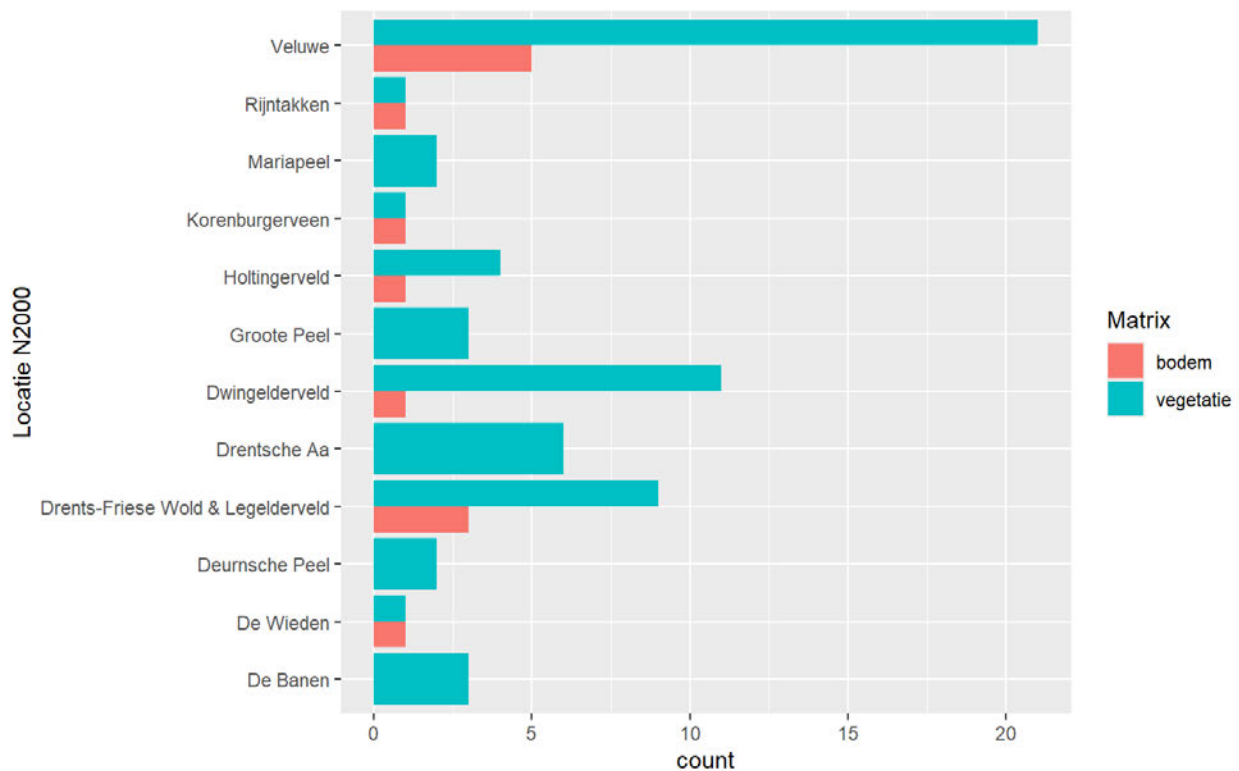
3.1.7 Review artikel Albaseer et al (2025): Beyond the field: How pesticide drift endangers biodiversity

De publicatie geeft een overzicht van voorbeelden van impact van pesticiden op biodiversiteit op middelgrote afstand. Drift van een lage-dosering herbicide (atrazine en/of triuron-methyl) op aangrenzende 'fallow fields' bleek nadelig voor wilde planten en verminderde de plant diversiteit (Qi et al., 2020 in het review). Letale effecten van herbicide drift werden waargenomen tot 500 m van de rand van het bespoten veld, maar de nadelige effecten waren over een ruimer gebied terug te vinden (Boutin et al., 2012; Zaller and Brühl, 2021, in het review). Effecten op (waard)planten kunnen populaties van organismen verder in de voedselketen beïnvloeden, zoals insecten en insectenetende vogels en zoogdieren. Enkele voorbeelden van effecten van drift van fungiciden worden gegeven. Mycorrhiza interacties tussen bodemschimmels en plantenwortels kunnen beïnvloed worden door fungiciden, (Ogidi and Akpan, 2023, in het review), terwijl herhaalde fungicide blootstelling de microbiële samenstelling van de bodem kan doen verschuiven, waardoor resistente soorten kunnen domineren, wat vervolgens weer kan leiden tot lagere ecosysteem productiviteit (Ma et al., 2023, in het review).

Daarnaast geeft de publicatie een overzicht van strategieën om pesticide drift te kunnen verminderen. Voorbeelden zijn (1) toepassingsmethoden met optimale druppelgrootte (2) bredere bufferzones van meer dan 8 meter, in combinatie met andere mitigatiemaatregelen, zoals (3) wind barrières zoals heggen, liefst meerlaags met toepassing van verschillende soorten (inclusief winterharde soorten), alhoewel sommige insectenpopulaties juist van deze akkerrand vanggewassen nut van de planten hebben als waardplant of als bronpopulatie na tijdelijke impact in het veld, (4) gestandaardiseerde monitoring van biodiversiteit, (5) verbeterde risicoboordeling van bijvoorbeeld combinatie/effecten, maar ook het inpassen van wilde plantensoorten in ecotoxicologische toelatingstoetsen in plaats van standaard teeltgewassen, en een verschuiving naar eindpunten gerelateerd aan langere termijneffecten, (6) adjuvanten (hulpstoffen) aan pesticiden die drift verminderen, en (7) grootschalige verschuiving naar biologische teelt.

3.2 Evaluatie van monitoringsgegevens

In totaal zijn hebben we data geanalyseerd afkomstig van 13 bodemonsters en 63 plantenmonsters. Het verschilt per Natura 2000-gebied hoeveel monsters er genomen zijn (Figuur 4). De meeste plantenmonsters zijn afkomstig van de Veluwe, gevolgd door het Dwingelderveld en Drents-Friese Wold & Legelderveld. In de Natura 2000-gebieden de Drentsche Aa, de Banen, Mariapeel, de Groote Peel, en de Deurnsche Peel zijn alleen plantenmonsters genomen. In de andere gebieden is er ten minste 1 bodem-, en 1 plantenmonster geanalyseerd.

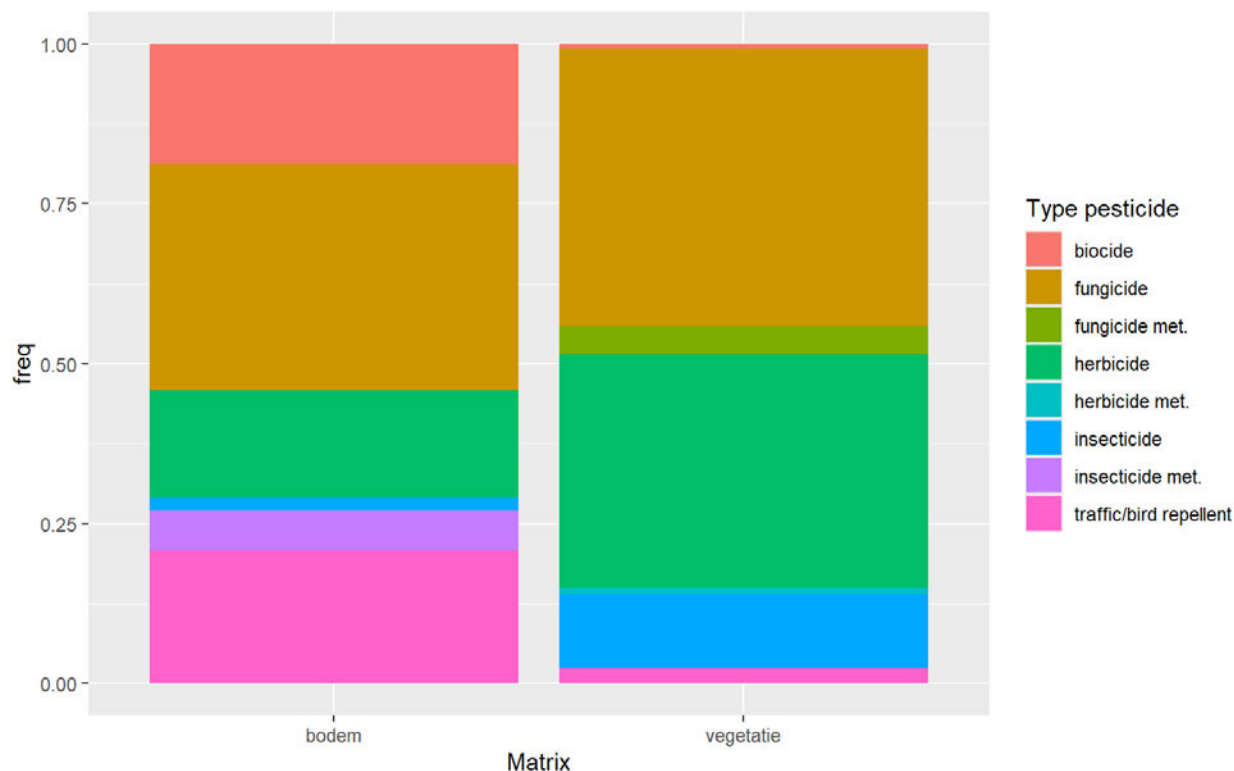


Figuur 4 Verdeling van aantal bodem- en plantenmonsters over de bemonsterde Natura 2000-gebieden.

In totaal zijn er 84 stoffen waargenomen verdeeld over 12 Natura 2000-gebieden. In Figuur 5 is te zien hoe deze 84 stoffen zich verdelen over de verschillende stofgroepen en de twee verschillende matrices. In zowel bodem als planten worden fungiciden het vaakst aangetroffen. Hierna volgen in planten herbiciden en insecticiden, terwijl dit in bodem bird repellents en biociden betreft. Metabolieten maken slechts een klein onderdeel uit van het totaal aantal aangetroffen stoffen.

In Annex 1 staat verder uitgesplitst hoeveel stoffen van iedere stofgroep er binnen welke matrix (planten en bodem) en Natura 2000-gebied is aangetroffen.

In bodemonsters zijn er in totaal 18 stoffen aangetroffen, en in plantenmonsters waren dat er 77.



Figuur 5 Relatieve verdeling van aangetroffen stoffen in de twee bestudeerde matrices over de verschillende stofgroepen. met. = metabolieten. Biociden betreft BAC-12 (C12-benzalkonium), BAC-14 (C14-benzalkonium), en DDAC (didecyltrimethylammonium chloride) die in Drents-Friese Wold zijn gedetecteerd (Buijs en Mantingh, 2022).

3.2.1 Bodemonsters

In Tabel 4 staat de top-10 van stoffen die het vaakst in bodemonsters zijn aangetroffen. Figuur 6 visualiseert de concentraties waarmee deze stoffen zijn aangetroffen. Een volledig overzicht van alle aangetroffen stoffen, hun detectiefrequenties, en hun huidige toelatingsstatus is opgenomen in Annex 2.

Anthraquinone is de stof die het vaakst werd aangetroffen in de bodemonsters. Hoewel het in de gebruikte rapporten vaak wordt geduurd als vogelafweermiddel ('bird repellent'), kent de stof ook niet-agrarische bronnen. Zo wordt anthraquinone toegepast in de papier- en textielindustrie, en kan het vrijkomen bij verbrandingsprocessen als oxidatieproduct van de polycyclische aromatische koolwaterstof anthraceen. Deze industriële en diffuse emissiebronnen kunnen bijdragen aan verspreiding over grotere afstanden.

Anthraquinone is niet toegelaten als gewasbeschermingsmiddel of biocide in Nederland (Ctgb toelatingendatabank), hetgeen suggereert dat de gerapporteerde aanwezigheid niet direct gerelateerd is aan actueel agrarisch gebruik. Dit maakt atmosferische depositie, industriële emissies, of transport uit het buitenland plausibele verklaringen voor de detectie in bodem.

Biphenyl (ook bekend als bifenyl, difenyl of diphenyl) werd historisch toegepast als fungicide en conserveermiddel, met name op citrusvruchten tijdens opslag en transport om schimmelvorming te voorkomen. Daarnaast kan de stof voorkomen op of in verpakkingsmaterialen voor verse producten. Het Ctgb rapporteert geen actuele toelatingen van biphenyl (of synoniemen) als gewasbeschermingsmiddel in Nederland.

o,p'-DDT is zeer persistent en kent uitsluitend historisch gebruik. Detectie wijst op langdurige resterende bodembelasting en/of transport over grote afstand. Dit past in de bekende eigenschappen van DDT als Persistent Organic Pollutant (POP).

De volgende werkzame stoffen zijn niet vluchtig en persistent:

Boscalid is een fungicide met lage vluchtigheid ($V_p = 0.00072$ mPa) en hoge persistentie (PPDB klassificatie, $DT_{50,soil} \approx 254$ dagen). Ondanks een relatief bescheiden toepassingsdosis (± 500 g a.s./ha) wordt de stof frequent aangetroffen. Het langdurige verblijf in de bodem en toepassing in meerdere gewassen dragen hier waarschijnlijk aan bij. Boscalid wordt vaak gecombineerd met andere fungiciden (bijv. pyraclostrobine) om resistentievorming te voorkomen.

Azoxystrobin is een fungicide met lage vluchtigheid ($V_p = 0.00000011$ mPa) en hoge persistentie (PPDB klassificatie, $DT_{50,soil} \approx 84-181$ dagen). Er zijn momenteel 28 formuleringen met azoxystrobin toegelaten in Nederland, vaak als enkele actieve stof, soms in combinatie met prothioconazool, of folpet, of difenoconazole. Ondanks een relatief bescheiden toepassingsdosis (tot 250 g a.s./ha) wordt de stof frequent aangetroffen. Het langdurige verblijf in de bodem en toepassing in meerdere gewassen dragen hier waarschijnlijk aan bij.

De volgende stof is vluchtig en snel afbreekbaar:

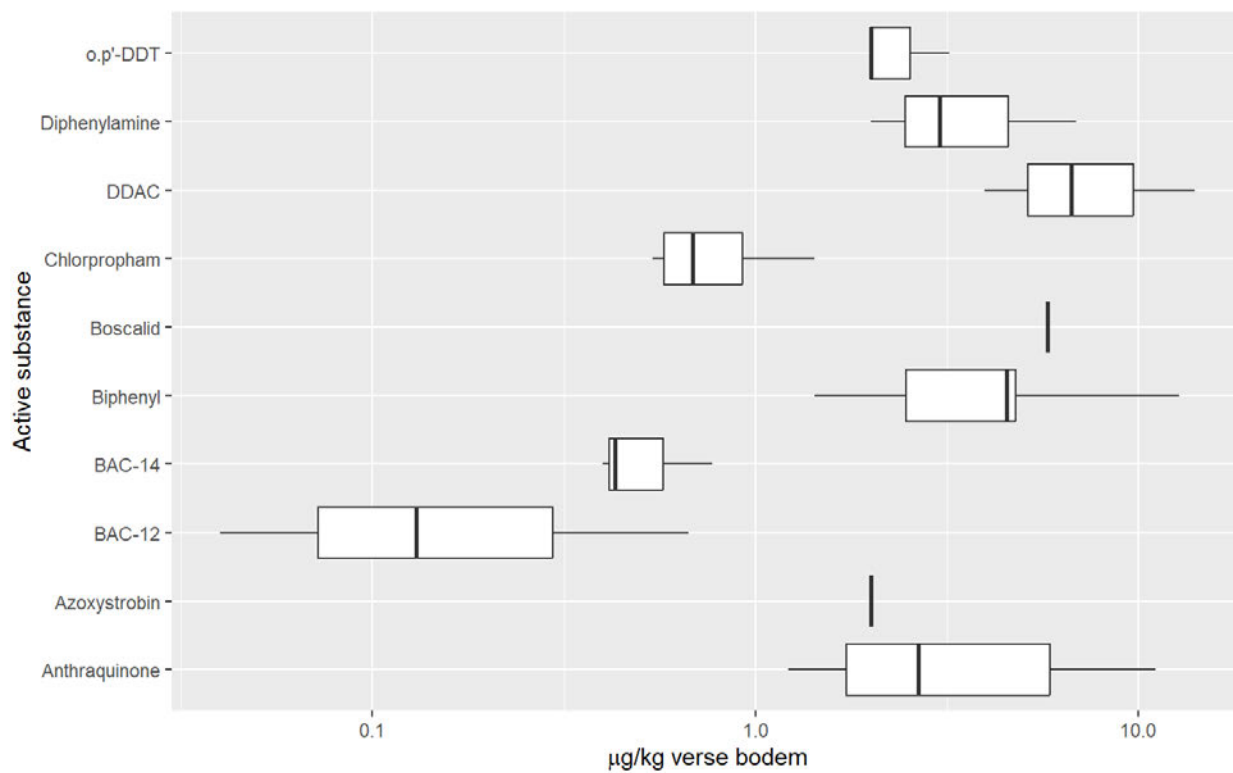
Chlorpropham is zeer vluchtig ($V_p = 24$ mPa), maar relatief snel afbreekbaar ($DT_{50} \approx 13$ dagen). Als kiemremmer in aardappelen is de stof sinds 2020 niet meer toegelaten in Nederland. De lage detectiefrequentie past bij het uitfasen en bij een verwachte afname van milieuconcentraties.

De biociden BAC-12, BAC-14 en DDAC zijn niet vluchtig maar sterk sorptief, en daardoor vaak niet snel afbreekbaar:

Biociden betreft alleen de stoffen BAC-12, BAC-14 en DDAC, die in de studie van Meten = Weten in Drentse gebieden (Buijs en Mantingh, 2022) zijn gerapporteerd. Hierover is opgemerkt dat deze stoffen na 2018 niet meer in de chemische analyse methode waren opgenomen, en dus daarna niet meer zijn gedetecteerd. BAC-12 en BAC-14 worden als component in >90 desinfecterende/ontvettende producten toegevoegd als mengsels met verschillende ketenlengtes van de stofgroep "alkyl(C12-14/16/18)dimethyl(ethylbenzyl)-ammonium-chloride". DDAC wordt in 220 producten toegelaten, met name als desinfectiemiddel in schoonmaakmiddelen en industriële processen, en houtbeschermingsmiddel. De cationische oppervlakte-actieve stoffen binden zeer sterk aan gronddeeltjes, en zijn daardoor vaak beperkt beschikbaar voor afbraak door biodegradatie. Als onderdeel van handzeep kunnen deze stoffen ongewild als achtergrond verontreiniging voorkomen in milieumonsters.

De meest frequente pesticiden die in bodem van Natura 2000-gebieden zijn gedetecteerd hebben dus sterk uiteenlopende profielen van fysisch-chemische eigenschappen, wat erop duidt dat er meerdere verspreidingsroutes (zowel verdamping en verwaaiing van stofdeeltjes van de akker) een rol spelen. Werkzame stoffen die in brede teelttoepassingen en hoge toepassingsfrequentie zijn toegelaten hebben wel een hogere kans om via de lucht in de brede omgeving te verspreiden als ze zeer vluchtig zijn, of niet snel afbreken en sorptief zijn.

In Figuur 6 worden de concentraties in bodem waarmee de top-10 meest voorkomende pesticiden zijn aangetroffen weergegeven. De biocide stof DDAC wordt met de hoogste concentraties waargenomen (gebaseerd op de mediaan), gevolgd door boscalid en biphenyl. De biocide BAC-12 wordt van deze set veel voorkomende stoffen met de laagste concentraties gerapporteerd, in 3 van de 4 gevallen zelfs onder de LOQ van 0.5 $\mu\text{g/kg}$.



Figuur 6 Boxplot van de concentraties waarmee de top-10 meest voorkomende stoffen die met de multi-residu analyses zijn aangetroffen in bodemonsters.

Tabel 4 Een overzicht van de aangetroffen stoffen in bodemonsters (freq = aantal locaties met detectie > LOQ). Zeer hoge vluchtigheid (Vp >0,5), lage afbraaksnelheid in bodem (>90 dagen), en sterk adsorptief (Koc >1000) zijn aangeduid met grijze achtergrond.

Werkzame stof	Type pesticide	freq	Vapour pressure bij 20 oC (mPa)	Koc (L/kg)	Kfoc (l/kg)	Boden DT50 - Lab (dagen)	Bodem DT50 - veld (dagen)	50% afnametijd RL50 op plant matrix (dagen)	50% afnametijd RL50 op en in plant matrix (dagen)	Vluchtig Vp>0.5	Sterk adsorptief K(f)oc>1000	Afbraak-snelheid DT50 >90d
Anthraquinone	traffic/bird repellent	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
Biphenyl	fungicide	9	1238	2085	NA	NA	NA	NA	NA	Vluchtig	Sorptief	
Chlorpropham	herbicide	4	24	470	418	13,1	NA	NA	NA	Vluchtig		
BAC-12	biocide	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
BAC-14	biocide	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
DDAC	biocide	3	0,0059	NA	1470000	NA	NA	NA	NA			
Diphenylamine	fungicide	3	85,2	4104	NA	NA	NA	NA	NA	Vluchtig	Sorptief	
o.p'-DDT	insecticide met.	3	NA	151000	NA	2000	NA	NA	NA		Sorptief	Laag
Azoxystrobin	fungicide	1	1,10E-07	589	423	84,5	180,7	7,6	8			Laag
Boscalid	fungicide	1	0,00072	NA	772	484,4	254	6,9	6.3			Laag

3.2.2 Plantenmonsters

In Tabel 5 staat de top-10 van de stoffen die het vaakst in plantenmonsters werden gevonden. Een volledig overzicht van alle aangetroffen stoffen, hun detectiefrequenties, en hun huidige toelatingsstatus is opgenomen in Annex 3.

In de hiervoor beschreven sectie over detectie frequentie in bodem van Natura 2000-gebieden wordt al chlorpropham (vluchtig, niet meer toegelaten) kort toegelicht.

De pesticiden die in vegetatie veel gedetecteerd worden hebben een zeer diverse set eigenschappen. Zo is prosulfocarb vluchtig en sorptief maar niet persistent, pendimethalin is vluchtig, sorptief en persistent, fluopyram is niet vluchtig, niet sorptief maar wel persistent, en phthalimide is niet vluchtig, niet sorptief en niet persistent.

Phthalimide is een metaboliet van folpet. Deze werkzame stof wordt als fungicide momenteel in 12 formuleringen toegelaten in Nederland. Folpet is matig volatiel (0,017 Pa), breekt snel af in grond ($DT_{50,soil}$ 3-9 d), maar is ook redelijk sorptief (K_{oc} 867 kg/L). Ondanks dat de stof maar 1-2 keer per jaar per teelt mag worden toegepast, kan grootschalig en breed ingezette toepassing (ook in lelieteelt) van folpet er voor zorgen dat phthalimide wordt aangetroffen in natuurgebieden op ruime afstand van de akker.

Prothioconazole-desthio is een metaboliet (M04) van de fungicide prothioconazole, dat in Nederland in 35 aparte pesticiden een ingrediënt is. Prothioconazole mag in de meeste producten maar 2 maal per teeltseizoen gebruikt worden, tot maximaal 350 g a.s./ha per jaar, maar stapeling via gebruik vanuit andere middelen en meerdere teelten zou kunnen voorkomen. In de product identiteit sectie van bijvoorbeeld de middelen Joust en Maxentis staat dat Prothioconazole-desthio een bekende onzuiverheid is (Joust: "The relevant impurities prothioconazole-desthio (...) should remain below the maximum levels in the formulation of 1.29 g/L (or 0.130% w/w)"). Prothioconazole-desthio is aangemerkt als "toxicological relevant metabolite". Het frequent voorkomen van deze metaboliet is gelinkt aan veelvuldig gebruik van de actieve stof prothioconazole in landbouw. De stof is niet vluchtig of sterk sorptief, maar wel persistent.

DEET (diethyltoluamide) heeft geen toelating als gewasbeschermingsmiddel in landbouw in Nederland, maar wel als biocide. Het is wel veel in gebruik als niet-professioneel insect-werend middel vrij in de verkoop, en is waarschijnlijk zeer vluchtig en verspreidt zich dus makkelijk via de lucht.

Phenylphenol-2 heeft als actieve stof in pesticiden geen toelating in Nederland. Het wordt als biocide toegepast (biphenyl-2-ol), als "Preventol ON extra". Hiervoor zijn 2 toepassings-categorieën: PT06 - Conserveringsmiddelen in conserven, PT13 - Conserveringsmiddelen voor metaalbewerkingsvloeistoffen. Het is dus onwaarschijnlijk dat de chemische stof via landbouwtoepassing in Natura 2000-gebieden is gekomen.

Diphenylamine is geen toegelaten actieve stof in Nederlandse pesticiden of biociden, ook niet in historisch gebruik. Het is bekend als verontreiniging via industrie processen en gemotoriseerd verkeer, bijvoorbeeld vanuit rubber toevoeging (Drzyzga, 2003). Het is dus waarschijnlijker dat deze stof vanuit industriële processen of nabijgelegen snelwegen in Natura 2000-gebieden voorkomt.

In de Duitse studie met luchtfilters verspreid over heel Duitsland (Kruse-Platz et al., 2021), inclusief in natuurgebieden, werden de volgende pesticiden in meer dan de helft van alle luchtmonsters gedetecteerd: Aclonifen, chlorflurenol, chlorothalonil, dimethenamid, flufenacet, metolachlor, pendimethalin, prothioconazole-desthio, prosulfocarb, terbuthylazine, tebuconazole, hexachlorobenzene (HCB), and γ -hexachlorocyclohexane (γ -HCH). Luchtdeeltjes-filters in de Duitse studie bevatten ook vaak boscalid. Alhoewel de monsterlocaties in Duitsland ook in de buurt van regio's met intensief landbouwgebruik voorkwamen, is regionaal transport van veel pesticiden hier duidelijk aangetoond.

Een groot deel van deze veel gedetecteerde stoffen in Duitse luchtfilters, prosulfocarb (49/49 PEF filters) en pendimethalin (32/49), en fungicide folpet (17/49, hoogste maximum concentratie) en fungicide metaboliet prothioconazole-desthio (42/49) komt overeen met de hoge detectie-frequentie van de herbiciden en fungicide metabolieten in vegetatie monsters van Natura 2000-gebieden, en boscalid (13/20 filter matten in de Duitse studie) in de grondmonsters van Natura 2000-gebieden. Het aantonen van pesticiden in monsters

genomen in natuurgebieden die grenzen aan landbouwgebieden is dus geen unieke situatie voor Nederland, zoals ook blijkt uit de Franse studie van luchtmonsters in stedelijk gebied (Coscolla et al 2010), en Amerikaanse studies gebieden (Hladik et al 2023 en Lenart et al. 2025).

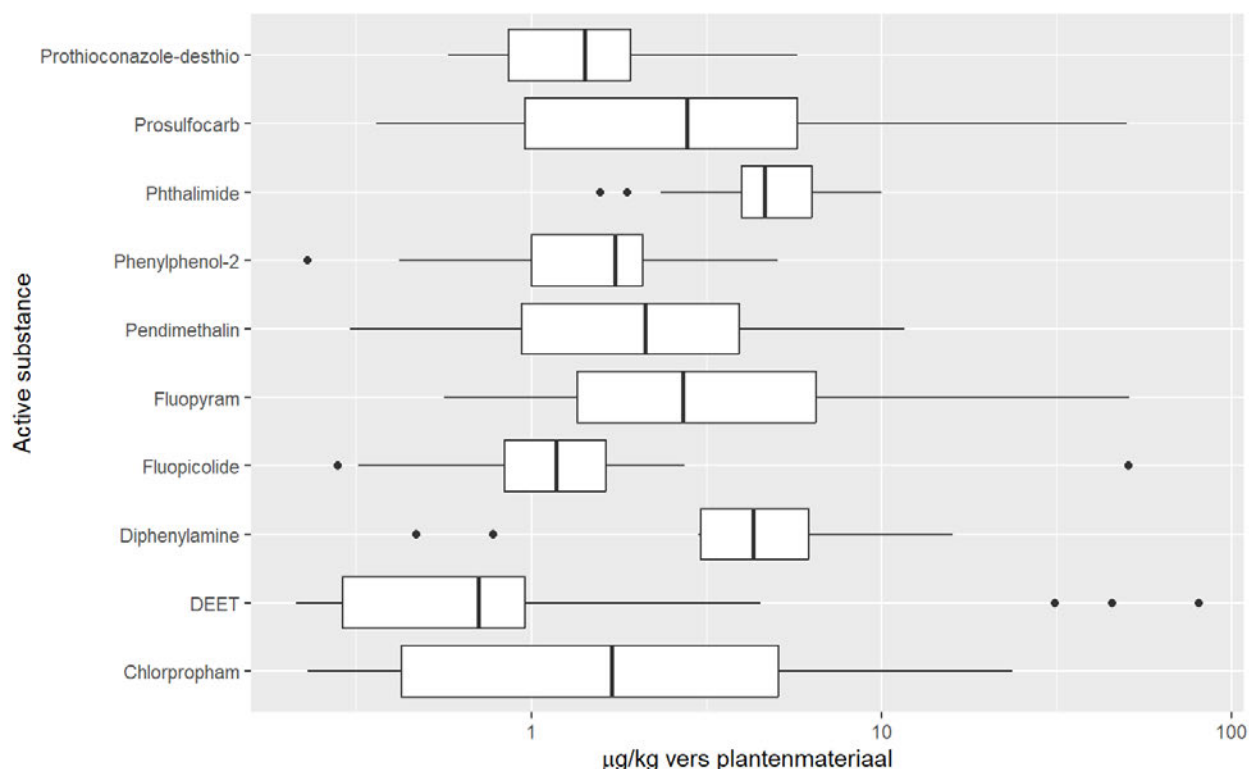
In vegetatie monsters wordt ook vaak aangetroffen (zie Annex 3) acetonifien (11x), dimethenamid (7x), flufenacet (14x), terbuthylazine (8x), metolachlor (6x), tebuconazole (5x). Chlorflurenol en chlorothalonil zijn in Nederlandse Natura 2000-gebieden niet waargenomen. Hexachloorbenzene is gedetecteerd in 1 grondmonster.

De aanwezigheid van deze pesticiden is dus niet enkel een Nederlandse situatie voor verspreiding naar natuurgebieden, waarschijnlijk ook niet uniek voor bloementeelten, maar vereist verdere afstemming en onderzoek op Europees niveau.

Tabel 5 Een overzicht van de aangetroffen stoffen in plantenmonsters (freq = aantal locaties met detectie > LOQ). Zeer hoge vluchtigheid ($V_p > 1$, maar ook stoffen binnen een factor 2 van die arbitraire grens), persistentie in bodem (>100 dagen), en sterk adsorptief ($K_{oc} > 1000$) zijn aangeduid met grijze achtergrond.

Werkzame stof	Type pesticide	freq	Vapour pressure bij 20 oC (mPa)	Koc (L/kg)	Kfoc (l/kg)	Boden DT50 - Lab (dagen)	Bodem DT50 - Veld (dagen)	50% afnametijd RL50 op plant matrix (dagen)	50% afnametijd RL50 op en in plant matrix (dagen)	Vluchtig $V_p > 0.5$	Sterk adsorptief $K_{oc} > 1000$	Afbraaksnelheid DT50 Laag = >90d
Prosulfocarb	herbicide	49	7,90E-01	NA	1693	11,9	9,8	NA	NA	Vluchtig		
Phthalimide	fungicide	39	1,40E-03	209	127	1,3	NA	NA	NA			
Fluopyram	fungicide	38	1,20E-03	NA	278,9	309	118,8	NA	6			Laag
Chlorpropham	herbicide	33	2,40E+01	470	418	13,1	NA	NA	NA	Vluchtig		
Pendimethalin	herbicide	32	3,34E+00	17491	13792	182,3	100,6	12	8	Vluchtig	Sorptief	Laag
DEET	insecticide	29	NA	277	NA	NA	NA	NA	NA			
Prothioconazole-desthio	fungicide met.	26	1,00E-07	NA	575,4	215	25	NA	NA			Laag
Phenylphenol-2	fungicide	24	4,74E+02	NA	347	0,14	NA	NA	NA	Vluchtig		
Diphenylamine	fungicide	19	8,52E+01	4104	NA	NA	NA	NA	NA	Vluchtig	Sorptief	

In Figuur 7 worden de concentraties in planten waarmee de top-10 meest voorkomende stoffen die met de multi-residu analyses zijn aangetroffen, weergegeven. De stof phthalimide wordt met de hoogste concentraties waargenomen (gebaseerd op de mediaan), gevolgd door diphenylamine, prosulfocarb en fluopyram. DEET wordt met de laagste concentraties waargenomen.



Figuur 7 Boxplot van de concentraties waarmee de top-10 meest voorkomende stoffen die met de multi-residu analyses zijn aangetroffen in plantenmonsters.

3.3 Ecologische risicobeoordeling

3.3.1 Bodem organismen

3.3.1.1 Databeschikbaarheid

Voor 78% (i.e. 14 van de 18) van de aangetroffen stoffen was letale ecotoxiciteitsdata beschikbaar, en was het dus mogelijk om een grenswaarde te bepalen. De beschikbare ecotoxiciteitsdata bestond in dit geval uit slechts 1 of 2 datapunten per stof. Niet voor alle stoffen waren toelatingsdossiers beschikbaar, omdat ze niet in Nederland zijn toegelaten als bestrijdingsmiddel.

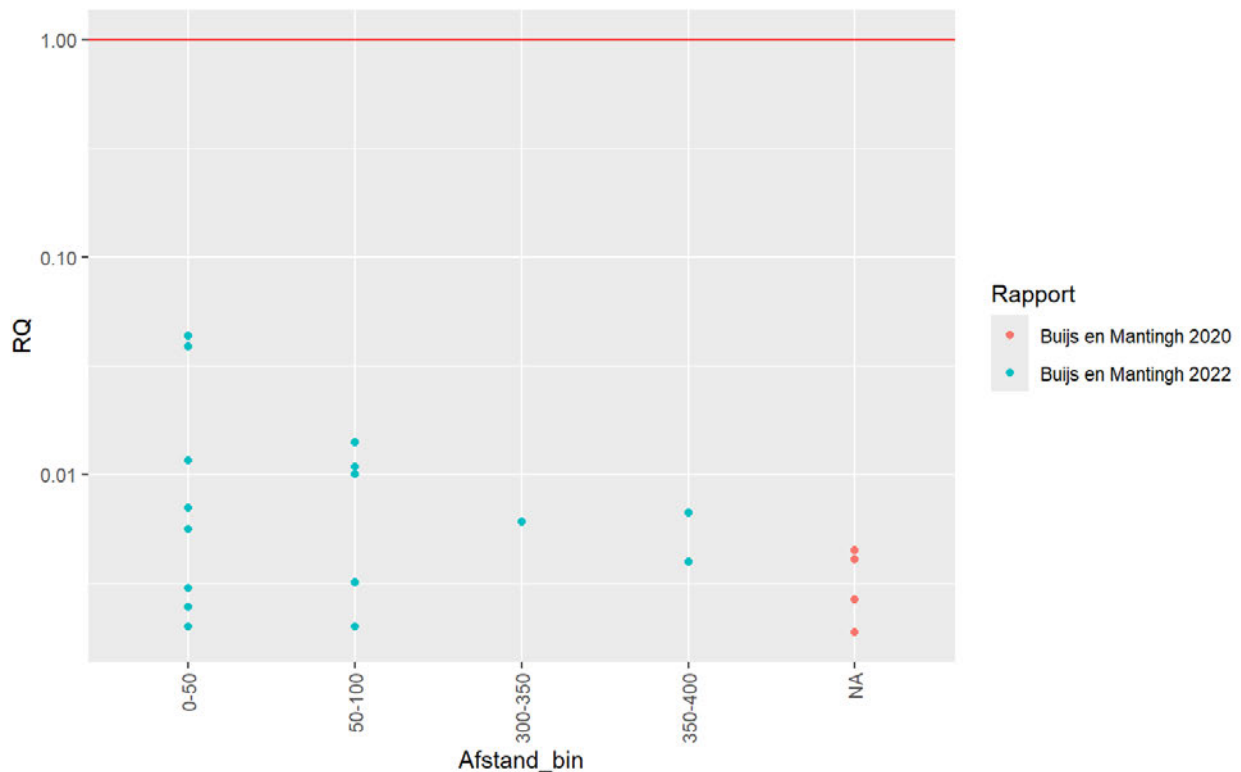
Voor slechts 18% (i.e. 4 van de 18 stoffen) van de stoffen was sub-letale ecotoxiciteitsdata beschikbaar. Deze hebben we vanwege dit datatekort niet verder in ogenschouw genomen. De beschikbare ecotoxiciteitsdata bestond tevens uit slechts 1 of 2 datapunten per stof. Sinds invoering in 2013 van EU Regulation 283/2013 en 284/2013 is acute test met regenwormen (OECD 207) niet meer voldoende, en wordt data-vereiste chronische effect studie OECD Guideline 222 (protocol echter pas uitgebracht in 2016). Chronische studies op bodem arthropoden ontbreken in veel dossiers omdat het geen concrete data-vereiste is in het geval van blad-besputtingen⁵. In Nederland is gekozen dat deze testen data-vereisten zijn. Veel dossiers zijn van voor 2013 en missen daarom sub-letale ecotoxiciteitsdata voor bodem organismen.

⁵ Uit de Ctgb Evaluation Manual, Chapter 7 em2.5 (2025) over de data vereiste voor niet-doelwitarthropoden in bodem anders dan regenwormen: "The text of point 8.4.2 (and 10.4.2) leaves open for the national competent authorities a choice on how to require the fulfillment of this data requirement in case of foliar applications. (i.e. due to the (multiple) use of the word 'may' in the second alinea)."

Voor veel stoffen is dus niets bekend over ecologische effecten van lage, chronische blootstelling aan pesticiden. Dit maakt het onmogelijk om hier verdere uitspraken over te doen. Om deze reden hebben we de rest van de analyses volledig moeten baseren op acute (i.e. letale) ecotoxiciteitsgegevens, wat mogelijk een onderschatting kan geven van de daadwerkelijke risico's voor bodemorganismen.

3.3.1.2 Overschrijdingen met indicatieve veiligheidsfactor

Uit Figuur 8 blijkt dat alle metingen verricht in 13 bodemmonsters, afkomstig uit 2 studies, een RQ kleiner dan 1 hebben. Daarnaast is in Figuur 8 weergegeven hoe de RQ-waarden van alle meetresultaten verkregen uit bodemmonsters zich verhouden tot de afstand tot landbouwpercelen. Hoewel het slechts meetpunten afkomstig uit een enkel rapport betreft lijkt een afname in RQ waarde naarmate de afstand tot landbouwgebied toeneemt zichtbaar, met de hoogst gerapporteerde RQ waarden binnen 50 m van de akkerrand.



Figuur 8 Verdeling van de risicoquotiënten (RQ) voor bodemorganismen, gebaseerd op de meetresultaten van pesticiden die zijn aangetroffen in bodemmonsters, weergegeven over toenemende afstand tot landbouwgebied. De rode lijn markeert een RQ-waarde van 1; waarden boven deze grens duiden op een mogelijke risicosituatie.

3.3.2 Bladbewoners

3.3.2.1 Databeschikbaarheid

Voor 64% (i.e. 49 van de 77) van de aangetroffen stoffen was letale ecotoxiciteitsdata beschikbaar, en was het dus mogelijk om een grenswaarde te bepalen. De beschikbare ecotoxiciteits data bestond in dit geval uit enkele SSD's (i.e. voor 3 van de 77 stoffen). Voor alle andere stoffen waren niet voldoende datapunten beschikbaar om een SSD af te kunnen leiden. In Annex 6 is voor iedere taxonomische groep (i.e. bladbewoners en bodemorganismen) een tabel te vinden met daarin weergegeven voor welke stoffen (i.e. dit betreft alle stoffen, ook niet-pesticiden) er voldoende data beschikbaar was om een SSD af te kunnen leiden.

Voor slechts 27% (i.e. 21 van de 77 stoffen) van de stoffen was tevens sub-letale ecotoxiciteitsdata beschikbaar. Deze hebben we vanwege dit datatekort niet verder in ogenschouw genomen. De beschikbare ecotoxiciteits data bestond in dit geval uit een enkele SSD (i.e. voor 3 van de 77 stoffen). Voor alle andere stoffen waren niet voldoende datapunten beschikbaar om een SSD af te kunnen leiden.

Ook voor bladbewoners is er voor veel stoffen niets bekend over ecologische effecten van lage, chronische blootstelling aan pesticiden. Ondanks dat in dossiers regelmatig ook eindpunten op sub-lethale effecten staan opgenomen, is in de PPDB database vrijwel exclusief sterfte (LR50) als eindpunt opgenomen. Dit maakt het onmogelijk om hier verdere uitspraken over te doen. Om deze reden hebben we de rest van de analyses volledig moeten baseren op acute (i.e. letale) ecotoxiciteitsgegevens, met de veiligheidsfactor van 1000 voor de meeste stoffen, wat mogelijk een onderschatting kan geven van de daadwerkelijke risico's voor bladbewoners aangezien de factor 1000 alleen de gevoeligheidsvariatie tussen soorten afdekt, niet het verschil tussen acute-chronische effecten.

3.3.2.2 Overschrijdingen met indicatieve veiligheidsfactor

Voor 9 van de pesticiden die in plantenmonsters zijn aangetroffen wordt de afgeleide grenswaarde ten minste 1 keer overschreden. In Tabel 6 is te zien voor welke stoffen dit het geval is, en met welke frequentie dit is gebeurd.

Tabel 6 Stoffen die in vegetatiemonsters uit Natura2000 gebieden zijn waargenomen met een concentratie boven de afgeleide grenswaarde (i.e. metingen met een risk quotiënt >1), met daarbij de frequentie dat dit is voorgekomen.

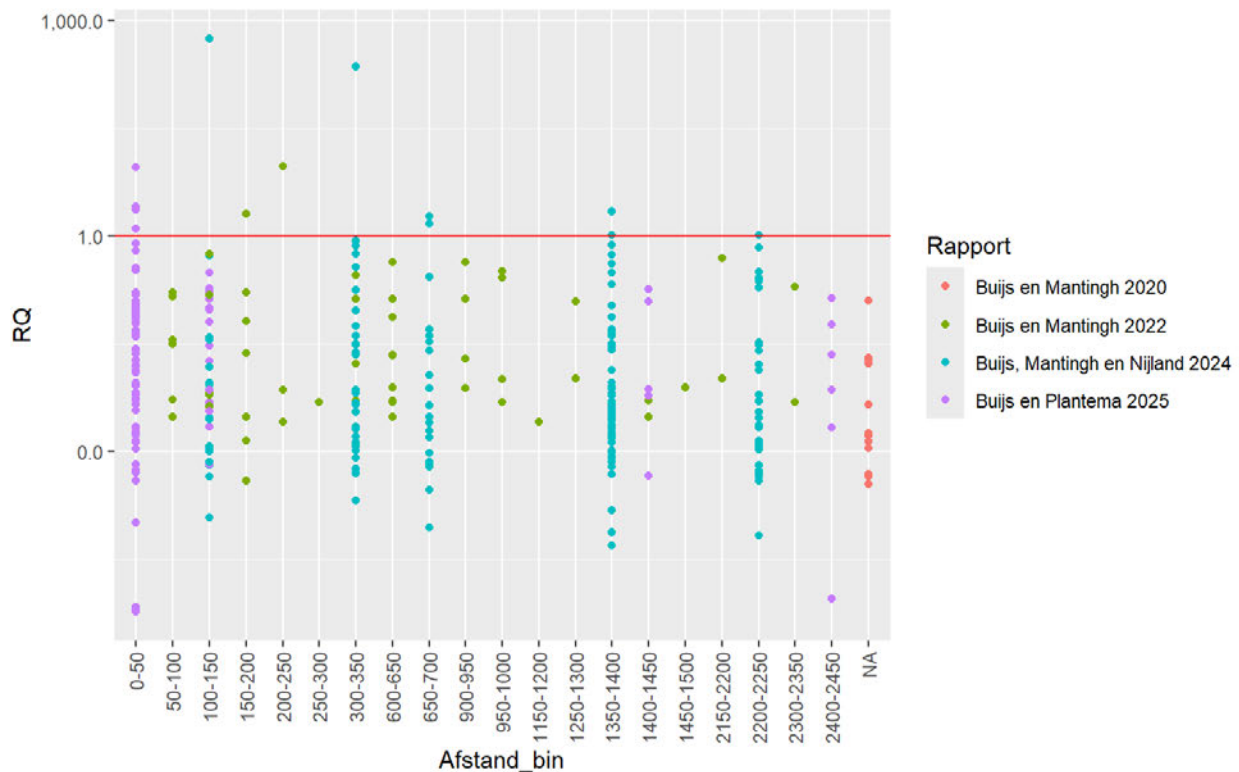
Werkzame stof	aantal per #detecties	monitor concentratie met RQ >1	Omgerekende bladdosis in g/ha	Drempelwaarde (VF) g/ha
Pyrimethanil	3 uit 4 (waarvan 2 <50 m)	13,2 µg/kg droog 3 µg/kg droog 1,3 µg/kg vers	0,0098 0,0022 0,001	0,001 (1000)
Cypermethrin	2 uit 2	2,2 µg/kg droog 1,2 µg/kg droog (<LOQ)	0,0016 0,0009	0,0000029 (1000)
Fosthiazate	2 uit 3	0,7 µg/kg droog (<LOQ) 0,6 µg/kg droog (<LOQ)	0,0005 0,0004	0,000048 (1000)
MCPA	2 uit 3	5,1 µg/kg droog (<LOQ) 3 µg/kg droog (<LOQ)	0,0038 0,0022	0,0015 (1000)
Prosulfocarb	1 uit 49	60,6 µg/kg droog	0,0449	0,0418 (1000)
Metolachlor-s	1 uit 6	3,3 µg/kg droog (<LOQ)	0,0024	0,0016 (1000)
Propamocarb hydrochloride	1 uit 6	1426 µg/kg droog, op 25m van akker	1,056	0,628 (1000)
Pyridaben	1 uit 1	0,9 µg/kg droog (<LOQ)	0,0007	0,00024 (1000)
Clothianidine	1 uit 1	6,5 µg/kg vers	0,0048	0,00109 (1000)

In Figuur 9 is weergegeven hoe de RQ waarden van alle meetresultaten zich verhouden in relatie tot afstand van de landbouw. In het algemeen wordt uit Figuur 9 duidelijk dat de meerderheid van de meetresultaten een RQ onder de 1 geeft. Zo'n 2% van de meetresultaten geven een RQ boven de 1, wat betekent dat een mogelijke kans op negatieve effecten op bladbewonende insecten op deze meetlocaties niet met zekerheid uitgesloten kan worden. Zoals aangegeven in Tabel 6, zijn 7 meetwaardes (voor 5 van de stoffen) met een mogelijk risico onder de door het lab opgegeven kwantificatielimiet. Voor de locaties die een overschrijding laten moet in een vervolgstudie goed gekeken worden naar wat er nu precies is gemeten en hoe er met de beperkte eindpuntdata en interpretatie van verschillende eenheden tussen monitoring en effectstudies meer kan worden geconcludeerd over de risico's voor relevante soorten.

Het opdelen van de specifieke monsterlocaties in relatie tot afstand van het landbouw geeft extra duiding aan het potentiële risico in de randen van Natura 2000-gebieden. In de zone tot 50 m, waar de eerste bomenrijen en hogere planten van het natuurgebied deels fungeren als (beperkt effectief) vanggewas voor drift en verwaaiing van pesticiden, is de blootstelling waarschijnlijk hoger dan in verder gelegen delen van het gebied (bijvoorbeeld >250 m, zoals gehanteerd in het OBO onderzoek) waar biodiversiteit en populaties gewaarborgd dienen te worden.

Uit de huidige analyse blijkt echter nog geen eenduidige relatie: hoewel RQ-waarden gemiddeld hoger lijken bij monsters die dicht bij landbouw zijn genomen en lager bij grotere afstanden, is dit patroon niet

consistent genoeg om harde conclusies te trekken. Om de relatie tussen afstand tot landbouw en de waargenomen concentraties echt goed te kunnen begrijpen is het nodig om de data verder op te splitsen, bijvoorbeeld per stof(groep) of per natuurgebied. Daarnaast speelt de overwegende windrichting t.o.v. de ligging van de natuur- en landbouwgebieden waarschijnlijk een belangrijke rol in de waargenomen variatie.



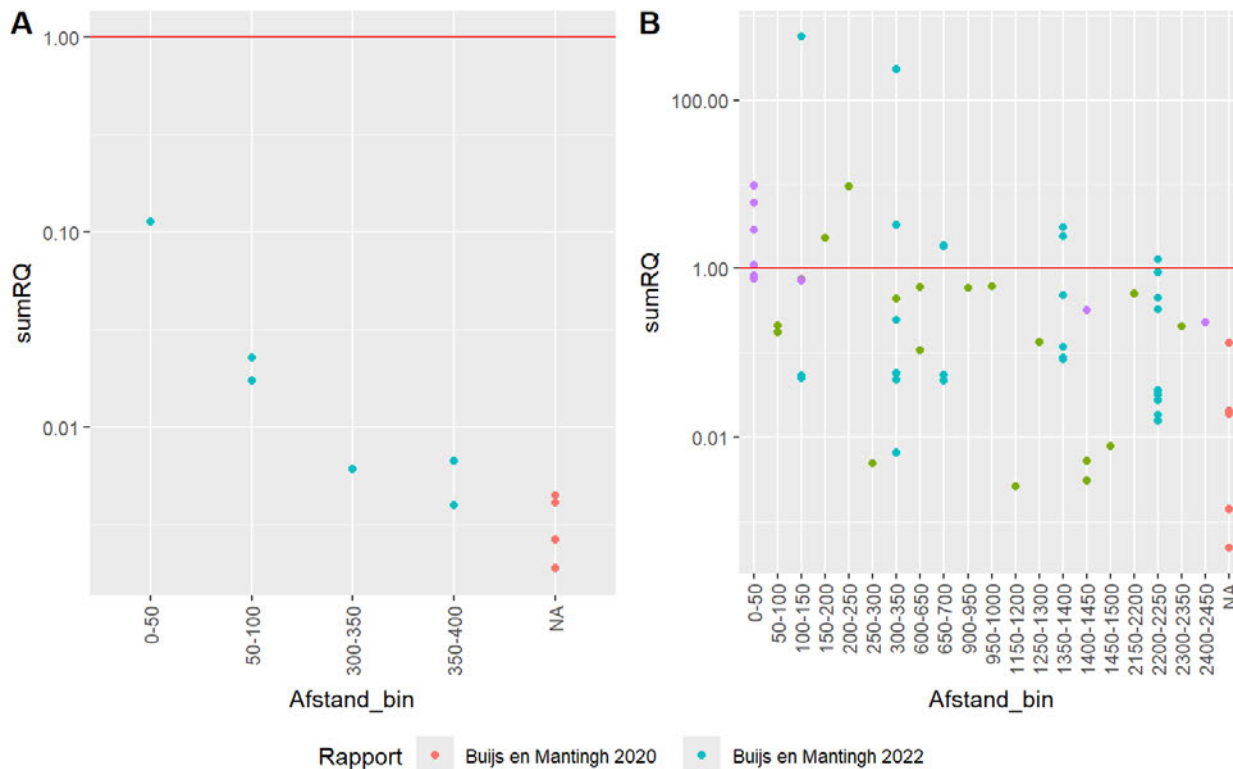
Figuur 9 Verdeling van de risicoquotiënten (RQ) voor bladbewonende insecten, gebaseerd op de meetresultaten van pesticiden die zijn aangetroffen in plantenmonsters, weergegeven over toenemende afstand tot landbouwgebied. De rode lijn markeert een RQ-waarde van 1; waarden boven deze grens duiden op een mogelijke risicosituatie. De afstand tot landbouw was onbekend (NA) voor de plantenmonsters afkomstig uit de studie Buijs en Mantingh 2022.

Het gebruik van de veiligheidsfactor van 1000 bij de sterk beperkte hoeveelheid toxiciteitsdata is deels een risicomanagement maatregel, in relatie tot een bepaald beschermdoel. De veiligheidsfactor is aanzienlijk hoger dan in de getrapte benadering voor bodemorganismen en niet-doelwit arthropoden wordt toegepast in het huidige beleid (factor 5 voor bodemorganismen vanuit chronisch effectstudie op 1-3 soorten, factor van 5-10 voor niet-doelwit arthropoden voor effecten (mortaliteit, maar bijvoorbeeld ook voor reproductie of eetgedrag)).

3.3.3 Cumulatieve effecten

Mengseltoxiciteit kon alleen berekend worden voor grond- of plantenmonsters waarin stoffen aangetroffen zijn en waarvoor toxiciteitsdata beschikbaar was. Dit is gedaan op basis van alleen acute toxiciteitsdata, dus niet de toxiciteit voor lage, meer chronische blootstelling. Aangezien er in de huidige Europese richtlijnen niet echt naar mengseltoxiciteit wordt gekeken, hebben we voor deze analyse de indicatieve veiligheidsfactor van 1000 toegepast, en de risico-quotiënten van alle gedetecteerde pesticiden bij elkaar opgeteld (een deels conservatieve aanname dat alle stoffen met verschillende werkzaamheid evenveel bijdragen, maar zonder aanname van mogelijke versterkende effecten). Voor 10 bodemonster en 63 plantenmonsters is de mengseltoxiciteit bepaald. Voor geen van de bodemonsters was de sumRQ groter dan 1 (Figuur 10A), terwijl dit voor plantenmonsters voor 22% van de monsters het geval was (Figuur 10B). In monsters met een sumRQ boven de 1 valt een mogelijk ecologisch effect niet uit te sluiten, maar verdere uitsplitsing naar mengseltoxiciteit per type werkzaamheid is een aanbeveling voor vervolgonderzoek.

Zoals bij de enkele stoffen geeft het opdelen van de specifieke monsterlocaties in relatie tot afstand van het landbouw mogelijk verdere duiding in de mate van risico in de randen van Natura 2000-gebieden. Uit de huidige analyse (Figuur 10) blijkt echter nog geen eenduidige relatie: hoewel RQ-waarden gemiddeld hoger lijken bij monsters die dicht bij landbouw zijn genomen en lager bij grotere afstanden, is dit patroon niet consistent genoeg om harde conclusies te trekken. Zoals bij de enkele stoffen bevelen we dus aan om de data verder op te splitsen naar stofgroep, en om verdere inzichten te verkrijgen in de mogelijke invloed van windrichting op dit patroon.



Figuur 10 Verdeling van de risicoquotienten (RQ) voor A) bodem monsters en B) planten monsters, gebaseerd op de meetresultaten van pesticiden die zijn aangetroffen in plantenmonsters, weergegeven over toenemende afstand tot landbouwgebied. De rode lijn geeft een sumRQ waarde van 1 aan. Daarboven is de kans op een mogelijk ecologisch effecten op bodem- en bladbewoners niet uit te sluiten.

3.4 Datakwaliteit en beschikbaarheid

Om de aanwezigheid en mogelijke ecologische effecten van pesticiden in natuurgebieden adequaat te kunnen beoordelen, is inzicht in zowel de datakwaliteit als de beschikbaarheid van relevante informatie essentieel. De huidige kennisbasis wordt echter gekenmerkt door meerdere hiaten in toxicologische gegevens, monitoringopzet en rapportagekwaliteit.

3.4.1 Ecotoxicologische gegevens

Voor bodemorganismen ontbreekt vooral sub-letale en chronische toxiciteitsinformatie. De beschikbare (openbare) gegevens zijn doorgaans beperkt tot acute eindpunten, waardoor het opstellen van robuuste SSD's problematisch is. In veel gevallen zijn minder dan vijf vergelijkbare eindpunten beschikbaar, wat leidt tot grote onzekerheid van risicobeoordelingen.

Ook voor niet-doelwit-arthropoden (NTAs) in terrestrische ecosystemen is het aanbod aan sub-letale en chronische data in de bestudeerde databanken beperkt. Hierdoor is het slechts in uitzonderlijke gevallen mogelijk een SSD te construeren die meerdere soorten representeert. De afwezigheid van dergelijke SSDs beperkt de ecologische plausibiliteit van risico-extrapolaties.

In toelatingsdossiers is aanvullende ecotoxicologische informatie beschikbaar die nog niet (volledig) is opgenomen in publieke databanken. Deze gegevens kunnen, door systematische extractie, worden benut om de beschikbaarheid van relevante eindpunten verder uit te breiden en zo de onderbouwing van risicobeoordelingen te versterken. Het ontsluiten van deze informatie vergt echter een aanzienlijke tijdsinvestering.

3.4.2 Beschikbaarheid en volledigheid van monitoringgegevens

De huidige meetnetten zijn qua stoffenpakket relatief goed uitgerust: commerciële multi-methoden bestrijken ruim 600 werkzame stoffen en formuleringcomponenten, met lage detectielimieten. Dit biedt een breed analytisch bereik. Ondanks dat de meeste studies per stof een kwantificatie-limiet (LOQ) hebben gerapporteerd, is het kwantificeren van zeer lage concentraties van stoffen in extracten uit complexe matrices zoals grond en vegetatie lastig, en zijn in het algemeen interne standaarden per stof nodig om matrix effecten en invloed van monsterbewerkingsstappen uit te sluiten. Ondanks dat interne standaarden geen onderdeel van de analysemethode zijn geweest, worden in de evaluatie van de resultaten de gerapporteerde metingen boven de gestelde kwantificatielimiet als meetwaarde aangenomen.

De keuze van matrices (bodem, planten, lucht) wordt echter niet altijd ondersteund door ecosysteem-specifieke expertkennis. Onzekerheden bestaan onder meer over:

- welke plantensoorten representatief zijn voor opname en blootstelling, en voor de beschermdoelen van het betreffende natuurgebied.
- de informatiewaarde van luchtmetingen (bijvoorbeeld onderscheid recente afzetting vs. historische verontreiniging (zoals voor DDT)).

Daarnaast ontbreekt doorgaans tijdsresolutie: metingen worden incidenteel uitgevoerd, waardoor seizoen variatie, piekbelasting na toepassing en cumulatieve effecten moeilijk in kaart zijn te brengen. Eveneens is de ruimtelijke dekking beperkt en niet systematisch. Het aantal monsters staat veelal niet in verhouding tot de oppervlakte van het studiegebied, wat representativiteit bemoeilijkt. In diverse rapporten is bovendien niet consistent vastgelegd welke plantensoorten zijn bemonsterd, hetgeen vergelijkbaarheid en interpretatie omtrent risicobeoordeling beperkt.

3.4.3 Datasetbeperkingen

Verschillende aanvullende beperkingen bemoeilijken de interpretatie van gegevens:

- Detectielimieten variëren tussen methoden en laboratoria, waardoor vergelijking tussen studies niet altijd mogelijk is.
- Rapportageformaten zijn heterogeen; meta-analyses vergen daardoor substantiële normalisatie.
- Het ontbreken van GPS-coördinaten in sommige rapporten maakt het onmogelijk om afstanden tot landbouwpercelen of andere bronnen van emissie te verifiëren, wat relevante ruimtelijke correlaties verhuult. Daarnaast valt daardoor de mogelijke invloed van overheersende windrichting niet te bestuderen.

3.5 Gebruik van data voor risico-inschatting

Meetwaarden van pesticiden in verschillende matrices (zoals bodem en planten) kunnen in beginsel worden gebruikt om blootstelling en risico's voor soorten of ecologische functies te voorspellen. De mate waarin dit mogelijk is hangt echter sterk af van de beschikbare contextinformatie (zoals matrixkeuze, bemonsterde delen, chemische verdeling in de plant, en organismale blootstellingsroutes (i.e. dieet, contact)) en de beschikbaarheid van passende toxicologische eindpunten.

Het Ctgb (*Appreciatie evaluatie rapport Meten=Weten, 2022*) stelt expliciet dat de gegevens uit het Meten = Weten-onderzoek voor niet-doelwit-arthropoden (NTA's) niet kunnen worden gebruikt voor een kwantitatieve risico-inschatting. De belangrijkste argumenten zijn:

- onzekerheid over waar de stoffen zich in de plant bevinden (op het blad, in de waslaag, intern),
- onduidelijkheid over welke plantendelen zijn bemonsterd,
- gebrek aan directe vergelijkbaarheid met toxicologische eindpunten (uitgedrukt in $\mu\text{g a.s./ha}$).

Hierdoor sluit de matrix plantenmateriaal niet vanzelfsprekend aan op de eenheden die normaliter in ecotoxiciteits-studies gehanteerd worden.

In onze studie is echter een vertaalslag gemaakt om meetwaarden in planten te koppelen aan potentiële risico's voor NTA's (met name bladbewonende en herbivore soorten). Hiervoor zijn concentraties omgerekend naar een oppervlakte-gebaseerde blootstelling ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$ blad), onder de aanname dat aangetroffen residuen hoofdzakelijk op het bladoppervlak aanwezig zijn.

Deze vertaalslag vereist aanvullende gegevens, waaronder:

- Specific Leaf Area (SLA) om droge-stofconcentraties te vertalen naar bladoppervlak,
- dry-weight / fresh-weight-ratio om gerapporteerde concentraties vergelijkbaar te maken.

Deze aanpak maakt een kwalitatieve tot semi-kwantitatieve risicobeoordeling mogelijk, mits transparant wordt omgegaan met aannames en onzekerheden. De belangrijkste haken en ogen in deze vertaalslag zijn:

- worst-case aanname dat alle residu op het blad zit (geen interne verdeling),
- onbekende degradatie- en weerseffecten (UV, regen),
- variatie tussen plantensoorten in bladoppervlakte (SLA),
- relevantie voor contact- versus orale blootstelling,
- gebrek aan chronische/sub-letale eindpunten voor NTA's.

Deze factoren leiden tot een indicatieve inschatting die waarschijnlijk over- en niet onderschat.

Om matrix-gebaseerde risico-inschattingen te versterken, zijn aanvullend nodig:

- chronische en sub-letale eindpunten voor NTA's,
- studies die residu-locatie (op surface vs. in plant) kwantificeren,
- koppeling van plant-residuen aan veld realistische voeder-scenario's.

4 EU Risicobeoordelingskader voor bodemorganismen en niet-doelwit Arthropoda

In de voorgaande hoofdstukken zijn de beschermdoelen van Natura 2000-gebieden centraal gesteld. Deze doelen verschillen wezenlijk van de beschermdoelen binnen de Europese en Nederlandse toelatingssystematiek voor gewasbeschermingsmiddelen. Waar in Natura 2000-gebieden geen achteruitgang van habitatkwaliteit en soortenpopulaties is toegestaan, wordt binnen de toelating uitgegaan van bescherming in en direct grenzend aan het behandelde perceel, waarbij beperkte en tijdelijke effecten onder voorwaarden acceptabel kunnen zijn.

Binnen de Nederlandse toelatingsbeoordeling worden risico's voor bodemorganismen en overige niet-doelwit-arthropoden beoordeeld volgens vaste, gestandaardiseerde richtlijnen (Ctgb Evaluation Manual, hoofdstuk 7 – em2.5, en hoofdstuk 6 – em3.1). Deze beoordeling volgt een getrapte benadering (tiered approach): wanneer op basis van eenvoudige, conservatieve aannames geen acceptabel risico kan worden aangetoond, wordt stapsgewijs meer gedetailleerde en realistische informatie ingezet.

Voor een aantal van de beschikbare monitoringsstudies heeft het Ctgb in het verleden reeds een appreciatie uitgevoerd. Deze beoordelingen worden hieronder kort samengevat en in de context van dit onderzoek geplaatst.

4.1 Bodemorganismen

In de eerste beoordelingsstap (Tier-1) worden gestandaardiseerde sub-letale toxiciteitsstudies uitgevoerd met drie testsoorten afkomstig uit twee phyla:

- regenwormen (*Eisenia fetida*),
- springstaarten (*Folsomia candida*),
- roofmijten (*Hypoaspis aculeifer*).

De blootstellingsduur bedraagt 56 dagen voor regenwormen (28 dagen overleving van volwassen dieren, gevolgd door 28 dagen beoordeling van reproductie via het uitkomen van cocons), 28 dagen voor springstaarten en 21 dagen voor roofmijten. In de huidige risicobeoordeling worden uitsluitend reproductie-gerelateerde eindpunten gebruikt; acute lethale eindpunten worden niet meer gebruikt.

Per stof wordt het meest kritische sub-letale eindpunt bepaald op basis van:

- de NOEC_{repro} (No Observed Effect Concentration), of
- de EC₁₀, afgeleid uit de dosis-responsrelatie.

Indien een stof hydrofoob is (octanol-waterverdeling >100, ofwel logP_{ow} > 2), wordt een extra veiligheidsfactor van 2 toegepast vanwege een verhoogde biologische beschikbaarheid. Vervolgens wordt voor alle stoffen een standaard veiligheidsfactor van 5 toegepast om tot een toelatingscriterium voor bodemorganismen te komen. Indien analytische metingen aantonen dat residuen tijdens experiment afnemen tot < 80% van de nominale concentratie, wordt een tijd-gewogen gemiddelde gebruikt om effectconcentraties af te leiden.

Indien in Tier-1 geen acceptabel risico kan worden vastgesteld, kunnen hogere-tier veldstudies worden uitgevoerd. In dergelijke studies worden populaties van bodemfauna gedurende circa een jaar gevolgd op meerdere bodemdiepten. Afhankelijk van het kritische risico-eindpunt worden alleen regenwormen of meerdere groepen mesofauna onderzocht (o.a. Oribatida en Gamasida, aangevuld met andere cohorten indien beschikbaar).

De verhouding tussen de afgeleide drempelwaarde en een gemeten of berekende bodemconcentratie wordt uitgedrukt als de Toxicity-Exposure Ratio (TER):

- TER > 1 → aanvaardbaar risico,
- TER < 1 → potentieel onacceptabel risico.

Vergelijking met gemeten concentraties in Natura 2000-gebieden

Tabel 7 is grotendeels gebaseerd op Tabel 2 uit *Bijlage II van het Ctgb Appreciatie evaluatie rapport Meten=Weten (Buijs, Mantingh 2022)*, aangevuld met informatie over het aantal toetsorganismen waarvoor een toxicologisch eindpunt beschikbaar was. De tabel laat zien dat de gemeten bodemconcentraties van pesticiden op Natura 2000-locaties in Drenthe minimaal een factor 865 lager liggen dan het laagste subletale NOEC-eindpunt voor bodemorganismen (inclusief veiligheidsfactor 5) voor een stof waarvoor slechts één eindpunt beschikbaar was (fthalimide).

Deze factor ligt in dezelfde orde van grootte als de in dit rapport toegepaste indicatieve veiligheidsfactor van 1000, wat ondersteunt dat het optreden van negatieve effecten op bodemorganismen in deze gebieden niet waarschijnlijk is.

Tabel 7 Drempelwaarde ten opzichte van gemeten gehalten (Bij TER >1 wordt voldaan aan de norm). Deze tabel is grotendeels gebaseerd op Tabel 2 uit *Bijlage II van het Ctgb Appreciatie evaluatie rapport Meten=Weten (Buijs, Mantingh 2022)*.

Stof/metaboliet	Hoogste concentraties gerapporteerd in Meten=Weten 2022, in µg a.s./kg droge grond.	Drempelwaarde bodemorganismen (laagste eindpunt in µg a.s./kg droge grond, gecorrigeerd met veiligheidsfactor van 5	Aantal toetsorganismen met subletale eindpunten in dossier	TER (drempelwaarde / gemeten gehalte) >1 is geen onacceptabel risico
fthalimide	6	1036	1	173
boscalid	1,197	239,4	1	205
metolachloor-S	2	** 2530 regenworm (19500 springstaart) (100000 roofmijt)	3	1265
tebuconazool	1,89	2000	3	1058
azoxystrobin	2,17	2000	2	922
bixafen	0,38	1230	3	3237
fluazinam	0,06	Regenworm: <350* Springstaarten <175* Veldstudie: geen effect bij toepassing van 10 x 200 g a.s./ha (7d interval) in grasland	2	Regenworm: <5833 Springstaart: <2616
fluopyram	0,84	514	3	612

* lager dan de laagst geteste concentraties, dus er zijn veldstudies uitgevoerd. ** alleen <2,54 (kg a.s./ha) was beschikbaar in 2022, aangevuld met data uit EFSA Conclusion – 2023.

Ter context zijn de relatief lage concentraties in Natura 2000-bodems (Tabel 7) vergeleken met de door het Ctgb geëvalueerde metingen in landbouwbodems (Tabel 8). Deze metingen kunnen worden gezien als een indicatie voor typische hoge belasting van landbouwgrond, hoewel onbekend is hoelang na bespuiting de bemonsteringen voor de verschillende actieve stoffen zijn uitgevoerd.

Ook in deze vergelijking worden de toelatingscriteria voor bodemorganismen, toegepast met een veiligheidsfactor van 5, niet overschreden (TER > 1 voor alle stoffen). Dit geldt ook voor stoffen waarvan bekend is dat regenwormen hier relatief gevoelig voor zijn, zoals verschillende azool-fungiciden.

Tabel 8 Drempelwaarden ten opzichte van gemeten akkergrond-gehaltenes (bij TER >1 wordt voldaan aan het toelatingscriterium). Deze tabel is gebaseerd op Tabel 8 uit Bijlage II van het Ctgb Appreciatie evaluatie rapport Meten=Weten (Buijs, Mantingh 2022).

Stof/metaboliet	Hoogste concentraties gerapporteerd in Meten=Weten 2022, in µg a.s./kg droge bodem.	Meest kritische norm bodemorganismen (laagste eindpunt in µg a.s./kg droge grond, gecorrigeerd met veiligheidsfactor van 5	TER (norm/gemeten gehalte), >1 is geen risico.
Azoxystrobin	170	2000	11,8
Boscalid	120	239,4	2,00
Cyproconazool	29,39	150	5,10
Difenoconazool	15,9	40	2,52
Dimethenamid	100	1620	16,2
Fluopyram	187,3	514	2,74
Pendimethalin	84,06	6690	79,6
Prothioconazool	11	1040	94,5
Tebuconazool	127	2000	15,7

4.2 Niet-doelwit Arthropoda (NTA's)

Voor NTA's wordt de blootstelling in de toelatingsbeoordeling primair beoordeeld op basis van off-field depositie door spuitdrift. Het onderzoek binnen de toelating richt zich hoofdzakelijk op de gevoeligheid van natuurlijke vijanden (predatoren en parasitaire insecten) die worden ingezet voor plaagbestrijding. Er is daarentegen relatief weinig aandacht voor andere niet-doelwitgroepen, zoals vlinders en motten (belangrijk voor bestuiving) of niet-plaagvormende bladconsumenten die ecologisch relevant zijn.

De specifieke beschermgroep bijen is buiten beschouwing van onze studie gelaten, omdat deze binnen de toelating afzonderlijk wordt beoordeeld met eigen blootstellingsroutes die (vooralsnog) niet eenvoudig zijn te integreren met die van andere terrestrische geleedpotigen.

Binnen het behandelde perceel worden tijdelijke nadelige effecten van insecticiden aanvaard, omdat dergelijke effecten praktisch niet volledig zijn te vermijden. Voor de off-field situatie geldt echter dat geen onacceptabel risico mag optreden. Deze off-field habitats zijn cruciaal als bron voor herkolonisatie van het perceel, idealiter binnen één groeiseizoen, en bij voorkeur sneller, afhankelijk van de soortspecifieke levenscyclus en seizoensdynamiek.

In Tier-1 worden gestandaardiseerde laboratoriumstudies gebruikt, waaronder acute en chronische testen met een predator en een parasitaire soort (bijv. *Typhlodromus pyri* en *Aphidius rhopalosiphi*). In hogere tiers kunnen andere soorten worden toegevoegd, met blootstelling via opgedroogd residuen op blad, zand of grond. Voorbeelden zijn *Chrysoperla carnea* (gaasvlieg), *Poecilus cupreus* (grondkever), *Coccinella septempunctata* (lieveheersbeestje), *Aleochara bilineata* (kortschildkever), en *Pardosa* sp. (wolfspin).

Eindpunten worden gerapporteerd als bijvoorbeeld:

- LR₅₀ (letaliteit, in g werkzame stof/ha),
- effect op reproductie,
- effecten op parasitisme of voeding.

Toxicologische eindpunten in Europese dossiers worden doorgaans uitgedrukt in g w.s./ha (1 g w.s./ha). Deze worden gecombineerd met driftpercentages om de blootstelling buiten het perceel te berekenen. In Nederland geldt hierbij een strengere driftkader dan op EU-niveau: bij neerwaartse spuittoepassing kunnen driftpercentages vanaf 9,9% (DRT75) tot 17,4% (> 20 cm gewashoogte) worden gehanteerd op 1 m van de laatste gewasrij. In oudere toelatingsbeoordelingen werden vaak lagere percentages (bijv. 5,5%) toegepast, waardoor de huidige nationale toetsing conservatiever is. Wanneer Tier-1 geen acceptabel risico oplevert, kunnen hogere-tierstudies aanvullende informatie geven, waaronder veldstudies en, voor in-field risico's, aged-residue-studies.

Ook voor NTA's wordt het risico beoordeeld via een vergelijking tussen effectniveau en blootstelling. In Tier-1 mag de blootstelling in het veld niet hoger zijn dan tweemaal het kritische eindpunt (bijv. LR₅₀) voor de standaard testsoorten onder worst-case omstandigheden op een glasplaat, zoals gekalibreerd met veldgegevens. Dit impliceert effectief een veiligheidsmarge van circa ½ voor andere NTA-soorten.

Voor de off-field beoordeling, relevant voor natuurgebieden nabij landbouwpercelen, wordt een extra extrapolatiefactor toegepast (5 of 10, afhankelijk van het type test). Indien het risico nog steeds onacceptabel is, worden aanvullende studies gevraagd met meer soorten en realistischere blootstelling via natuurlijk substraat (blad of zand). Daarnaast kunnen drift-reducerende maatregelen worden ingezet om de depositie in off-field habitats te verlagen.

Tabel 9 is gebaseerd op het Ctgb-appreciatierapport Meten = Weten (Buijs & Mantingh, 2022) en aangevuld met NTA-eindpunten uit EFSA-dossiers (tevens ter illustratie en indicatie van de beschikbaarheid van toxiciteitsstudies uit dit soort dossiers). Via de in dit onderzoek gebruikte omrekenfactor zijn gemeten vegetatieconcentraties omgerekend naar een residuodosis op het bladoppervlak. Daarbij is aangenomen dat de volledige hoeveelheid stof beschikbaar is voor contact met bladbewonende insecten, een worst-case aanname die vergelijkbaar is met blootstelling op een glasplaat.

Uit deze vergelijking blijkt dat voor vrijwel alle pesticiden in (groente-)tuinvegetatie het verschil tussen monitoringswaarden en het laagste toxicologische eindpunt groter is dan een factor 1000. Uitzonderingen zijn cypermethrin (factor ~2) en fluazifop (factor ~461). Voor fluazifop kan, gezien de conservatieve aannames van onze aanpak, het risico waarschijnlijk als verwaarloosbaar worden beschouwd. Voor cypermethrin blijft daarentegen een hoog risico bestaan.

Cypermethrin is in twee vegetatiemonsters uit Natura 2000-gebieden aangetroffen (1,2 µg/kg dw <LOQ en 2,2 µg/kg dw >LOQ, zie Tabel 6) op respectievelijk 300 m en 100 m van akkerland. Deze waarden overschrijden de in deze studie gehanteerde risicodrempel ruimschoots (zie Annex 7: laagste eindpunt 2,90E-06 kg/ha, VF=1000, Drempelwaarde = 2,90E-09 kg/ha (=0,0000029 g/ha)), wat duidt op een potentieel ecologisch relevant risico voor NTA's.

Tabel 9 *Overzicht van de hoogste gerapporteerde concentraties in vegetatiemonsters uit (groente-) tuinen, de omgerekende residuodosis op het bladoppervlak, aangevuld met beschikbare eindpunten voor non-target arthropoden beschikbaar in dossiers. De hoogste gerapporteerde concentraties zijn gebaseerd op Tabel 3 uit Bijlage II van het Ctgb Appreciatie evaluatie rapport Meten=Weten (Buijs, Mantingh 2022).*

Werkzame stof	Hoogste concentraties in (Buijs, Mantingh 2022), in µg a.s./kg dw tuinplanten.	Omgerekende residue dosis op blad in g a.s./ha	Eindpunten in List of Endpoints voor NTA organismen in EFSA dossiers (in g a.s./ha)	Eindpunt	Factor verschil laagste eindpunt/ hoogste residue	Bron
MCPA	125,76	0,0932	T. pyri (glasplaat): >97,2 C. carnea (x): >97,2 P. cupreus (x): >97,2	LR50 LR50 LR50	1041	PPDB
Pendimethalin	94,90	0,0703	A. rhopalisiphi (2d glasplaat): 1200 T. pyri (7d glasplaat): >4000 A. rhopalisiphi (3d plant): >4000 C. carnea (blad): >4000 Lycosid spider Pardosa (zand): >3200 A. Bilineata (zand): >2000 P. cupreus (zand): >2400	LR50 LR50 Reproduction Feeding Parasitation LR50	17071	EFSA - 2016
Cypermethrin	1	0,0007	T. pyri (7d glasplaat): 0,0029 T. pyri (7d glasplaat): 0,0016 A. rhopalisiphi (2d glasplaat): 0,822 A. rhopalisiphi (2d glasplaat): 0,568 A high risk in Tier-1 was concluded for off-field.	LR50 Reproduction LR50 Reproduction	2	EFSA - 2018

Werkzame stof	Hoogste concentraties in (Buijs, Mantingh 2022), in µg a.s./kg dw tuinplanten.	Omgerekende residue dosis op blad in g a.s./ha	Eindpunten in List of Endpoints voor NTA organismen in EFSA dossiers (in g a.s./ha)	Eindpunt	Factor verschil laagste eindpunt/ hoogste residue	Bron
			"A low off-field risk to non-target terrestrial arthropods was not demonstrated [...in field studies] (data gap and critical area of concern)."			
Cyproconazool	5,80	0,0043	T. pyri (7d glasplaat): 29,4 T. pyri (21d blad): 51 A. rhopalisiphi (21d blad): >200 C. carnea (33d blad):>200 P. cupreus (14d zand): >200 O. laevigatus (16d glasplaat): >200	LR50 LR50 Fecundity Fecundity Feeding Fecundity	6843	EFSA - 2010
Flonicamid	2,20	0,0016	A. rhopalisiphi (2d glasplaat): >80 T. pyri (7d glasplaat): <80 T. pyri (7d blad): >85 C. septempunctata (glasplaat larven tot na verpopping):> 210 C. septempunctata (30d blad):> 85 P. cupreus (14d zand): >45 O. laevigatus (9d glasplaat): >161 C. carnea (29d blad):>85 E. balteatus (extended test):>85	LR50 LR50 Reproduction LR50 Reproduction Feeding Reproduction Reproduction Reproduction	27614	EFSA - 2010
Fluazifop	16,40	0,0121	A. rhopalisiphi (2d glasplaat): 5,6 T. pyri (7d glasplaat): 177 T. pyri (7d blad): 174 A. rhopalisiphi (2d blad): >375 E. balteatus (larval time + 20d):>375 P. cupreus (6d grond): >1875 Lycosid spider (overspray+grond 6d):>1875 C. carnea (29d blad):>1000	LR50 LR50 LR50 Parasitism Reproduction Predation LR50/Feeding Reproduction	461	EFSA - 2012
Fluazinam	0,08	0,00006	A. rhopalisiphi (2d glasplaat):>200 T. pyri (7d blad):>10x 200 C. carnea (7d blad):>10x 200 P. melanarius (overspray+grond 6d):>200 Lycosid spider (overspray+grond 6d):>200	LR50/Repro LR50/Repro LR50/Repro Feeding Feeding	33758000	EFSA - 2008
Flutolanil	1,9	0,0006	T. pyri (7d glasplaat): >4500 A. rhopalisiphi (2d glasplaat): >4500 P. cupreus (14d zand): >4500 Lycosid spider (overspray+zand):>4500 A. bilineata (28d zand, repro NOEC):650	LR50/Repro LR50/Repro LR50 LR50 Reproduction	461842	EFSA - 2023
Mepanipyrin	30,10	0,0223	T. pyri (7d glasplaat): >1000 A. rhopalisiphi (2d glasplaat): 250 P. cupreus (xx): 500 C. septempunctata (xx): 500 T. cacoeciae (xx): <500 Additional field studies, and aged residue tests indicate acceptable risk.	LR50/Repro Reproduction Reproduction Reproduction Parasitation	11213	EFSA - 2023
Metamitron	2,74	0,0020	T. pyri (7d glasplaat): >14000 A. rhopalisiphi (2d glasplaat): >14000 C. septempunctata (30d glasplaat):3570 Lycosid spider (14d overspray+zand):>4500	LR50 LR50 Reproduction Feeding	1758942	EFSA - 2008
Pencycuron	2,75	0,0020	T. pyri (7d glasplaat): >6200 T. pyri (7d glasplaat): >2480 A. rhopalisiphi (2d glasplaat): 685 P. cupreus (sand): >2465 C. carnea (x):>6250 Lycosid spider (overspray+zand):>1790 A. bilineata (extended, repro):>2160	LR50 Reproduction LR50 LR50/feeding Reproduction Feeding Reproduction	336273	EFSA - 2010

* lager dan de laagst geteste concentraties, dus er zijn veldstudies uitgevoerd.

5 Handelingsperspectief

5.1 Ontwikkelen van een monitoringsstrategie

Gestandaardiseerde monitoring wordt gezien als een belangrijke strategie om essentiële basisgegevens en inzichten te verkrijgen die nodig zijn om effectieve regelgeving en gerichte mitigatiemaatregelen te ontwikkelen en te handhaven. Door systematisch vast te leggen waar, wanneer en in welke mate drift en volatiliserende optreedt, en waar depositie optreedt, kunnen we de precisie van (ecologische) modellen en de resulterende risicobeoordelingen verbeteren. Dit maakt het mogelijk om strengere of specifiekere beleidsmaatregelen te nemen, zoals het beperken van schadelijke middelen of het verplicht stellen van bijvoorbeeld drift reducerende technieken, afvang gewassen te plaatsen, bufferzones in te stellen, of spuit frequenties te beperken, waardoor het risico op drift en daarmee samenhangende schade aan biodiversiteit uiteindelijk wordt verminderd.

Hoe zo'n gestandaardiseerde monitoring eruit zou moeten zien is niet direct inzichtelijk. Deze monitoring moet namelijk 3 doelen dienen:

1. Inzichtelijk maken hoe en in welke mate pesticiden zich na emissie verplaatsen van de bronlocatie naar Natura 2000-gebieden;
2. Inzichtelijk maken hoe pesticiden zich na depositie verdelen en accumuleren in het terrestrische (eco-)systeem.
3. Inzichtelijk maken van trends in depositie en concentratie in de tijd en regionale verschillen daarin.

Luchtbemonstering en depositiemetingen lenen zich beter voor het eerste doel, terwijl het bemonsteren van bodem-, planten- en dierenmateriaal zich beter lenen voor het tweede doel.

5.1.1 Luchtbemonstering

Het meten van pesticiden in de lucht kan waardevolle informatie leveren over de verspreiding van middelen via drift en volatiliteit. Luchtbemonstering op zichzelf is echter onvoldoende, omdat deze methode diverse beperkingen kent die zowel de interpretatie van de meetgegevens als de koppeling aan daadwerkelijk gebruik in de landbouw sterk bemoeilijken.

Zo vertonen concentraties van pesticiden in de lucht een sterke temporele en ruimtelijke variabiliteit, die afhankelijk is van weersomstandigheden, toepassingstijdstip, en fysisch-chemische eigenschappen van de stof. Daarnaast is de detectie van pesticiden in lucht alleen mogelijk met zeer gevoelige analysetechnieken (i.e. lage detectielimieten) en zorgvuldig gekalibreerde bemonsteringssystemen (bijvoorbeeld actieve luchtpompen met adsorptiebuizen of passieve samplers), omdat de concentraties doorgaans laag zijn. Willekeurige luchtmetingen leveren daardoor enkel momentopnames, waardoor ze minder geschikt zijn om langdurige trends of (gemiddelde) blootstelling te beschrijven.

Een tweede uitdaging betreft de herkomstbepaling van gemeten concentraties. Pesticiden kunnen via meerdere routes in de atmosfeer terechtkomen, waaronder primaire drift tijdens het spuiten, secundaire emissie door verdamping na toepassing, of her-emissie uit bodem en vegetatie. Bovendien kan transport over grotere afstand plaatsvinden, waardoor een luchtmonster pesticiden kan bevatten afkomstig uit verschillende bronnen en windrichtingen.

Om deze redenen zijn luchtmonsters dus enkel nuttig als ze worden gekoppeld aan modellen en depositiemetingen. Op grotere schaal kunnen emissiemodellen en atmosferische verspreidingsmodellen (zoals SimpleBox (Schoorl et al. 2016) of Operational Priority Substances⁶) worden ingezet om gemeten

⁶ <https://www.rivm.nl/documenten/uitgebreide-modelbeschrijving-van-ops-versie-5310>

luchtconcentraties te relateren aan ruimtelijke gebruiksdata van pesticiden. In het OBO onderzoeksrapport (Montforts et al., 2019) is een eerste aanzet gegeven van een mogelijke aanpak hiervoor.

De aanpak die wordt beschreven in Hoofdstuk 6 van het OBO-rapport richt zich op de geïntegreerde analyse van routes om de blootstelling van omwonenden aan pesticiden nabij landbouwwelden (< 250 meter) te schatten. Hoewel de OBO-studie humane blootstelling als hoofddoel had en de impact op het milieu niet als zodanig evalueerde, kan het modelleringskader dat werd ontwikkeld, op vergelijkbare wijze worden toegepast om de verplaatsing en depositie van pesticiden naar een gevoelig ecologisch gebied, zoals een Natura 2000-gebied, te kwantificeren.

De kern van deze aanpak draait om het modelleren van de milieutransportprocessen (drift en volatiliteit) die leiden tot de aanwezigheid van pesticiden in de lucht en de uiteindelijke depositie op de "receptor" (in dit geval het Natura 2000-gebied). Grofweg was de aanpak van de OBO studie als volgt:

1. Modellering van emissie en drift (IDEFICS):

- Het model IDEFICS (model voor drift) zou kunnen worden gebruikt om de directe emissie tijdens de bespuiting te simuleren.
- IDEFICS berekent de trajecten van de spuitdruppels, waarbij rekening wordt gehouden met de weersomstandigheden en de spuittechniek (zoals de gebruikte drift-reducerende techniek of DRT-klasse).
- De output van IDEFICS omvat de depositie op de grond benedenwinds van het gewas en de verticale verdeling van airborne spray en damp. Dit is cruciaal om te bepalen hoeveel pesticide onmiddellijk op de rand van of in het (aangrenzende) Natura 2000-gebied neerkomt. De meeste drift depositie metingen zijn gebaseerd op afstanden van 20-30 meter vanaf de spuitdop (Holterman et al. 2025).

2. Modellering van volatilisatie (PEARL):

- Het model PEARL (Pesticide Emission Assessment at Regional and Local Scales) wordt gebruikt om de emissiesnelheid van pesticiden (de bronsterkte) vanaf het behandelde gewas en de bodem te schatten na de toepassing.
- Deze volatiliteit is afhankelijk van de fysisch-chemische eigenschappen van de stof (zoals dampdruk) en de heersende meteorologische omstandigheden. Volatilisatie werd in de OBO-studie geïdentificeerd als een dominante factor die bijdraagt aan luchtconcentraties op dagen na de applicatie.

3. Modellering van dispersie en transport (OPS-St):

- De resultaten van IDEFICS (airborne drift, bestaande uit kleine deeltjes en aerosolen) en PEARL (gasvormige pesticiden) worden gekoppeld aan het atmosferische dispersiemodel OPS-St (Operational Priority Substances – Short term).
- OPS-St simuleert de verspreiding en het transport van de airborne pesticiden over langere afstanden.
- In de oorspronkelijke studie berekende OPS-St de concentratie buiten de woning van de bewoner. Voor ons doel zou OPS-St de concentratie van het pesticide (in ng/m³) in de lucht berekenen op de specifieke locatie van het Natura 2000-gebied, met een hoge ruimtelijke en temporele resolutie (uurlijks).

4. Depositieberekening:

- In plaats van interne humane blootstelling (zoals inhalatie, dermale opname en stofingestie) zou in ons geval een milieudepositie berekend worden.
- Op basis van de resultaten van OPS-St (luchtconcentraties) zou de totale depositieflux (natte en droge depositie van zowel gas als deeltjes) naar het Natura 2000-gebied moeten worden berekend. Deze depositie is de maatstaf voor de blootstelling van het kwetsbare ecosysteem, en zal geverifieerd moeten worden met depositiemetingen.

De aanpak is gebaseerd op het koppelen van de modellen IDEFICS, PEARL en OPS-St om de milieuconcentraties en deposities van pesticiden te voorspellen op de rand of binnen het Natura 2000-gebied, en zo de bijdrage van drift en volatiliteit in deze context te beoordelen. Een belangrijke beperking is echter dat het huidige model geen rekening houdt met obstakels in de omgeving van het perceel, zoals bebouwing of bomenrijen, die de verspreiding en daarmee de depositie in omliggende natuurgebieden kunnen beïnvloeden. Daarnaast vormt beplanting langs de akkerrand een belangrijke habitat voor soorten die deels in het veld fourageren, en om herpopulatie mogelijk te maken na tijdelijke impact van pesticiden in het veld.

Om ruimtelijk gedetailleerde schattingen van atmosferische depositie op natuurlijke ecosystemen te kunnen genereren, zou een koppeling tussen GeoPEARL en OPS kunnen worden ontwikkeld. Het realiseren van deze koppeling vereist echter nader onderzoek naar de technische integratie van beide modellen, maar zodra deze operationeel is, biedt zij een waardevol instrument voor het produceren van ruimtelijk expliciete depositiepatronen.

Net als bij de OBO-studie, zou de nauwkeurigheid van de uiteindelijke modellen getoetst moeten worden met specifieke metingen in het veld (verificatie). Studies met markers zouden daarnaast gebruikt kunnen worden om de mechanistische processen in de modellen beter te begrijpen om zo de modellen te verbeteren.

5.1.2 Bodem-, planten- en dierenbemonstering

Voor de ecologische risicobeoordeling van Natura 2000-gebieden is het niet voldoende om enkel aanwezigheid van pesticiden in lucht of op oppervlakken te meten. Belangrijk is juist om te bepalen welke organismen daadwerkelijk worden blootgesteld, in welke hoeveelheden, via welke blootstellingsroutes (bijvoorbeeld oraal of dermaal), en of de gevonden concentraties ecotoxicologisch relevant zijn. Bodem-, planten- en dierenmonsters vormen de enige directe meetmethode om deze vragen te beantwoorden en om modelresultaten te kunnen valideren of kalibreren.

Om gemeten residuen te kunnen koppelen aan ecotoxicologische drempelwaarden is het noodzakelijk dat de meeteenheden aansluiten bij de blootstellingsroutes van organismen. Afhankelijk van de soortgroep en het effecteindpunt zijn onder andere de volgende metrics vereist:

- mg werkzame stof per kg droge bodem → relevant voor bodemorganismen (bijv. regenwormen, springstaarten).
- µg werkzame stof per cm² bodemoppervlak → relevant voor op-bodem levende organismen en kortdurende blootstelling via contact.
- mg werkzame stof per kg plantenmateriaal → relevant voor orale blootstelling van herbivoren of omnivoren.
- µg werkzame stof per cm² bladoppervlak → relevant voor contactblootstelling van bladbewonende insecten.
- Residuen in voedselbronnen (nectar, pollen, prooi-soorten) → relevant voor bestuivers en predatoren.

De monitoringsmethode moet daarom zo worden ingericht dat deze Environmentally Relevant Exposure Quantities (EREQ's) genereert die rechtstreeks matchen met de effectmaten uit ecotoxicologische tests. Om deze reden zouden de volgende matrices dus bemonsterd moeten worden:

- Bodem (relatief aan oppervlakte en aan drooggewicht): als langdurig opslagcompartiment (accumulatie) én bron voor persistente of sorberende stoffen, inclusief (sub-)letale blootstelling van bodemfauna.
- Planten (relatief aan oppervlakte en aan drooggewicht): relevant voor bladbewonende insecten, herbivoren, bestuivers en indirect voor predatoren via hun prooi.
- Dieren (bio-indicatorsoorten), nectar en pollen: zoals regenwormen, slakken of bepaalde insecten; noodzakelijk om bioaccumulatie, metabolisatie en interne blootstelling te kwantificeren. Inzicht in pesticide concentraties in biota helpt om doorgifte in voedselwebben te kunnen bepalen, en dieet-inname van pesticiden in het veld in lijn te brengen met ecotoxiciteitsstudies waarbij pesticide via voedsel is gedoseerd.

Daarnaast moest een effectief monitoringsprogramma aan de volgende eisen voldoen:

- Meetfrequentie
 - Seizoensgebonden bemonstering tijdens perioden met hoge gebruiksintensiteit.
 - Aanvullende jaarrond monitoring voor persistente of accumulerende verbindingen, maar ook om veronderstelde seizoensgebondenheid van de minder persistente en accumulerende verbindingen aan te kunnen tonen.
- Ruimtelijke spreiding
 - Representatieve dekking van uiteenlopende Natura 2000-gebiedstypen (bos, heide, ven, agrarisch mozaïek). Waarschijnlijk is een habitat-gerichte aanpak noodzakelijk om tevens de variabiliteit binnen een Natura-2000 gebied te dekken
 - Systematische bemonstering langs afstandsgradiënten ten opzichte van landbouwpercelen (bijv. 50–500 m).
 - Combinatie van hotspotlocaties (nabij bronnen) en referentielocaties (achtergrondbelasting). Gezien de grote afstand waarop atmosferische depositie kan plaatsvinden, zijn waarden van referentielocaties voor Natura 2000-gebieden in Nederland mogelijk beschikbaar op waddeneilanden (met de Waddenzee als Natura 2000-gebied, en specifieke duingebied delen van waddeneilanden als aparte Natura 2000-gebieden).

- Bemonsteringsdetails
 - Nauwkeurige registratie van bemonsterde plantensoorten, omdat bladoppervlak, groeivorm (bijv. bodembedekkers versus verticale groeiers) en biomassa-omrekeningen soort specifiek zijn, en waarschijnlijk seizoensspecifiek.
 - Standaardisatie van grondmonsterdiepte, plantonderdelen (blad, bloem, stengel), en diergroepen.
 - Consistente vastlegging van GPS-coördinaten, afstanden tot landbouwpercelen en metadata (bijv. vegetatiestructuur, weersomstandigheden).
 - Indien mogelijk: gelijktijdige verzameling van voedselbronnen (pollen, nectar, prooien).
 - Organisch stofgehaltes van de bodemonsters, om mogelijk de relatie met uitspoeling te kwantificeren.
- Analytische vereisten en datastandaardisatie
 - Detectielimieten moeten laag genoeg zijn om ecologisch relevante concentraties te detecteren; een te hoge LOQ kan belangrijke risico's maskeren.
 - Uniforme rapportage van concentraties (droge vs. natte stof, oppervlak vs. massa).

5.2 Mogelijke bedrijfsmaatregelen en beheeringrepen

5.2.1 Mogelijke bedrijfsmaatregelen

Op basis van een verbeterde monitoring zal het mogelijk worden om maatregelen te identificeren die daadwerkelijk bijdragen aan het verminderen van drift en blootstelling. Gewoonlijk zijn bedrijfsmaatregelen erop gericht de spuitdrift tijdens de toediening van pesticiden te beperken. Wettelijke voorschriften hiertoe zijn opgenomen in het Besluit Activiteiten Leefomgeving (BAL, 2024). In principe kunnen de maatregelen verdeeld worden in maatregelen die (a) het ontstaan van kleine, driftgevoelige druppels en deeltjes beperken, (b) het verspreiden van dergelijke driftgevoelige deeltjes tegengaan. Onder groep (a) valt het gebruik van drift-reducerende toedieningstechnieken, waaronder drift-reducerende spuitdoppen. Onder groep (b) valt de toepassing van windhagen en andere schermen rondom het behandelde perceel.

- a. Strategieën om het ontstaan van kleine, driftgevoelige druppels en deeltjes te beperken:
 - a. Sproeikoppen: Conventionele sproeikoppen (VMD 90 µm) produceerden 55% meer grotere fijne druppels. 'Low Drift' sproeikoppen (VMD 276 µm) genereerden echter een hogere hoeveelheid fijne deeltjes (<1,0 µm) op afstanden van 25 en 30 meter van de spuit.
 - b. Toepassingstype: Waar mogelijk moet grondtoepassing de voorkeur krijgen boven luchtspray, aangezien luchtspray onder identieke weersomstandigheden resulteerde in 5 tot 8 keer meer drift van herbiciden. Hoewel recente vorderingen in drone- en helikoptertechnologie de precisie bij luchttoepassingen hebben verbeterd, blijven dit luchttoepassingen.
- b. Strategieën die het verspreiden van dergelijke driftgevoelige deeltjes tegengaan
 - a. Bufferzones: Het aanleggen van bufferstroken met vegetatie tussen landbouwgrond en de omliggende gebieden kan de drift aanzienlijk verminderen. Deze zones fungeren als fysieke barrières die de beweging van pesticiden in de lucht onderscheppen en verminderen. Studies tonen aan dat bredere bufferzones, met name die van 8 meter of meer, uitstekende bescherming bieden tegen drift. Deze zones moeten wel gecombineerd worden met andere beschermende maatregelen.
 - b. Heggen: Heggen dienen als natuurlijke barrières tegen pesticiden drift. Wanneer ze correct worden gebruikt en onderhouden, kunnen heggen herbicide drift tot 80% verminderen door de nevel te filteren. Hun effectiviteit hangt af van diverse factoren, waaronder de dichtheid van het bladerdak, de hoogte, de structuur en de windsnelheid tijdens de pesticiden toepassingen. Dichte, meerlagige heggen met een mix van loof- en groenblijvende soorten zijn meestal het meest effectief.
Aandachtspunt: Pesticiden die vast komen te zitten in het gebladerte van de heg kunnen negatieve gevolgen hebben voor nuttige geleedpotigen, zoals bestuivers en roofdieren, die daar verblijven, en kunnen ook een barrièrewerking hebben op bestuivingsdiensten.

Terwijl zodoende de verspreiding van en blootstelling aan spuitdrift enorm beperkt kan worden, hebben deze maatregelen weinig effect op de route van vervluchtiging. In theorie kan een windhaag een dampwolk na vervluchtiging nog deels wegvangen, maar in veel gevallen zijn de dampdeeltjes te klein om in belangrijke mate afgevangen te kunnen worden op deze manier (de efficiëntie van interceptie is laag). Het tegengaan van vervluchtiging is dan mogelijk de enige methode, door bijvoorbeeld de hechting op het te behandelen gewas en de opname ervan door het gewas te stimuleren. Een andere mogelijkheid is het gebruik van drift vertragende

middelen. Dit betreft echter formuleringsaspecten van fysisch-chemische aard waar de agrarische ondernemer geen (directe) invloed op heeft zolang relevante producten die deze middelen bevatten nog niet op de markt zijn.

Drift vertragende middelen kunnen het risico op drift verminderen door de druppelgrootte te vergroten. Sommige op polymeren gebaseerde middelen konden het drift risico tot 70% verminderen vergeleken met alleen water. Een andere studie toonde aan dat het volume van driftbare fijne druppels met 75–90% werd verminderd. Echter is voorzichtigheid geboden: Als een te hoge concentratie van deze middelen wordt toegepast, kan de drift juist toenemen doordat zeer grote druppels bij impact versplinteren. Daarnaast zijn er zorgen dat de interactie tussen deze chemicaliën en pesticiden de effectiviteit en het bereik van de pesticiden zou kunnen verminderen. Het gebruik van drift vertragende middelen moet daarom zorgvuldig worden berekend en in overeenstemming zijn met de instructies van de fabrikanten of bevoegde instanties.

5.2.2 Mogelijke beheeringrepen

Het realiseren van duurzaam natuurherstel in en rondom Natura 2000-gebieden vereist een geïntegreerde set van beheersmaatregelen die zowel de milieudruk vanuit de landbouw verlagen als de ecologische condities structureel versterken. De implementatie van dergelijke maatregelen volgt steeds vaker een gebiedsgerichte benadering, waarbij provincies maatwerk toepassen op basis van lokale ecologische, hydrologische en agronomische randvoorwaarden. Een relevant voorbeeld hiervan is de aanpak binnen drinkwaterbeschermingsgebieden, die als inspiratie dient voor de inrichting van overgangsgebieden.

Drinkwaterbeschermingsgebieden fungeren als bufferzones rond grondwater-winslocaties, met als doel de kwaliteit van het grondwater structureel te beschermen. Binnen deze zones gelden vaak aanvullende regels en beheersmaatregelen om het gebruik en de verspreiding van gewasbeschermingsmiddelen te beperken. In sommige gevallen is er sprake van een volledig verbod op het gebruik van chemische pesticiden, terwijl in andere gebieden beperkingen gelden voor specifieke stofgroepen of toepassingsmethoden.

Met een vergelijkbare doelstelling worden momenteel ook overgangsgebieden ingericht rondom Natura 2000-gebieden om stikstof-depositie terug te dringen (zie bijvoorbeeld Provincie Noord-Brabant, 2025). Dit zijn zones waarin aanvullende of strengere gebruiksvoorwaarden kunnen gelden om de ecologische kwaliteit van aangrenzende natuur te verbeteren. De nadruk ligt momenteel op het terugdringen van stikstofdeposities. Echter zou dit ook uitgebreid kunnen worden naar het terugdringen van de pesticidenbelasting. Binnen deze overgangsgebieden kan worden gezocht naar een evenwicht tussen ecologisch herstel, landbouwkundige continuïteit en maatschappelijke haalbaarheid.

Verschillende maatregelen die reeds worden toegepast in drinkwaterbeschermingsgebieden, blijken ook potentie te hebben voor toepassing in overgangsgebieden. Deze kunnen variëren van regulerende tot stimulerende instrumenten, afhankelijk van de lokale context en beleidsdoelen:

- Verbod of beperking van specifieke pesticiden of stofgroepen;
- Verplichte biologische certificering, waarmee uitsluitend biologische teelt wordt toegestaan;
- Aanpassing van regels rond spuitvrije zones langs oppervlaktewater en kwetsbare habitats;
- Toestaan van uitsluitend blijvend grasland of andere extensieve teelten in kwetsbare zones;
- Stimulering via educatie, sociale prikkels, economische incentives of digitale tools (bijvoorbeeld om precisietoepassing mogelijk te maken);
- Stimulering van toepassing van precisielandbouwtechnieken voor gerichte en emissiearme bestrijding;
- Stimulering van verbeterde monitoring om precisielandbouw te faciliteren (i.e. gebruik van schadedrempels);
- Gebruik van resistente rassen en gewasrotatie om de afhankelijkheid van chemische bestrijding te verlagen;
- Inzet van laagrisico- of biologische pesticiden als alternatief voor synthetische stoffen. Deze middelen hebben doorgaans een gunstiger milieuprofiel en passen binnen agro-ecologische benaderingen, waarin natuurlijke regulatiemechanismen, bodemweerbaarheid en biodiversiteit centraal staan.

Door deze maatregelen te combineren binnen een gebiedsgericht en beleidsmatig kader kan een structurele afname van de milieudruk worden gerealiseerd, terwijl tegelijkertijd de agrarische productiefunctie (gedeeltelijk) in stand blijft. De ervaring uit drinkwaterbeschermingsgebieden laat zien dat een combinatie van duidelijke regelgeving, toezicht, stimulering en kennisontwikkeling essentieel is om dergelijke transitie succesvol te maken.

5.3 Verbeteren milieurisicobeoordeling (ERA)

Een verfijning van het algemene ERA op basis van verbeterde monitoringgegevens maakt het mogelijk om risicovoorspellingen nauwkeuriger te maken, beschermdoelen (scherper) te formuleren en mitigerende maatregelen beter te onderbouwen. Daarmee zal het mogelijk worden om het toetsingskader van een laboratoriumgerichte benadering naar een ecologisch relevante evaluatie om te zetten, die beter aansluit op de situatie in natuurgebieden.

Op dit moment groeit de kritiek dat het huidige toelatingsbeleid achterloopt op de ecologische realiteit van pesticide-gebruik. De regelgeving is nog sterk gebaseerd op het principe dat middelen veilig zijn (op basis van beperkte data vereisten) totdat het tegendeel bewezen is, terwijl de beschikbare onderzoeksrapporten juist pleiten voor toepassing van het voorzorgsbeginsel (zie Raad van State uitspraak ECLI:NL:RVS:2025:1428): alleen middelen toelaten wanneer robuust, onafhankelijk bewijs aantoont dat ze geen schadelijke langetermijneffecten veroorzaken. In het bijzonder zijn er zorgen omtrent persistente stoffen en middelen die toxisch zijn bij concentraties onder de meetbare LOQ, zoals diverse pyrethroïden en neonicotinoïden. Deze stoffen zijn in de praktijk dus nauwelijks beheersbaar en zouden daarom niet in landbouw of industrie gebruikt moeten worden. De voornaamste zorg is dus of de huidige manier van testen en informatie beoordelen wel voldoende is om aan het gestelde uitgangspunt te voldoen

Daarnaast blijft de kennis over tijd–dosis–effectrelaties bovendien zeer beperkt. Voor veel middelen is niet onderzocht hoe lage concentraties over langere tijd uitwerken op levenscycli, reproductie of populatiedynamiek. Dit is belangrijk, aangezien in sommige gevallen een vele malen lagere concentratie vergelijkbare effecten kan veroorzaken als een oorspronkelijke dosis, zij het met een vertraging van enkele dagen, wanneer sprake is van irreversibele receptorbinding. Een voorbeeld hierin is voortschrijdende inzicht in de neonicotinoïde imidacloprid (Rondeau et al. 2014, Chandran et al. 2018, Huang et al. 2021).

Een tweede structureel tekort in de huidige risicobeoordeling betreft het negeren van mengseleffecten en langdurige blootstelling. Veel soorten verkeren continu in een cocktail van chemische stressoren, terwijl ecotoxicologische testen nog vrijwel uitsluitend acute, enkelvoudige blootstelling beschouwen.

Om deze reden moet de ERA worden herzien met een expliciet ecologisch perspectief, waarin cumulatieve belasting, en langdurige sub-letale effecten centraal staan. Een vernieuwd raamwerk kan dan gebruikmaken van veld-gebaseerde indicatoren, zoals de vitaliteit van wilde planten, populatieparameters van insecten en langjarige trends in natuurgebieden. Pas wanneer blootstellingsschatting op regionale schaal, risicobeoordeling, monitoring en regelgeving op elkaar zijn afgestemd, kan effectief worden voorkomen dat spuitdift aan de rand van natuurgebied, en atmosferische depositie over grotere afstand structurele schade aan biodiversiteit veroorzaakt.

6 Conclusies

Monitoring

- Momenteel zijn slechts enkele incidentele studierapporten beschikbaar die inzicht geven in de aanwezigheid van pesticiden in Natura 2000-gebieden, maar zonder een (internationale, onafhankelijke) peer-review te hebben doorlopen. Voor een goed onderbouwde beoordeling is een systematisch en meerjarig monitoringsprogramma nodig dat de verspreiding van pesticiden naar deze gebieden structureel en verifieerbaar in kaart brengt.
- De aanwezigheid in en verspreiding van deze pesticiden naar natuurgebieden is niet enkel een Nederlandse situatie, en waarschijnlijk ook niet uniek voor natuurgebieden met aangrenzende percelen met bloementeelten, maar vereist verdere afstemming en onderzoek op Europees niveau.
- Zo'n monitoringsprogramma moet worden ontworpen in samenhang met gekoppelde emissie- en atmosferische verspreidingsmodellen, omdat alleen via deze combinatie metingen zinvol kunnen worden geïnterpreteerd en herleid naar bronnen.
- Een combinatie van luchtbemonstering, depositiemetingen en bodem-, planten- en dierenmonsters ligt voor de hand. Hiermee kan zowel de route van pesticiden vanaf de bron naar Natura 2000-gebieden worden gevolgd als de uiteindelijke depositie worden vertaald naar ecologisch relevante concentraties voor terrestrische organismen.
- Voor de opzet van het benodigde monitoringsprogramma kan bovendien worden aangesloten bij de kennis, methodieken en infrastructuur die in het kader van stikstofmonitoring reeds zijn ontwikkeld of in ontwikkeling zijn.

Blootstellingsroutes

- Waar spuitdrift de randen van Natura 2000-gebieden kan bereiken, lijkt atmosferische depositie de belangrijkste route waarlangs pesticiden dieper gelegen locaties in Natura 2000-gebieden bereiken.
- Op dit moment kunnen verspreidingsroutes niet direct worden gekoppeld aan de gemeten concentraties in natuurgebieden, omdat er geen eenduidige relatie bestaat tussen fysisch-chemische eigenschappen en de in Natura 2000-gebieden aangetroffen stoffen. Zowel vluchtige als niet-vluchtige middelen, en zowel persistente als snel afbreekbare stoffen worden gevonden. Hierdoor kunnen momenteel geen onderbouwde uitspraken worden gedaan over het uitsluiten of verbieden van specifieke groepen stoffen op basis van hun fysisch-chemische kenmerken.
- Mogelijke bedrijfsmaatregelen variëren van het gebruik van driftreducerende spuittechnieken tot het aanleggen van heggen of andere fysieke barrières om drift naar de rand van natuurgebieden te beperken. Veel van de meer innovatieve maatregelen (bijvoorbeeld precisietoepassing, gebruik van producten met daarin drift-vertragende middelen) zijn echter nog niet breed toepasbaar, doordat benodigde technieken nog niet altijd beschikbaar of betaalbaar zijn voor de gemiddelde teler. Een logisch aangrijpingspunt is daarom om de verdere ontwikkeling en toegankelijkheid van dergelijke technieken te stimuleren.
- Over grotere afstanden dan een gebruikelijke bufferzone dient er rekening gehouden te worden met het volgende. Gezien de gemiddelde windsnelheid van 8-20 km/uur in Nederland, verloopt verwaaiing van drift gedurende een half uur na bespuiting, vervluchtigde pesticiden en opwaaiend stof in dagen na de bespuiting, en daarna pas potentiële depositie, makkelijk over een afstand van meer dan 10 km. In dit opzicht zijn afstanden van natuurgebieden in Nederland tot intensieve landbouwpercelen moeilijk beheersbaar om aanzienlijke reducties te waarborgen, en depositie in natuurgebieden volledig uit te sluiten. Een landelijke (of zelfs internationale) reductie in het gebruik van pesticiden is de enige maatregel die gegarandeerd tot een verminderde depositie in natuurgebieden zal leiden. Een gebiedsgerichte aanpak zou kunnen zijn om de voor stikstof vastgestelde overgangsgebieden (deze worden momenteel nog afgeleid) tevens in te zetten voor het beperken van de verspreiding van pesticiden. In deze zones zou bijvoorbeeld het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen geheel kunnen worden uitgesloten, waarbij bijvoorbeeld biologische landbouw of permanent grasland als alternatief kan worden ingericht.

Ecologisch risico

- De beschikbare ecotoxiciteitsgegevens zijn vaak nog ontoereikend, met name omdat er weinig data bestaan over langdurige blootstelling. Het aantal monitoringsdata per natuurgebied is zeer beperkt en

incidenteel. Het vastleggen van welke veiligheidsfactoren relevant zijn bij beperkte beschikbaarheid van toxicologische data is hierbij een belangrijke factor in risicobeleid.

- Op basis van de huidige analyses en beperkingen in data kan voor sommige taxonomische groepen een negatief effect van de aangetroffen pesticidenconcentraties in Natura 2000-gebieden niet met zekerheid worden uitgesloten, maar ook niet worden bevestigd.
- Bovendien is het niet altijd mogelijk om metingen rechtstreeks te koppelen aan de eindpunten van ecotoxiciteitsgegevens, wat de interpretatie van risico's bemoeilijkt en wijst op de noodzaak voor verdere methodologische verbetering van de monitoring.
- Cumulatieve effecten worden in de huidige risicobeoordelingskaders voor de toelating niet meegenomen. Onder de aannames van additie van effecten van alle pesticiden, en de veiligheidsfactor van 1000 per stof, blijkt uit de beschikbare monitoringsdata ($n = 13$) dat er via cumulatie geen overschrijding is van de drempelwaarde (som-RQ) voor bodemorganismen.
- Voor bladbewonende insecten is aangenomen dat alle pesticiden een additie van effect hebben en dat de pesticide residuen in vegetatie volledige beschikbaar zijn voor opname door insecten. Onder deze aannames blijkt er een verhoogde kans op overschrijdingen van de drempelwaarde door cumulatie (som-RQ > 1) voor bladbewonende geleedpotigen (NTA) in natuurgebieden (22% van de 63 vegetatiemonsters).

Haalbaarheid van een voortoets

- Herkomstbepaling van pesticiden is momenteel nog niet mogelijk. Gemeten concentraties in lucht, bodem of plantenmateriaal kunnen niet worden herleid tot het gebruik van één specifieke agrariër, omdat pesticiden via meerdere emissieroutes en over grotere afstand kunnen worden getransporteerd.
- Dit maakt een gebiedsbrede aanpak noodzakelijk. Door de menging van bronnen en windrichtingen is toekennen van een bron (i.e. een individueel agrarisch bedrijf) niet realistisch; een voortoets kan daarom alleen zinvol zijn op het niveau van het natuurgebied en het (agrarisch) landgebruik van het omliggende landschap.
- Er bestaan geen erkende wetenschappelijke methoden om effecten van pesticiden op Natura 2000-gebieden te kwantificeren. Hier is binnen dit rapport een aanzet voor gedaan voor bodemorganismen en bladbewonende geleedpotigen. Echter moet deze aanpak nog verder uitgewerkt worden voor deze groepen en overige taxonomische groepen, en verder gevalideerd worden.
- Een mogelijke beheeringreep is om ervoor te kiezen om overgangsgebieden te gaan implementeren om een reductie in zowel stikstof- als pesticiden-depositie te realiseren. Echter is het op dit moment nog onduidelijk hoe groot het gebied rond een Natura 2000-gebied zou moeten zijn om dit te realiseren.

Suggesties voor vervolgonderzoek

- Het expliciet definiëren en kwantificeren van beschermdoelen voor terrestrische ecosystemen in Natura 2000-gebieden.
- Onderzoek naar bron- en herkomstbepaling van aangetroffen stoffen, inclusief de inzet van tracers of markers in spuitvloeistoffen om verspreidingsroutes nauwkeurig te volgen.
- Nadere analyse van blootstellingsroutes (primair drift, secundaire emissie, her-emissie, atmosferisch transport), inclusief hun relatieve bijdrage aan belasting van Natura 2000-gebieden.
- Studie naar fysische en moleculaire processen van vervluchtiging en her-emissie, en naar de manier waarop pesticiden zich ophopen in vegetatie, boomschors en andere oppervlakken in de omgeving van landbouwpercelen.
- Verdieping van ecotoxicologische kennis over lage, chronische en sub-letale blootstelling, inclusief effecten op overleving, gedrag, voortplanting en gemeenschapsdynamiek.
- Het ontwikkelen van methoden om matrix specifieke concentraties (lucht, planten, bodem) te koppelen aan risico's voor specifieke soortgroepen.
- Onderzoek naar de impact van fungiciden op mycorrhiza-netwerken, bodemecologie en bredere bodemprocessen.
- Verdere uitwerking en aanvulling van ecotoxiciteitsgegevens voor alle terrestrische beschermdoelen:
 - vogels en zoogdieren,
 - reptielen en amfibieën,
 - terrestrische planten,
 - terrestrische niet-doelwit arthropoden blootgesteld via voedsel,
 - bodemorganismen,
 - schimmels, micro-organismen.

References

- Albaseer S.S., Jaspers V.L.B., Orsini L., Vlahos P., Al-Hazmi H.E., Hollert H., 2025. Beyond the field: How pesticide drift endangers biodiversity, *Environmental Pollution* 366, 125526, 10.1016/j.envpol.2024.125526
- Ali A.M., Darvishzadeh R., Skidmore A.K., van Duren I., 2017. Specific leaf area estimation from leaf and canopy reflectance through optimization and validation of vegetation indices. *Agricultural and forest meteorology*, 236, 162-174.
- Brühl C.A., Bakanov N., Köthe S., Eichler L., Sorg M., Hörren T., et al. (2021) Direct pesticide exposure of insects in nature conservation areas in Germany. *Scientific Reports* 11(1):24144.
- Buijs J., Mantingh M. (2020). Inventarisatie van de aanwezigheid en risico's van bestrijdingsmiddelen in begraasde natuurgebieden in Gelderland. *Toxicologische risico's voor mestkevers*
- Buijs J., Mantingh M. (2022). Onderzoek verspreiding bestrijdingsmiddelen in Drenthe en omstreken. *Evaluatie van 3 jaar onderzoek van bodem, vegetatie, mest en lucht (Meten = Weten)*
- Buijs J., Mantingh M., Nijland G. (2024). Een nevel van bestrijdingsmiddelen (Metten = Weten)
- Buijs J., Plantema O. (2025). Onderzoek naar de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in Natura 2000-gebieden in de Peel (WBdP)
- Ctgb. (2022, 30 maart). Appreciatie Ctgb evaluatierapport Meten=Weten januari 2022, brief aan de minister van LNV.
- Ctgb. Evaluation Manual Chapter 6. Ecotox Terrestrial Ecotoxicology: Non target arthropods and plants EU part em3.1 | Board for the Authorisation of Plant Protection Products and Biocides
- Ctgb. Evaluation Manual Chapter 7. Terrestrial ecotox Soil organisms EU part em2.5 | Board for the Authorisation of Plant Protection Products and Biocides
- Coscollà C., Colin P., Yahyaoui A., Petrique O., Yusà V., Mellouki A., et al. (2010) Occurrence of currently used pesticides in ambient air of Centre Region (France). *Atmospheric Environment* 44(32):3915-25.
- Drzyzga O., 2003. Diphenylamine and derivatives in the environment: a review, *Chemosphere*, 53 (8), 809-818, doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00613-1
- EFSA PPR Panel (2013). Guidance on tiered risk assessment for plant protection products for aquatic organisms in edge-of-field surface waters. *EFSA Journal*, 11(7), 3290. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3290>
- Hladik M.L., Kraus J.M., Smith C.D., Vandever M., Kolpin D.W., Givens C.E., et al. (2023) Wild Bee Exposure to Pesticides in Conservation Grasslands Increases along an Agricultural Gradient: A Tale of Two Sample Types. *Environmental Science & Technology* 57(1):321-30.
- Hofmann F., Schlechtriemen U., Kruse-Platz M., Wosniok W., 2019. Biomonitoring der Pestizid-Belastung der Luft mittels Luftgüte-Rindenmonitoring und Multi-Analytik auf > 500 PSM-Wirkstoffe sowie Glyphosat. *TIEM Integrierte Umweltüberwachung for: Bündnis für eine Enkeltaugliche Landwirtschaft e.V., Am See 1, 17440 Lassan.*
- Holterman H.J., ter Horst M. and Adriaanse P., 2025. Improving environmental risk assessment of pesticides: the need for advanced spray drift models in EU regulatory framework Exploring modelling approaches for spray drift deposition for downward spraying for use in off-crop exposure assessment. *EFSA Supporting publications*, 22, 9506E.
- Huang A., van den Brink N.W., Buijse L., Roessink I. and van den Brink P.J., 2021. The toxicity and toxicokinetics of imidacloprid and a bioactive metabolite to two aquatic arthropod species. *Aquatic Toxicology*, 235, 105837.
- Korkmaz S., Yamasan B.E. and Goksuluk D., 2025. PubChemR: Interface to the 'PubChem' Database for Chemical Data Retrieval.
- Kreuger J., Lindström B., 2019. Long-term monitoring of pesticides in air and atmospheric deposition in Sweden. IUPAC; Ghent, Belgium 20 May 2019. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Uppsala, Sweden
- Kruse-Platz M., Hofmann F., Wosniok W., Schlechtriemen U., Kohlschütter N., 2021. Pesticides and pesticide-related products in ambient air in Germany. *Environmental Sciences Europe* 33(1):114.

-
- Kubiak R., Bürkle L., Cousins I., Hourdakakis A., Jarvis T., Jene B., Koch W., Kreuger J., Maier W-M., Millet M., Reinert W., Sweeney P., Tournayre J-C. and Van den Berg F. 2008. Pesticides in Air: Considerations for Exposure Assessment". Report of the FOCUS Working Group on Pesticides in Air, EC Document Reference SANCO/10553/2006 Rev 2 June 2008. 327.
- Lenard A., Burns T., Hladik M.L., Keller K.E., Marcum S., Thogmartin W.E., et al. (2025) Pesticide contamination detected across five wildlife refuges in the Sacramento Valley of California. *Science of the Total Environment* 969, 178991.
- Lewis K.A., Tzilivakis, J., Warner, D. and Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4): 1050-1064. DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242
- Lewis, K. & Tzilivakis, J. (2017). Development of a data set of pesticide dissipation rates in/on various plant matrices for the Pesticide Properties DataBase (PPDB). *Data*, 2(3), 28. DOI: 10.3390/data2030028
- Montforts M.H.M.M., Bodar C.W.M., Smit C.E., Wezenbeek J.M., Rietveld A.G., 2019. Bestrijdingsmiddelen en omwonenden Samenvattend rapport over blootstelling en mogelijke gezondheidseffecten RIVM Rapport 2019-0052. doi.org/10.21945/RIVM-2019-0052
- Njattuvetty Chandran N., Fojtova D., Blahova L., Rozmankova E. and Blaha L., 2018. Acute and (sub)chronic toxicity of the neonicotinoid imidacloprid on *Chironomus riparius*. *Chemosphere*, 209, 568-577.
- Porskamp H.A.J., Michielsen J.M.G.P., Stallinga H., van Velde P., van de Zande J.C. (2003). Depositie en emissie bij bespuiting van aardappelen (No. P2003-37). IMAG.
- Provincie Noord-Brabant. (2025, 21 oktober). Statenmededeling: Aanpak overgangsgebieden rondom Natura 2000-gebieden (Documentnummer GS: 6193465 / PS: 6211270). 's-Hertogenbosch: Provincie Noord-Brabant.
- Rondeau G, Sánchez-Bayo F, Tennekes HA, Decourtye A, Ramírez-Romero R and Desneux N, 2014. Delayed and time-cumulative toxicity of imidacloprid in bees, ants and termites. *Scientific Reports*, 4, 5566.
- RIVM. (2020, 19 augustus). Memo Duiding van de herkomst van stoffen aangetroffen in Drentse Natura 2000 gebieden. <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2020-10/Bijlage%20memo%20Duiding%20MW%20Drenthe.pdf>
- Schoorl M., Hollander A., Van de Meent D. (2016). SimpleBox 4.0: A multimedia mass balance model for evaluating the fate of chemical substances.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2025). ECOTOXicology Knowledgebase (ECOTOX). Available: <https://cfpub.epa.gov/ecotox/>
- Van der Zande J., Michielsen J.M.G.P., Stallinga H., 2017. Spray drift exposure of bystanders and residents when spraying field crops. Wageningen Plant Research WPR-722 report doi.org/10.18174/440924
- Wickham H., 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.
- Wickham H., 2023. stringr: Simple, Consistent Wrappers for Common String Operations.
- Wickham H., Bryan J., 2023. readxl: Read Excel Files.
- Wickham H., François R., Henry L., Müller K. Vaughan D., 2023. dplyr: A Grammar of Data Manipulation.
- Wickham H., Vaughan D., Girlich M., 2024. tidyr: Tidy Messy Data.

Annex 1 Aantal stoffen per Natura 2000-gebied

Tabel S1 *Overzicht van het aantal fungiciden, herbiciden, en insecticiden aangetroffen in bodemonsters en plantenmonsters in de verschillende Natura 2000-gebieden. Daarnaast is het totaal aantal stoffen die is aangetroffen weergegeven, en is aangegeven hoeveel monsters er in de Natura 2000-gebieden zijn genomen.*

Locatie N2000	Matrix	Aantal fungiciden	Aantal herbiciden	Aantal insecticiden	Totaal aantal stoffen aangetroffen	Aantal monsters
Binnenveld	bodem	0	1	2	3	1
Binnenveld	planten	1	0	0	1	1
Borkeld	bodem	7	4	1	12	1
Borkeld	planten	5	1	2	8	1
Coepelduynen	bodem	1	4	1	6	1
Coepelduynen	planten	2	4	1	7	1
De Banen	planten	36	17	12	65	3
De Wieden	bodem	13	3	3	20	2
De Wieden	planten	8	4	2	15	2
Deurnsche Peel	planten	16	8	3	27	2
Drents-Friese Wold & Legelderveld	bodem	0	0	1	10	3
Drents-Friese Wold & Legelderveld	planten	29	15	4	55	9
Drentsche Aa	planten	23	23	7	53	6
Dwingelderveld	bodem	0	1	2	4	1
Dwingelderveld	planten	58	44	9	115	11
Groote Peel	bodem	10	1	2	13	1
Groote Peel	planten	24	16	9	49	4
Holtingerveld	bodem	5	3	1	10	1
Holtingerveld	planten	18	13	4	35	4
Kennemerland-Zuid	bodem	2	3	0	5	1
Korenburerveen	bodem	1	1	0	3	1
Korenburerveen	planten	2	2	0	5	1
Loonse & Drunense Duinen	bodem	10	1	4	15	1
Loonse & Drunense Duinen	planten	11	1	4	16	1
Mantingerzand	bodem	6	2	2	10	1
Mantingerzand	planten	0	2	0	2	1
Mariapeel	planten	23	13	3	39	2
Rijntakken	bodem	9	1	4	15	2
Rijntakken	planten	3	3	1	8	2
Veluwe	bodem	18	3	2	28	6
Veluwe	planten	53	66	21	144	22

Annex 2 Aangetroffen stoffen in bodemonsters

Tabel S2 Een overzicht van de aangetroffen stoffen in bodemonsters (freq = aantal locaties met detectie > LOQ). Zeer hoge vluchtigheid ($V_p > 1$, maar ook stoffen binnen een factor 2 van die arbitraire grens), persistentie in bodem (>90 dagen), en sterk adsorptief ($K_{oc} > 1000$) zijn aangeduid met grijze achtergrond.

Werkzame stof	Type pesticide	freq	Vapour pressure at 20 degC (mPa)	Koc (ml/g)	Kfoc (ml/g)	Soil DT50 - Lab (days)	Soil DT50 - Field (days)	Dissipation rate RL50 on plant matrix	Dissipation rate RL50 on and in plant matrix	Vluchtig $V_p > 0.5$	Sterk adsorptief $K(f)_{oc} > 1000$	Persistent DT50 > 90d
Anthraquinone	traffic/bird repellent	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
Biphenyl	fungicide	9	1238	2085	NA	NA	NA	NA	NA	Vluchtig	Sorptief	
Chlorpropham	herbicide	4	24	470	418	13,1	NA	NA	NA			
BAC-12	biocide	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		(Sorptief)	
BAC-14	biocide	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		(Sorptief)	
DDAC	biocide	3	0,0059	NA	1470000	NA	NA	NA	NA		Sorptief	
Diphenylamine	fungicide	3	85,2	4104	NA	NA	NA	NA	NA	Vluchtig	Sorptief	
o,p'-DDT	insecticide met.	3	NA	151000	NA	2000	NA	NA	NA		Sorptief	Persistent
Azoxystrobin	fungicide	1	1,10E-07	589	423	84,5	180,7	7,6	8			Persistent
Boscalid	fungicide	1	0,00072	NA	772	484,4	254	6,9	6.3			Persistent
Dieldrin	insecticide	1	0,024	12000	NA	2000	NA	6,8	6		Sorptief	Persistent
Difenoconazole	fungicide	1	3,33E-05	NA	3522	133	91,8	8,1	7.7			Persistent
Epoxiconazole	fungicide	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
Glyphosate	herbicide	1	0,0131	1424	4348	17,3	6,45	NA	10.6		Sorptief	
Isoxaben	herbicide	1	0,00055	909	354	301	123	6,7	3.8		Sorptief	Persistent
Metamitron	herbicide	1	0,000744	77,7	86,4	19	11,1	NA	NA			
Metolachlor-s	herbicide	1	3,7	NA	200,2	51,8	23,17	NA	11.6	Vluchtig		
hexachlorobenzene	fungicide	1	1,45	50000	NA	NA	NA	NA	9.7	Vluchtig	Sorptief	

Tabel S3 Een overzicht van de aangetroffen stoffen in bodemonsters (freq = aantal locaties met detectie > LOQ), en hun huidige toelatingsstatus binnen Nederland (NL) en de EU (EC_Regulation_1107/2009_status status; Date_EC_1107/2009_inclusion_expires). Daarnaast staat er aangegeven of de stof een candidate of substitution betreft.

Werkzame stof	Type pesticide	freq	NL	EC_Regulation_1107/ 2009_status	Date_EC_1107/ 2009_inclusion_expires ^(a)	Candidate for substitution
Anthraquinone	traffic/bird repellent	10	NA	NA	NA	NA
Biphenyl	fungicide	9	NA	Not approved	Expired	NA
Chlorpropham	herbicide	4	NA	Not approved	Expired	NA
BAC-12	biocide	3	NA	Not approved	Expired	NA
BAC-14	biocide	3	NA	Not approved	Expired	NA
DDAC	biocide	3	NA	Not approved	Expired	NA
Diphenylamine	fungicide	3	NA	Not approved	Not applicable	NA
o,p'-DDT	insecticide met.	3	NA	Not approved	Not applicable	NA
Azoxystrobin	fungicide	1	1	Approved	31-5-2027	NA
Boscalid	fungicide	1	1	Approved	15-4-2026	NA
Dieldrin	insecticide	1	NA	Not approved	Not applicable	NA
Difenoconazole	fungicide	1	1	Approved	15-3-2026	two PBT criteria
Epoxiconazole	fungicide	1	NA	NA	NA	endocrine disrupting properties, toxic for reproduction 1A / 1B, two PBT criteria
Glyphosate	herbicide	1	1	Approved	15-12-2033	NA
Isoxaben	herbicide	1	1	Approved	31-1-2027	NA
Metamitron	herbicide	1	1	Approved	30-11-2026	NA
Metolachlor-s	herbicide	1	1	Not approved	NA	NA
hexachlorobenzene	fungicide	1	NA	Not approved	Expired	NA

(a) "Date_EC_1107/2009_inclusion_expires" betekent niet dat de stof dan van de markt gaat, maar dan staat herbeoordeling gepland wat mogelijk kan leiden tot hernieuwing van toelating.

Annex 3 Aangetroffen stoffen in plantenmonsters

Tabel S4 Een overzicht van de aangetroffen stoffen in plantenmonsters (freq = aantal locaties met detectie > LOQ). Zeer hoge vluchtigheid ($V_p > 1$, maar ook stoffen binnen een factor 2 van die arbitraire grens), persistentie in bodem (>100 dagen), en sterk adsorptief ($K_{oc} > 1000$) zijn aangeduid met grijze achtergrond.

Active substance	Type pesticide	freq	Vapour pressure at 20 degC (mPa)	Koc (ml/g)	Kfoc (ml/g)	Soil DT50 - Lab (days)	Soil DT50 - Field (days)	Dissipation rate RL50 on plant matrix	Dissipation rate RL50 on and in plant matrix	Vluchtig $V_p > 0.5$	Sterk adsorptief $K_{oc} > 1000$	Persistent DT50 > 90d
Prosulfocarb	herbicide	49	7,90E-01	NA	1693	11,9	9,8	NA	NA	Vluchtig	Sorptief	
Phthalimide	fungicide	39	1,40E-03	209	127	1,3	NA	NA	NA			
Fluopyram	fungicide	38	1,20E-03	NA	278,9	309	118,8	NA	6			Persistent
Chlorpropham	herbicide	33	2,40E+01	470	418	13,1	NA	NA	NA	Vluchtig		
Pendimethalin	herbicide	32	3,34E+00	17491	13792	182,3	100,6	12	8	Vluchtig	Sorptief	Persistent
DEET	insecticide	29	NA	277	NA	NA	NA	NA	NA			
Prothioconazole-desthio	fungicide met.	26	1,00E-07	NA	575,4	215	25	NA	NA			Persistent
Phenylphenol-2	fungicide	24	4,74E+02	NA	347	0,14	NA	NA	NA	Vluchtig		
Diphenylamine	fungicide	19	8,52E+01	4104	NA	NA	NA	NA	NA	Vluchtig	Sorptief	
Fluopicolide	fungicide	18	3,03E-04	NA	321,1	270,8	138,8	4,3	7.4			Persistent
Difenoconazole	fungicide	17	3,33E-05	NA	3522	133	91,8	8,1	7.7		Sorptief	Persistent
Anthraquinone	traffic/bird repellent	14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
Flufenacet	herbicide	14	9,00E-02	401	221,25	12,1	35,7	NA	NA			
Triallate	herbicide	13	1,20E+01	3034	4301	58,3	46	NA	NA	Vluchtig	Sorptief	
Biphenyl	fungicide	12	1,24E+03	2085	NA	NA	NA	NA	NA	Vluchtig	Sorptief	
Fluazinam	fungicide	12	1,72E-02	16430	1958	124	25,9	7,4	NA		Sorptief	Persistent
Aclonifen	herbicide	11	1,60E-02	NA	7126	62,3	80,4	NA	NA		Sorptief	
Cyprodinil	fungicide	10	5,10E-01	NA	2277	53	45	8,3	8	Vluchtig	Sorptief	
Propyzamide	herbicide	9	5,80E-02	840	1626	50,5	NA	NA	63.8		Sorptief	
Phenmedipham	herbicide	8	7,00E-07	1775	1142	12	16,7	NA	NA		Sorptief	
Terbuthylazine	herbicide	8	1,52E-01	NA	231	72	21,8	NA	NA			

Active substance	Type pesticide	freq	Vapour pressure at 20 degC (mPa)	Koc (ml/g)	Kfoc (ml/g)	Soil DT50 - Lab (days)	Soil DT50 - Field (days)	Dissipation rate RL50 on plant matrix	Dissipation rate RL50 on and in plant matrix	Vluchtig Vp>0.5	Sterk adsorptief Koc>1000	Persistent DT50 >90d
Dimethenamid	herbicide	7	3,70E-01	NA	69	13	13	NA	NA			
Flutolanil	fungicide	7	4,10E-04	NA	735	400	105	NA	29.3			Persistent
Fluroxypyr	herbicide	6	3,80E-06	NA	68	1	3	NA	5.5			
Fosthiazate	insecticide	6	5,60E-01	239	55,6	26,8	10,3	NA	1.7			
Metolachlor-s	herbicide	6	3,70E+00	NA	200,2	51,8	23,17	NA	11.6	Vluchtig		
Piperonyl-butoxide	insecticide	6	2,00E-02	89125	NA	NA	NA	14,3	NA			
Propamocarb hydrochloride	fungicide	6	8,10E-02	NA	706	22,3	20	NA	7.7			
Azoxystrobin	fungicide	5	1,10E-07	589	423	84,5	180,7	7,6	8			Persistent
MPPA	herbicide met.	5	NA	NA	NA	8,5	NA	NA	NA			
Pyraclostrobin	fungicide	5	2,60E-05	9304	9315	41,9	33,3	5	8		Sorptief	
Tebuconazole	fungicide	5	1,30E-03	NA	769	365	47,1	2,7	9.9			Persistent
Trifloxystrobin	fungicide	5	3,40E-03	NA	2287	0,34	1,69	4,3	4.8		Sorptief	
Diflufenican	herbicide	4	4,25E-03	5504	2215	94,5	166,6	NA	NA		Sorptief	Persistent
Flonicamid	insecticide	4	2,55E-03	5,4	NA	0,93	3,1	NA	22.1			
Fludioxonil	fungicide	4	3,90E-04	145600	2792	234,1	16	9,7	12.1		Sorptief	Persistent
Glyphosate	herbicide	4	1,31E-02	1424	4348	17,3	6,45	NA	10.6		Sorptief	
Pyrimethanil	fungicide	4	1,10E+00	NA	355,7	50,9	31,4	6,4	14.3	Vluchtig		
3,4,5-Trimethacarb	insecticide	3	6,80E+00	400	NA	60	50	NA	NA	Vluchtig		
Boscalid	fungicide	3	7,20E-04	NA	772	484,4	254	6,9	6.3			Persistent
Etofenprox	insecticide	3	8,13E-04	17757	NA	16	NA	NA	4.01		Sorptief	
Fenpropidin	fungicide	3	1,70E+01	71790	18088	93,1	49,2	NA	3.2	Vluchtig	Sorptief	Persistent
MCPA	herbicide	3	4,00E-01	73,88	57,96	12,07	25	NA	4.2			
Penconazole	fungicide	3	3,66E-01	NA	2205	117,2	89,7	65,6	6.28		Sorptief	Persistent
Phoxim	insecticide	3	2,10E+00	NA	1148	NA	NA	0,24	1.7	Vluchtig	Sorptief	
Ametoctradin	fungicide	2	2,10E-07	7713	3779	1,8	19,7	NA	NA		Sorptief	
Cypermethrin	insecticide	2	6,78E-03	307558	NA	22,1	21,9	5,1	4.5		Sorptief	
DDAC	biocide	2	5,90E-03	NA	1470000	NA	NA	NA	NA		Sorptief	
Epoxiconazole	fungicide	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
Fluxapyroxad	fungicide	2	2,70E-06	NA	728	183	181,5	NA	10.8			Persistent
Mandipropamid	fungicide	2	9,40E-04	NA	847	49,1	13,6	NA	5			

Active substance	Type pesticide	freq	Vapour pressure at 20 degC (mPa)	Koc (ml/g)	Kfoc (ml/g)	Soil DT50 - Lab (days)	Soil DT50 - Field (days)	Dissipation rate RL50 on plant matrix	Dissipation rate RL50 on and in plant matrix	Vluchtig Vp>0.5	Sterk adsorptief Koc>1000	Persistent DT50 >90d
Metobromuron	herbicide	2	1,44E-01	197	160	34,3	22,4	NA	NA			
Permethrin	insecticide	2	7,00E-03	100000	NA	13	42	6,7	11.1		Sorptief	
Phthalimide	fungicide	2	1,40E-03	209	127	1,3	NA	NA	NA			
BAC-12	biocide	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
BAC-14	biocide	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
Buprofezin	insecticide	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
Chloridazon	herbicide	1	1,00E-06	120	199	43,1	18,6	NA	NA			
Clothianidine	insecticide	1	3,80E-08	123	160	545	121,2	NA	16.6			Persistent
Cyflumetofen	insecticide	1	5,90E-03	173900	NA	8,8	NA	NA	1.19		Sorptief	
Dimethomorph	fungicide	1	9,70E-04	NA	419,4	72,7	44	NA	4.9			
Dodemorph	fungicide	1	4,80E-01	NA	25200	41	NA	NA	NA		Sorptief	
Etoxazole	insecticide	1	7,00E-03	NA	6650	19,31	7,33	NA	4.2		Sorptief	
Fenpropimorph	fungicide	1	3,50E+00	NA	4382	19,6	25,5	2,2	NA	Vluchtig	Sorptief	
Fipronil	insecticide	1	2,00E-03	NA	727	142	65	3,3	5.66			Persistent
Fipronil-sulfone	insecticide	1	NA	4209	4207	347	266	NA	NA		Sorptief	Persistent
Fluazifop-p-butyl	herbicide	1	1,20E-01	3394	NA	1	8,2	NA	3.9		Sorptief	
Fluoxastrobin	fungicide	1	5,60E-07	NA	848	58,8	52,6	NA	NA			
Isoxaben	herbicide	1	5,50E-04	909	354	301	123	6,7	3.8			Persistent
Lambda-cyhalothrin	insecticide	1	2,00E-04	283707	290311	175	26,9	21,5	5.3		Sorptief	Persistent
Metribuzine	herbicide	1	1,21E-01	NA	48,3	7,03	19	NA	NA			
Phenmedipham	fungicide	1	7,00E-07	1775	1142	12	16,7	NA	NA		Sorptief	
Pirimicarb	insecticide	1	4,30E-01	NA	166,8	73,6	9	NA	5.5			
Pyridaben	insecticide	1	1,00E-03	NA	66503	106	29	NA	6		Sorptief	Persistent
Teflubenzuron	insecticide	1	9,16E-04	26062	NA	92,1	13,7	24,5	9.4		Sorptief	Persistent
Terbutylazine-desethyl	herbicide met.	1	3,50E-01	NA	78	54	28,6	NA	NA			

Tabel S5 Een overzicht van de aangetroffen stoffen in plantenmonsters (freq = aantal locaties met detectie > LOQ), en hun huidige toelatingsstatus binnen Nederland (NL) en de EU (EC_Regulation_1107/2009_status status; Date_EC_1107/2009_inclusion_expires). Daarnaast staat er aangegeven of de stof een candidate of substitution betreft.

Active substance	Type pesticide	freq	NL	EC_Regulation_1107/2009_statuses	Date_EC_1107/2009_inclusion_expires	Candidate for substitution
Prosulfocarb	herbicide	49	1	Approved	31-1-2027	NA
Phthalimide	fungicide	39	NA	Not applicable	Not applicable	NA
Fluopyram	fungicide	38	1	Approved	31/06/2026	NA
Chlorpropham	herbicide	33	NA	Not approved	Expired	NA
Pendimethalin	herbicide	32	1	Approved	15-1-2027	two PBT criteria
DEET	insecticide	29	NA	Not approved	Not applicable	NA
Prothioconazole-desthio	fungicide met.	26	NA	Not applicable	Not applicable	NA
Phenylphenol-2	fungicide	24	NA	Approved	15-11-2027	NA
Diphenylamine	fungicide	19	NA	Not approved	Not applicable	NA
Fluopicolide	fungicide	18	1	Approved	31-8-2026	two PBT criteria
Difenoconazole	fungicide	17	1	Approved	15-3-2026	two PBT criteria
Anthraquinone	traffic/bird repellent	14	NA	NA	NA	NA
Flufenacet	herbicide	14	1	Approved	15-6-2025	two PBT criteria
Triallate	herbicide	13	1	Approved	31-3-2027	two PBT criteria
Biphenyl	fungicide	12	NA	Not approved	Expired	NA
Fluazinam	fungicide	12	1	Approved	15-4-2026	NA
Aclonifen	herbicide	11	1	Approved	31-10-2026	two PBT criteria
Cyprodinil	fungicide	10	1	Approved	15-3-2025	two PBT criteria
Propyzamide	herbicide	9	1	Approved	30-6-2025	two PBT criteria
Phenmedipham	herbicide	8	1	Approved	15-2-2025	NA
Terbuthylazine	herbicide	8	1	Approved	31-5-2027	NA
Dimethenamid	herbicide	7	NA	Not approved	Expired	NA
Flutolanil	fungicide	7	1	Approved	15-6-2025	NA
Fluroxypyr	herbicide	6	1	Approved	15-2-2027	NA
Fosthiazate	insecticide	6	1	Approved	31-1-2027	NA
Metolachlor-s	herbicide	6	1	Not approved	NA	NA

Active substance	Type pesticide	freq	NL	EC_Regulation_1107/2009_statuses	Date_EC_1107/2009_inclusion_expire	Candidate for substitution
Piperonyl-butoxide	insecticide	6	NA	Not applicable - not a ppp. May be authorised at national level under different legislation	Not applicable	NA
Propamocarb hydrochloride	fungicide	6	1	Approved	15-6-2025	NA
Azoxystrobin	fungicide	5	1	Approved	31-5-2027	NA
MPPA	herbicide met.	5	NA	Not applicable	Not applicable	NA
Pyraclostrobin	fungicide	5	1	Approved	15-9-2025	NA
Tebuconazole	fungicide	5	1	Approved	15-8-2026	two PBT criteria
Trifloxystrobin	fungicide	5	1	Approved	31-7-2033	NA
Diflufenican	herbicide	4	1	Approved	15-1-2026	two PBT criteria
Flonicamid	insecticide	4	1	Approved	30-11-2026	NA
Fludioxonil	fungicide	4	1	Approved	15-6-2025	two PBT criteria
Glyphosate	herbicide	4	1	Approved	15-12-2033	NA
Pyrimethanil	fungicide	4	1	Approved	15-3-2025	NA
3,4,5-Trimethacarb	insecticide	3	NA	Not approved	Not applicable	NA
Boscalid	fungicide	3	1	Approved	15-4-2026	NA
Etofenprox	insecticide	3	NA	Approved	31-3-2027	two PBT criteria
Fenpropidin	fungicide	3	1	Approved	15-5-2027	NA
MCPA	herbicide	3	1	Approved	15-8-2026	NA
Penconazole	fungicide	3	1	Approved	15-10-2026	NA
Phoxim	insecticide	3	NA	Not approved	Expired	NA
Ametoctradin	fungicide	2	1	Approved	31-12-2025	NA
Cypermethrin	insecticide	2	1	Approved	31-1-2029	non-active isomers
DDAC	biocide	2	NA	Not approved	Expired	NA
Epoxiconazole	fungicide	2	NA	NA	NA	endocrine disrupting properties, toxic for reproduction 1A / 1B, two PBT criteria
Fluxapyroxad	fungicide	2	1	Approved	31-5-2025	NA
Mandipropamid	fungicide	2	1	Approved	31-12-2025	NA
Metobromuron	herbicide	2	1	Approved	31-5-2027	NA
Permethrin	insecticide	2	NA	Not approved	Expired	NA
Phtalimide	fungicide	2	NA	Not applicable	Not applicable	NA
BAC-12	biocide	1	NA	Not approved	Expired	NA

Active substance	Type pesticide	freq	NL	EC_Regulation_1107/2009_statuses	Date_EC_1107/2009_inclusion_expires	Candidate for substitution
BAC-14	biocide	1	NA	Not approved	Expired	NA
Buprofezin	insecticide	1	NA	NA	NA	NA
Chloridazon	herbicide	1	1	Not approved	Not applicable	NA
Clothianidine	insecticide	1	1	Not approved	Not applicable	NA
Cyflumetofen	insecticide	1	1	Approved	31-10-2025	NA
Dimethomorph	fungicide	1	1	Not approved	NA	NA
Dodemorph	fungicide	1	NA	Not approved	Not applicable	NA
Etoxazole	insecticide	1	1	Approved	31-1-2028	two PBT criteria
Fenpropimorph	fungicide	1	1	Not approved	Expired	NA
Fipronil	insecticide	1	1	Not approved	Not applicable	low ADI / ARfD / AOEL
Fipronil-sulfone	insecticide	1	NA	Not applicable	Not applicable	NA
Fluazifop-p-butyl	herbicide	1	1	Approved	31-5-2026	NA
Fluoxastrobin	fungicide	1	1	Approved	15-6-2025	NA
Isoxaben	herbicide	1	1	Approved	31-1-2027	NA
Lambda-cyhalothrin	insecticide	1	1	Approved	31-8-2026	low ADI / ARfD / AOEL, two PBT criteria
Metribuzine	herbicide	1	1	Approved	15-2-2025	two PBT criteria
Phenmedipham	fungicide	1	1	Approved	15-2-2025	NA
Pirimicarb	insecticide	1	1	Approved	15-3-2025	two PBT criteria
Pyridaben	insecticide	1	1	Approved	31-7-2026	NA
Teflubenzuron	insecticide	1	1	Not approved	Expired	NA
Terbutylazine-desethyl	herbicide met.	1	NA	Not applicable	Not applicable	NA

Annex 4 EPA ECOTOX database resterende groepen

Tabel S6 Resultaat van de quickscan uitgevoerd naar andere organismegroepen in de US EPA ECOTOX database.

CASNumber	Species Scientific Name	Endpoint	Species Kingdom	Aantal waarden	Stofnaam
188425856	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC50	Animalia	1	boscalid
188425856	<i>Colinus virginianus</i>	LC50	Animalia	1	boscalid
188425856	<i>Colinus virginianus</i>	LD50	Animalia	1	boscalid
188425856	<i>Anas platyrhynchos</i>	NOEL	Animalia	1	boscalid
188425856	<i>Colinus virginianus</i>	NOEL	Animalia	3	boscalid
121552612	<i>Colinus virginianus</i>	LC50	Animalia	2	cyprodinil
121552612	<i>Anas platyrhynchos</i>	LD50	Animalia	1	cyprodinil
121552612	<i>Colinus virginianus</i>	LD50	Animalia	1	cyprodinil
121552612	<i>Anas platyrhynchos</i>	NOEL	Animalia	1	cyprodinil
121552612	<i>Colinus virginianus</i>	NOEL	Animalia	3	cyprodinil
79622596	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC50	Animalia	1	fluazinam
79622596	<i>Colinus virginianus</i>	LC50	Animalia	1	fluazinam
79622596	<i>Anas platyrhynchos</i>	LD50	Animalia	1	fluazinam
79622596	<i>Colinus virginianus</i>	LD50	Animalia	1	fluazinam
79622596	<i>Anas platyrhynchos</i>	NOEL	Animalia	3	fluazinam
79622596	<i>Canis familiaris</i>	NOEL	Animalia	2	fluazinam
79622596	<i>Colinus virginianus</i>	NOEL	Animalia	3	fluazinam
79622596	<i>Rattus norvegicus</i>	NOEL	Animalia	4	fluazinam
239110157	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC50	Animalia	1	fluopicolide
239110157	<i>Colinus virginianus</i>	LC50	Animalia	1	fluopicolide
239110157	<i>Anas platyrhynchos</i>	LD50	Animalia	1	fluopicolide
239110157	<i>Colinus virginianus</i>	LD50	Animalia	1	fluopicolide
239110157	<i>Colinus virginianus</i>	NOEC	Animalia	2	fluopicolide
239110157	<i>Anas platyrhynchos</i>	NOEL	Animalia	2	fluopicolide
239110157	<i>Colinus virginianus</i>	NOEL	Animalia	2	fluopicolide
658066354	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC50	Animalia	1	fluopyram
658066354	<i>Colinus virginianus</i>	LC50	Animalia	1	fluopyram
658066354	<i>Colinus virginianus</i>	LD50	Animalia	1	fluopyram
658066354	<i>Anas platyrhynchos</i>	NOEL	Animalia	2	fluopyram
658066354	<i>Colinus virginianus</i>	NOEL	Animalia	5	fluopyram
40487421	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC50	Animalia	1	pendimethalin
40487421	<i>Colinus virginianus</i>	LC50	Animalia	1	pendimethalin
40487421	<i>Anas platyrhynchos</i>	LD50	Animalia	1	pendimethalin
40487421	<i>Anas platyrhynchos</i>	NOEL	Animalia	2	pendimethalin
40487421	<i>Colinus virginianus</i>	NOEL	Animalia	1	pendimethalin
40487421	<i>Rattus norvegicus</i>	NOEL	Animalia	2	pendimethalin
24579735	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC50	Animalia	1	propamocarb
24579735	<i>Colinus virginianus</i>	LC50	Animalia	1	propamocarb
24579735	<i>Colinus virginianus</i>	LD50	Animalia	1	propamocarb
24579735	<i>Anas platyrhynchos</i>	NOEL	Animalia	3	propamocarb
24579735	<i>Colinus virginianus</i>	NOEL	Animalia	2	propamocarb
25606411	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC50	Animalia	1	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Colinus virginianus</i>	LC50	Animalia	1	propamocarb hydrochloride

CASNumber	Species Scientific Name	Endpoint	Species Kingdom	Aantal waarden	Stofnaam
25606411	<i>Colinus virginianus</i>	LD50	Animalia	1	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Phasianus colchicus</i>	LD50	Animalia	1	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Colinus virginianus</i>	NOEC	Animalia	1	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Anas platyrhynchos</i>	NOEL	Animalia	1	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Colinus virginianus</i>	NOEL	Animalia	3	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Phasianus colchicus</i>	NOEL	Animalia	1	propamocarb hydrochloride
107534963	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC50	Animalia	1	tebuconazole
107534963	<i>Colinus virginianus</i>	LC50	Animalia	1	tebuconazole
107534963	<i>Colinus virginianus</i>	LD50	Animalia	1	tebuconazole
107534963	<i>Alectoris rufa</i>	NOEL	Animalia	4	tebuconazole
107534963	<i>Anas platyrhynchos</i>	NOEL	Animalia	1	tebuconazole
107534963	<i>Artibeus lituratus</i>	NOEL	Animalia	2	tebuconazole
107534963	<i>Colinus virginianus</i>	NOEL	Animalia	3	tebuconazole
40487421	<i>Phomopsis amaranthicola</i>	LD50	Fungi	2	pendimethalin
188425856	<i>Brassica napus</i>	NOEL	Plantae	3	boscalid
188425856	<i>Brassica oleracea</i>	NOEL	Plantae	2	boscalid
188425856	<i>Glycine max</i>	NOEL	Plantae	2	boscalid
188425856	<i>Lactuca sativa</i>	NOEL	Plantae	1	boscalid
188425856	<i>Lolium perenne</i>	NOEL	Plantae	1	boscalid
188425856	<i>Phaseolus vulgaris</i>	NOEL	Plantae	4	boscalid
188425856	<i>Solanum lycopersicum var. lycopersicum</i>	NOEL	Plantae	1	boscalid
188425856	<i>Zea mays</i>	NOEL	Plantae	3	boscalid
79622596	<i>Ranunculus aquatilis var. diffusus</i>	EC50	Plantae	12	fluazinam
79622596	<i>Daucus carota ssp. sativus</i>	NOEL	Plantae	1	fluazinam
79622596	<i>Solanum tuberosum</i>	NOEL	Plantae	1	fluazinam
79622596	<i>Zea mays</i>	NOEL	Plantae	8	fluazinam
239110157	<i>Lolium perenne</i>	NOEL	Plantae	1	fluopicolide
658066354	<i>Fagopyrum esculentum</i>	NOEL	Plantae	1	fluopyram
40487421	<i>Abutilon theophrasti</i>	EC50	Plantae	6	pendimethalin
40487421	<i>Alopecurus myosuroides</i>	ED50	Plantae	8	pendimethalin
40487421	<i>Setaria viridis</i>	ED50	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Triticum aestivum</i>	ED50	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Lolium rigidum</i>	LD50	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Lactuca sativa</i>	NOEC	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Panicum virgatum</i>	NOEC	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Acer pseudoplatanus</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Ageratum houstonianum</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Allium cepa</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Allium porrum</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Alnus rubra</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Amorphophallus konjac</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Arachniodes simplicior</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Asparagus densiflorus</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Avena sativa</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Basella alba</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Begonia cucullata</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Bellis perennis</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Betula pendula</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin

CASNumber	Species Scientific Name	Endpoint	Species Kingdom	Aantal waarden	Stofnaam
40487421	<i>Brassica juncea</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Brassica rapa</i> var. <i>rapa</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Buxus microphylla</i>	NOEL	Plantae	6	pendimethalin
40487421	<i>Calendula officinalis</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Camelina sativa</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Carex pansa</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Carthamus tinctorius</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Celosia argentea</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Centaurea cyanus</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Citrullus lanatus</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Citrus aurantium</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Citrus reticulata</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Corchorus olitorius</i>	NOEL	Plantae	4	pendimethalin
40487421	<i>Coriandrum sativum</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Cucumis sativus</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Cucurbita pepo</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Cynodon dactylon</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Cyrtomium falcatum</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Desmanthus virgatus</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Dichondra micrantha</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Dryopteris erythrosora</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Dryopteris ludoviciana</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Dypsis lutescens</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Echinochloa crus-galli</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Eleusine indica</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Eremochloa ophiuroides</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Euphorbia lagascae</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Fagus sylvatica</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Fallopia convolvulus</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Foeniculum vulgare</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Fraxinus excelsior</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Gladiolus</i> sp.	NOEL	Plantae	4	pendimethalin
40487421	<i>Gladiolus x gandavensis</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Glycine max</i>	NOEL	Plantae	5	pendimethalin
40487421	<i>Helianthus annuus</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Hemerocallis</i> sp.	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Hibiscus cannabinus</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Hibiscus trionum</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Ilex cornuta</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Ilex crenata</i>	NOEL	Plantae	5	pendimethalin
40487421	<i>Ilex</i> sp.	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Ilex x attenuata</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Impatiens walleriana</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Inula helenium</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Ipomoea biflora</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Ipomoea hederacea</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Iris</i> sp.	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Juniperus conferta</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Juniperus horizontalis</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Juniperus</i> sp.	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Kalmia latifolia</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Lagerstroemia</i> sp.	NOEL	Plantae	1	pendimethalin

CASNumber	Species Scientific Name	Endpoint	Species Kingdom	Aantal waarden	Stofnaam
40487421	<i>Lantana camara</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Lens culinaris</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Leucothoe fontanesiana</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Ligustrum lucidum</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Limonium sinuatum</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Liriope muscari</i>	NOEL	Plantae	4	pendimethalin
40487421	<i>Lolium perenne</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Lupinus albus</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Lupinus sp.</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Magnoliopsida</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Malus pumila</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Melochia corchorifolia</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Narcissus sp.</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Nepeta cataria</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Nicotiana glauca</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Oenothera biennis</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Ophiopogon japonicus</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Origanum vulgare</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Oryza sativa</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Pelargonium sp.</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Phoenix roebelenii</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Photinia x fraseri</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Picea abies</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Pinus sylvestris</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Pisum sativum</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Pisum sp.</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Pittosporum tobira</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Plantae</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Polystichum polyblepharum</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Populus balsamifera ssp. trichocarpa</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Populus x canadensis</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Prunus avium</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Prunus persica</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Quercus robur</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Quercus virginiana</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Rhododendron catawbiense</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Rhododendron obtusum</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Rhododendron sp.</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Rutaceae</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Saccharum sp.</i>	NOEL	Plantae	5	pendimethalin
40487421	<i>Salix burjatica</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Salix viminalis</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Salvia officinalis</i>	NOEL	Plantae	3	pendimethalin
40487421	<i>Sesamum indicum</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Sesbania herbacea</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Sinapis arvensis</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Solanum lycopersicum var. lycopersicum</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Solidago canadensis</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Tagetes patula</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Trifolium alexandrinum</i>	NOEL	Plantae	4	pendimethalin
40487421	<i>Trifolium subterraneum</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin

CASNumber	Species Scientific Name	Endpoint	Species Kingdom	Aantal waarden	Stofnaam
40487421	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	NOEL	Plantae	7	pendimethalin
40487421	<i>Triticum aestivum</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Triticum sp.</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Tulipa sp.</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Ullucus tuberosus</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Viburnum utile</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Vicia faba</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Washingtonia robusta</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Xanthium strumarium</i>	NOEL	Plantae	2	pendimethalin
40487421	<i>Zea mays</i>	NOEL	Plantae	4	pendimethalin
40487421	<i>Zingiber mioga</i>	NOEL	Plantae	1	pendimethalin
40487421	<i>Zoysia sp.</i>	NOEL	Plantae	4	pendimethalin
25606411	<i>Avena sativa</i>	NOEL	Plantae	3	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Brassica oleracea</i>	NOEL	Plantae	1	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Cucumis sativus</i>	NOEL	Plantae	1	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Cynara cardunculus</i>	NOEL	Plantae	2	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Daucus carota</i>	NOEL	Plantae	1	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Glycine max</i>	NOEL	Plantae	2	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Solanum lycopersicum var. lycopersicum</i>	NOEL	Plantae	1	propamocarb hydrochloride
25606411	<i>Zea mays</i>	NOEL	Plantae	1	propamocarb hydrochloride
107534963	<i>Allium cepa</i>	NOEL	Plantae	1	tebuconazole
107534963	<i>Avena sativa</i>	NOEL	Plantae	1	tebuconazole
107534963	<i>Bidens laevis</i>	NOEL	Plantae	9	tebuconazole
107534963	<i>Brassica napus</i>	NOEL	Plantae	9	tebuconazole
107534963	<i>Brassica rapa</i>	NOEL	Plantae	5	tebuconazole
107534963	<i>Cicer arietinum</i>	NOEL	Plantae	19	tebuconazole
107534963	<i>Eucalyptus sp.</i>	NOEL	Plantae	6	tebuconazole
107534963	<i>Glycine max</i>	NOEL	Plantae	26	tebuconazole
107534963	<i>Iris pseudacorus</i>	NOEL	Plantae	1	tebuconazole
107534963	<i>Lolium perenne</i>	NOEL	Plantae	2	tebuconazole
107534963	<i>Mentha x gracilis</i>	NOEL	Plantae	2	tebuconazole
107534963	<i>Olea europaea</i>	NOEL	Plantae	1	tebuconazole
107534963	<i>Phragmites australis</i>	NOEL	Plantae	1	tebuconazole
107534963	<i>Solanum lycopersicum var. lycopersicum</i>	NOEL	Plantae	5	tebuconazole
107534963	<i>Triticum aestivum</i>	NOEL	Plantae	5	tebuconazole
107534963	<i>Typha latifolia</i>	NOEL	Plantae	1	tebuconazole
107534963	<i>Zea mays</i>	NOEL	Plantae	4	tebuconazole

Annex 5 Orde van grootte van VF

De huidige triggerwaarden voor mesofauna bodemorganismen (namelijk 10 voor acute gegevens en 5 voor chronische gegevens), zoals opgenomen in Verordening 546/2011, zijn destijds niet zorgvuldig gekalibreerd bij hun opname in de regelgeving.

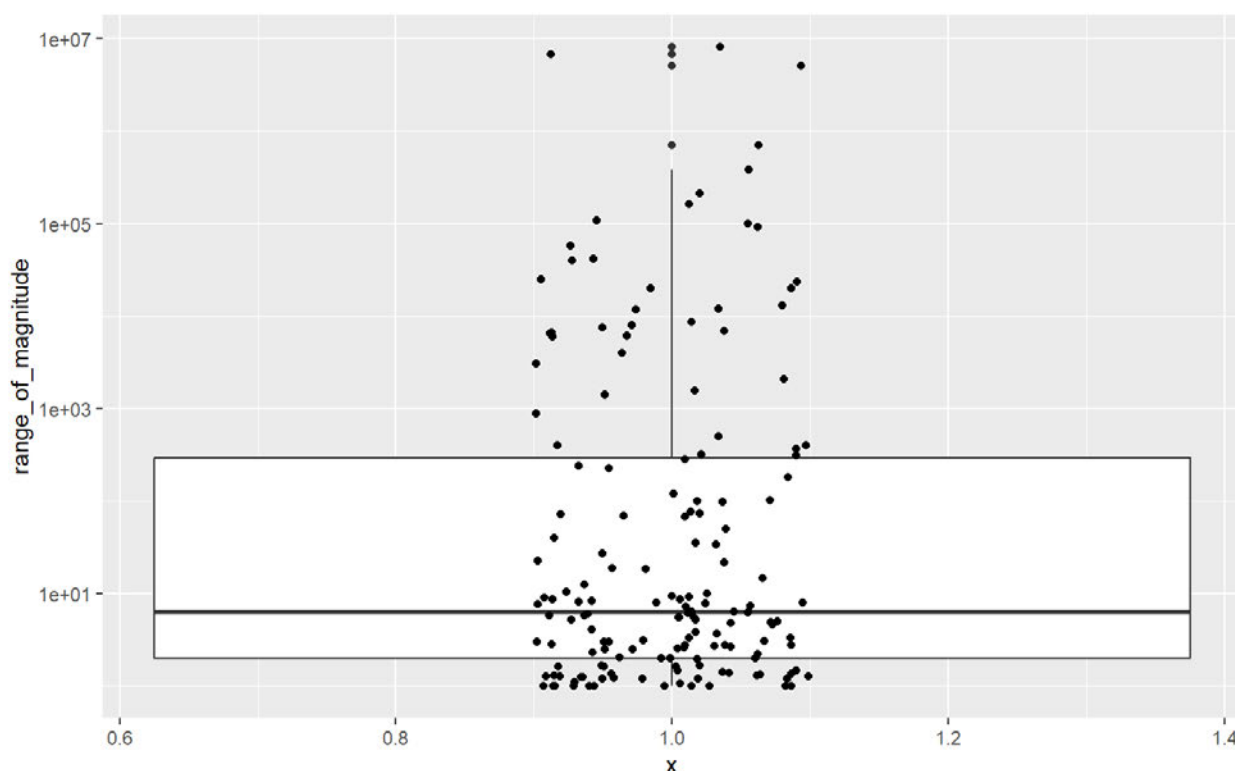
Om die reden hebben wij de orde van grootte van de beschikbare ecotoxiciteitsgegevens⁷ onderzocht. Deze parameter kan namelijk richting geven bij het afleiden van geschikte assessment factors of triggerwaarden. De orde van grootte weerspiegelt het verschil in gevoeligheid tussen de meest gevoelige en de meest tolerante (i.e. minst gevoelige) soort waarvoor ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar zijn. Deze kan dus uitsluitend worden berekend voor stoffen waarvoor gegevens van ten minste twee verschillende soorten aanwezig zijn.

Het aantal soorten waarvoor data beschikbaar is, beïnvloedt logischerwijs de kans op grotere verschillen in orde van grootte. Daarom is tevens gekeken naar de relatie tussen het aantal geteste soorten en de waargenomen orde van grootte in gevoeligheidsverschillen tussen de meest en de minst gevoelige soort.

In de volgende figuren worden de verdelingen van deze orde van grootteverschillen weergegeven voor bodemorganismen (apart voor letale en subletale eindpunten) en voor bladbewonende organismen (tevens apart voor letale en subletale eindpunten).

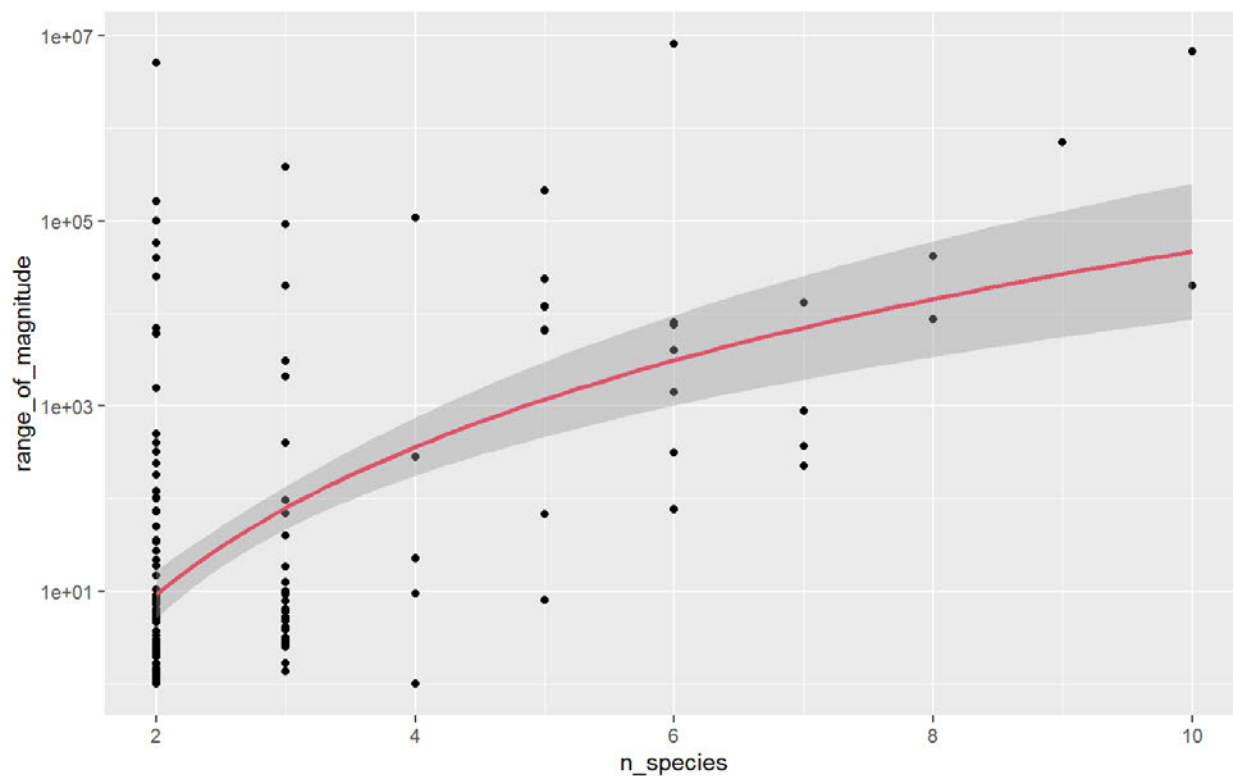
Bodemorganismen - Letale ecotoxiciteits-data

Mediaan ligt rond de 6.4, terwijl het 75 en het 95 percentiel (i.e. de waarde die groter is dan 75 of 95% van alle datapunten) respectievelijk 299 en 100,875 is.



Figuur S1 Boxplot van de variatie in de orde van grootte van het verschil tussen de meest tolerante en de meest gevoelige geteste soort per stof (de zogenoemde range of magnitude). Elk punt vertegenwoordigt één stof. Dit betreft de beschikbare letale data voor bodemorganismen.

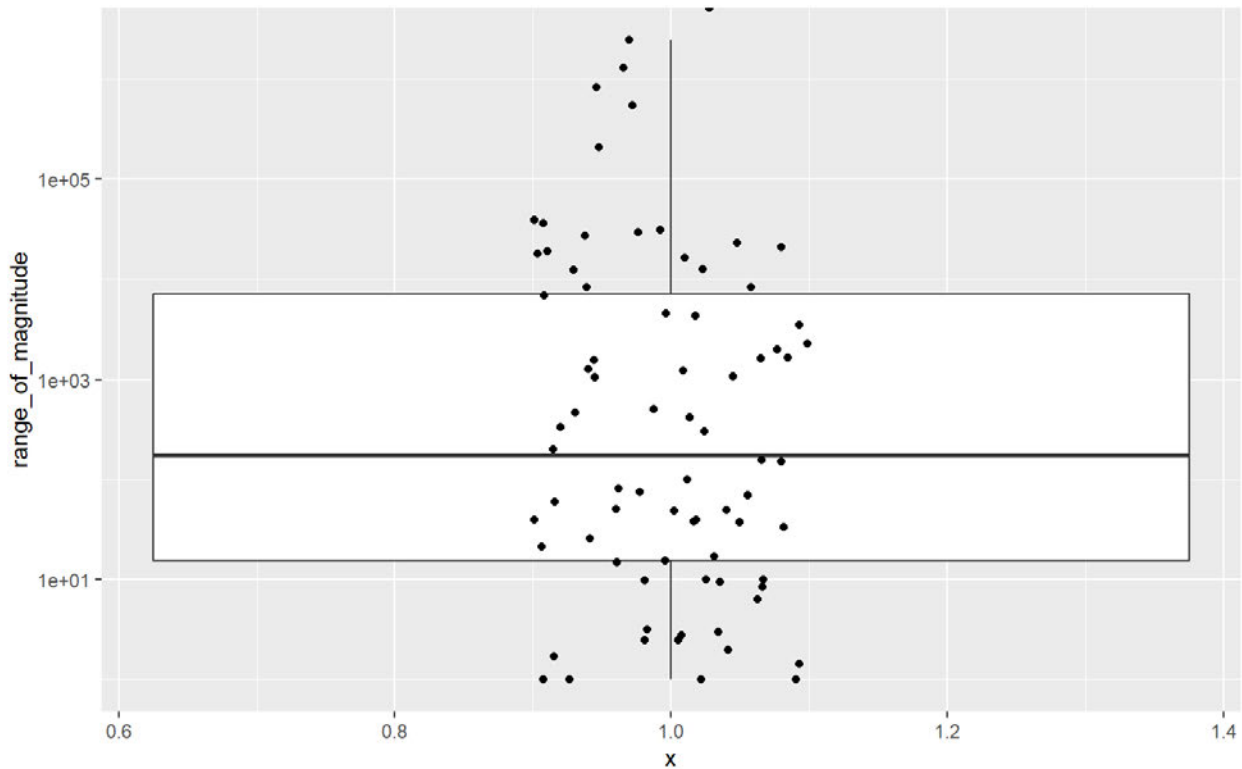
⁷ Dit is voor alle stoffen waarvoor ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar waren, inclusief metalen.



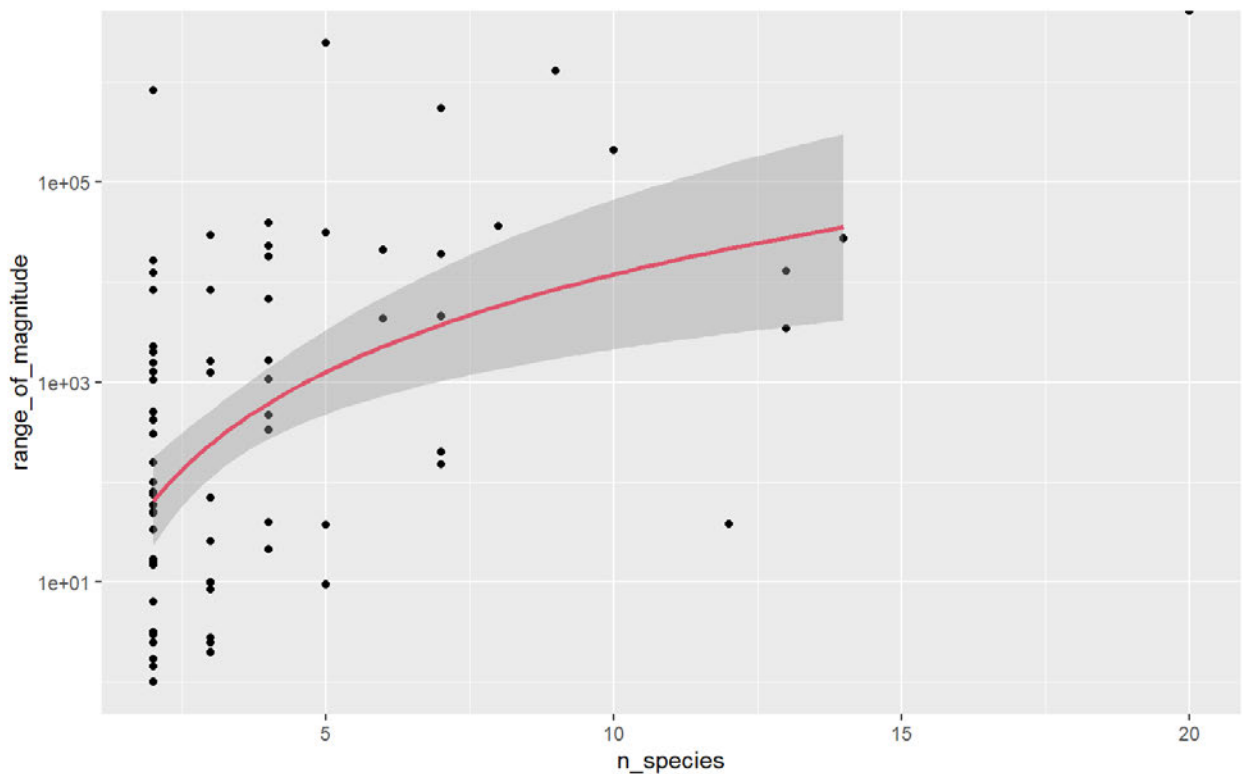
Figuur S2 De relatie tussen het aantal soorten waar ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar voor zijn (x-as) en de waargenomen orde van grootte van het verschil tussen de meest tolerante en de meest gevoelige soort die getest is voor een stof. Ieder punt geeft 1 stof weer. Dit betreft de beschikbare letale data voor bodemorganismen.

Bodemorganismen - Sub-letale ecotoxiciteits-data

Mediaan ligt rond de 200, terwijl het 75 en het 95 percentiel respectievelijk 8,333 en 601,682 is.



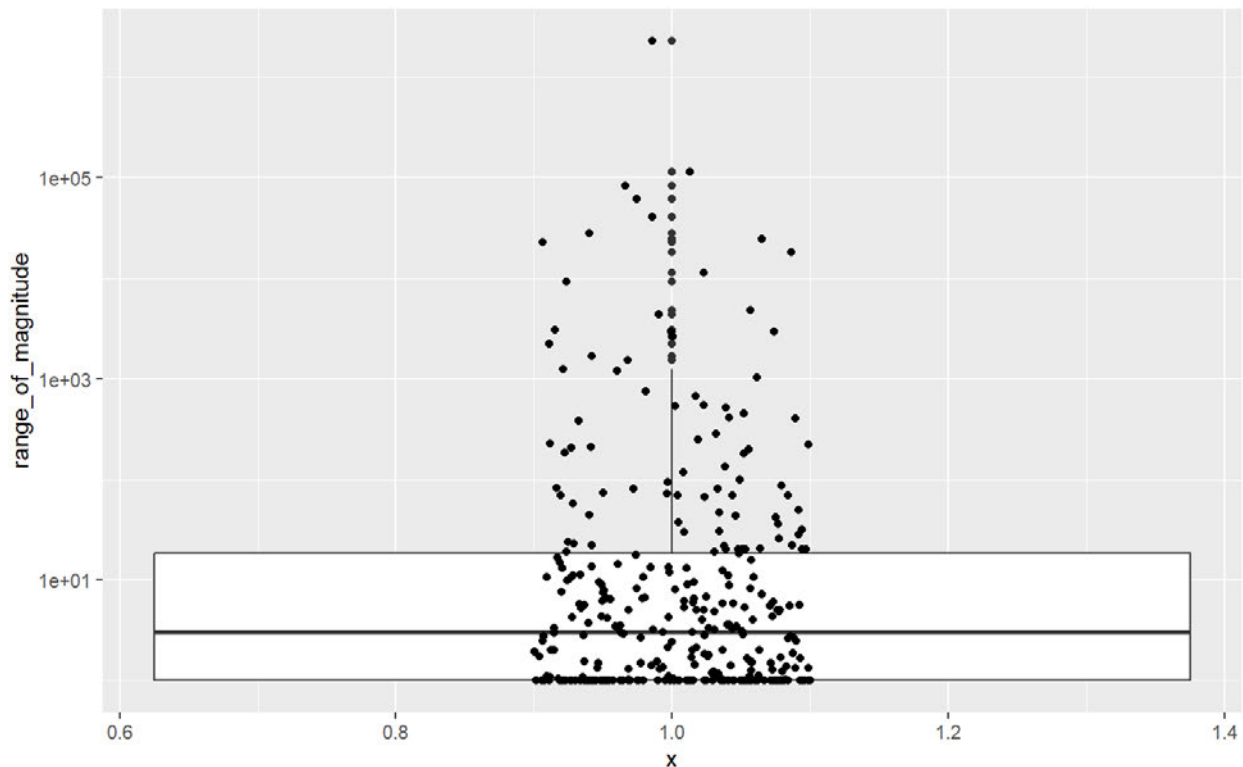
Figuur S3 Boxplot van de variatie in de orde van grootte van het verschil tussen de meest tolerante en de meest gevoelige geteste soort per stof (de zogenoemde range of magnitude). Elk punt vertegenwoordigt één stof. Dit betreft de beschikbare sub-letale data voor bodemorganismen.



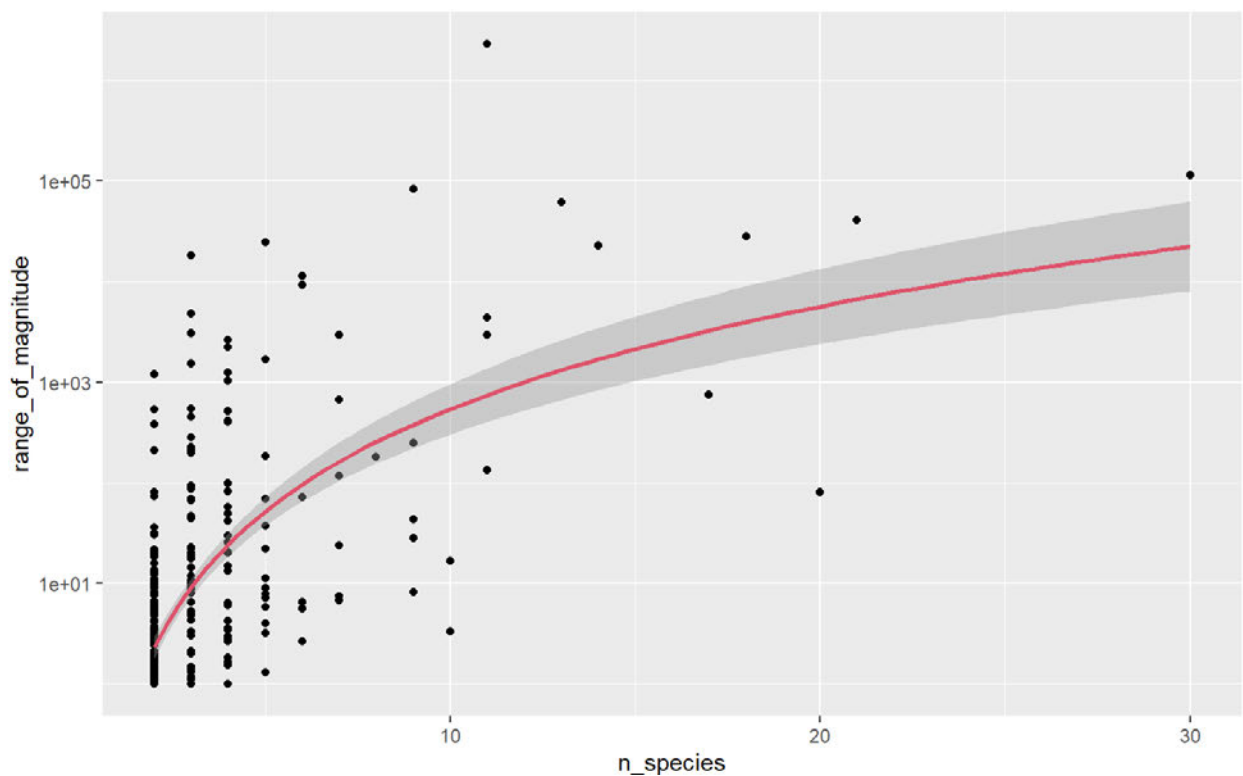
Figuur S4 De relatie tussen het aantal soorten waar ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar voor zijn (x-as) en de waargenomen orde van grootte van het verschil tussen de meest tolerante en de meest gevoelige soort die getest is voor een stof. Ieder punt geeft 1 stof weer. Dit betreft de beschikbare sub-letale data voor bodemorganismen.

Bladbewoners - Letale ecotoxiciteits-data

Mediaan ligt rond de 3, terwijl het 75 en het 95 percentiel respectievelijk 18 en 2405 is.



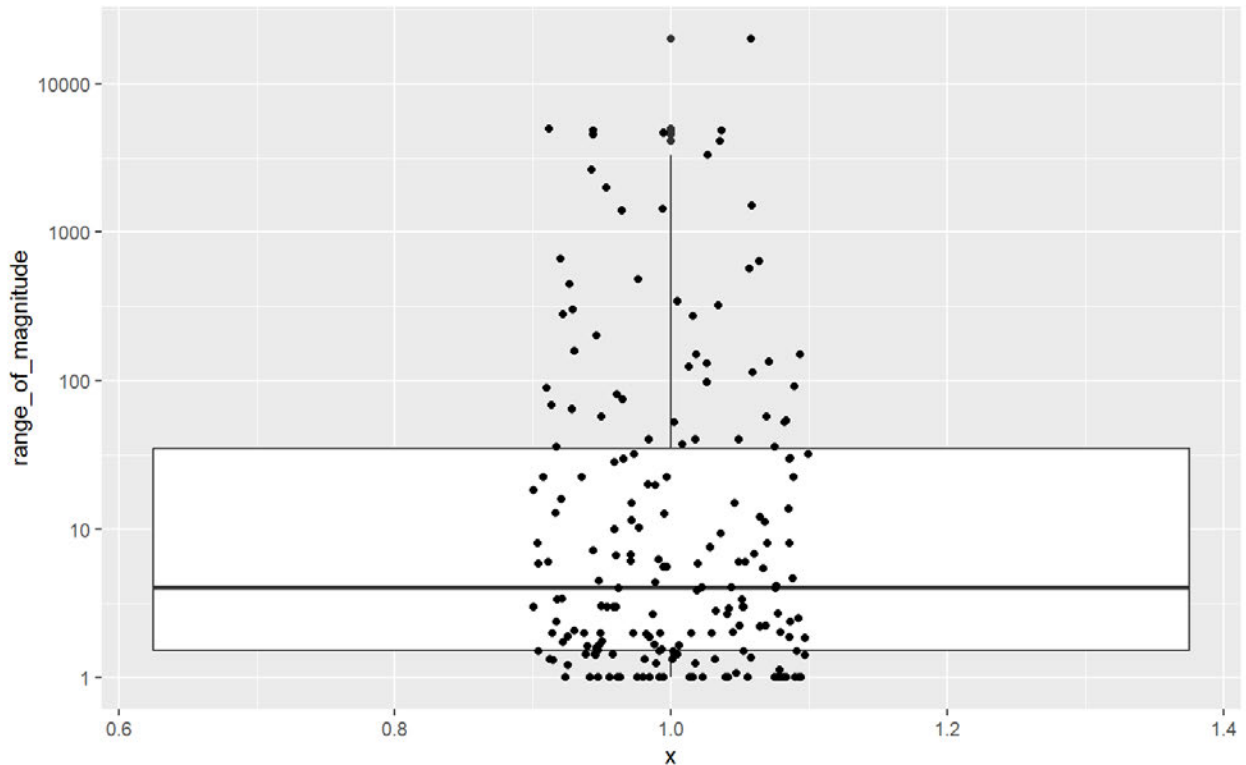
Figuur S5 Boxplot van de variatie in de orde van grootte van het verschil tussen de meest tolerante en de meest gevoelige geteste soort per stof (de zogenoemde range of magnitude). Elk punt vertegenwoordigt één stof. Dit betreft de beschikbare letale data voor bladbewoners.



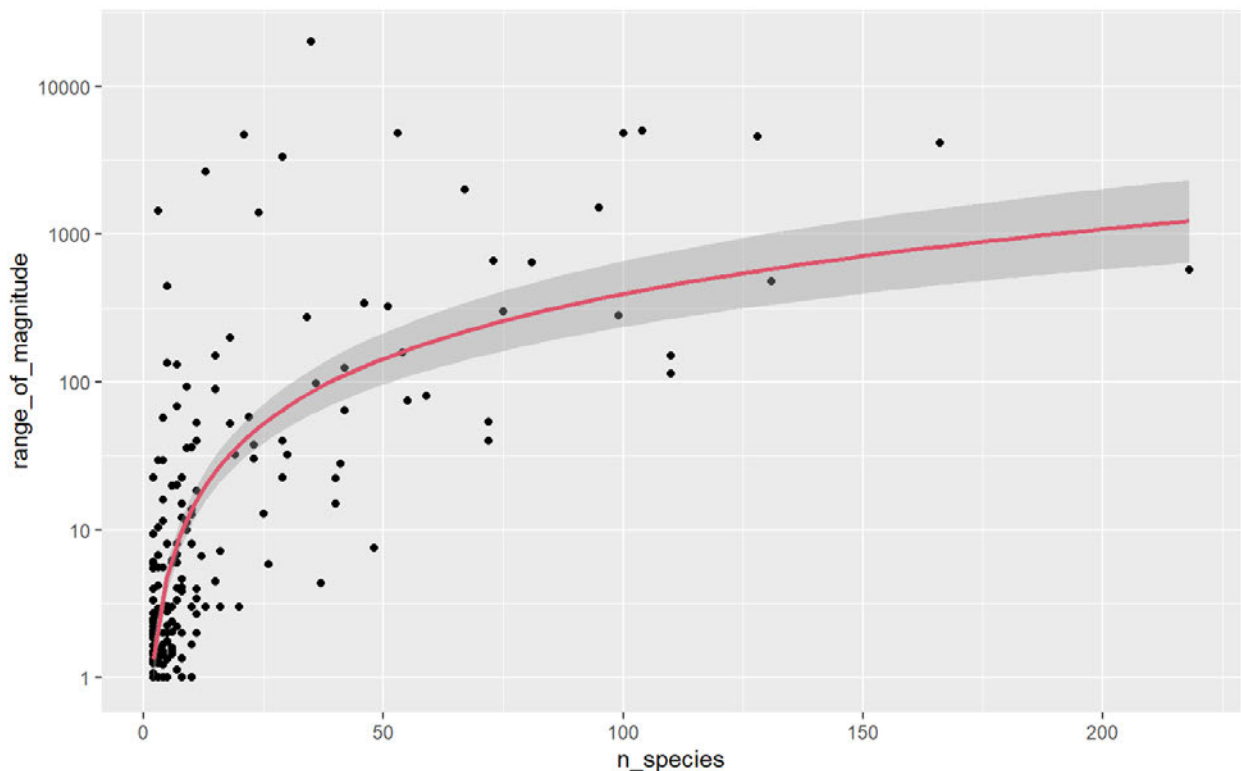
Figuur S6 De relatie tussen het aantal soorten waar ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar voor zijn (x-as) en de waargenomen orde van grootte van het verschil tussen de meest tolerante en de meest gevoelige soort die getest is voor een stof. Ieder punt geeft 1 stof weer. Dit betreft de beschikbare letale data voor bladbewoners.

Bladbewoners – Sub-letale ecotoxiciteits-data

Mediaan ligt rond de 4, terwijl het 75 en het 95 percentiel respectievelijk 35 en 1676 is.



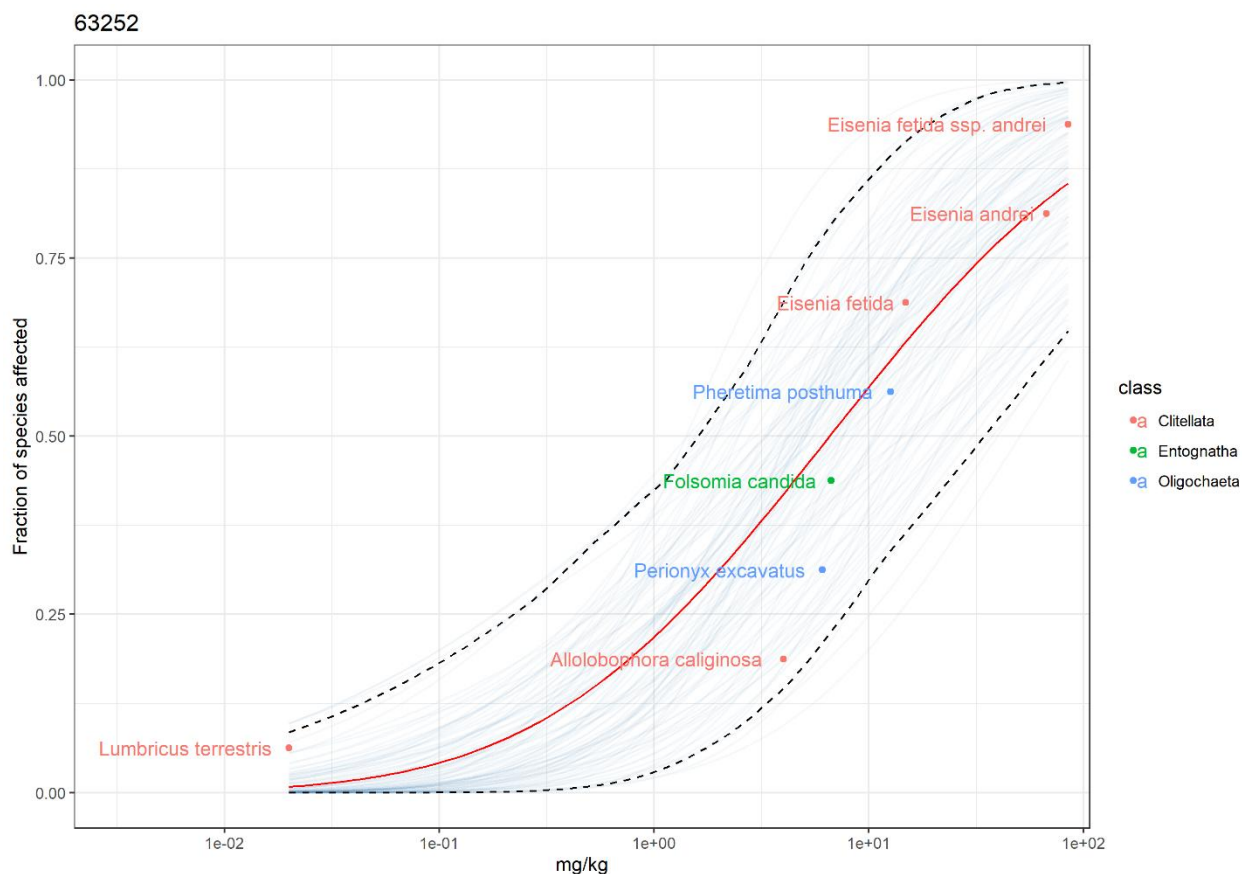
Figuur S7 Boxplot van de variatie in de orde van grootte van het verschil tussen de meest tolerante en de meest gevoelige geteste soort per stof (de zogenoemde range of magnitude). Elk punt vertegenwoordigt één stof. Dit betreft de beschikbare sub-letale data voor bladbewoners.



Figuur S8 De relatie tussen het aantal soorten waar ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar voor zijn (x-as) en de waargenomen orde van grootte van het verschil tussen de meest tolerante en de meest gevoelige soort die getest is voor een stof. Ieder punt geeft 1 stof weer. Dit betreft de beschikbare sub-letale data voor bladbewoners.

Annex 6 Soortgevoeligheids-verdelingen (SSDs)

Bodemorganismen – Letale ecotoxiciteits-data

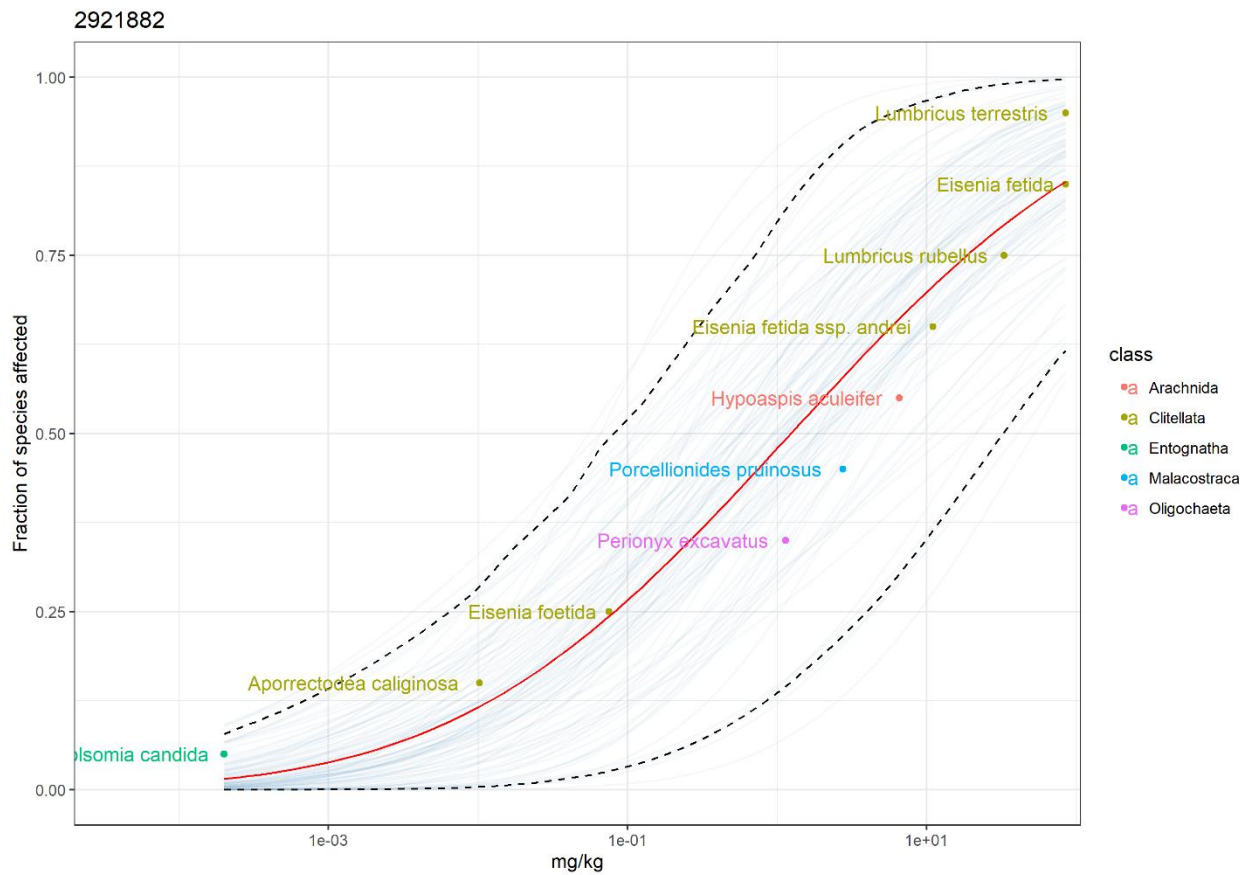


Figuur S9 Voorbeeld van een soortgevoeligheidsverdeling (SSD) voor het carbamaat-insecticide carbaryl, gebaseerd op lethale toxiciteitsgegevens voor bodemorganismen.

Tabel S7 Overzicht van de stoffen waarvoor een soortgevoeligheidsverdeling (SSD) kon worden opgesteld, inclusief het gemiddelde, de steilheid (slope) van de SSD en de HC5 (de concentratie waarbij voor 5% van de soorten een mogelijk ecologisch effect niet kan worden uitgesloten). Deze tabel betreft uitsluitend letale toxiciteitsgegevens voor bodemorganismen.

Casnummer	Gemiddelde	Helling	HC5	Aantal phyla	Stofnaam	ecotox_group
111988499	3,76	1,77	2,33	2	thiacloprid	Neonicotinoids
118967	5,78	1,08	55,13	3	TNT	Explosives
138261413	1,68	1,92	0,23	2	imidacloprid	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs);Neonicotinoids
2921882	0,24	4,40	0,00	3	chloorpyrifos	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
60515	2,08	1,71	0,48	2	dimethoaat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
63252	1,88	2,42	0,12	2	carbaryl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
71751412	2,52	1,46	1,12	2	Avermectin B1	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
87865	4,91	1,00	26,04	2	2,3,4,5,6-Pentachlorophenol	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
335671	4,89	1,85	6,38	3	PFOA	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs);Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)
10605217	1,97	0,83	1,84	2	carbendazim	
114261	2,39	1,01	2,09	1	propoxur	
70288867	1,50	1,10	0,73	2	Ivermectin	
7447394	3,93	3,37	0,20	3	Copper chloride (CuCl ₂)	Copper
7646857	6,01	2,37	8,27	3	Zinc chloride (ZnCl ₂)	Zinc
7718549	4,96	2,25	3,51	3	Nickel chloride (NiCl ₂)	Nickel
7758987	6,81	2,58	13,05	2	Sulfuric acid copper(2+) salt (1:1)	Copper

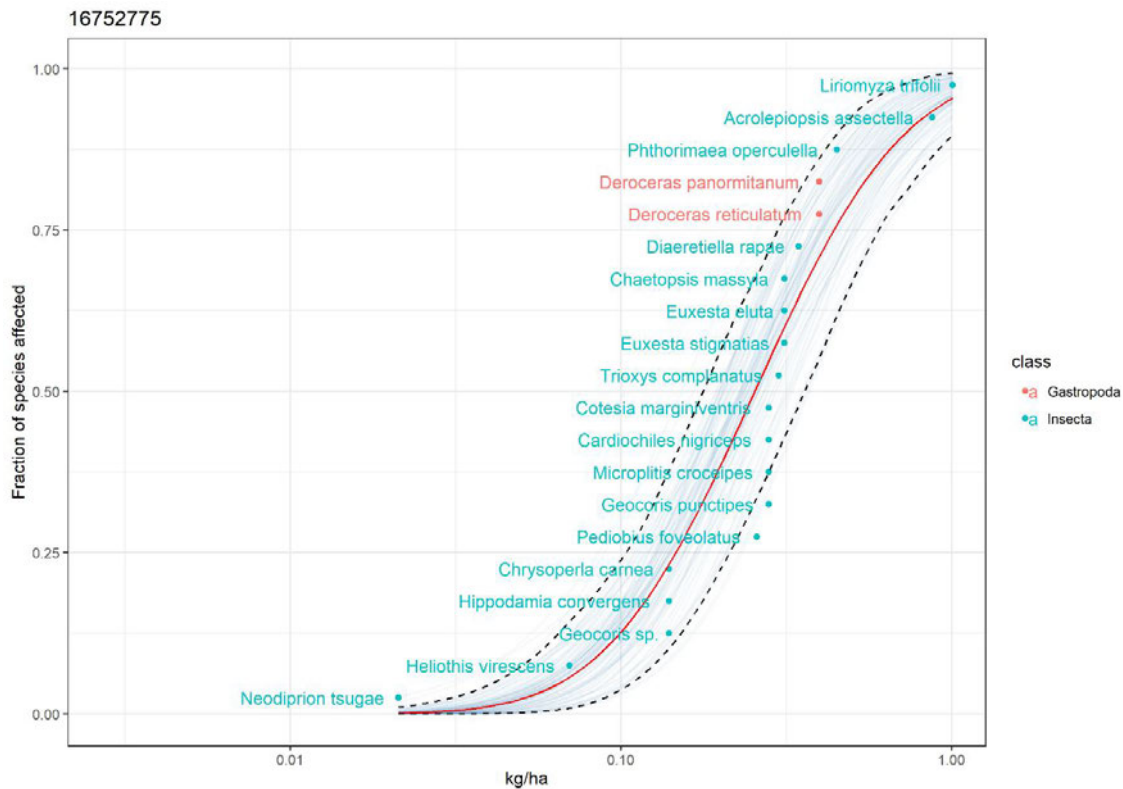
Bodemorganismen – Sub-letale ecotoxiciteits-data



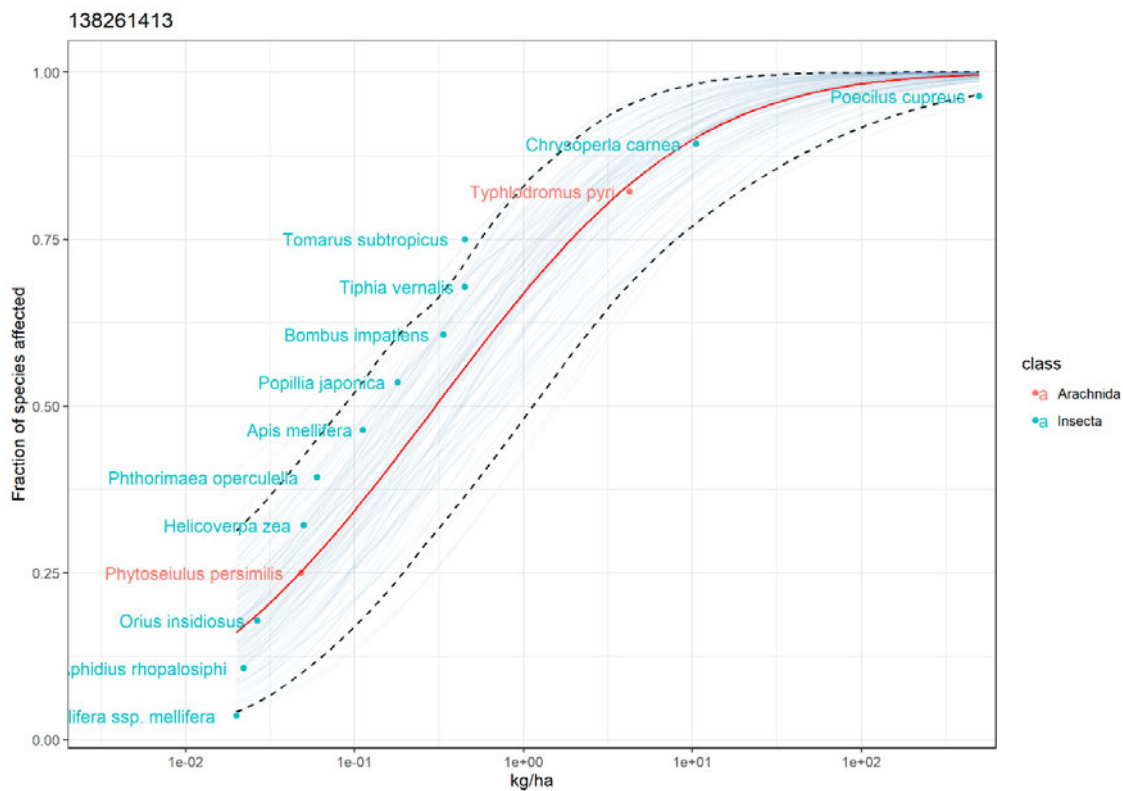
Figuur S10 Voorbeeld van een soortgevoeligheidsverdeling (SSD) voor het organofosfaat-insecticide chlorpyrifos, gebaseerd op sub-lethale toxiciteitsgegevens voor bodemorganismen.

Tabel S8 Overzicht van de stoffen waarvoor een soortgevoeligheidsverdeling (SSD) kon worden opgesteld, inclusief het gemiddelde, de steilheid (slope) van de SSD en de HC5 (de concentratie waarbij voor 5% van de soorten een mogelijk ecologisch effect niet kan worden uitgesloten). Deze tabel betreft uitsluitend sub-letale toxiciteitsgegevens voor bodemorganismen.

Casnummer	Gemiddelde	Helling	HC5	Aantal phyla	Stofnaam	ecotox_group
111988499	2,15	1,65	0,57	2	thiacloprid	Neonicotinoids
138261413	0,38	2,33	0,03	2	imidacloprid	Neonicotinoids; Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
2921882	0,52	4,12	0,00	2	chloorpyrifos	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
60515	1,41	1,15	0,62	2	dimethoat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
71751412	1,14	1,41	0,30	2	Avermectin B1	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
118967	4,19	1,46	5,93	3	TNT	Explosives
70288867	-0,26	2,63	0,01	3	Ivermectin	
10605217	0,52	0,88	0,39	2	carbendazim	
10108642	1,48	2,90	0,04	3	Cadmium chloride (CdCl ₂)	Cadmium
7440508	5,08	1,21	21,82	2	Copper	Copper
7447394	4,15	2,81	0,62	3	Copper chloride (CuCl ₂)	Copper
7646857	4,87	2,83	1,24	2	Zinc chloride (ZnCl ₂)	Zinc
7733020	5,07	2,50	2,62	3	Sulfuric acid, Zinc salt (1:1)	Zinc
7758987	5,38	2,11	6,70	3	Sulfuric acid copper(2+) salt (1:1)	Copper
7786814	5,19	1,16	26,57	1	Sulfuric acid, Nickel(2+)salt (1:1)	Nickel



Figuur S11 Voorbeeld van een soortgevoeligheidsverdeling (SSD) voor het carbamaat-insecticide methomyl, gebaseerd op lethale toxiciteitsgegevens voor plantbewoners.



Figuur S12 Voorbeeld van een soortgevoeligheidsverdeling (SSD) voor de neonicotinoïde-insecticide imidacloprid, gebaseerd op lethale toxiciteitsgegevens voor plantbewoners.

Tabel S9 Overzicht van de stoffen waarvoor een soortgevoeligheidsverdeling (SSD) kon worden opgesteld, inclusief het gemiddelde, de steilheid (slope) van de SSD en de HC5 (de concentratie waarbij voor 5% van de soorten een mogelijk ecologisch effect niet kan worden uitgesloten). Deze tabel betreft uitsluitend letale toxiciteitsgegevens voor bodembewoners.

Casnummer	Gemiddelde	Helling	HC5	Aantal phyla	Stofnaam	ecotox_group
135410207	-2,12	1,06	0,02	1	acetamiprid	Neonicotinoids
138261413	-3,17	2,53	0,00	1	imidacloprid	Neonicotinoids; Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs);
94757	0,29	1,25	0,17	3	2,4-D	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
30560191	-1,55	1,74	0,01	1	acefaat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
82657043	-4,17	2,62	0,00	1	bifenthrin	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
63252	-0,61	1,78	0,03	3	carbaryl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
2921882	-1,20	2,18	0,01	3	chloorpyrifos	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
68359375	-5,06	2,52	0,00	1	cyfluthrin	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
60515	-2,42	2,86	0,00	2	dimethoaat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
115297	-0,70	0,60	0,19	1	endosulfan	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
66230044	-4,62	2,64	0,00	1	esfenvaleraat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
1071836	1,05	0,40	1,48	3	glyfosaat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
121755	-0,82	2,28	0,01	4	malathion	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
16752775	-1,37	0,82	0,07	2	methomyl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
23135220	-1,99	1,60	0,01	1	oxamyl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
298000	-0,35	0,85	0,17	3	parathion-methyl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
52645531	-3,34	2,80	0,00	1	permethrin	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
272451657	-1,95	1,18	0,02	1	flubendiamide	Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)
500008457	-2,44	1,52	0,01	1	chlorantraniliprole	
736994631	-2,48	3,14	0,00	1	cyantraniliprole	
91465086	-4,48	2,28	0,00	1	cyhalothrin, lambda-	
52918635	-5,45	2,35	0,00	2	deltamethrin	
1918009	-1,25	0,66	0,10	1	dicamba	
35367385	-2,61	2,42	0,00	2	diflubenzuron	
51630581	-2,70	0,39	0,04	1	fenvaleraat	
173584446	-2,85	0,97	0,01	1	indoxacarb	
8018017	-0,65	1,46	0,05	1	mancozeb	Zinc
161050584	-1,08	0,71	0,11	1	methoxyfenozide	
123312890	-1,67	3,15	0,00	1	pymetrozine	
168316958	-2,10	0,69	0,04	1	spinosad	
112410238	-1,29	0,65	0,09	2	tebufenozide	

Bladbewoners – Sub-letale ecotoxiciteits-data

Tabel S10 Overzicht van de stoffen waarvoor een soortgevoeligheidsverdeling (SSD) kon worden opgesteld, inclusief het gemiddelde, de steilheid (slope) van de SSD en de HC5 (de concentratie waarbij voor 5% van de soorten een mogelijk ecologisch effect niet kan worden uitgesloten). Deze tabel betreft uitsluitend sub-letale toxiciteitsgegevens voor bladbewoners.

Casnummer	Gemiddelde	Helling	HC5	Aantal phyla	Stofnaam	ecotox_group
135410207	-2,63	0,86	0,02	1	acetamiprid	Neonicotinoids
153719234	-2,90	0,92	0,01	1	thiamethoxam	Neonicotinoids
165252700	-1,91	0,79	0,04	1	Dinotefuran	Neonicotinoids
210880925	-2,30	1,23	0,01	1	clothianidine	Neonicotinoids
138261413	-2,29	1,16	0,02	2	imidacloprid	Neonicotinoids; Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
30560191	-0,33	0,81	0,19	2	acefaat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
1912249	0,06	1,30	0,13	3	atrazine	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
71751412	-4,37	0,29	0,01	2	Avermectin B1	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
82657043	-2,70	1,00	0,01	1	bifenthrin	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
63252	0,32	1,03	0,25	3	carbaryl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
1563662	-0,02	1,26	0,12	3	carbofuran	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
2921882	-0,30	0,94	0,16	4	chloorpyrifos	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
1897456	0,78	0,66	0,73	1	chloorthalonil	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
68359375	-3,24	0,80	0,01	1	cyfluthrin	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
52315078	-2,63	0,48	0,03	2	cypermethrin	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
66215278	-0,64	1,84	0,03	2	cyromazine	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
333415	-0,09	1,06	0,16	2	diazinon	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
115322	0,14	0,85	0,28	1	dicofol	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
141662	-1,19	0,77	0,09	1	dicrotofos	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
60515	-0,90	0,48	0,18	2	dimethoaat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
298044	-0,17	0,58	0,32	1	disulfoton	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
330541	-0,56	0,56	0,23	2	diuron	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
115297	-0,34	0,56	0,28	1	endosulfan	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
66230044	-3,21	1,10	0,01	1	esfenvaleraat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
13194484	1,38	0,82	1,02	2	ethoprosfos	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
732116	0,33	1,06	0,24	1	fosmet	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
1071836	0,61	0,49	0,82	2	glyfosaat	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
38641940	0,30	0,82	0,35	3	Glyphosate 2-propanamine	

Casnummer	Gemiddelde	Helling	HC5	Aantal phyla	Stofnaam	ecotox_group
121755	0,04	1,23	0,14	3	malathion	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
10265926	-0,54	0,49	0,26	1	methamidofos	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
950378	-0,65	0,36	0,29	1	methidathion	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
16752775	-0,52	0,59	0,22	3	methomyl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
23135220	-0,22	0,94	0,17	2	oxamyl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
301122	-0,73	0,32	0,28	1	oxydemethon-methyl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
298000	-0,43	0,49	0,29	4	parathion-methyl	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
52645531	-2,15	0,67	0,04	2	permethrin	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
41198087	-0,59	0,57	0,22	1	profenofos	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
2312358	0,46	0,47	0,73	1	propargiet	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
95737681	-2,17	0,15	0,09	1	pyriproxyfen	Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs)
103055078	-2,45	0,99	0,02	1	lufenuron	Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)
272451657	-3,02	0,72	0,02	1	flubendiamide	Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)
86479063	-3,16	0,56	0,02	1	hexaflumuron	Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)
116063	0,39	0,69	0,48	2	aldicarb	
33089611	-1,06	0,28	0,22	1	amitraz	
11141176	-2,14	1,38	0,01	1	azadirachtin	
86500	-0,08	0,89	0,21	3	azinfos-methyl	
17804352	0,11	0,82	0,29	2	benomyl	
69327760	-0,66	1,44	0,05	1	buprofezin	
10605217	0,73	1,43	0,20	2	carbendazim	
122453730	-1,93	0,66	0,05	1	chloorfenapyr	
500008457	-2,75	1,19	0,01	1	chlorantraniliprole	
2636262	-0,13	0,13	0,71	1	cyanofos	
736994631	-1,91	0,92	0,03	1	cyantraniliprole	
68085858	-4,27	0,42	0,01	1	cyhalothrin	
91465086	-3,61	1,07	0,00	1	cyhalothrin, lambda-	
67375308	-3,42	0,45	0,02	1	cypermethrin-alfa	
52918635	-4,54	1,12	0,00	2	deltamethrin	
35367385	-2,17	1,03	0,02	2	diflubenzuron	
88857	0,93	0,09	2,17	1	dinoseb	
155569918	-4,33	0,79	0,00	1	emamectin-benzoaat	
563122	-0,40	0,41	0,34	1	ethion	

Casnummer	Gemiddelde	Helling	HC5	Aantal phyla	Stofnaam	ecotox_group
122145	-0,21	0,84	0,20	3	fenitrothion	
39515418	-1,56	0,65	0,07	1	fenpropathrin	
2597037	-0,43	0,17	0,49	1	fenthoaat	
51630581	-2,26	0,69	0,03	3	fenvaleraat	
120068373	-3,47	1,91	0,00	1	fipronil	
70124775	-3,04	1,15	0,01	1	flucythrinaat	
101463698	-2,53	0,15	0,06	1	flufenoxuron	
69409945	-2,51	1,78	0,00	1	fluvalinaat	
102851069	-2,62	1,14	0,01	1	fluvalinaat, tau-	
944229	0,03	0,62	0,37	1	fonofos	
298022	0,82	0,98	0,45	1	foraat	
13171216	-0,66	0,40	0,27	1	fosfamidon	
112226616	-0,09	0,58	0,35	2	halofenozide	
51235042	0,02	0,04	0,95	1	hexazinon	
144171619	-2,41	0,46	0,04	1	indoxacarb	
173584446	-2,64	0,83	0,02	1	indoxacarb	
18854018	-0,09	0,14	0,72	1	isoxathion	
8018017	1,80	1,73	0,35	4	mancozeb	Zinc
63952636	-0,13	0,13	0,71	1	Methomyl mix met chlorpyrifos	
72435	0,69	0,46	0,94	1	methoxychloor	
161050584	-1,96	0,69	0,05	1	methoxyfenozide	
7786347	-0,90	0,43	0,20	1	mevinfos	
6923224	-0,87	0,25	0,28	1	monocrotofos	
300765	0,22	0,32	0,73	1	naled	
116714466	-2,54	0,11	0,07	1	novaluron	
56382	-0,58	0,06	0,51	1	parathion-ethyl	
60181999	-0,69	0,26	0,33	1	Penncap	
11121383	-0,81	0,58	0,17	1	piperonyl butoxide	
23103982	-1,36	0,15	0,20	1	pirimicarb	
114261	0,14	0,49	0,52	1	propoxur	
34643464	0,02	0,15	0,79	1	prothiofos	
123312890	-2,64	1,59	0,01	1	pymetrozine	
179101816	-2,12	0,73	0,04	1	pyridalyl	

Casnummer	Gemiddelde	Helling	HC5	Aantal phyla	Stofnaam	ecotox_group
13593038	-1,16	0,33	0,18	1	quinalfos	
74051802	-0,81	0,32	0,26	1	setoxidim	
935545747	-2,74	0,82	0,02	1	Spinetoram	
168316958	-2,66	0,56	0,03	1	spinosad	
112410238	-1,90	0,46	0,07	2	tebufenozide	
83121180	-2,35	0,67	0,03	1	teflubenzuron	
59669260	-0,53	0,46	0,27	1	thiodicarb	
66841256	-3,90	1,01	0,00	1	Tralomethrin	
52686	1,19	0,87	0,78	1	trichloorfon (DEP)	
55335063	0,64	0,06	1,71	1	triclopyr	
1315501188	-3,31	0,29	0,02	1	Zeta-Cypermethrin	
15096523	2,48	0,43	5,89	1	Cryolite (Na ₃ (AlF ₆))	Aluminum;Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)
2163806	0,01	0,25	0,67	1	Methylarsonic acid, Monosodium salt	Arsenic

Annex 7 Drempelwaarden

Bodemorganismen

Tabel 10 Afgeleide lethale en sub-lethale drempelwaarden (in mg/kgDM) voor stoffen met beschikbare ecotoxiciteitsgegevens voor bodemorganismen, inclusief de toegepaste veiligheidsfactoren.

Werkzame stof	Laagste letale eindpunt	Gehanteerde veiligheidsfactor	Drempelwaarde letaal	Laagste sub-letale eindpunt	Gehanteerde veiligheidsfactor	Drempelwaarde sub-letaal
Chlorpropham	132	1000	0,132	NA	NA	NA
Glyphosate	177	1000	0,177	2,16	1000	0,00216
hexachlorobenzene	1000	1000	1	NA	NA	NA
Difenoconazole	610	1000	0,61	NA	NA	NA
Azoxystrobin	283	1000	0,283	NA	NA	NA
Epoxiconazole	333,1	1000	0,3331	NA	NA	NA
Boscalid	500	1000	0,5	NA	NA	NA
Metamitron	195,2	1000	0,1952	NA	NA	NA
Dieldrin	100	1000	0,1	25	1000	0,025
DDAC	1000	1000	1	NA	NA	NA
o.p'-DDT	1000	1000	1	NA	NA	NA
Isoxaben	500	1000	0,5	NA	NA	NA
Metolachlor-s	184,8	1000	0,1848	3	1000	0,003

Bladbewoners

Tabel 11 Afgeleide lethale en sub-lethale drempelwaarden (in kg/ha) voor stoffen met beschikbare ecotoxiciteitsgegevens voor bladbewoners, inclusief de toegepaste veiligheidsfactoren.

Werkzame stof	Laagste letale eindpunt	Gehanteerde veiligheidsfactor	Drempelwaarde letaal	Laagste sub-letale eindpunt	Gehanteerde veiligheidsfactor	Drempelwaarde sub-letaal
Chlorpropham	1,028	1000	0,001028	NA	NA	NA
Glyphosate	1,480	5	0,7400	1,4800	5	0,7400
Tebuconazole	0,058	1000	5,80E-05	0,22	1000	0,00022
Dimethomorph	0,4	1000	4,00E-04	NA	NA	NA
Difenoconazole	0,0188	1000	1,88E-05	NA	NA	NA
Fipronil	0,014	1000	1,40E-05	NA	NA	NA
Azoxystrobin	0,1129	1000	0,0001129	0,1129	1000	0,0001129
Phenmedipham	0,96	1000	0,00096	NA	NA	NA
Trifloxystrobin	0,383	1000	0,000383	NA	NA	NA
Flufenacet	0,28	1000	0,00028	NA	NA	NA
Phoxim	NA	NA	NA	0,25	1000	0,00025
Etoxazole	0,055	1000	5,50E-05	0,1008765	1000	0,0001009
Flonicamid	0,045	1000	4,50E-05	0,08	1000	8,00E-05
Chloridazon	4	1000	0,004	NA	NA	NA
Pyraclostrobin	0,008	1000	8,00E-06	0,13	1000	0,00013
Boscalid	0,6165	1000	0,0006165	0,26	1000	0,00026
Metribuzine	0,35	1000	0,00035	0,42	1000	0,00042
Clothianidine	0,001086	1000	1,09E-06	NA	NA	NA
Pirimicarb	0,2	1000	2,00E-04	NA	NA	NA
Propyzamide	1,5	1000	0,0015	0,8408	1000	0,0008408

Werkzame stof	Laagste letale eindpunt	Gehanteerde veiligheidsfactor	Drempelwaarde letaal	Laagste sub-letale eindpunt	Gehanteerde veiligheidsfactor	Drempelwaarde sub-letaal
Propamocarb hydrochloride	0,628	1000	0,000628	NA	NA	NA
Metobromuron	0,0512	1000	5,12E-05	NA	NA	NA
Fluoxastrobin	0,0341	1000	3,41E-05	NA	NA	NA
Mandipropamid	0,827	1000	0,000827	NA	NA	NA
Cyflumetofen	1,4	1000	0,0014	NA	NA	NA
Pendimethalin	1,2	1000	0,0012	1,12	1000	0,00112
Piperonyl-butoxide	0,2455	1000	0,0002455	0,224	1000	0,000224
Cypermethrin	2,90E-06	1000	2,90E-09	NA	NA	NA
Permethrin	0,000352861	5	7,06E-05	0,000352861	5	7,06E-05
Prosulfocarb	0,0418	1000	4,18E-05	NA	NA	NA
Pyrimethanil	0,001	1000	1,00E-06	NA	NA	NA
Terbuthylazine	0,75	1000	0,00075	NA	NA	NA
Fluopyram	2	1000	0,002	NA	NA	NA
Penconazole	0,01	1000	1,00E-05	NA	NA	NA
Flutolanil	4,5	1000	0,0045	2,2	1000	0,0022
Fenpropidin	0,4	1000	4,00E-04	NA	NA	NA
Fenpropimorph	0,0257	1000	2,57E-05	NA	NA	NA
Fluroxypyr	0,2342	1000	0,0002342	NA	NA	NA
Fluazifop-p-butyl	0,0056	1000	5,60E-06	0,326	1000	0,000326
Fluazinam	0,0343	1000	3,43E-05	0,560425	1000	0,0005604
Etofenprox	0,0179	1000	1,79E-05	0,15	1000	0,00015
Teflubenzuron	0,18	1000	0,00018	NA	NA	NA
Diffufenican	0,25	1000	0,00025	NA	NA	NA
Ametoctradin	9,6	1000	0,0096	NA	NA	NA
Metolachlor-s	0,0016	1000	1,60E-06	NA	NA	NA
Fluxapyroxad	0,008	1000	8,00E-06	NA	NA	NA
Lambda-cyhalothrin	0,000266132	5	5,32E-05	0,000266132	5	5,32E-05
MCPA	0,0015	1000	1,50E-06	0,56	1000	0,00056
Pyridaben	0,00024	1000	2,40E-07	0,18494025	1000	0,0001849
Fosthiazate	0,00048	1000	4,80E-07	2,802125	1000	0,0028021

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3504
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.900 medewerkers (7.100 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 12.700 studenten en 80.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.