



**Vlaamse
overheid**

Vinger aan de pols van de biodiversiteit in het landbouwgebied

Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied

Myriam Dumortier, Peter Van Gossum, Emma Cartuyvels, Robbe Cool, Silke De Backer, Berdien De Beer, Jane Debode, Adinda De Bruyn, Io Deflem, Steven De Saeger, Simon Desmet, Bruno De Vos, Aaike De Wever, Nick Dillen, Rémar Erens, Maria-Rose Eves Down, Frederic Gabrys, Robin Guelinckx, Annelies Haegeman, Stien Heremans, Johannes Jansen, Sam Lambrechts, Ward Langerart, Mieke Lateir, Kevin Maebe, Falk Mielke, Sarah Ommeslag, Frederic Piesschaert, Marc Pollet, Karen Puttemans, Cecilia Sensalari, Toon Spanhove, Lieze Valvekens, Hans Van Calster, Frank Van de Meutter, Floris Vanderhaeghe, Sanne Van Donink, Wouter Van Gompel, Nicolas Van Overmeeren, Kato Vanpoucke, Petra Vijncke, Karen Wuyts

INBO.be

Auteurs:

Myriam Dumortier , Peter Van Gossum , Emma Cartuyvels , Robbe Cool, Silke De Backer ,
Berdien De Beer , Jane Debode, Adinda De Bruyn , Io Deflem , Steven De Saeger , Simon
Desmet , Bruno De Vos , Aaike De Wever , Nick Dillen , Rémar Erens , Maria-Rose Eves Down
, Frederic Gabrys , Robin Guelinckx , Annelies Haegeman, Stien Heremans , Johannes Jansen
, Sam Lambrechts , Ward Langeroot , Mieke Lateir, Kevin Maebe , Falk Mielke , Sarah
Ommeslag, Frederic Piesschaert , Marc Pollet, Karen Puttemans , Cecilia Sensalari, Toon Spanhove
, Lieze Valvekens, Hans Van Calster , Frank Van de Meutter , Floris Vanderhaeghe , Sanne Van
Donink , Wouter Van Gompel, Nicolas Van Overmeeren, Kato Vanpoucke , Petra Vijncke, Karen
Wuyts 

Reviewers:

Dirk Maes, Sylvie Van Damme

Het INBO is het onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via onafhankelijk toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:

INBO Brussel, Herman Teirlinckgebouw, Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel, België
vlaanderen.be/inbo

e-mail:

myriam.dumortier@inbo.be

Wijze van citeren:

Dumortier, M., Van Gossum, P., Cartuyvels, E., Cool, R., De Backer, S., De Beer, B., Debode, J., De Bruyn, A., Deflem, I., De Saeger, S., Desmet, S., De Vos, B., De Wever, A., Dillen, N., Erens, R., Eves Down, M.-R., Gabrys, F., Guelinckx, R., Haegeman, A., Heremans, S., Jansen, J., Lambrechts, S., Langeroot, W., Lateir, M., Maebe, K., Mielke, F., Ommeslag, S., Piesschaert, F., Pollet, M., Puttemans, K., Sensalari, C., Spanhove, T., Valvekens, L., Van Calster, H., Van de Meutter, F., Vanderhaeghe, F., Van Donink, S., Van Gompel, W., Van Overmeeren, N., Vanpoucke, K., Vijncke, P. & Wuyts, K. (2026). Vinger aan de pols van de biodiversiteit in het landbouwgebied. Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2026 (35). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
DOI: [10.21436/inbor.147396326](https://doi.org/10.21436/inbor.147396326)

D/2026/3241/175

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2026 (35)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

Foto cover:

Vogeltelling aan de Kemmelberg (Foto: Joachim Pintens)



Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding 4.0 Internationaal](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)-licentie.

VINGER AAN DE POLS VAN DE BIODIVERSITEIT IN HET LANDBOUWGEBIED

Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied

Myriam Dumortier, Peter Van Gossum, Emma Cartuyvels, Robbe Cool, Silke De Backer, Berdien De Beer, Jane Debode, Adinda De Bruyn, Io Deflem, Steven De Saeger, Simon Desmet, Bruno De Vos, Aaike De Wever, Nick Dillen, Rémar Erens, Maria-Rose Eves Down, Frederic Gabrys, Robin Guelinckx, Annelies Haegeman, Stien Heremans, Johannes Jansen, Sam Lambrechts, Ward Langeroot, Mieke Lateir, Kevin Maebe, Falk Mielke, Sarah Ommeslag, Frederic Piesschaert, Marc Pollet, Karen Puttemans, Cecilia Sensalari, Toon Spanhove, Lieze Valvekens, Hans Van Calster, Frank Van de Meutter, Floris Vanderhaeghe, Sanne Van Donink, Wouter Van Gompel, Nicolas Van Overmeeren, Kato Vanpoucke, Petra Vijncke, Karen Wuyts

10.21436/inbor.147396326

Vinger aan de pols van de biodiversiteit in het landbouwgebied

Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied

Myriam Dumortier, Peter Van Gossum, Emma Cartuyvels, Robbe Cool, Silke De Backer, Berdien De Beer, Jane Debode, Adinda De Bruyn, Io Deflem, Steven De Saeger, Simon Desmet, Bruno De Vos, Aaike De Wever, Nick Dillen, Rémar Erens, Maria-Rose Eves Down, Frederic Gabrys, Robin Guelinckx, Annelies Haegeman, Stien Heremans, Johannes Jansen, Sam Lambrechts, Ward Langeroot, Mieke Lateir, Kevin Maebe, Falk Mielke, Sarah Ommeslag, Frederic Piesschaert, Marc Pollet, Karen Puttemans, Cecilia Sensalari, Toon Spanhove, Lieze Valvekens, Hans Van Calster, Frank Van de Meutter, Floris Vanderhaeghe, Sanne Van Donink, Wouter Van Gompel, Nicolas Van Overmeeren, Kato Vanpoucke, Petra Vijncke, Karen Wuyts

DOI: 10.21436/inbor.147396326

Dankwoord

Hartelijk dank aan alle INBO-collega's die mee nadachten over de opzet van dit meetnet, alle vrijwilligers die op het terrein mee vogels telden, alle landbouwers die interesse toonden in de metingen en meewerkten aan opvolging van onder andere het broedsucces van broedvogels, de Vlaamse Milieumaatschappij die extra data verzamelde inzake aquatische ongewervelden, alle beleidsmedewerkers die mee sturing gaven vanuit de klankbordgroep (Agentschap Landbouw en Zeevisserij, Agentschap Natuur en Bos, Vlaamse Landmaatschappij, Departement Omgeving, Instituut voor Landbouw, Voedings- en Visserijonderzoek en de Vlaamse Milieumaatschappij) en de externe experts (Universiteit Gent, Katholieke Universiteit Leuven, Vrije Universiteit Brussel, Inagro, Hogeschool Gent, Boeren natuur, Natuurpunt) die interesse toonden in het meetnet en initiatieven namen om er op verder te bouwen. Hartelijk dank ook aan de Vlaamse Landmaatschappij, het Agentschap Landbouw en Zeevisserij en het Agentschap Natuur en Bos die samen het pilootproject vogelmonitoring financierden en aan het Kabinet Omgeving (2019-2024) dat de opstart van het Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied (MBAG) financierde.

Het meetnet toont aan dat er in het Vlaamse landbouwgebied waardevolle biodiversiteit aanwezig is. De opstart van het meetnet ging gepaard met veel constructieve contacten en een bereidheid tot samenwerking vanuit de heel diverse betrokkenen. We zien dit als een waardevolle basis om in de toekomst verder samen kennis op te bouwen over biodiversiteit in landbouwgebied en samen zorg te dragen voor een veerkrachtig agro-ecosysteem.



Voorwoord

Biodiversiteit in het agrarisch gebied is essentieel voor het functioneren en de veerkracht van onze ecosystemen. Bestuivers dragen bij aan voedselproductie, bodembiodiversiteit ondersteunt bodemvruchtbaarheid en nutriëntenkringlopen, en soortenrijke landschappen helpen bij waterbuffering, koolstofopslag en natuurlijke plaagbeheersing. Een biodivers landbouwlandschap is daardoor niet alleen belangrijk voor natuurbehoud, maar ook voor voedselzekerheid, klimaatadaptatie en duurzame landbouw.

Tegelijk staat die biodiversiteit vandaag sterk onder druk. Daarom groeit, zowel op Vlaams als op Europees niveau, de nood aan robuuste monitoring om de toestand van ecosystemen op te volgen, de effectiviteit van beleidsmaatregelen te evalueren en natuurherstel wetenschappelijk te onderbouwen. Europese beleidskaders zoals de Natuurherstelverordening, de Kaderrichtlijn Water en de Bodemonitoringrichtlijn maken die uitdaging bijzonder actueel.

Met het Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied (MBAG) zet Vlaanderen een belangrijke stap in die richting. Dit rapport toont hoe in korte tijd een breed en modulair monitoringskader werd opgebouwd dat verschillende biodiversiteitscomponenten in landbouwgebied samenbrengt - van boerenlandvogels en bestuivers tot bodembiodiversiteit, aquatische ecosystemen en landschapselementen. Het rapport illustreert tegelijk hoe wetenschappelijke innovatie, databeheer, statistische ondersteuning en terreinmonitoring hand in hand kunnen gaan.

Bijzonder waardevol is ook de cocreatieve benadering die binnen MBAG werd ontwikkeld. Biodiversiteitsmonitoring in landbouwgebied kan immers alleen duurzaam worden uitgebouwd wanneer ze gebeurt in dialoog met landbouwers en andere betrokken actoren. De ervaringen binnen MBAG tonen dat gezamenlijke terreinwerking, kennisuitwisseling en participatieve monitoring kunnen bijdragen aan wederzijds vertrouwen, gedeeld inzicht en een sterker draagvlak voor biodiversiteitsherstel in het agrarisch landschap.

Dit rapport vormt dan ook niet alleen een wetenschappelijke stand van zaken, maar ook een belangrijke bouwsteen voor toekomstige samenwerking tussen onderzoek, beleid en praktijk in het agrarisch gebied. MBAG is daarbij veel meer dan een verzameling afzonderlijke meetnetten: het vormt een geïntegreerd monitoringsplatform waarmee Vlaanderen biodiversiteit in landbouwgebied op een wetenschappelijk onderbouwde, kostenefficiënte en beleidsrelevante manier kan opvolgen. De continuering en verdere uitbouw van deze monitoringcapaciteit zal essentieel zijn om Vlaanderen toe te laten op een onderbouwde en efficiënte manier invulling te geven aan de Europese biodiversiteits- en natuurhersteldoelstellingen.

Dr. Hilde Eggermont
 Administrateur-generaal
 Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

////////////////////////////////////

Samenvatting

De Vlaamse Beleidsnota Omgeving (2019-2024) plande de kennis over de natuur in agro-ecosystemen te verbreden om het beheer van de open ruimte te verbeteren. Als onderdeel daarvan werd een nieuw meetnet voorgesteld, het Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied. Ook de Vlaamse Beleidsnota Landbouw en Tuinbouw (2024-2029) maakt melding van het meetnet. In 2023 kreeg het INBO de opdracht om het meetnet op te starten. Dit gebeurde in de periode 2023-2025. Dit rapport biedt een weerslag van deze opstart.

Het meetnet werd opgezet ter ondersteuning van de Europese rapporteringen inzake biodiversiteit in het agrarisch gebied. Het bestaat uit zes deelmeetnetten, georganiseerd via zes verticale inhoudelijke modules (vogels (en zoogdieren), bestuivers, aquatische ongewervelden, bodembiodiversiteit, biologische waarderingskaart en natuurlijk milieu) en vijf horizontale ondersteunende modules (coördinatie, statistiek, data, cocreatie en communicatie). De modules vormen de basis voor de hoofdstukken in dit rapport. Terwijl de deelmeetnetten vogels, bestuivers en biologische waarderingskaart zich op de EU Natuurherstelverordening richten, focust het deelmeetnet aquatische ongewervelden op de EU Nitraatrichtlijn en EU Kaderrichtlijn Water, het deelmeetnet bodembiodiversiteit op de EU Richtlijn Bodemonitoring en het deelmeetnet natuurlijk milieu op de EU Habitatrichtlijn en de EU Natuurherstelverordening. De vijf horizontale modules ondersteunen het geheel en zorgen voor afstemming.

De modulaire opbouw laat toe om gefaseerd verder te operationaliseren, afhankelijk van de maturiteit van de methodieken en de beschikbare middelen. Tegelijk laat de modulaire opbouw afstemming toe, zodat kruisbestuiving en bijkomende inzichten mogelijk worden. Afstemming leidt tot een aanzienlijke efficiëntiewinst. In plaats van afzonderlijke veldbezoeken en data-analyse voor elk meetnet, kunnen we met één geïntegreerde aanpak meer vragen beantwoorden met dezelfde gegevens. Dit bespaart niet alleen tijd en middelen, maar vermindert ook de verstoring van de natuurlijke omgeving door minder herhaaldelijke aanwezigheid in het veld. Bovendien stelt het ons in staat om een holistisch beeld te krijgen van de interacties binnen een ecosysteem, wat essentieel is voor effectief natuurherstel. De modules worden hieronder kort besproken.

////////////////////////////////////

karacteriseren. Verder wordt gecorrigeerd voor de detectiekans, zodat tellingen kunnen worden omgezet in betrouwbare dichtheitsinschattingen (broedparen per 100 hectare). Aanwezige zoogdieren werden mee geteld, hoewel daar waarschijnlijk de dichtheitsen worden onderschat. De resultaten leggen de basis voor de evaluatie van de toestand van boerenlandvogels in Vlaanderen, zoals voorzien in de EU Natuurherstelverordening.

Tijdens de drie jaar tellingen werden 172.252 waarnemingen van vogels en zoogdieren genoteerd. We vonden meer vogelsoorten in halfopen dan in open landschappen, terwijl we dan weer meer boerenlandvogels vonden in open landschappen dan in halfopen landschappen. We vonden meer boerenlandvogels op locaties binnen dan buiten soortenbeschermingsprogramma's, waaruit we concluderen dat de afbakeningen goed gekozen zijn. Om de impact van de soortenbeschermingsprogramma's te kunnen evalueren zijn langere tijdsreeksen nodig. Voor twee voorbeeldsoorten, veldleeuwerik en gele gors, stellen we vast dat de streefwaarde uit het soortenbeschermingsprogramma akkervogels, op één jaar in één landbouwstreek na, nergens wordt gehaald. De analyses van de resultaten zijn nog lopend. De verwerking zal in het najaar 2026 afgerond zijn.

Bestuivers - Voor de monitoring van bestuivers was er in 2023 een Europese methodiek in ontwikkeling. Daar werd aan bijgedragen door op drie locaties zes methoden voor de bemonstering van bijen en zweefvliegen te testen. Het ging over kleurvallen en transecten en varianten daarvan. Voor bijen bleken (vooral UV-reflecterende) kleurvallen het meest effectief, terwijl de beste methode voor zweefvliegen minder eenduidig was. Voor dagvlinders zijn transecten dan weer de meest effectieve methode. Er bestaat dus geen uniforme methode die optimaal werkt voor alle bestuivers, waardoor een combinatie van technieken noodzakelijk is. De tijdsduur van het gebruik en de hoogte van de vallen had impact op de soortensamenstelling, hetgeen tot precieze richtlijnen noopt. De seizoensale variatie was groot, waardoor een regelmatige bemonstering doorheen het seizoen nodig zal zijn.

Op basis van deze voorbereiding werd in 2024 een pilootproject uitgerold in één landbouwstreek, namelijk de Vlaamse Zandstreek. De steekproef bestond uit 140 locaties (open en halfopen landschap, binnen en buiten gebied met soortenbeschermingsprogramma) en was een subset van de steekproef voor vogels, zodat geïntegreerde verwerking mogelijk wordt. Er werd gewerkt met duidelijk omschreven kleurvallen en transecten. Tijdens deze eerste metingen werden nog geen consistente verschillen vastgesteld tussen open en halfopen landschappen of tussen locaties binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma. Daarvoor is het nog te vroeg. Wel bezorgde het pilootproject ons data voor *power analyses*, op basis waarvan we de steekproefgrootte van het meetnet in agrarisch gebied kunnen bepalen. De ontwikkelde methodiek kan eenvoudig worden aangepast om compatibel te zijn met de ondertussen vastgelegde Europese methodiek. Voor een robuuste beoordeling van de resultaten zijn echter ook de zogenaamde “bevredigende niveaus”, waarnaar de verordening verwijst, noodzakelijk. De verdere operationalisering daarvan vergt bijkomend voorbereidend onderzoek.

////////////////////////////////////

Aquatische ongewervelden - Deze module werd door de Vlaamse Milieumaatschappij aan het meetnet toegevoegd. De toestand van deze soortengroep in de geselecteerde meetpunten weerspiegelt de druk van landbouw op waterlopen en evalueert daarmee de effectiviteit van het mestbeleid in functie van de EU Nitraatrichtlijn, alsook de voortgang naar de doelen van de EU Kaderrichtlijn Water.

De resultaten laten zien dat de nitraatconcentraties overal onder de drempelwaarde vallen en dat de biotische index een matige of een goede waterkwaliteit aangeeft. Dat neemt niet weg dat verschillen tussen meetpunten en evoluties doorheen de tijd relevant blijven voor de evaluatie van de effectiviteit van het mestbeleid in uitvoering van de Europese richtlijnen. Naarmate het aandeel akkerbouw in het afstroomgebied hoger was, vonden we in de winter een hogere nitraatconcentratie in het oppervlaktewater. Voor aquatische ongewervelden kon een dergelijk verband voorlopig niet worden aangetoond. Deze module illustreert hoe een gerichte selectie van meetpunten kan bijdragen aan een efficiënte opvolging van trends in waterkwaliteit en biodiversiteit in landbouwgebied.

[illegible]

Uit de metingen bleek - zoals te verwachten - een afname van de rijkdom aan soorten ongewervelden naarmate de landgebruiksintensiteit toeneemt. Wat opvallender is, is dat de rijkdom aan soorten mycorrhiza-schimmels afneemt en die van plantpathogene schimmels toeneemt bij toenemende landgebruiksintensiteit. Fysico-chemische variabelen hadden weinig invloed op bovenstaande relaties. Alleen de koolstofdichtheid was positief gelinkt met de soortenrijkdom. Dat er geen relatie was tussen totale organische koolstof en soortenrijkdom en een negatieve relatie tussen de dichtheid van de bodem en soortenrijkdom, wijst op de negatieve impact van bodemverdichting op soortenrijkdom.

Het seizoen van bemonstering bleek weinig invloed te hebben op bovenstaande bevindingen, althans voor ongewervelden. Dit betekent dat de monitoring van ongewervelden via de op verschillende tijdstippen verzamelde C-mon stalen kan gebeuren. Of dat voor bacteriën en schimmels kan, vergt verder onderzoek. Er blijkt wel een duidelijke impact van het moleculair protocol. Taxonspecifieke primers presteren over de verschillende taxonomische groepen heen beter dan universele primers en reproduceren het verwachte patroon van toenemende soortenrijkdom bij afnemende landgebruiksintensiteit betrouwbaarder. Opmerkelijk is dat de taxonspecifieke primers voor geleedpotigen ook goed presteren voor regenwormen en potwormen. Universele primers blijken bruikbare patronen in soortenrijkdom op te leveren voor nematoden, protisten en schimmels. Taxonspecifieke en universele primers worden dus best gecombineerd. Voor nematoden werden twee methoden vergeleken, die beide hun voor- en nadelen hebben.

////////////////////////////////////

fysico-chemische en microbiële variabelen. Voor een robuuste beoordeling zullen ook referentiewaarden nodig zijn, rekening houdend met verschillen in landgebruik en bodemtype.

Biologische waarderingskaart (BWK) - De Biologische Waarderingskaart is van belang voor de opvolging van de landschapselementen met hoge diversiteit, alsook voor het begrijpen van trends in boerenlandvogels en bestuivers. Het zijn allemaal doelen uit de EU Natuurherstelverordening. De BWK voor het landbouwgebied is echter sterk verouderd, maar een volledige actualisatie via klassieke veldkartering is niet haalbaar binnen de beschikbare middelen. Binnen deze module werd daarom een gerichte actualisatie uitgevoerd in een reeks studiegebieden met een potentieel hogere biologische waarde, omdat daar de meerwaarde van herkartering het grootst is. Daar werd ook bijzondere aandacht besteed aan de aanwezigheid van zeldzame akkerplanten. Daarnaast werden ook de mogelijkheden verkend van *remote sensing* om op termijn te komen tot een efficiëntere en meer gebiedsdekkende actualisatie van biodiversiteitsrelevante landschapselementen, met hoogstamboomgaarden als eerste testcase.

De veldkartering gebeurde in 14 studiegebieden, in totaal ongeveer 20.000 ha. Daarbij werd de methodiek voor de kartering verfijnd en werd aangetoond dat met voorbereiding op basis van de perceelsregistratie en orthofoto's de efficiëntie van de kartering kan worden verhoogd. De resultaten werden in nieuwe versies van de BWK op geopunt geïntegreerd, en de verbeterde methodiek in de handleidingen en veldsleutels voor de kartering verwerkt.

Op 16% van de 616 op akkerflora gescreende akkers (414 ha) werden 1 à 4 zeldzame akkerplanten per akker gevonden. In percelen die al heel lang akker zijn (18% met zeldzame akkerflora), in het Brabants Lemig Heuveldistrict (18% met zeldzame akkerflora) en vooral in het Golvend Haspengouws Leemdistrict (47% met zeldzame akkerflora) lag dit percentage hoger. Ook bij de percelen met een beheerovereenkomst waarbij granen of andere zaadleverende gewassen worden ingezaaid maar niet geoogst en blijven staan tot vroeg in het daaropvolgende voorjaar, lag dit percentage hoger (24% met zeldzame akkerflora). De resultaten suggereren bovendien dat langdurige beheermaatregelen potentieel gunstig zijn voor zeldzame akkerflora, al is verdere analyse nodig om causale verbanden te bevestigen.

De gebiedsdekkende kartering van hoogstamboomgaarden gebeurde op basis van winterorthofoto's. Hiervoor werd een model ontwikkeld dat hoogstamboomgaarden automatisch herkent op deze beelden. Om voldoende betrouwbare resultaten te bekomen, werd het model getraind op duidelijk afgelijnde boomgaarden. Dit model werd vervolgens toegepast op de winterorthofoto's voor Vlaanderen en het resultaat werd vergeleken met de huidige BWK. Dit leidde tot een kaart van hoogstamboomgaarden die al dan niet opgenomen zijn in de huidige BWK. Een deel daarvan bleken relevante aanvullingen op de BWK, terwijl andere detecties vals-positieven betroffen. Vooral bomenrijen bleken soms moeilijk te onderscheiden van hoogstamboomgaarden.

////////////////////////////////////

Statistiek - Deze horizontale module ondersteunt de verschillende verticale modules op het vlak van meetnetontwerp en data-analyse. Dit gebeurde in de eerste plaats voor de modules vogels, bestuivers en bodembiodiversiteit. De huidige afstemming tussen modules vormt een eerste stap richting geïntegreerde biodiversiteitsmonitoring in landbouwgebied. Een verdere afstemming tussen meetnetten, met gedeelde of gekoppelde databronnen, kan op termijn belangrijke efficiëntie- en informatiewinsten opleveren. Voor de vogelmonitoring werd aangetoond dat het niet aangewezen is om het aantal meetpunten te verminderen, omdat dan de statistische gevoeligheid te beperkt wordt om verschillen in trend tussen gebieden binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma's te detecteren.

Het is voorbarig om uit deze relatief beperkte dataset verregaande conclusies te trekken. De analyses illustreren wel het potentieel van afgestemde meetnetten om geïntegreerde inzichten te genereren over biodiversiteit in landbouwgebied. Tegelijk tonen ze ook aan dat de praktische mogelijkheden voor afstemming momenteel verschillen tussen modules, afhankelijk van de maturiteit van de meetnetten en de mate waarin bestaande methodieken en workflows vooraf vastliggen.

Op basis van remote sensing kunnen ook extra indicatoren worden berekend, die de monitoringresultaten kunnen helpen interpreteren. Om de vogelresultaten te helpen begrijpen, werd per cirkel van 300 meter waarbinnen werd geteld een indicator voor de naakte bodem berekend. Het

9

Data - Het databeheer binnen MBAG volgt de INBO-richtlijnen inzake FAIR en open onderzoeksdata. Om dit te realiseren werd binnen elke module aan een datamanagementplan, onderzoeksdatabeheer en FAIR en open publiceren gewerkt.

In het kader van onderzoeksdatabasebeheer werd voor de module vogels de samenwerking met SOVON geoptimaliseerd, voor de bestuiversmonitoring een SQL-databank en invoer-App opgezet, voor de bodembiodiversiteitsmonitoring een databasebeheer-gefocusste eDNA workflow opgestart, alsook een datamanagementplan en specifiek onderzoeksdatabasebeheer voor de DNA-referentiedatabank.

Cocreatie - Een meetnet in het agrarisch gebied betekent dat metingen plaatsvinden in een landschap waarin landbouwers actief zijn. Hoewel er nooit landbouwpercelen werden betreden zonder toestemming van de landbouwer, kan dataverzameling in de omgeving vragen of bezorgdheden oproepen en zo onbedoeld bijdragen aan spanningen. Door de privacywetgeving was het niet mogelijk om de betrokken landbouwers te contacteren, wat de context en afstemming extra complex maakte. Binnen MBAG-cocreatie lag de focus op vertrouwen, kennisuitwisseling en dialoog tussen onderzoekers, landbouwers en andere betrokken actoren.

////////////////////////////////////

Polarisatie is op zich niet noodzakelijk negatief, maar kan problematisch worden wanneer naast een 'wij-zij'-tegenstelling geen gedeeld referentiekader of gemeenschappelijk perspectief meer aanwezig is. Het gaat om een dynamiek waarbij groepen zichzelf en anderen steeds sterker benaderen vanuit stereotiepe identiteitsbeelden. Daarbij worden de eigen groep en haar handelen vooral positief voorgesteld, terwijl de tegenpartij eerder eenzijdig negatief wordt benaderd. Zulke dynamieken kunnen het wederzijds begrip en de constructieve dialoog bemoeilijken.

De focus van MBAG-cocreatie lag op de Oostelijke Leemstreek, aangezien daar al resultaten uit het pilootproject rond vogels (2022-2023) beschikbaar waren en er dus resultaten over vogels konden worden gedeeld met landbouwers. We stonden evenwel ook open voor samenwerking met andere geïnteresseerde landbouwers elders in Vlaanderen. Het meetnet en de lokale resultaten werden op bijeenkomsten met landbouwers en andere actoren voorgesteld en besproken. Dit werd zeer gewaardeerd en leidde tot opbouw van vertrouwen en wederzijdse uitwisseling van inzichten. Het leidde tot onderstaande extra activiteiten, enerzijds bij een akkerbouwer in Koksijde en anderzijds bij diverse landbouwers in de Oostelijke Leemstreek.

- Voor Kievit konden we geen meerwaarde van de inspanningen van de landbouwer aantonen, hetgeen het gevolg bleek van vernieling van de nesten bij het uitrijden van drijfmest. Samen met de landbouwer en vrijwilligers testten we nestverplaatsing en nestbescherming met metalen koepels, waarna de beheerovereenkomsten wel een meerwaarde bleken voor de soort.

11

- In Zuid-Hageland werd het broedsucces van grauwe gors, geelgors en veldleeuwerik bij meerdere landbouwers onderzocht met nestcamera's. Daar bleek dat dergelijk onderzoek samen met landbouwers zeer verbindend werkt en het delen van de informatie, in het bijzonder videofragmenten, zeer gewaardeerd wordt. In functie van de noden van landbouwers werden ook aanvullende biodiversiteitsmetingen uitgevoerd. Landbouwers waren nieuwsgierig naar de impact van faunavoedselgewas en van hagen, van stalmest versus drijfmest, van jonge versus oude hagen en van diverse vormen van begrazing. Er werden, naargelang de relevantie, metingen uitgevoerd op kruipende ongewervelden, waaronder mestkevers, alsook op nachtvlinders en op regenwormen.

Aanbevelingen voor beleid

Boerenlandvogels - De huidige monitoring van boerenlandvogels biedt ondersteuning voor de implementatie van de EU Natuurherstelverordening, inclusief de evaluatie van de effectiviteit van de maatregelen. Garandeer de continuïteit vanaf 2027, ter ondersteuning van de doelstelling van 5% toename van de boerenlandvogelindex tegen 2030. Daarbij vergroten de structurele verankering van de vrijwilligerswerking en verdere afstemming met de Algemene Broedvogelmonitoring 2.0 de kostenefficiëntie van het meetnet. Het is niet aangewezen het aantal meetpunten te verminderen omdat dit de statistische gevoeligheid zou beperken.

////////////////////////////////////

Aquatische ongewervelden - De monitoring van aquatische ongewervelden biedt kansen om, naast de output (nitraten, in functie van de EU Nitraatrichtlijn), ook de outcome (biodiversiteit, in functie van de EU Kaderrichtlijn Water) van het mestbeleid beter te evalueren. Breid daartoe het deelmeetnet aquatische ongewervelden verder uit met een geoptimaliseerd en representatief aantal meetpunten.

Biologische Waarderingskaart (BWK) - Om de effectiviteit van het huidige Natuurherstelplan op te volgen en het volgende Natuurherstelplan voor te bereiden, zoals voorzien in de EU Natuurherstelverordening, is een koppeling tussen enerzijds de vogel- en bestuiversmonitoring en anderzijds de Biologische Waarderingskaart en remote sensing aangewezen. De combinatie van meetpunten, de actualisatie van de BWK en indicatoren voor landschapsstructuren en habitatkwaliteit zullen de interpretatie van trends, de evaluatie van herstelmaatregelen en de bijsturing van het beleid versterken. Investeer in verdere gerichte actualisaties van de BWK, waarbij de veldkartering geoptimaliseerd wordt door voorbereiding op basis van de perceelsregistratie en orthofoto's en remote sensing een steeds grotere rol zal spelen.

Cocreatie - Samenwerking en kennisdeling met landbouwers is essentieel voor natuurherstel in het agrarisch gebied. Het vormt de basis voor gezamenlijke acties zoals bijvoorbeeld de bescherming van nesten van boerenlandvogels of het bevorderen van de functionele biodiversiteit (bodemgezondheid, plaagbeheersing, bestuiving). Stimuleer verdere samenwerking tussen onderzoekers en landbouwers. Activeer onderzoek naar de impact van natuurherstel op landbouwers, als component van ecologische effectiviteit.

////////////////////////////////////

English abstract

The Flemish Policy Plan on the Environment (2019–2024) set out the ambition to expand knowledge of nature in agro-ecosystems in order to improve the management of open spaces. As part of this, a new monitoring network was proposed: the Agricultural Area Biodiversity Monitoring Network (MBAG). The Flemish Policy Plan on Agriculture and Horticulture (2024–2029) also refers to this monitoring network. In 2023, the INBO was commissioned to launch the monitoring network. This took place between 2023 and 2025. This report provides an account of this launch.

The monitoring network MBAG was set up to support European reporting on biodiversity in agricultural areas. It consists of six sub-monitoring networks, organised across six vertical thematic modules (birds (and mammals), pollinators, aquatic invertebrates, soil biodiversity, biological assessment map and natural environment) and five horizontal support modules (coordination, statistics, data, co-creation and communication). The modules form the basis for the chapters in this report. Whilst the sub-monitoring networks for birds, pollinators and the biological assessment map focus on the EU Nature Restoration Regulation, the sub-monitoring network for aquatic invertebrates focuses on the EU Nitrates Directive and the EU Water Framework Directive, the soil biodiversity sub-monitoring network on the EU Soil Monitoring Directive, and the natural environment sub-monitoring network on the EU Habitats Directive and the EU Nature Restoration Regulation. The five horizontal modules support the whole and ensure coordination.

The modular structure allows for further operationalisation in phases, depending on the maturity of the methodologies and the available resources. At the same time, the modular structure facilitates coordination, enabling cross-fertilisation and additional insights. Coordination leads to significant efficiency gains. Instead of separate field visits and data analysis for each monitoring network, a single integrated approach enables us to answer more questions using the same data. This not only saves time and resources but also reduces disturbance to the natural environment by minimising repeated field visits. Furthermore, it enables us to gain a more holistic picture of the interactions within an ecosystem, which is essential for effective nature restoration. The modules are briefly discussed below.

////////////////////////////////////

Mammals present were also counted, although their densities are likely to have been underestimated. The results lay the foundation for assessing the status of farmland birds in Flanders, as provided for in the EU Nature Restoration Regulation.

During the three years of survey, 172,252 observations of birds and mammals were recorded. We found more bird species in semi-open landscapes than in open ones, whilst we found more farmland birds in open landscapes than in semi-open ones. The analyses confirm that more farmland birds occur at sites within species conservation programmes than outside them, indicating that the boundaries have been well chosen. Longer time series are required to evaluate the impact of the species conservation programmes. For two example species, the skylark and the yellowhammer, we have established that the target value set out in the farmland birds species conservation programme is not being met anywhere, with the exception of one year in one agricultural region. Analysis of the results is still ongoing. The processing will be completed in autumn 2026.

Pollinators – A European methodology for monitoring pollinators was under development in 2023. We contributed to this by testing six methods for sampling bees and hoverflies at three locations. These involved colour traps and transects, as well as variations thereof.

For bees, colour traps (particularly those reflecting UV light) proved to be the most effective, whilst the best method for hoverflies was less clear-cut. For butterflies, however, transects are the most effective method. There is therefore no single method that works optimally for all pollinators, making a combination of techniques necessary. The duration of use and the height of the traps had an impact on species composition, which calls for precise guidelines. Seasonal variation was significant, meaning that regular sampling throughout the season will be necessary.

Based on this preparatory work, a pilot project was rolled out in 2024 in a single agricultural region, namely the Flemish Sandy Region. The sample comprised 40 sites (open and semi-open landscapes, both within and outside areas covered by species conservation programmes) and was a subset of the sample for birds, thereby enabling integrated analysis. Clearly defined colour traps and transects were used. During these initial surveys, no consistent differences were yet observed between open and semi-open landscapes or between sites within and outside species conservation programmes. It is still too early for that. The pilot project provided us with data for power analyses, on the basis of which we can determine the sample size of the monitoring network in agricultural areas. In order to comply with the provisions of the Nature Restoration Regulation, further development and upscaling of the pollinator monitoring network will be necessary, not only within agricultural areas and across different agricultural regions, but ultimately across all relevant ecosystems in Flanders. The methodology developed can easily be adapted to be compatible with the European methodology that has since been established. However, for a robust assessment of the results, the so-called 'satisfactory levels', to which the regulation refers, are also necessary. Their further operationalisation requires additional preparatory research.

[illegible]

Aquatic invertebrates – This module was added to the monitoring network by the Flemish Environment Agency. The status of this group of species at the selected monitoring points reflects the pressure exerted by agriculture on watercourses and thus evaluates the effectiveness of the manure policy in relation to the EU Nitrates Directive, as well as progress towards the objectives of the EU Water Framework Directive.

A subset was selected from historical monitoring points that is sufficient to assess the effectiveness of the fertiliser policy. The selection was based on historical monitoring results and the agricultural characteristics of the catchment areas of the monitoring sites. The Flemish Environment Agency has committed to carrying out a new sampling exercise for aquatic invertebrates, nitrates and phosphates at 40 monitoring sites in 2024.

To enable meaningful conclusions to be drawn from this sample size, the sampling focused on two typical but contrasting agricultural characteristics within the catchment area: on the one hand, heavier soils with a relatively high proportion of cereals, and on the other, sandy soils with a relatively high proportion of maize.

The results show that nitrate concentrations are below the threshold value everywhere and that the biotic index indicates moderate or good water quality. Nevertheless, differences between sampling points and trends over time remain relevant for assessing the effectiveness of the fertiliser policy in implementing the European directives. Initial modelling showed higher nitrate concentrations in winter as the proportion of arable land increased. For aquatic invertebrates, no comparable correlation could be demonstrated at this stage. This approach demonstrates how a targeted selection of monitoring points can contribute to the efficient monitoring of trends in water quality and biodiversity in agricultural areas.

Soil biodiversity – Soil biodiversity plays a crucial role in the health and functioning of many ecosystem processes, such as the decomposition of organic matter, soil formation, nutrient cycles, water purification and infiltration, and the control of diseases and pests. Whilst the EU Nature Restoration Regulation focuses primarily on soil carbon – already monitored via the Soil Carbon Monitoring Network (CMON) – the EU Soil Monitoring Directive also explicitly addresses soil biodiversity. However, the monitoring of soil biodiversity is still in its early stages of development. This module therefore focuses on the methodological development and validation of potential indicators.

The technique of eDNA metabarcoding (*environmental DNA*) offers great potential. It works with primer sets, which amplify the DNA of the taxonomic groups for which they were developed, thereby determining which organisms can be detected in the sample. The quality of detection therefore depends entirely on the analytical method. In this module, the methodology for eDNA metabarcoding of soil biodiversity within the Flemish agricultural area was tested and further developed. This work was built on the Flemish soil samples from the soil carbon monitoring network. Arable land and temporary, permanent, residential and natural grasslands were investigated for

////////////////////////////////////

amongst other things, bacteria, fungi, nematodes, earthworms, pot worms, springtails and other arthropods, in preparation for a future monitoring network.

As expected, the measurements revealed a decline in the richness of invertebrate species as land-use intensity increased. More strikingly, the richness of mycorrhizal fungi decreased, whilst that of plant-pathogenic fungi increased with rising land-use intensity.

Physico-chemical variables had little influence on the above relationships. Only carbon density was positively correlated with species richness. The absence of a relationship between total organic carbon and species richness, and a negative relationship between soil density and species richness, points to the negative impact of soil compaction on species richness.

The relationships between land-use intensity and the species richness of invertebrates were primarily observed in the top 10 cm of the soil. In deeper soil layers, higher species richness was observed only for earthworms at lower land-use intensity. The depth gradient was most pronounced at lower land-use intensity and among arthropods. For invertebrates, therefore, the top soil layer is the indicator layer. For fungi, the relationship between land-use intensity and species richness in deeper soil layers was comparable. In this case, the deeper soil layers also provide useful information.

The sampling season appeared to have little influence on the above findings, at least for invertebrates. This means that monitoring of invertebrates can be carried out using C-mon samples collected at different times. Whether this is possible for bacteria and fungi requires further research. However, there does appear to be a clear impact of the molecular protocol. Across the various taxonomic groups, taxon-specific primers perform better than universal primers and reproduce the expected pattern of increasing species richness with decreasing land-use intensity more reliably. It is noteworthy that the taxon-specific primers for arthropods also perform well for earthworms and pot worms. Universal primers appear to yield useful patterns in species richness for nematodes, protists and fungi. Taxon-specific and universal primers are therefore best used in combination. For nematodes, two methods were compared, both of which have their advantages and disadvantages.

Our findings lay the foundation for biodiversity variables that can be incorporated into a policy-relevant soil health index, in which they are combined with physico-chemical and microbial variables. For a robust assessment, reference values will also be required, taking into account differences in land use and soil type.

Biological Assessment Map – The Biological Assessment Map is important for monitoring landscape features with high diversity, as well as for understanding trends in farmland birds and pollinators. These are objectives set out in the EU Nature Restoration Regulation. However, for the agricultural area the Biological Assessment Map is significantly out of date. A full update via traditional field mapping is not feasible within the available resources. Within this module, a targeted update was therefore carried out in a series of study areas with potentially higher biological value, as this is

[illegible]

where the added value of remapping is greatest. Particular attention was also paid to the presence of rare arable plants in these areas. In addition, the potential of remote sensing was explored with a view to achieving, in the long term, a more efficient and comprehensive update of biodiversity-relevant landscape features, with standard-tree orchards serving as the first test case.

Field mapping was carried out in 14 study areas, covering a total of approximately 20,000 ha. In the process, the mapping methodology was refined and it was demonstrated that efficiency can be increased through preparatory work based on parcel registration and orthophotos. The results were integrated into new versions of the Biological Assessment Map on Geopunt, and the improved methodology was incorporated into the manuals and field guides for mapping.

On 16% of the 616 arable fields screened for arable flora (414 ha), between 1 and 4 rare arable plants were found per field. This percentage was higher in plots that have been arable land for a very long time (18% with rare arable flora), in the Brabant Loamy Hill District (18% with rare arable flora) and, in particular, in the Undulating Haspengouw Loamy District (47% with rare arable flora). This percentage was also higher for plots covered by agri-environment measures where cereals or other seed-bearing crops are sown but not harvested, and are left standing until early spring (24% with rare arable flora). The results also suggest that long-term management measures are potentially beneficial for rare arable flora, although further analysis is needed to confirm causal links.

The area-wide mapping of standard-tree orchards was carried out using winter orthophotos. A model was developed for this purpose that automatically recognises standard-tree orchards in these images. To obtain sufficiently reliable results, the model was trained on clearly defined orchards. This model was then applied to the winter orthophotos for Flanders, and the result was compared with the current Biological Assessment Map. This led to a map of standard-tree orchards, some of which are included in the current Biological Assessment Map and others which are not. Some of these proved to be relevant additions to the Biological Assessment Map, whilst other detections were false positives. In particular, rows of trees sometimes proved difficult to distinguish from standard-tree orchards.

Natural Environment – The Natural Environment Monitoring Networks track the pressure, including that arising from agriculture, on Natura 2000 habitats and regionally important biotopes. This is carried out within the framework of the EU Habitats Directive and the EU Nature Restoration Regulation. At the Flemish level, these monitoring networks constitute a specific requirement under the Decree on the Programmatic Approach to Nitrogen. Within this module, the groundwater monitoring network (eutrophication and desiccation), the soil monitoring network (eutrophication) and the surface water monitoring network (eutrophication) were prepared for the implementation phase.

////////////////////////////////////

Specific monitoring plans were designed for each monitoring network, as well as a computational workflow for generic and modular monitoring plans. An initial version of the data management plan has also been drafted.

Statistics – This horizontal module supports the various vertical modules in terms of monitoring network design and data analysis. This was done primarily for the modules on birds, pollinators and soil biodiversity. The current coordination between modules represents a first step towards integrated biodiversity monitoring in agricultural areas. Further coordination between monitoring networks, with shared or linked data sources, could yield significant efficiency and information gains in the long term. For bird monitoring, it was demonstrated that reducing the number of monitoring points is not advisable, as this would limit statistical sensitivity too much to allow detecting differences in trends between areas within and outside species conservation programmes.

At 40 monitoring points in the sandy region, both birds and pollinators were monitored. This initial coordination between modules enabled exploratory analyses to be carried out on possible links between different species groups and landscape types. For example, in semi-open landscapes, significantly more individuals of butterflies and hoverflies were present within areas covered by a species conservation programme, whilst in open landscapes, the number of bird species was significantly higher within areas covered by a species conservation programme. In addition, the extent to which trends or patterns across taxonomic groups are interrelated was investigated. Among other findings, a positive correlation was identified between the number of wild bees and butterflies, whilst the number of bird species was found to be negatively correlated with the number of wild bees and butterflies. Differences in patterns were also observed between butterflies and hoverflies.

It is premature to draw far-reaching conclusions from this relatively limited dataset. However, the analyses do illustrate the potential of coordinated monitoring networks to generate integrated insights into biodiversity in agricultural areas. At the same time, they also demonstrate that the practical possibilities for coordination currently vary between modules, depending on the maturity of the monitoring networks and the extent to which existing methodologies and workflows are pre-defined.

Additional indicators can also be calculated using remote sensing, which can help to interpret the monitoring results. To aid understanding of the bird survey results, an indicator for bare ground was calculated for each 300-metre circle within which counts were carried out. This resulted in high-resolution, spatiotemporal information that can contribute to a better understanding of habitat selection and breeding success among farmland birds.

Data – Data management within MBAG follows the INBO guidelines on FAIR and open research data. To achieve this, work was carried out within each module on a data management plan, research data management, and FAIR and open publishing.

[illegible]

Data management plans were drawn up for data on birds, pollinators, soil biodiversity, standard-tree orchards (via remote sensing) and the natural environment. These are published in PURE. In addition, a template was developed for further data management plans within the soil biodiversity module. Work on a data management plan for the Biological Assessment Map has yet to begin. The aim is to systematically draw up data management plans for all data collection within MBAG and make them publicly available.

In the context of research data management, collaboration with SOVON was optimised for the birds module; an SQL database and data entry app were set up for pollinator monitoring; a data management-focused eDNA workflow was launched for soil biodiversity monitoring; and a data management plan and specific research data management procedures were established for the DNA reference database.

Data on birds and pollinators are published via GBIF. The protocol for extracting bird data from the SOVON databases has also been published. For data, scripts, code and internal protocols within the soil biodiversity module, an assessment is currently underway to determine which elements can be made publicly available. Abiotic soil data are included in the Flanders Subsurface Database. All data from the Biological Assessment Map are online and open.

Co-creation – A monitoring network in an agricultural area means that measurements take place in a landscape where farmers are active. Although agricultural plots were never entered without the farmer's permission, data collection in the area can raise questions or concerns and thus inadvertently contribute to tensions. Due to privacy legislation, it was not possible to contact the farmers concerned, which made the context and coordination even more complex. Within the MBAG co-creation module, the focus was on trust building, knowledge exchange and dialogue between researchers, farmers and other stakeholders.

Within this module, we first explored the concepts of co-creation and polarisation in greater depth. Co-creation means that all stakeholders build a research project together from the outset – that is, from the moment the research question is defined. This is not the case with MBAG, as it was developed by nature researchers for the purpose of European reporting. Nevertheless, the MBAG co-creation module is an essential step towards a truly co-creative future monitoring network and a co-creative approach to nature restoration in agricultural areas. The monitoring network is being rolled out in a socially sensitive context in which agriculture, nature and other land uses are closely intertwined. We developed the MBAG co-creation module to build bridges between nature researchers and farmers. Through this module, we aim to engage with farmers in dialogue about MBAG, explore how they can be involved in the monitoring network, and at the same time investigate how MBAG can also offer added value for their farming practices.

Polarisation is not necessarily negative in itself, but can become problematic when, alongside an 'us-versus-them' dichotomy, there is no longer a shared frame of reference or common perspective. This involves a dynamic in which groups increasingly view themselves and others through the lens of

[illegible]

stereotypical identity images. In this context, one's own group and its actions are primarily portrayed in a positive light, whilst the opposing group tends to be viewed in a one-sidedly negative manner. Such dynamics can hinder mutual understanding and constructive dialogue. To work constructively in such a context, it is important to gain a clear understanding of the existing sensitivities and fault lines. The literature shows that it is more effective not to focus on the extremes, but rather on the 'silent middle' where shared interests and values exist. This is precisely what we aim to achieve with MBAG co-creation. Nature researchers and farmers engage in dialogue with one another in the field and explore how MBAG can contribute to local interests and needs. Together, they build a shared narrative based on cooperation and mutual understanding.

The focus of MBAG co-creation was on the Eastern Loam region, as results from the pilot project on birds (2022–2023) were already available there, meaning findings on birds could be shared with farmers. However, we were also open to collaboration with other interested farmers elsewhere in Flanders. The monitoring network and the local results were presented and discussed at meetings with farmers and other stakeholders. This was greatly appreciated and led to the building of trust and a mutual exchange of insights. It resulted in the additional activities outlined below, carried out on the one hand by an arable farmer in Koksijde (Polders) and on the other by various farmers in the Eastern Loam Region.

An arable farmer in Koksijde, whose fields stood out due to the high density of agri-environment schemes, wondered what benefits his efforts were yielding. As part of the MBAG co-creation initiative, we carried out additional counts using the standardised methodology and compared the results from the farm with other results from the region. These additional counts are not part of the MBAG sample, but the results from the MBAG are useful for assessing the farmer's results in comparison with monitoring sites in the surrounding area. Building on the results from this farmer, we carried out further research into nest protection and breeding success, in close collaboration with him.

- For the lapwing, we were unable to demonstrate any added value from the farmer's efforts; this turned out to be due to the destruction of nests during the spreading of slurry. Together with the farmer and volunteers, we tested nest relocation and nest protection using metal domes, after which the agri-environment schemes did prove effective for the species.
- For the skylark, the bird density on the farmer's land was twice as high as in the surrounding area. Here, we monitored breeding success using nest cameras and shared the footage with the farmer. Problems with predation were particularly evident in the summer wheat fields, caused in part by domestic cats and marsh harriers.

In Zuid-Hageland (Eastern Loam Region), the breeding success of the corn bunting, yellowhammer and skylark was studied using nest cameras on several farmers' land. It emerged that such research, carried out in collaboration with farmers, fosters a strong sense of connection, and that the sharing of information – particularly video clips – is greatly appreciated. Additional biodiversity surveys were also carried out in line with farmers' needs. Farmers were keen to understand the impact of wildlife

////////////////////////////////////

feed crops and hedgerows, of solid manure versus slurry, of young versus old hedgerows, and of various grazing practices. Depending on their relevance, measurements were carried out on ground-dwelling invertebrates, including dung beetles, as well as on moths and earthworms.

These initial experiences show that joint fieldwork, knowledge exchange and participatory monitoring can contribute to trust and cooperation regarding biodiversity in agricultural areas. Through MBAG, a still fragile new trust is growing between individual farmers, researchers, volunteers and others; this could form the basis for greater collaboration on biodiversity in agricultural areas, which is essential for achieving the European targets for nature restoration in these areas. Further expansion and consolidation of the monitoring network therefore seem highly advisable.

Policy recommendations

Consolidation – The Agricultural Area Biodiversity Monitoring Network (MBAG) has laid a robust foundation for biodiversity monitoring in agricultural areas in Flanders. Embed MBAG structurally as a knowledge tool to support the implementation of European and Flemish nature and agricultural policy, with an explicit focus on cost-efficiency and synergy between the sub-networks.

Farmland birds – The current monitoring of farmland birds supports the implementation of the EU Nature Restoration Regulation, including the evaluation of the effectiveness of the measures. Ensure its continuity from 2027 onwards, in support of the target of a 5% increase in the farmland bird index by 2030. Furthermore, the structural embedding of the volunteer programme and further coordination with the Common Breeding Bird Monitoring 2.0 will enhance the cost-efficiency of the monitoring network. It is not advisable to reduce the number of monitoring points, as this would limit statistical sensitivity.

Pollinator monitoring – Pollinator monitoring is in a critical start-up phase. The monitoring protocol, in line with the EU Nature Restoration Regulation, has been in place since 2025. Organise an accelerated roll-out, in collaboration with Wallonia, to support the objective of reversing the decline in pollinator populations by 2030. Invest in preparatory scientific research to determine ‘satisfactory levels’ of pollinator populations.

Aquatic invertebrates – Monitoring aquatic invertebrates offers opportunities to better assess not only the output (nitrates, in accordance with the EU Nitrates Directive) but also the outcome (biodiversity, in accordance with the EU Water Framework Directive) of the fertiliser policy. To this end, further expand the sub-network for monitoring aquatic invertebrates with an optimised and representative number of monitoring points.

Soil biodiversity – Building on the soil carbon monitoring network (Cmon), the monitoring of soil biodiversity supports the implementation of the EU Soil Monitoring Directive. Support the further development of a standardised methodology. Key areas of focus here include the operationalisation

////////////////////

of DNA metabarcoding for fungi and bacteria and a monitoring strategy for soil fauna. Invest in scientific research to support reference values for each soil type and land use.

Biological Assessment Map – In order to monitor the effectiveness of the current Nature Restoration Plan and to prepare the next Nature Restoration Plan, as provided for in the EU Nature Restoration Regulation, it is advisable to establish a link between, on the one hand, bird and pollinator monitoring and, on the other hand, the Biological Assessment Map and remote sensing. The combination of monitoring points, the updating of the Biological Assessment Map and indicators for landscape structures and habitat quality will strengthen the interpretation of trends, the evaluation of restoration measures and the adjustment of policy measures. Invest in further targeted updates to the Biological Assessment Map, whereby field mapping is optimised through preparatory work based on parcel registration and orthophotos, and remote sensing that plays an increasingly significant role.

Natural Environment Monitoring Networks – Various thematic monitoring networks are ready for implementation: desiccation via groundwater, eutrophication via groundwater, eutrophication via soil and eutrophication via surface water. Integrate the eutrophication monitoring networks into the broader impact monitoring of the Programmatic Approach to Nitrogen.

Co-creation – Collaboration and knowledge-sharing with farmers are essential for nature restoration in agricultural areas. This forms the basis for joint actions such as, for example, the protection of farmland bird nests or the promotion of functional biodiversity (soil health, pest and disease control, pollination). Encourage further collaboration between researchers and farmers. Initiate research into the impact of nature restoration on farmers, as a component of ecological effectiveness.

Data, statistics and coordination – The further development of MBAG requires enhanced statistical support, data management structures and coordination of the various monitoring networks. Ensure that these form a structural part of the monitoring network.

////////////////////////////////////

Dankwoord	1
Voorwoord	2
Samenvatting	3
Aanbevelingen voor beleid	12
English abstract	14
Policy recommendations	23
Inhoudstafel	25
1 Inleiding	30
1.1 Aanleiding	32
1.2 Doelstelling	32
1.3 Opzet	33
1.4 Aanpak	37
1.5 Conclusies	39
1.6 Extra outputs	39
2 Vogels (en zoogdieren)	39
2.1 Doelstelling	39
2.2 Methodiek	40
2.3 Vrijwilligerswerking	42
2.3.1 De meerwaarde van burgerwetenschap	43
2.3.2 Vrijwilligerswerving	43
2.3.3 Vrijwilligerscoördinatie	44
2.3.4 Communicatie met en opleiding van vrijwilligers	45
2.3.5 Evolutie van de vrijwilligers aantallen	46
2.3.6 Conclusie	47
2.4 Resultaten en bespreking	48
2.4.1 Overzicht van de resultaten	48
2.4.2 Open versus halfopen landschappen	52
2.4.3 Impact van soortenbeschermingsprogramma's	55
2.4.4 Voorbeeldsoort 1: Veldleeuwerik	56
2.4.5 Voorbeeldsoort 2: Geelgors	59
2.5 Conclusies	61
2.6 Extra outputs	62
3 Bestuivers	63
3.1 Doelstelling	63

10.21436/inbor.147396326

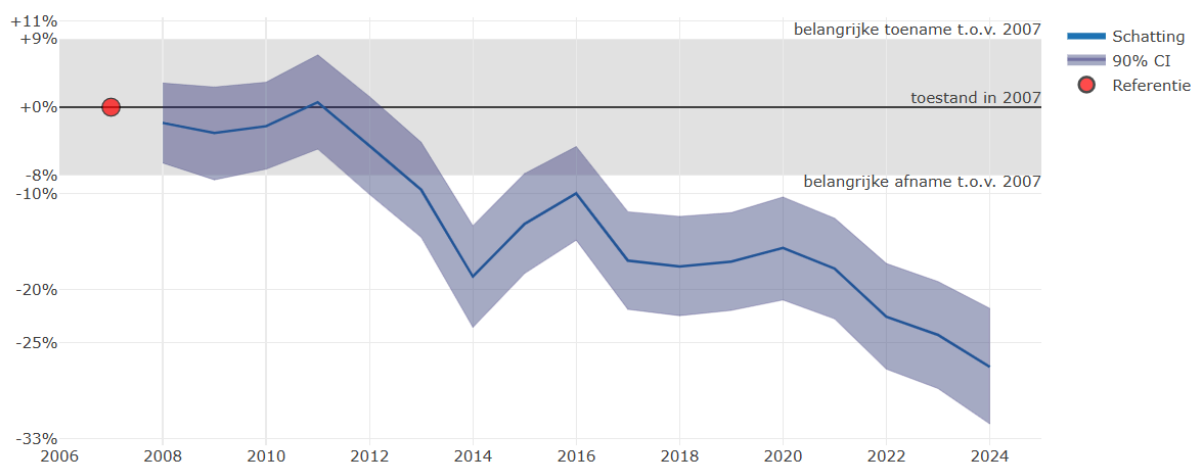
1 Inleiding

De voedselzekerheid veilig stellen zonder de leefomgeving te ondermijnen is een van de grootste uitdagingen van deze tijd (Pereira *et al.*, 2025). Een veerkrachtig agro-ecosysteem is niet alleen belangrijk voor de biodiversiteit, maar ook voor de landbouwproductie zelf (Bezner Kerr *et al.*, 2021). Het verstrekt ecosysteemdiensten, zoals bestuiving en natuurlijke plaagbeheersing, die de landbouwproductie ondersteunen (Grammatikopoulou *et al.*, 2024; Swinton *et al.*, 2007). Voor een effectief beleid ter ondersteuning van veerkrachtige agro-ecosystemen en agro-ecosysteemdiensten zijn betrouwbare en actuele gegevens nodig (Langlet-Uranüs *et al.*, 2026). Meetnetten vormen hier de sleutel, doordat ze trends inzichtelijk maken, de effectiviteit van maatregelen evalueren en informeren over gerichte bijsturing.

Over de toestand van agro-ecosystemen in Vlaanderen zijn nog maar weinig gegevens beschikbaar. De broedvogels van weiden en akkers worden systematisch opgevolgd en dit op basis van de algemene broedvogelmonitoring (Onkelinx *et al.*, 2025). De resultaten laten zien dat ondanks alle inspanningen (beheerovereenkomsten en soortenbeschermingsprogramma's) de neerwaartse trend blijft aanhouden (Figuur 1.1). Om deze evolutie te verklaren en daarmee gerichte maatregelen te kunnen nemen, zijn de beschikbare gegevens onvoldoende gedetailleerd. Daarnaast beschikken we over een graslandvlinderindex, die eveneens een aanhoudende negatieve trend laat zien (Figuur 1.2) (Maes & Piesschaert, 2026). Deze heeft evenwel vooral betrekking op graslanden die niet in landbouwgebruik zijn, zoals graslanden in natuurgebieden, parken, boomgaarden en wegbermen. Over andere soorten in het landbouwgebied zijn nog minder gegevens beschikbaar.

Zonder een verbetering van de basisnatuurkwaliteit in het landbouwgebied, dreigt het Vlaamse platteland niet alleen soorten zoals de veldleeuwerik en andere typische akker- en weidevogels te verliezen, maar ook essentiële ecosysteemdiensten. Het gaat daarbij om diensten die cruciaal zijn voor onze voedselproductie, waterkwaliteit en een klimaatbestendig landschap (Van den Borre *et al.*, 2025; Vermeersch *et al.*, 2025). Om de effectiviteit van de huidige inspanningen voor agro-ecosystemen, zoals beheerovereenkomsten en soortenbeschermingsprogramma's, te verhogen, is meer monitoring vereist.





1.1 Aanleiding

De Beleidsnota Omgeving (2019-2024)¹ plande de kennis over de natuur in agro-ecosystemen te verbreden om het beheer van de open ruimte te verbeteren. Als onderdeel daarvan werd een nieuw meetnet voorgesteld: *“We zetten in samenwerking met het beleidsdomein Landbouw en Visserij en relevante actoren een Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied op om de toestand op te volgen, en om na te gaan wat het effect is van beheermaatregelen en drukken. De inzichten en kennis vertalen we in onderling overleg naar toepassingen op maat voor beleid en beheer.”* De opdracht is dus driedelig: de toestand opvolgen, het effect van maatregelen evalueren en de druk vanuit landbouw op natuur evalueren. Ook de Beleidsnota Landbouw en Tuinbouw (2024-2029)² vermeldt *“initiatieven om de biodiversiteit te versterken, zoals het Meetnet Biodiversiteit in het Agrarisch Gebied, dat gericht is op het monitoren en verbeteren van de biodiversiteit in landbouwgebieden.”*

In 2021 kreeg INBO de vraag om een voorstel te ontwikkelen voor een dergelijk meetnet, hetgeen via een INBO-advies werd uitgewerkt (Dumortier *et al.*, 2022). Dit advies stelde een meetnet voor met volgende kenmerken:

- Het bouwt optimaal voort op de bestaande monitoring die nu al door diverse actoren wordt uitgevoerd.
- Het doet geen voorafnames inzake de uitvoerder van de voorgestelde uitbreidingen en nieuwe meetnetten. Het INBO is één van de potentiële uitvoerders, naast onder meer natuurverenigingen, universiteiten en studiebureaus.
- Het is opgebouwd uit modules die los van elkaar door verschillende uitvoerders kunnen worden gerealiseerd, en allemaal bijdragen tot de invulling van het meetnet.
- Het bevat een coördinerend en ondersteunend luik, dat wel bij voorkeur door het INBO wordt uitgevoerd.
- Het legt een basis voor het inschatten van benodigde financiering voor in te zetten mensen en budgetten.
- Het legt een basis voor het aantrekken van bijkomende externe financiering.

1.2 Doelstelling

De **langetermijndoelstelling** van het Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied (MBAG) is de biodiversiteit in het agrarisch gebied op te volgen.

Inhoudelijk richten we ons op de Europese rapporteringen die betrekking hebben op het agrarisch gebied, met name in het kader van de EU Natuurherstelverordening (2024/1991), de EU Richtlijn bodemmonitoring (2025/2360), de EU LULUCF Verordening (2018/841), het EU Gemeenschappelijk

¹ <https://www.vlaanderen.be/publicaties/beleidsnota-2019-2024-omgeving>

² <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/71076>

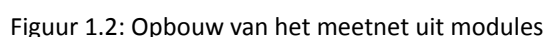
Met agrarisch gebied bedoelen we alle open of halfopen ruimte in landbouwgebruik, los van de gebruiker of de planologische bestemming.

1.3 Opzet

De verticale inhoudelijke modules kunnen onafhankelijk van elkaar lopen, maar afstemming van bijvoorbeeld meetpunten kan tot bijkomende inzichten leiden.

De modulaire opbouw laat toe om gefaseerd verder te operationaliseren, afhankelijk van de maturiteit van de methodieken en de beschikbare middelen. Tegelijk laat de modulaire opbouw afstemming toe, zodat kruisbestuiving en bijkomende inzichten mogelijk worden. Afstemming leidt tot een aanzienlijke efficiëntiewinst. In plaats van afzonderlijke veldbezoeken en data-analyse voor elk meetnet, kunnen we met één geïntegreerde aanpak meer vragen beantwoorden met dezelfde gegevens. Dit bespaart niet alleen tijd en middelen, maar vermindert ook de verstoring van de natuurlijke omgeving door minder herhaaldelijke aanwezigheid in het veld. Bovendien stelt het ons in staat om een holistisch beeld te krijgen van de interacties binnen een ecosysteem, wat essentieel is voor effectief natuurherstel.

33



EU Verordening Natuurherstel (2024/1991) (voortbouwend op Habitatrichtlijn (92/43/EEG) en Vogelrichtlijn (2009/147/EG)):

- Artikel 4.17(b): De lidstaten verzekeren een toenemende trend naar voldoende kwaliteit en kwantiteit van de terrestrische habitats van de in de bijlagen II, IV en V bij Habitatrichtlijn (92/43/EEG) opgenomen soorten en van de binnen het toepassingsgebied van Vogelrichtlijn (2009/147/EG) vallende soorten. In Vlaanderen maken delen van het agrarisch gebied deel uit van de habitat van onder meer grauwe en bruine kiekendief, grauwe klauwier, veldleeuwerik, wulp en Europese hamster. Voor die soorten moet volgens de EU Vogel- en Habitatrichtlijnen een gunstige staat van instandhouding worden bereikt.
- Artikel 10.1: De lidstaten verbeteren, door tijdig passende en doeltreffende maatregelen te nemen, de diversiteit van bestuivers en keren uiterlijk in 2030 de afname van bestuiverpopulaties om en realiseren daarna een toenemende trend voor bestuiverpopulaties, die vanaf 2030 minstens om de zes jaar wordt gemeten totdat bevredigende niveaus worden bereikt.
- Artikel 11.2: De lidstaten nemen maatregelen die tot doel hebben op nationaal niveau een toenemende trend te realiseren voor minstens twee van de volgende drie indicatoren voor landbouwecosystemen totdat bevredigende niveaus zijn bereikt: (a) de graslandvlinderindex;

10.21436/inbor.147396326

- Artikel 11.3: De lidstaten nemen herstelmaatregelen die tot doel hebben te verzekeren dat de index van algemene boerenlandvogelsoorten op nationaal niveau op basis van de in bijlage V opgenomen soorten³, geïndexeerd op 1 september 2025 = 100, de volgende niveaus bereikt: 105 in 2030, 110 in 2040 en 115 in 2050.
- Artikel 14.1: De lidstaten stellen elk een nationaal herstelplan op en voeren de voorbereidende monitoring en het nodige onderzoek uit om na te gaan welke herstelmaatregelen nodig zijn om de in de artikelen 4 tot en met 13 vastgestelde hersteldoelen en -verplichtingen te halen en na te komen en bij te dragen aan de in artikel 1 vastgestelde overkoepelende doelstellingen en doelen van de Unie, rekening houdend met de meest recente wetenschappelijke bevindingen.
- Artikel 14.5: Uiterlijk in 2030 stellen de lidstaten, door middel van een open en doeltreffend proces en een beoordeling op basis van de meest recente wetenschappelijke bevindingen, bevredigende niveaus vast.
- Artikel 15.3(p): Elke lidstaat neemt onder meer in zijn nationale herstelplan op: de monitoring van de gebieden die moeten worden hersteld, het proces voor de beoordeling van de doeltreffendheid van de ingevoerde herstelmaatregelen en waar nodig voor de herziening van die maatregelen om te verzekeren dat de vastgestelde doelen en verplichtingen respectievelijk worden gehaald en nagekomen.

- Artikel 6.2: De lidstaten stellen een monitoringskader vast op een niveau dat passend is voor de bodemdescriptoren, om ervoor te zorgen dat de bodemgezondheid regelmatig, coherent en nauwkeurig worden gemonitord.
- Bijlage 1.C: Voor het verlies van bodembiodiversiteit is de bodemdescriptor: DNA-metabarcodering voor schimmels en bacteriën. De lidstaten kunnen ook ten minste één optionele bodemdescriptor voor biodiversiteit kiezen.
- Artikel 7.2: Bij de bodemgezondheidsbeoordeling hanteren de lidstaten criteria voor een gezonde bodemgesteldheid die bestaan uit: (a) niet-bindende duurzame streefwaarden die zijn opgenomen in de delen A en B van bijlage I (niet van toepassing voor bodembiodiversiteit, bijlage 1.C), en (b) operationele triggerwaarden. Triggerwaarden weerspiegelen de niveaus van bodemaantasting op basis waarvan steun voor de bodemgezondheid en bodemveerkracht nodig zijn.

- Artikel 4: Lidstaten zorgen ervoor dat emissies van broeikasgassen niet hoger zijn dan verwijderingen, onder meer ten gevolge van veranderingen van en naar beheerd bouwland en van en naar beheerd grasland.

[illegible]

compenseren. Voor de bestuivermonitoring is de sortering en determinatie van de insecten nog lopende, en dus ook de verwerking. De afwerking is voorzien tegen eind 2026. De resultaten zullen dan worden gepubliceerd.

- Het veldwerk voor de module aquatische ongewervelden beperkte zich tot 2024. De resultaten werden in 2025 ontvangen en verwerkt. Deze module is afgerond.
- Voor de module bodembiodiversiteit werd gebruikgemaakt van ingevroren stalen van het bodemkoolstofmeetnet. De metabarcoding en de verwerking van de resultaten gebeurde in 2023, 2024, 2025 en 2026. De analyses zijn nog steeds lopende. Het achtergrondrapport verschijnt in het najaar 2026.
- Het veldwerk en het werk met slimme beeldherkenning voor de module BMK gebeurden in 2023, 2024 en 2025, met gegevensverwerking tot in 2026. In het najaar verschijnen nog twee achtergrondrapporten: over de veldkartering en over de akkerflora. De resultaten van de veldkartering maken automatisch deel uit van de volgende officiële versie van de BWK. De aangepaste en geactualiseerde karteerafspraken worden in de bestaande handleidingen en veldsleutels voor kartering verwerkt.
- Binnen de module meetnetten natuurlijk milieu werd in 2023, 2024 en 2025 aan de ontwikkeling van de meetnetten gewerkt. Dit werk wordt voor de drie eutrofiëringmeetnetten vanaf 2026 verdergezet in het kader van het Decreet over de Programmatische Aanpak Stikstof (Stikstofdecreet).
- De ondersteunende modules waren gedurende de hele periode betrokken.

Dit rapport beschrijft de stand van zaken van MBAG in het voorjaar 2026. Het grootste deel van de gegevens is verwerkt. De laatste gegevensverwerking zal in de achtergrondrapporten van de verschillende modules worden verwerkt.

Een klankbordgroep, bestaande uit de relevante instellingen van binnen de Vlaamse overheid, volgde de ontwikkelingen nauw op. Deze bestond uit Agentschap Landbouw en Zeevisserij, Agentschap Natuur en Bos, Vlaamse Landmaatschappij, Departement Omgeving, Instituut voor Landbouw, Voedings- en Visserijonderzoek en de Vlaamse Milieumaatschappij. Dankzij de Vlaamse Milieumaatschappij werd een extra verticale module toegevoegd (aquatische ongewervelden).

De aanpak werd ook gedeeld met wetenschappers uit diverse instellingen (Universiteit Gent, Katholieke Universiteit Leuven, Vrije Universiteit Brussel, Inagro, Hogeschool Gent, Natuurpunt, Boerennatuur). Er werden afzonderlijke presentaties gegeven bij onder meer voor het Agentschap Landbouw & Zeevisserij, Boerennatuur, de Strategische Adviesraad voor Landbouw & Visserij, de bedrijfsplanners van de Vlaamse Landmaatschappij, Regionale Landschappen, Landwijzer en Groene Kring. Een van de resultaten was dat sommige meetmethodes ook elders werden gebruikt, zodat de resultaten met MBAG konden worden vergeleken.

////////////////////////////////////

1.5 Conclusies

Dit project legt de basis voor een statistisch onderbouwd meetnet om data te verzamelen over de toestand van de biodiversiteit in het Vlaams agrarisch gebied. Daarmee trachten we de toestand en trend van de biodiversiteit en de effectiviteit van inspanningen te beoordelen, ter ondersteuning van de Vlaamse bijdrage aan de Europese rapporteringen.

1.6 Extra outputs

Brochure:

<https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/118982199/FolderMBAG.pdf>

Website:

<https://www.vlaanderen.be/inbo/meetnet-biodiversiteit-in-het-agrarisch-gebied-mbag/mbag-project-en/>

2 Vogels (en zoogdieren)

2.1 Doelstelling

Door middel van de soortenbeschermingsprogramma's akkervogels en weidevogels investeert de Vlaamse overheid in gerichte acties om bedreigde boerenlandvogels te ondersteunen. Om de effectiviteit van dit programma in combinatie met het Vlaamse landbouwbeleid na te gaan, ook op regionaal niveau, is er nood aan een specifiek en beleidsgericht meetnet voor agrarische fauna dat verder gaat dan het opvolgen van algemene trends. Daarom werd in 2022–2023 een pilootproject opgestart. Het werd uitgerold in twee contrasterende regio's – De Moeren en de Oostelijke Leemstreek – als opstap naar een meetnet voor heel Vlaanderen (Langeraert *et al.*, 2025b). De resultaten van het pilootproject toonden aan dat de methodiek geschikt is voor zowel toestandsmonitoring als monitoring van de effectiviteit van maatregelen, en dat trends detecteerbaar zijn tot op het niveau van landschapstype en beheergebied.

De **langetermijndoelstelling** van deze module is de ondersteuning van de implementatie van de EU Natuurherstelverordening inzake vogels, meer bepaald Artikel 4.17(b) en Artikel 10.2:

- Artikel 4.17(b), die stelt dat de lidstaten een toenemende trend verzekeren naar voldoende kwaliteit en kwantiteit van de terrestrische habitats van de in de bijlagen II, IV en V bij Habitatrichtlijn (92/43/EEG) opgenomen soorten en van de binnen het toepassingsgebied van Vogelrichtlijn (2009/147/EG) vallende soorten. In Vlaanderen maken delen van het agrarisch gebied deel uit van de habitat van onder meer grauwe en bruine kiekendief,

////////////////////////////////////

- Artikel 10.2 van de EU Natuurherstelverordening, die stelt dat de lidstaten herstelmaatregelen nemen die tot doel hebben te verzekeren dat de index van algemene boerenlandvogelsoorten op nationaal niveau op basis van de in bijlage V opgenomen soorten⁴, geïndexeerd op 1 september 2025 = 100, de volgende niveaus bereikt: 105 in 2030, 110 in 2040 en 115 in 2050.

De **operationele doelstelling** van deze module is het in twee pilootgebieden geteste meetnet voor vogels (en zoogdieren) stapsgewijs uit te rollen over heel Vlaanderen.

De tellingen gebeurden, zoals in het pilootproject (Langeraert *et al.*, 2025b), volgens het protocol van het Nederlandse Meetnet Agrarische Soorten (Teunissen *et al.*, 2019). Binnen een straal van 300 meter rond elk meetpunt, de zogenaamde telcirkel, werden waarnemingen geregistreerd met een eenvoudige broedcode (Tabel 2.1), via mobiele invoer in de app van Avimap, wat een veelgebruikte portaalwebsite is voor vogeltellingen. Toevallig aanwezige zoogdieren werden meegeteld. Elk meetpunt werd vier keer per seizoen geteld, in de volgende periodes: 1–20 april, 21 april–10 mei, 11 mei–10 juni en 21 juni–15 juli. Er moesten minstens zeven dagen verstrijken tussen de opeenvolgende tellingen op hetzelfde punt. De tellingen startten bij zonsopgang en mochten tot maximaal vijf uur daarna doorgaan. Op elk meetpunt werd exact tien minuten lang geteld. Voor de selectie van de meetpunten verwijzen we naar Hoofdstuk 8.

Broedcode	Beschrijving
0	individu of groep buiten broedhabitat
1	volwassen individu in broedbiotoop

[illegible]

2.3.1 De meerwaarde van burgerwetenschap

Burgerwetenschap biedt meerdere voordelen voor de verschillende partijen: niet alleen voor kennisinstellingen zoals het INBO, maar ook voor de vrijwilligers zelf. Een belangrijke drijfveer van vrijwilligers om mee te werken aan burgerwetenschap, is een bijdrage leveren aan de uiteindelijke bescherming van de gemonitorde soort(en), van gebieden of van de natuur in het algemeen. Burgerwetenschappers verwachten dat de door hen aangeleverde data nuttig besteed wordt voor het behalen van doelen die in de lijn liggen van hun motieven om aan wetenschap bij te dragen. Burgerwetenschap vormt voor hen een zinvolle vrijetijdsbesteding. Kennisinstellingen zijn om meerdere redenen gebaat bij de bijdrage van burgerwetenschappers. Een hoger aantal waarnemers levert data aan, burgerwetenschap verkleint de kloof tussen burgers en wetenschap en de inzet van vrijwilligers kan eveneens een manier zijn om de kosten voor monitoring te drukken.

Een goede professionele begeleiding en ondersteuning vanuit de kennisinstelling zijn cruciaal om burgerwetenschapsprojecten goed te laten functioneren (Herremans *et al.* 2014; Brown & Williams, 2019; Farr *et al.* 2023). Burgerwetenschappers moeten bijvoorbeeld over een zekere kennis van het onderzoeksobject beschikken. De kennisinstelling hoort hierbij in te schatten of de kennis van de burgerwetenschapper toereikend is om kwaliteitsvolle data aan te leveren voor het onderzoek in kwestie. Dankzij terugkoppeling, feedback en het delen van resultaten vermijdt de kennisinstelling bovendien dat burgerwetenschappers onvolledige of incorrecte monitoring uitvoeren, of afhaken. Just-in-time training blijkt een grote meerwaarde te hebben (Katrak-Adefowora *et al.*, 2020).

De voordelen van vrijwilligersinzet bij het MBAG zijn onder andere het creëren van een wisselwerking tussen het INBO en burgers, een verhoogde maatschappelijke betrokkenheid bij het MBAG en kostenefficiëntie.

2.3.2 Vrijwilligerswerving

De vrijwilligerswerving gebeurde op uiteenlopende manieren, die we hieronder bespreken.

De vrijwilligerscoördinatoren hielden voorafgaand aan het telseizoen presentaties en lezingen, voornamelijk bij natuurverenigingen, om het meetnet bij hun leden bekend te maken. Omdat deze doelgroep reeds nauw betrokken is bij natuurstudie, lag de focus op vogelwerkgroepen. In de presentaties stelden we het meetnet voor, lichtten we onze steekproef toe en deden we een oproep om als vrijwilliger deel te nemen.

Boerenlandvogelexcursies voor de leden van natuurorganisaties vormden een tweede manier om vrijwilligers te betrekken. Excursies waren een goede manier om in het veld de meerwaarde van monitoring en van bepaalde beheerovereenkomsten en andere beschermingsacties te tonen.

////////////////////////////////////

Vertegenwoordiging op natuurstudiedagen vormde een derde manier om vrijwilligers te betrekken. Tijdens de studiedagen hielden we lezingen of postersessies.

Daarnaast hebben we ingezet op diverse communicatiekanalen om potentiële vrijwilligers te betrekken:

- In het najaar van 2024 werkten we een eigen website⁵ uit. De website bevat een voorstelling van het meetnet, licht het onderzoek toe, geeft de werkwijze van de tellingen beknopt weer, bevat een aanmeldingsformulier en klassieke rubrieken zoals 'Nieuws en activiteiten', 'Contact' en 'Partners'. De site is sinds november 2024 online.
- In de zomer van 2024 namen we een filmpje⁶ op waarin we onze vrijwilligerswerking toelichtten en een oproep lanceerden om vanaf 2025 mee te doen met de tellingen. Het filmpje werd begin november 2024 op YouTube gepubliceerd en ook gedeeld op de algemene INBO-Facebookpagina, wat voor verschillende aanmeldingen van nieuwe vrijwilligers zorgde. Tegen eind mei 2026 werd het filmpje op Facebook 6898 keer bekeken, alsook 20 keer gedeeld (hoeveel keren het daar werd bekeken weten we niet). Op YouTube werd het 258 keer bekeken.
- We verzorgden een uitgebreide bijdrage aan het INBO Vogelnieuws⁷. Deze publicatie wordt jaarlijks online verspreid en bereikte op die manier ook potentiële tellers.
- Naast de bovenvermelde eigen communicatiekanalen publiceerden we ook enkele artikels in regionale natuurtijdschriften om een breder publiek te bereiken. Daarbij probeerden we te focussen op regio's waar we op termijn de inzet van extra vrijwilligers konden gebruiken.

Het werven van vrijwilligers voor dit meetnet in landbouwgebied beperkte zich niet tot één partij of organisatie. We hebben bewust gekozen om op die manier geen vrijwilligers als INBO-vrijwilligers te beschouwen. Samenwerking werd gezocht met zowel organisaties zoals Natuurpunt, vzw De Kerkuil en vzw Veldwerk, alsook natuurstudie- of vogelwerkgroepen en vrijwilligersgroepen die samen aan nestbescherming doen. Deze werkwijze bleek voordelen te hebben, omdat vanuit diverse hoeken en organisaties vrijwilligers aansloten, ook vrijwilligers die geen lid zijn van een of meerdere organisaties.

2.3.3 Vrijwilligerscoördinatie

Vanaf 2024 werkten we met twee vrijwilligerscoördinatoren, die elk een regio voor hun rekening namen. De denkbeeldige lijn Antwerpen-Brussel vormde daarbij de scheidingslijn tussen ‘regio oost’ en ‘regio west’.

5

<https://www.vlaanderen.be/inbo/het-meetnet-agrarische-soorten-mas/wat-is-het-meetnet-agrarische-soorten/>

⁶ <https://www.youtube.com/watch?feature=shared&v=uTcaFT-C8p0>

⁷ <https://www.vlaanderen.be/inbo/publicaties/vogelnieuws-31>

- Ten eerste bereidden we hen voor op het telseizoen via opleidingsmomenten, bestemd voor voornamelijk nieuwe vrijwilligers of reeds bestaande deelnemers die nood hadden aan een opfrissing. Dankzij de timing, kort voor de start van de tellingen, verzekerden we een maximale doorstroming van de (via de nieuwsbrieven verspreide) telrichtlijnen en de bijbehorende nuances omtrent het tellen en correct registreren van de aanwezige soorten. Tijdens de opleidingsmomenten werden de broedcodes toegelicht (zie Tabel 2.1), voerden de vrijwilligers een proeftelling uit en vond aansluitend een evaluatiemoment plaats. We verzekerden daarmee ook tijd voor een-op-een momenten en een kwalitatieve begeleiding tijdens de oefensessies.
- Kort voor de start van de telseizoenen (1 april) organiseerden we webinars voor vrijwilligers. De webinar was telkens zo opgevat dat de aangemelde vrijwilligers voorbereid werden op het telseizoen: we overliepen onder andere het telprotocol, besteedden aandacht aan de broedcodes en stonden stil bij praktische vragen van vrijwilligers. Wie het webinar niet live kon bijwonen, kon de opname bekijken.
- Als bedanking voor hun inzet organiseerden we jaarlijks een seizoensafsluiter voor alle tellers, afwisselend in het westen (Geraardsbergen, 2024) en het oosten (Zoutleeuw, 2025) van Vlaanderen. Tijdens deze seizoensafsluiter voorzagen we lezingen over uiteenlopende boerenlandvogelgerelateerde thema's, een lunch en een boerenlandvoege excursie.

2.3.5 Evolutie van de vrijwilligers aantallen

Naast MBAG lopen er nog twee gelijkaardige telprojecten op een kleinere schaal: Plan Leeuwerik (Bilzen) en Meetnet Agrarische Soorten Linkerscheldeoever. Bij Plan Leeuwerik, waarbij een zestigtal meetpunten binnen een afgebakend projectgebied in regio Bilzen geteld worden, was er overlap tussen hun meetpunten en de MBAG-metpunten. Hier was er een gedeelde gedragen vrijwilligerswerking.

Op de Linkerscheldeoever worden tellingen uitgevoerd in het kader van het Dubbel Doel-project. Een tiental meetpunten wordt door INBO-medewerkers geteld, maar voor het resterende veertigtal meetpunten wordt een beroep gedaan op vrijwilligers. De vrijwilligerscoördinatie gebeurt door Natuurpunt Waasland-Noord in samenwerking met INBO. INBO staat ook in voor de administratieve ondersteuning aan vrijwilligers, zoals het toebedelen van meetpunten in Avimap. Ook hier voerden sommige tellers voor zowel MBAG als Meetnet Agrarische Soorten Linkerscheldeoever tellingen uit.

In het tweede jaar van het pilootproject (2023), dat in de Oostelijke Leemstreek en in de Moeren plaatsvond, werd het meetnet uitgebreid naar de Westelijke Leem- en Zandleemstreek. Bij de opstart daarvan mikten we op 10% vrijwillig getelde punten in 2023 en op een termijn van vijf jaar een groei naar 25%. De grotere inzet op vrijwilligerswerving leidde daadwerkelijk tot een toename van het aantal deelnemende vrijwilligers.

[illegible]

We laten de hierboven vermelde medetellers verder buiten beschouwing bij de bespreking van de vrijwilligers aantallen. Tellers die meetpunten tellen voor specifieke projecten zoals Plan Leeuwerik (Bilzen) en Meetnet Agrarische Soorten Linkerscheldeover, die tegelijk ook deel uitmaken van de MBAG-steekproef, worden meegenomen in de berekening. Zo bereikten we in 2025 97 vrijwillige hoofdtellers, die samen 651 van de 1607 meetpunten voor hun rekening namen. Dit komt neer op 40,5% van de meetpunten.

2.3.6 Conclusie

Onze ervaring leert dat monitoring in landbouwgebied moeilijker ligt bij vrijwilligers dan in natuurgebied. Daar is immers veel minder te zien dan in natuurgebied. Toch engageren heel wat mensen zich graag wanneer hun inspanningen kunnen leiden tot een beter behoud of betere bescherming van de gemonitorde soorten en hun leefgebied. Het presenteren van resultaten en trends van verschillende soorten boerenlandvogels werkt daarbij motiverend en vergroot het draagvlak voor natuur in landbouwgebied. Het meetnet kan zo bijdragen aan een sterkere verbinding en samenwerking tussen landbouw en natuur.

Hoewel heel wat meetnetten moeite ondervinden om vrijwilligers te vinden en te behouden voor het uitvoeren van monitoring, in het bijzonder in het landbouwgebied, bleek er toch nog onbenut potentieel om nieuwe tellers bij het MBAG te betrekken. Gericht en proactieve communicatie naar bijvoorbeeld vogelwerkgroepen of voormalige broedvogelatlas-tellers toe kon toch nog nieuwe tellers mobiliseren om mee te doen.

Een belangrijke succesfactor daarbij is de terugkoppeling naar de tellers, om de uitval beperkt te houden en zo continuïteit te verzekeren. Met het oog op betrouwbare data trachtten we immers maximaal dezelfde tellers op dezelfde meetpunten te behouden. We luisterden naar hun noden, bedenkingen en verwachtingen. Daarbij werd duidelijk dat de motivaties om tellingen uit te voeren en de bijbehorende verwachtingen divers zijn, gaande van 'een bijdrage leveren aan akkervogelonderzoek' tot 'interesse hebben in cijfers, conclusies en perspectieven met betrekking tot akkervogels'. De meeste tellers verwachtten resultaten te zien in ruil voor hun inspanningen.

We beschouwen vrijwilligerswerking als tweerichtingsverkeer tussen professionals en vrijwilligers. Het vergt jaarrond inspanning, niet enkel in de aanloop naar of tijdens het telseizoen. Onze seizoensafsluiter, akkervogelwandelingen, slaapplaatstellingen van blauwe kiekendief in de winter en dergelijke initiatieven kaderen in deze jaarrondaanpak. Hiervoor werd dan ook voldoende werktijd voorzien. Deze aanpak resulteerde in een heel beperkte uitval van vrijwilligers: tussen de telseizoenen 2024 en 2025 ging het om slechts vier personen.

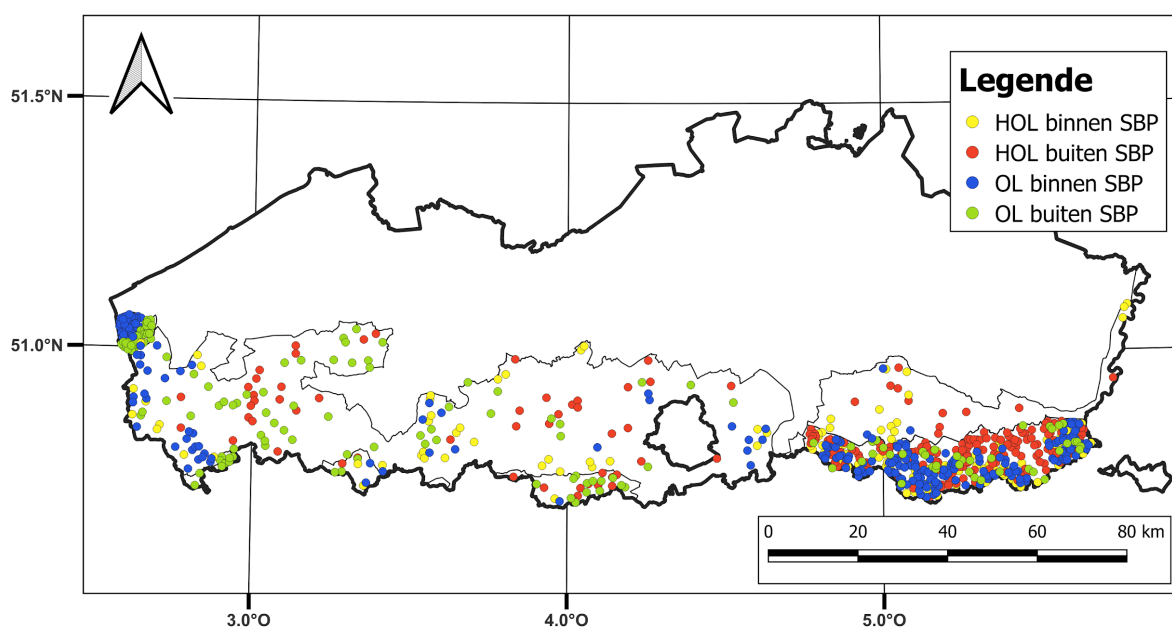
////////////////////////////////////

2.4 Resultaten en bespreking

De tellingen genereerden een grote hoeveelheid resultaten en de verwerking ervan is nog lopende. Hieronder geven we een eerste overzicht. We bespreken de verdere analyses en resultaten in een achtergronddocument waarvan de afwerking voorzien is in het najaar van 2026.

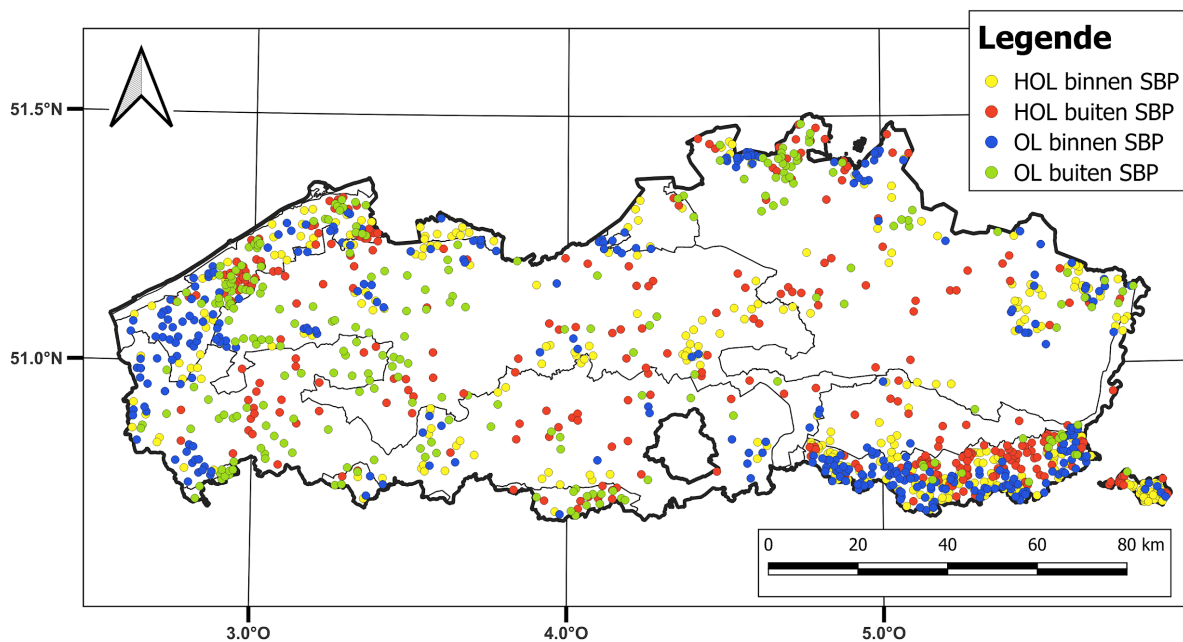
2.4.1 Overzicht van de resultaten

De uitrol van het meetnet in 2023 over de volledige Leemstreek en Zandleemstreek, aanvullend op de meetpunten van het pilootproject (Langerlaert *et al.*, 2025b), resulteerde in tellingen op onderstaande meetpunten (zie Figuur 2.2).



Figuur 2.2: Ligging van de bezochte meetpunten in 2023 de Leemstreek en de Zandleemstreek, met onderscheid tussen open (OL) en halfopen (HOL) landschap en tussen locaties binnen en buiten een soortenbeschermingsprogramma (SBP)

In 2024 en 2025 werd het meetnet verder uitgerold over heel Vlaanderen, in alle landbouwregio's (behalve de Duinen) (Figuur 2.3). We zijn er in geslaagd om alle 1204 meetpunten van de steekproef geteld te krijgen.



Figuur 2.3: Aantal bezochte meetpunten per landbouwregio en stratum, met onderscheid tussen open (OL) en halfopen (HOL) landschap en tussen locaties binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma (SBP)

Binnen de steekproef van 1204 meetpunten leverden de vier tellingen per jaar per meetpunt een aanzienlijke dataset op. Tabel 2.2 geeft een beeld van het aantal waargenomen soorten, die naargelang het jaar tot 180 soorten en meer dan 71.000 waarnemingen.

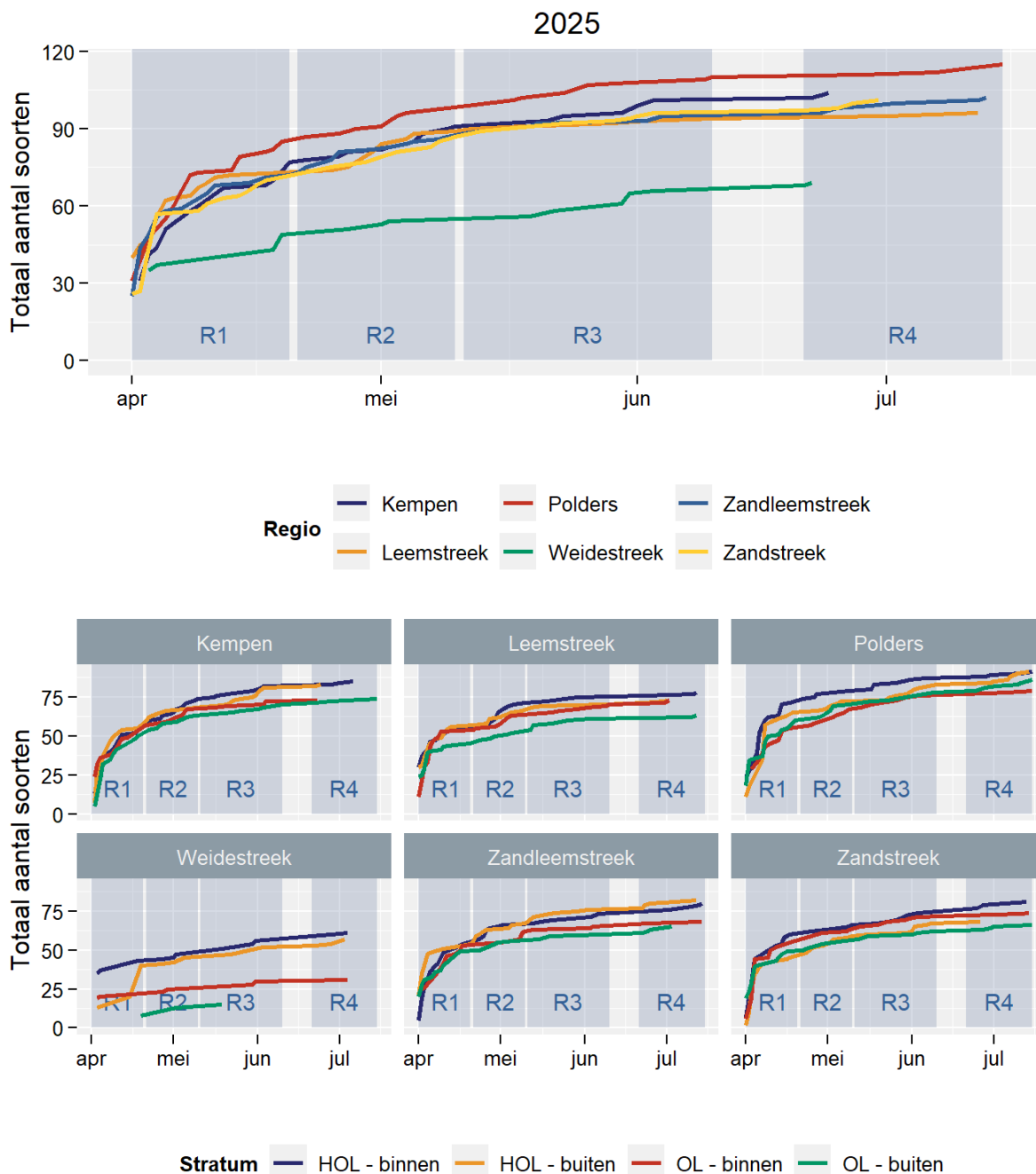
Tabel 2.2: Omvang van de dataset per jaar, met het aantal waargenomen soorten, het aantal waarnemingen, het aantal meetpunten en het aantal bezoeken

Jaar	Soorten	Waarnemingen	Meetpunten	Bezoeken
2023	143	30337	561	2241
2024	176	71398	1204	4804
2025	180	70517	1204	4811

////////////////////////////////////

In Figuur 2.4 focussen we op broedvogels. Het zijn soorten die een binding hebben met het landbouwlandschap en er broeden of jagen, en geen toevallige passanten of vogels op trek. Daarom selecteren we de vogels met een broedcode > 0 (zie Tabel 2.1), en daarnaast ook roofvogels (blauwe kiekendief, boomvalk, bosuil, bruine kiekendief, buizerd, grauwe kiekendief, havik, kerkuil, ransuil, rode wouw, slangenarend, slechtvalk, smelleken, sperwer, steenuil, steppekiekendief, torenvalk, velduil, visarend, wespendif, zeearend en zwarte wouw). Figuur 2.4 toont hoe het cumulatieve aantal vogelsoorten gedurende het seizoen toeneemt in de verschillende landbouwregio's. Het geeft een beeld van het totale aantal soorten en van het moment waarop nieuwe soorten worden waargenomen.



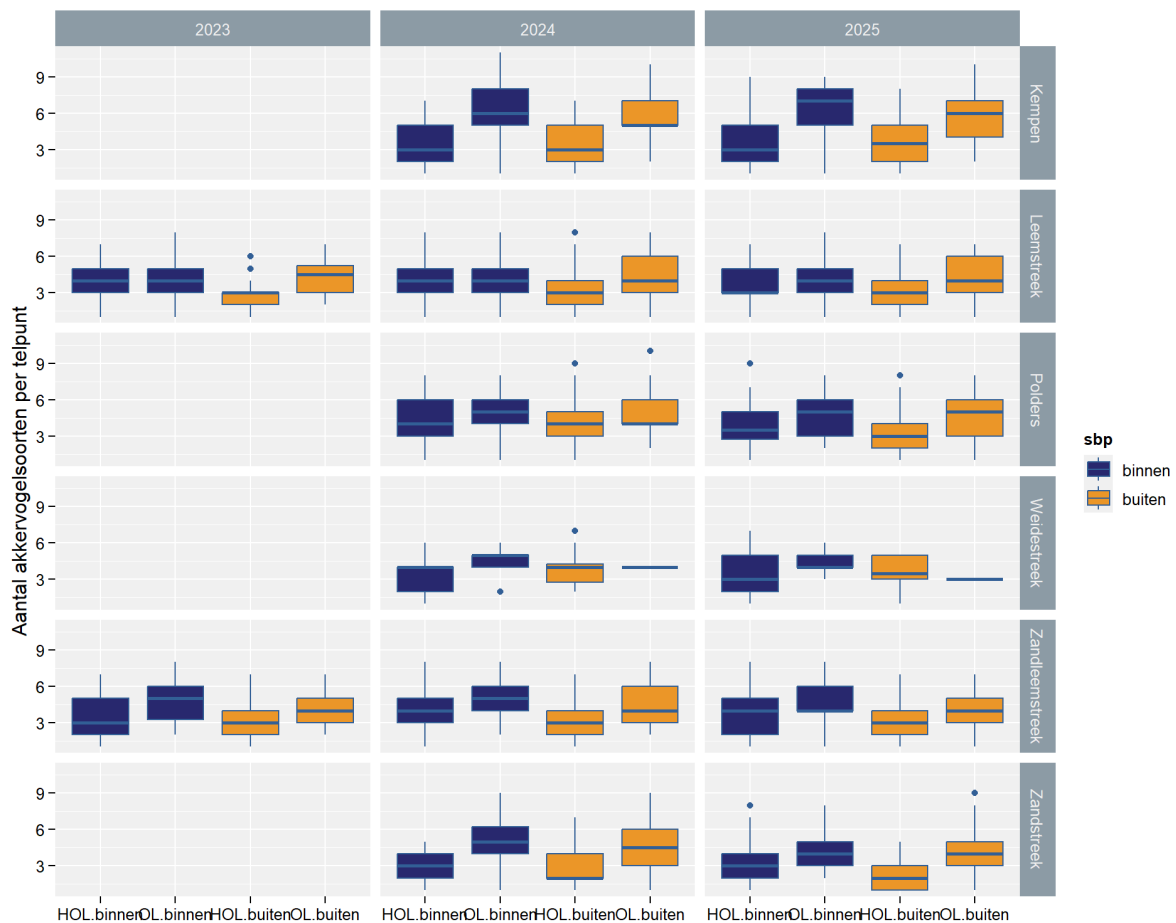


Figuren 2.4: Totaal aantal vogelsoorten ten opzichte van de telrondes, voor het jaar 2025, weergegeven voor alle landbouwstroken (bovenste grafiek) en onderverdeeld in de verschillende strata (onderste grafieken), voor open (OL) en halfopen (HOL) landschappen en locaties binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma

In Figuur 2.5 focussen op de toestand en densiteitsschattingen van de boerenlandvogels uit bijlage V van de Natuurherstelverordening. Het betreft boerenzwaluw, geelgors, gele Kwikstaart, grasmus, graspieper, grutto, kievit, kneu, patrijs, ringmus, roodborsttapuit, scholekster, torenvalk,

////////////////////////////////////

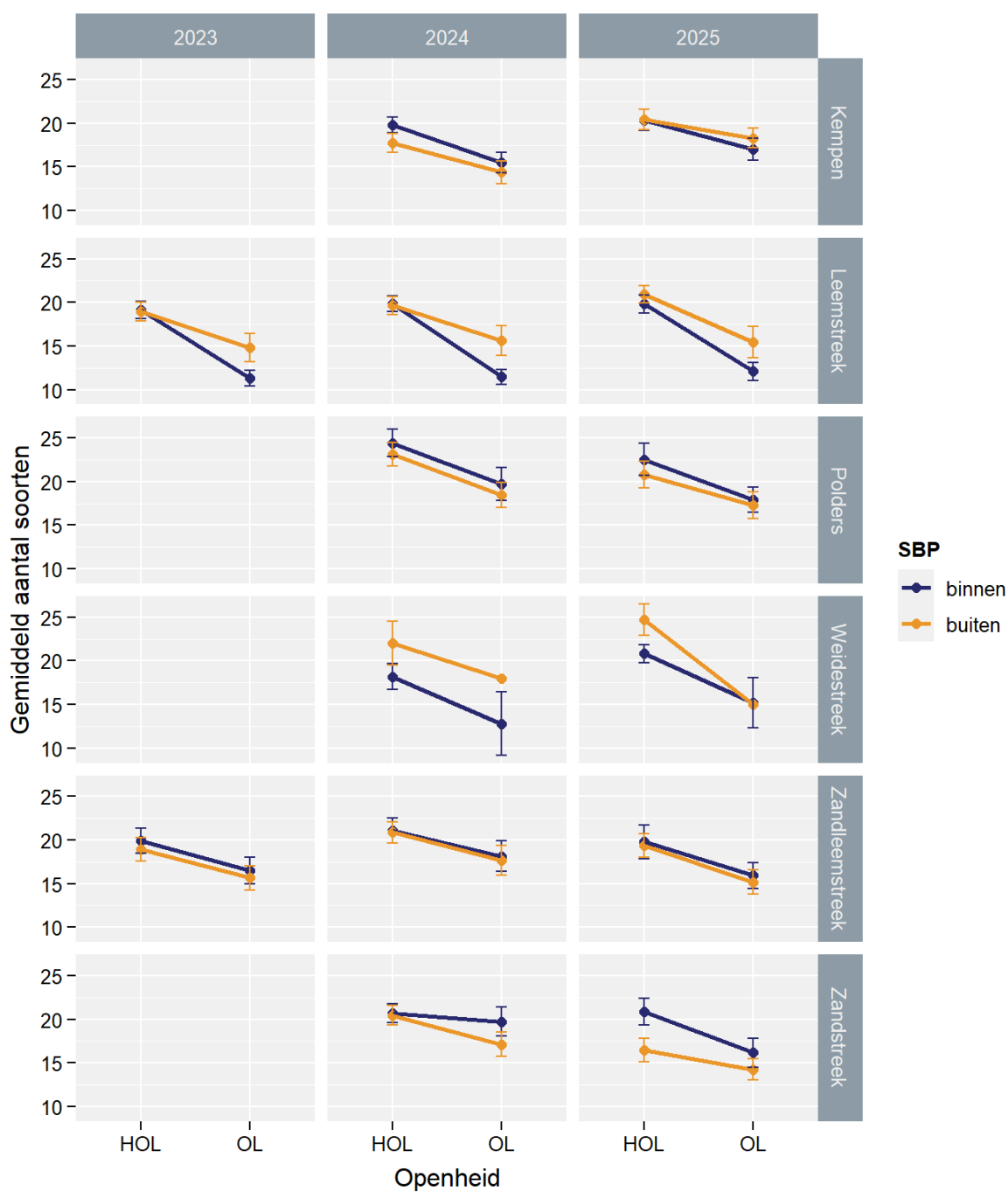
veldleeuwerik en wulp. Figuur 2.5 toont de verdeling van het aantal boerenlandvogels dat per meetpunt werd vastgesteld over alle telrondes heen.



Figuur 2.5: Totaal aantal soorten boerenlandvogels ten opzichte van de verschillende strata, per meetjaar, weergegeven voor alle getelde landbouwstreken (open (OL) en halfopen (HOL) landschap en locaties binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma)

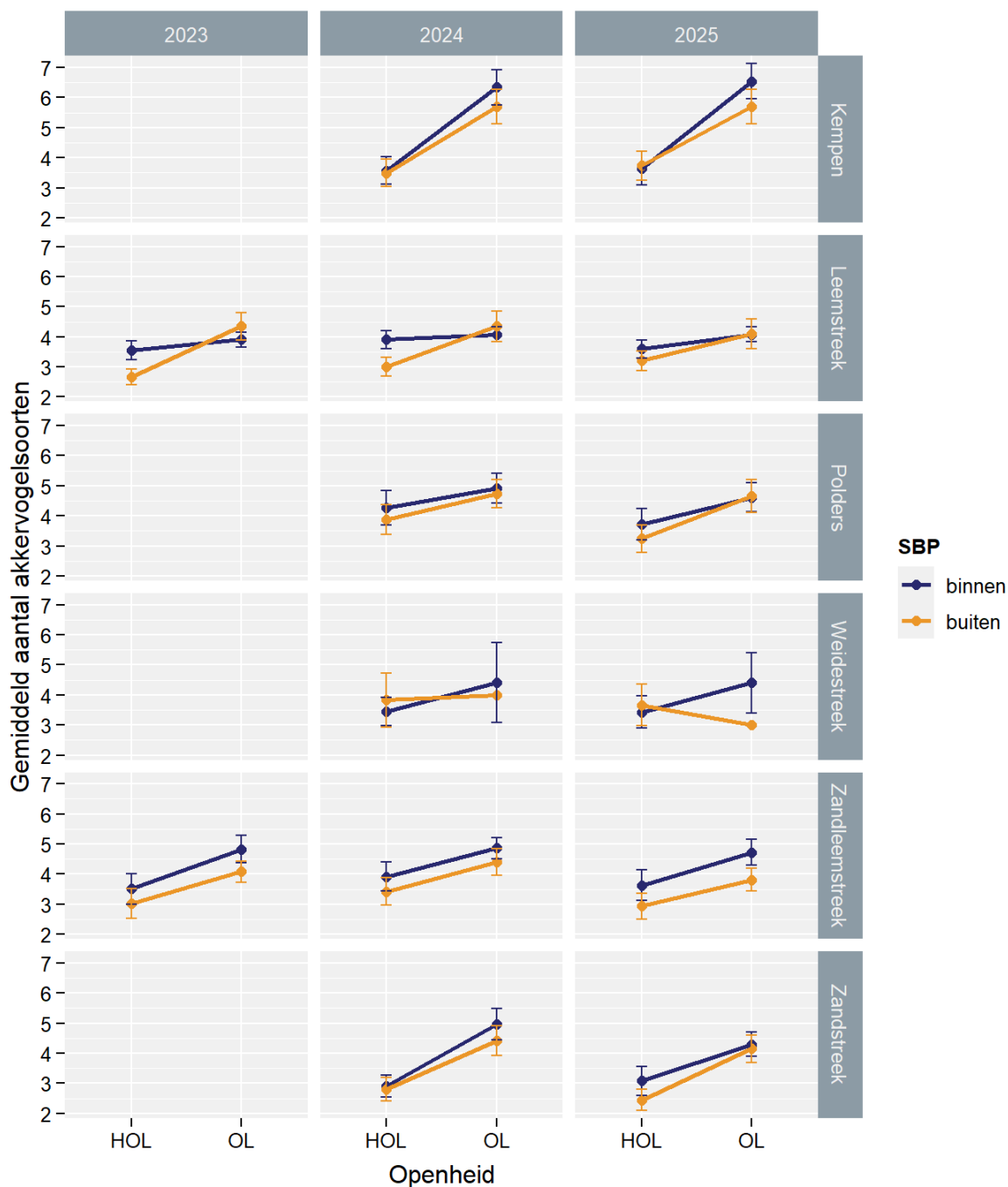
2.4.2 Open versus halfopen landschappen

Habitatvoorkeur bepaalt voor heel wat vogelsoorten in welk type landschap ze voorkomen, en met hoeveel. We hebben elke landbouwstreek onderverdeeld in open landschap en halfopen landschap volgens een model dat binnen het pilootproject werd uitgewerkt (Langeriaert *et al.*, 2025b). Elke soort boerenlandvogel heeft een optimum in een van de twee landschapstypes, maar kan ook in het andere landschap voorkomen, meestal in lagere aantallen. Het is daarom van belang om zowel de totale aantal vogelsoorten te bekijken (Figuur 2.6), alsook het aantal soorten boerenlandvogels (Figuur 2.7).



Figuur 2.6.: Totaal aantal vogelsoorten ten opzichte van open of halfopen landschap, per meetjaar, weergegeven voor alle getelde landbouwstreken (open (OL) en halfopen (HOL) landschap, locatie binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma)

////////////////////////////////////



Figuur 2.7: Totaal aantal soorten boerenlandvogels ten opzichte van open of halfopen landschap, per meetjaar, weergegeven voor alle getelde landbouwstreken (open (OL) en halfopen (HOL) landschap, locatie binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma)

Interessant is dat het aantal vogelsoorten vaak hoger is in halfopen landschap (Figuur 2.6), terwijl boerenlandvogels meer in open landschap voorkomen (Figuur 2.7). Dit is waarschijnlijk te verklaren door een hoger aantal biotopen in halfopen landschap. Het kleinschaliger karakter van halfopen

////////////////////////////////////

landschap, alsook de versnippering door infrastructuur en bebouwing, zorgt voor een grotere variatie aan habitats, waar meer vogelsoorten van profiteren.

2.4.3 Impact van soortenbeschermingsprogramma's

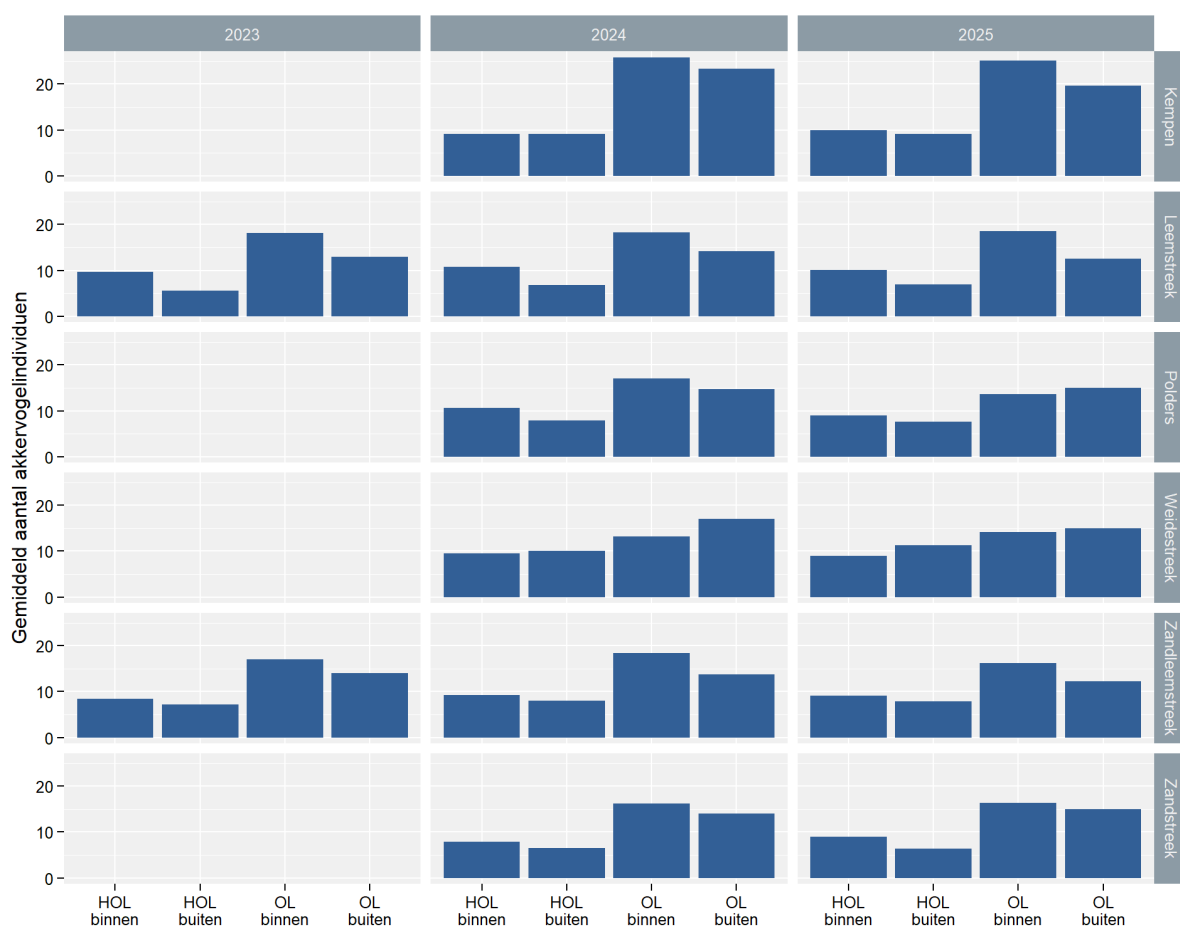
Bij de opmaak van elk soortenbeschermingsprogramma werd een perimeter afgebakend op basis van expertenadvies, om de acties zo gericht mogelijk in te zetten op gebieden waar de soorten meest kansen hebben. Voor de soorten waarvoor het programma bedoeld is, betekent dit dat ze daar vaak nog het meest frequent voorkomen. We kunnen het meetnet gebruiken om twee vragen te beantwoorden:

1. Is de perimeter nog actueel, en komen de soorten nog frequenter voor binnen soortenbeschermingsgebied dan daarbuiten? Dat is een toestandsvergelijking, en kan gebaseerd worden op één teljaar of een gemiddelde van enkele teljaren.
2. Op termijn kunnen we ook de effectiviteit van de soortenbeschermingsprogramma's nagaan. Daarbij kijken we naar de impact die ze hebben op de trend van die vogelsoorten, waarbij we meten of en hoe sterk de trend verbeterd wordt, mede dankzij maatregelen voor soortenbescherming.

Op basis van de analyses van de volledige dataset, kunnen we duidelijk stellen dat akkervogels vaker aanwezig op locaties binnen soortenbeschermingsprogramma dan daarbuiten. Dat is voor het aantal soorten zo, maar ook voor de aantallen van die soorten. Hiermee bevestigen we dat de acties nog steeds gericht ingezet worden in de meest kansrijke gebieden. We kunnen hier niet mee aantonen dat dit een resultaat is van de soortenbeschermingsprogramma's, aangezien dat de uitgangssituatie vertrok vanuit een landschap waar daar al meer vogels aanwezig waren.

Figuur 2.8 toont het gemiddelde aantal waargenomen individuen per meetpunt voor de verschillende strata voor alle soorten.

////////////////////////////////////



Figuur 2.8: Gemiddeld aantal individuen van boerenlandvogels ten opzichte van de verschillende strata (open (OL) en halfopen (HOL) landschap, locaties binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma, per meetjaar, weergegeven voor alle getelde landbouwstreken

Om de tweede vraag te kunnen beantwoorden, en na te gaan of de soortenbeschermingsprogramma's een meetbaar effect hebben op de trends, hebben we een langere tijdreeks nodig. Als we een trend willen vaststellen, helpt het om een consequent beleid te voeren, met behulp van dezelfde of licht geoptimaliseerde maatregelen. Hoe meer variatie daarin optreedt, hoe moeilijker het is om de impact van de maatregelen vast te stellen. Hierna gaan we dieper in op twee voorbeeldsoorten, waarbij we de impact van open versus halfopen landschap, alsook van het voorkomen binnen of buiten soortenbeschermingsprogramma analyseren.

2.4.4 Voorbeeldsoort 1: Veldleeuwerik

De veldleeuwerik is een van de doelsoorten van het soortenbeschermingsprogramma akkervogels, en heeft een uitgesproken voorkeur voor open landschap. De soort is sterk achteruitgegaan in de laatste decennia en de aantallen blijven dalen met een afname van meer dan een kwart sinds 2007

////////////////////////////////////

[illegible]

In het pilootproject (Langeraert *et al.*, 2025b) konden we aantonen dat er significant meer veldleeuwerikken voorkomen in een gebied waar een hoog percentage aan maatregelen uitgevoerd wordt in vergelijking met elders. Het kan natuurlijk ook zijn dat deze toestand al van bij de start van het soortenbeschermingsprogramma zo was. Verdere monitoring is noodzakelijk om met dit meetnet significante verschillen te detecteren. We konden voor veldleeuwerik op twee of drie jaar tijd (2023, 2024 en 2025) geen significant verschil meten in densiteiten op locaties binnen versus buiten

[illegible]

The scatter plot, titled 'soortenbescherming', displays the number of protected species over time. The x-axis represents years from 2000 to 2025, and the y-axis represents the count of species, ranging from 0 to 4000. The data points show a steady increase from 2000 to 2010, followed by a period of fluctuation with an overall upward trend until 2022, where the number of protected species reached its peak. After 2022, there is a noticeable decline in the number of protected species.

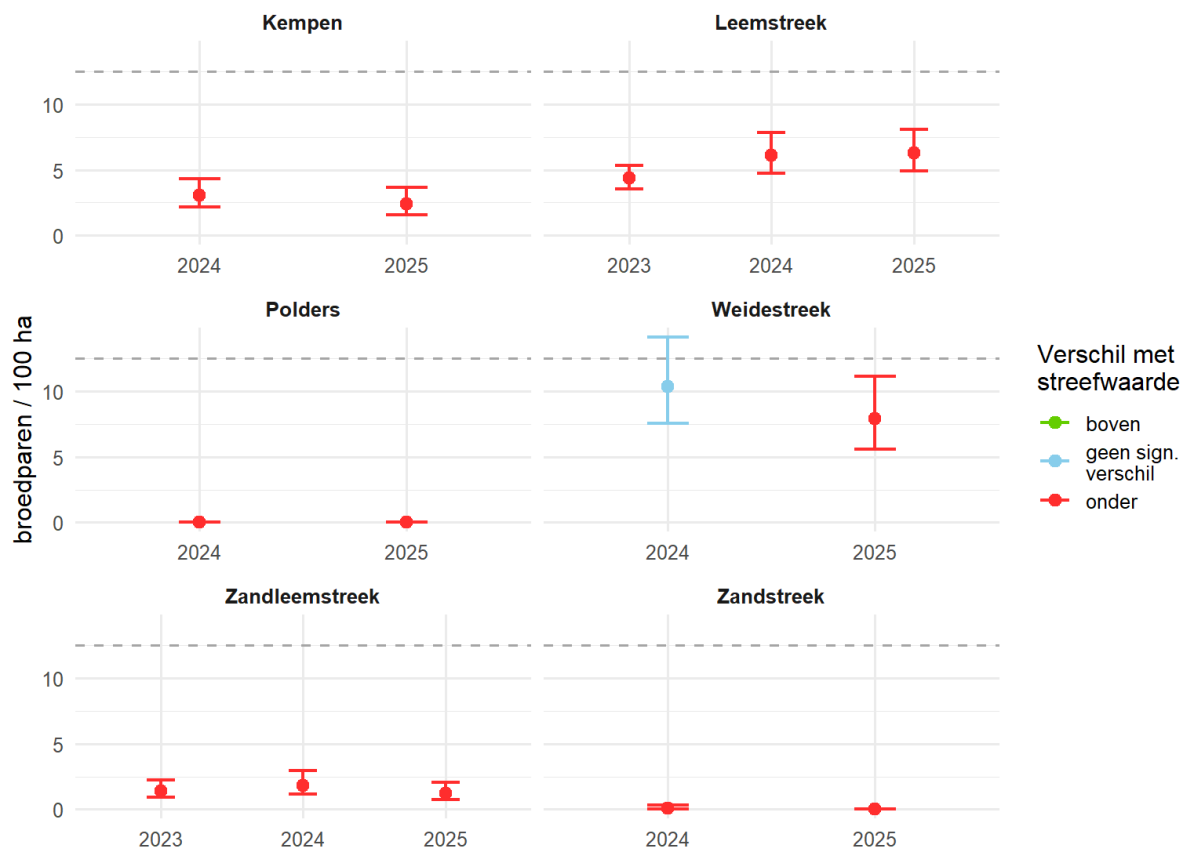
Year	Number of Protected Species
2000	150
2001	250
2002	400
2003	500
2004	600
2005	750
2006	700
2007	550
2008	550
2009	550
2010	550
2011	950
2012	2200
2013	1300
2014	1300
2015	1750
2016	2550
2017	3100
2018	3600
2019	4550
2020	5200
2021	5100
2022	5300
2023	4500
2024	3150
2025	2550
2026	2900

2.4.5 Voorbeeldsoort 2: Geelgors

8

////////////////////

voor de soort. Het bocagelandschap huisvest veel geelgorzen. Het gemiddelde geeft een vertekend beeld ten opzichte van andere landbouwstreken, omdat bijna uitsluitend meetpunten in halfopen landschap aanwezig zijn. In de Zandstreek en Polders komt de geelgors nagenoeg niet meer voor.



Figuur 2.12: Geschatte aantal broedparen geelgors per 100 hectare, berekend op basis van tellingen in 2023, 2024 en 2025, met een gemiddelde per landbouwstreek

Als we de densiteitschattingen per strata bekijken valt op locaties dat binnen soortenbeschermingsprogramma in halfopen landschap de aantallen het hoogst zijn, vooral in de Leemstreek en in de Kempen. In de Leemstreek wordt in dit stratum bijna de 10 broedparen per 100 hectare bereikt, weliswaar met een grote foutenmarge. Wat ook opvalt is dat in de Kempen er bijna geen significant verschil is in de aantallen in open en halfopen landschap. Ze liggen ook een factor twee lager in de Kempen versus de Leemstreek.

basis voor verderzetting van monitoring en effectiviteitsonderzoek. De samenwerking met andere organisaties en vrijwilligers zorgt voor een kostenefficiënte aanpak.

2.6 Extra outputs

Jansen, J., Cartuyvels, E., Desmet, S., Heremans, S., Van Calster, H., Van Overmeeren, N., Vanpoucke, K., & Langeraert, W. (in voorbereiding). Uitrol van het Meetnet Agrarische Soorten (MAS) in Vlaanderen. Achtergronddocument bij het MAS in het kader van het Meetnet Biodiversiteit in Agrarisch Gebied (MBAG). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Jansen, J., Desmet, S., Van Overmeeren, N., & Langeroot, W. (2024). Meetnet Agrarische Soorten (MAS) uitgerold over heel Vlaanderen. Vogelnieuws : ornithologische nieuwsbrief van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, (37).
<https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/118577201/INBO-Vogelnieuws37.pdf>

Jansen, J., Van Overmeeren, N., Desmet, S., Cartuyvels, E., & Langeriaert, W. (2024). Fauna op de (akker)rand: beleid monitoren met MAS: Meetnet Agrarische Soorten. https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/114873221/Jansen_MAS-INBOstudiedag-2024-akkervogels_poster.pdf

Jansen, J., Van Overmeeren, N., Desmet, S. & Langerlaert, W. (2024). Monitoring Agricultural species (MAS): measuring conservation outcomes when restoring farmland birds. <https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/114347884/poster-MAS-RCF-IUCN-2024-farmlandbirds.pdf>

Langerlaert W., Van Calster H., Coleman S., Eves Down M.-R., Jansen J. (2025a). Meetnet Agrarische Soorten - Monitoring of birds and mammals in agricultural areas in Flanders, Belgium. Version 1.1. Research Institute for Nature and Forest (INBO). Sampling event dataset published via GBIF.org <https://doi.org/10.15468/vzs4wf>

Langeriaert, W., Van Calster, H., Van Overmeeren, N. & Jansen, J. (2025b). Meetnet Agrarische Soorten: van lokale pilootstudie tot een Vlaams monitoring instrument. Steekproefdesign voor de monitoring van agrarische fauna in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (30). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
<https://doi.org/10.21436/inbor.126766638>

Langerlaert W., Van Calster H, Cooleman S, Eves Down M, Jansen J (2025c). Meetnet Agrarische Soorten - Monitoring of birds and mammals in agricultural areas in Flanders, Belgium (Hoge resolutie). Version 1.0. Research Institute for Nature and Forest (INBO). Sampling event dataset. <https://ipt.inbo.be/resource?r=meetnet-agrarische-soorten-vlaanderen&v=1.0>

////////////////////////////////////

Website: <https://www.inbo.be/mas>

3.1 Doelstelling

In Vlaanderen ontbreekt echter nog steeds betrouwbare en consistente informatie over wilde bestuivers. Voor bijen en zweefvliegen ontbreekt gestandaardiseerde langetermijnmonitoring, wat beleidsgerichte trendanalyses bemoeilijkt. We beschikken wel over een graslandvlinderindex, maar deze heeft evenwel vooral betrekking op graslanden die niet in landbouwgebruik zijn, zoals graslanden in natuurgebieden, parken, boomgaarden en wegbermen (Maes & Piesschaert, 2026). Om effectieve beschermingsmaatregelen te kunnen ontwikkelen, is samenwerking vereist op alle niveaus, van internationale instanties tot lokale overheden, onderzoekers en burgers. Beleidsontwikkeling is echter fundamenteel afhankelijk van betrouwbare en actuele gegevens. Monitoring vormt de sleutel in dit proces doordat het trends inzichtelijk maakt, de effectiviteit van maatregelen evalueert en gerichte bijsturing mogelijk maakt.

De **langetermijndoelstelling** van deze module is het uitrollen van een geïntegreerde, kostenefficiënte en wetenschappelijk onderbouwde monitoring van wilde bestuivers, die fungeert als basis voor een toekomstgericht en doeltreffend bestuiversbeleid in Vlaanderen, onder meer in het kader van het Vlaams Actieplan Wilde Bestuivers en de EU Natuurherstelverordening. Deze laatste vraagt lidstaten om, door tijdig passende en doeltreffende maatregelen te nemen, de diversiteit van bestuivers te verbeteren en om uiterlijk in 2030 de afname van bestuiverpopulaties te keren en daarna een toenemende trend voor bestuiverpopulaties te realiseren, die vanaf 2030 minstens om de zes jaar wordt gemeten totdat bevredigende niveaus worden bereikt. Elke lidstaat neemt daarvoor in zijn nationale herstelplan op: de monitoring van de gebieden die moeten worden hersteld, het proces voor de beoordeling van de doeltreffendheid van de ingevoerde herstelmaatregelen en waar nodig

////////////////////////////////////

De **operationele doelstelling** van deze module is om een praktische methodiek voor monitoring van wilde bestuivers te ontwikkelen, te testen en te verfijnen. Concreet omvat dit het opzetten van een pilootproject in landbouwgebied, het testen van dataverzamelingsprotocollen zodat ze informatief, betrouwbaar en reproduceerbaar zijn, het verzamelen van gegevens om het meetnet te optimaliseren, en het voorbereiden van de integratie in een breder Vlaams bestuiversmonitoringsschema, wat dan weer kan dienen als praktische basis voor de rapportering in het kader van de EU Natuurherstelverordening.

3.2.1 Zoektocht naar een gestandaardiseerde meetmethode



In 2023 werden in Vlaanderen, dagvlinders, bijen en zweefvliegen gemonitord op drie locaties in Oost-Vlaanderen: de proefvelden van Instituut voor Landbouw, Visserij- en Voedingsonderzoek te Lemberge-Merelbeke, het natuurreservaat Bourgoyen-Ossemeersen in Gent, en het natuurreservaat Den Dotter in Haaltert. De drie groepen bestuivers, wilde bijen, dagvlinders en zweefvliegen, werden van mei tot september 2023 maandelijks op elke locatie gedurende één bemonsteringsdag gemonitord. Dit gebeurde via twee methoden: het lopen van transecten en kleurvallen. Er werden zowel gele, witte en blauwe kleurvallen ingezet, omdat elke kleur andere bestuiversoorten kan aantrekken. Binnen SPRING Vlaanderen, de Vlaamse poot van het Europese SPRING-project, werden

64



Figuur 3.3: De verschillende landbouwstreken in Vlaanderen (bron: aangepast van Geopunt, data van Agentschap Landbouw & Zeevisserij)

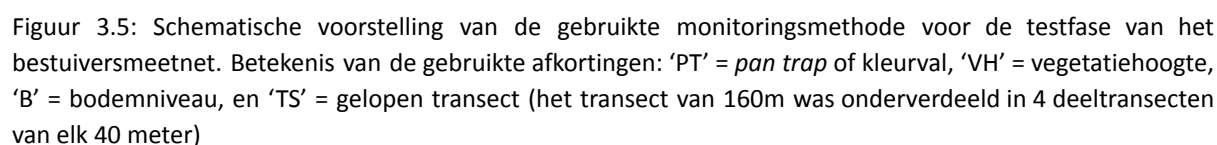
Voor de testfase werden in totaal 40 locaties geselecteerd (Figuur 3.4). De eerste 20 locaties, binnen gebieden met een soortenbeschermingsprogramma in zowel open als halfopen landschappen, werden willekeurig gekozen uit de meetpunten voor vogels. Vervolgens werden hieraan 20 extra locaties toegevoegd buiten gebieden met een soortenbeschermingsprogramma, opnieuw verdeeld over open en halfopen landschappen (elk 10 locaties). Deze werden geselecteerd uit een grotere, willekeurig samengestelde groep van 40 potentiële locaties. Uit deze groep werd manueel een selectie gemaakt van 10 locaties, telkens in de nabijheid van de eerder gekozen locaties binnen gebieden met een soortenbeschermingsprogramma. Op die manier konden meerdere locaties op één staalnamedag worden bemonsterd, wat de logistieke efficiëntie aanzienlijk verhoogde.



Figuur 3.4: De 40 geselecteerde locaties in de Zandstreek voor de testfase van het meetnet voor bestuivers

Bij geschikte weersomstandigheden werd er van april tot september maandelijks op elke locatie één maal bemonsterd. Daarbij werden telkens vier UV-reflecterende kleurvallen geplaatst, op 40 meter van elkaar (Figuur 3.5). Val één en drie werden op vegetatiehoogte geplaatst, val twee en vier telkens op bodemniveau. De vallen bleven drie dagen actief. Op de dag van het plaatsen en op de dag van het ophalen van de kleurvallen werd er bovendien eenzelfde transect gewandeld voor dagvlinders en een voor zweefvliegen en wilde bijen samen. Dit transect begon 20 meter vóór de eerste kleurval en eindigde 20 meter na de laatste. Het volledige transect werd opgedeeld in vier subtransecten van telkens 40 meter, die startten en eindigden 20 meter vóór en na elke opeenvolgende kleurval (Figuur 3.5).

////////////////////////////////////

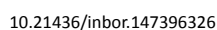


De determinaties en de verwerking van de resultaten gebeurden in 2025 en 2026. De afronding daarvan is tegen eind 2026 voorzien.

3.3 Resultaten en bespreking

3.3.1 Zoektocht naar een gestandaardiseerde monitoringsmethode

Tussen 2 mei en 14 september 2023 werden op de drie locaties in totaal 3.530 bestuivers verzameld, verdeeld over 134 soorten: 384 vlinders (16 soorten), 801 zweefvliegen (52 soorten) en 2.345 bijen (66 soorten) (Maebe *et al.*, 2025a,b). De meeste vlinders werden waargenomen tijdens transectwandelingen, en 98 exemplaren werden gevangen in de kleurvallen. Omdat dit onderzoek als doel had om een geschikte manier voor het monitoren van bestuivers te vinden, en er voor vlinders reeds een Europees aanvaard, gestandaardiseerd transectprotocol bestaat (zie van Swaay *et al.*, 2008; European Butterfly Monitoring Scheme, 2025), werden vlinders niet verder geanalyseerd in functie van de methodevergelijking.



De efficiëntie van kleurvallen kan beïnvloed worden door de florale beschikbaarheid in de omgeving. Een hoge bloemdichtheid kan leiden tot lagere vangsten doordat bestuivers zich verspreiden over de beschikbare bloemen in een ruimere omgeving, terwijl een lage florale beschikbaarheid dan weer kan resulteren in een overschatting van het lokale aantal bestuivers (Potts *et al.*, 2024; Settele *et al.*, 2024). In onze studie werd echter geen significante invloed vastgesteld van florale beschikbaarheid op de vangsten van bijen en zweefvliegen binnen de directe omgeving van de kleurvallen.

Figure 1: Number of species

Left Plot (Bee):

- Y-axis: Number of species (0.25 to 1.25)
- X-axis categories:
 - Kleurval, niet-UV, bodemniveau
 - Kleurval, UV, bodemniveau
 - Kleurval, UV, vegetatiehoogte
 - Transect, vegetatie slepen
- Significance levels:
 - Kleurval, niet-UV, bodemniveau vs. Kleurval, UV, bodemniveau: **
 - Kleurval, niet-UV, bodemniveau vs. Kleurval, UV, vegetatiehoogte: ***
 - Kleurval, niet-UV, bodemniveau vs. Transect, vegetatie slepen: ***
 - Kleurval, UV, bodemniveau vs. Kleurval, UV, vegetatiehoogte: ***
 - Kleurval, UV, bodemniveau vs. Transect, vegetatie slepen: ***
 - Kleurval, UV, vegetatiehoogte vs. Transect, vegetatie slepen: ***
- Illustration: A large black bee.

Right Plot (Fly):

- Y-axis: Number of species (0.1 to 0.4)
- X-axis categories:
 - Kleurval, niet-UV, bodemniveau
 - Kleurval, UV, bodemniveau
 - Kleurval, UV, vegetatiehoogte
 - Transect, vegetatie slepen
- Significance levels:
 - Kleurval, niet-UV, bodemniveau vs. Kleurval, UV, bodemniveau: **
 - Kleurval, niet-UV, bodemniveau vs. Kleurval, UV, vegetatiehoogte: ***
 - Kleurval, niet-UV, bodemniveau vs. Transect, vegetatie slepen: ***
 - Kleurval, UV, bodemniveau vs. Kleurval, UV, vegetatiehoogte: ***
 - Kleurval, UV, bodemniveau vs. Transect, vegetatie slepen: ***
 - Kleurval, UV, vegetatiehoogte vs. Transect, vegetatie slepen: ***
- Illustration: A large black fly.

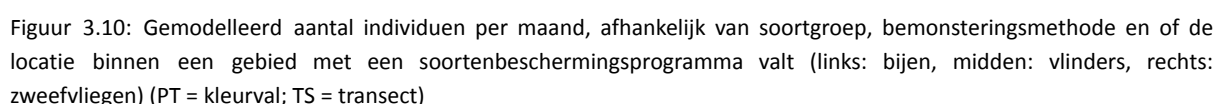
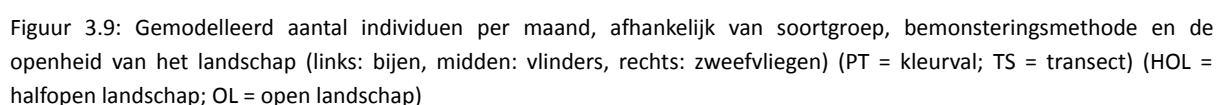
De soortenrijkdom van bestuivers vertoonde een duidelijk seizoenspatroon, met een piek in juli en een daling tegen september (Figuur 3.7). Deze trend benadrukt het belang van een gespreide bemonstering over het seizoen om de volledige diversiteit aan bestuivers te capteren. Een wekelijkse bemonstering van maart tot september, op een groot aantal locaties, is echter weinig realistisch vanwege de hoge werkdruk en personeelsbehoefte. Een alternatief is de maandelijkse bemonstering

van bijen en zweefvliegen, namelijk van april tot september, met zes tot acht bezoeken per locatie. Al moet hierbij wel rekening gehouden worden met potentiële variatie in bemonsteringstijdstip per locatie, onder andere door fenologische of weersafhankelijke factoren.

Figuur 3.7: Gemodelleerde soortenaantallen per staalname (van één kleurval of subtransect van 50 meter) voor bijen (links) en zweefvliegen (rechts), per maand en met weergave van significante verschillen (de gebruikte significantieniveaus zijn: * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$ en *** = $p < 0,001$)

3.3.2 Ontwikkeling en testfase van een bestuiversmeetnet

Tijdens de staalname van juni tot en met september 2024 werden in totaal 6006 bestuivers verzameld. Dit omvatte 367 vlinders (34 soorten), 1161 wilde bijen (51 soorten), 293 honingbijen (*Apis mellifera*), en 4185 zweefvliegen. De identificatie van de zweefvliegen tot op soortniveau is nog



Kleurvallen bleken de meest efficiënte methode te zijn voor het bepalen van de diversiteit aan bijen, terwijl een gecombineerde aanpak (zowel kleurvallen als lopen van transecten) het best werkte voor zweefvliegen (Maebe *et al.*, 2025a). Factoren zoals UV-reflectie, de installatiehoogte van de vallen en de tijdsduur van het gebruik beïnvloedden allen significant zowel het aantal gevangen soorten, als het aantal gevangen individuen. Hoewel kleurvallen meer arbeid vroegen voor de verwerking van

Voor toekomstige monitoring van bestuivers wordt het gebruik van UV-reflecterende kleurvallen aanbevolen, geplaatst op zowel vegetatiehoogte als bodemniveau, met een inzetduur van bij voorkeur drie dagen. Deze methode wordt best gecombineerd met gestandaardiseerde transectwandelingen gericht op wilde bijen, zweefvliegen en dagvlinders. Dit gebeurt idealiter met een bemonsteringsfrequentie van wekelijks tot tweewekelijks. Wanneer onvoldoende personeel of budget beschikbaar is, vormt maandelijkse bemonstering van april tot september een haalbaar alternatief. Ongeacht de gekozen frequentie moet de bemonstering plaatsvinden op een statistisch representatief aantal locaties binnen elk ecosysteemtype, om een accuraat beeld te verkrijgen van de bestuiversdiversiteit (of een robuuste proxy daarvan) in het landschap.

De ontwikkeling en het uittesten van FL-PoMS verliep parallel aan de ontwikkeling van het EU-PoMS monitoringsprotocol. FL-PoMS gebruikte hetzelfde basisprotocol als EU-PoMS. Onder andere door evaluatie van ervaringen en resultaten binnen het SPRING project (waar het basisprotocol werd toegepast), en na verwerking van de opmerkingen van de lidstaten, werd het basisprotocol aangepast tot een finaal [EU-PoMS monitoringsprotocol](#). Dit bestaat voor bijen, zweefvliegen en dagvlinders enkel nog uit uitgebreide transectwandelingen. FL-PoMS kan eenvoudig worden aangepast om compatibel te zijn met het finale EU-PoMS protocol. Dit sluit aan bij het bredere wetenschappelijke kader voor de monitoring van de Natuurherstelverordening, waarin de methodologische keuzes verder zijn uitgewerkt en onderbouwd (Van Gossum *et al.*, 2026, nog niet gepubliceerd).

////////////////////////////////////

3.5 Extra outputs

<https://www.vlaanderen.be/inbo/projecten/spring-strengthening-pollinator-recovery-through-indicators-and-monitoring>

4.1 Doelstelling

De **langetermijndoelstelling** is het aftoetsen of (1) het mestbeleid (onder andere mestbeperkingen en bufferstroken langs waterlopen) effectief is om de uitspoeling (verliezen) van meststoffen naar de waterlopen te verminderen en (2) zich dat ook reflecteert in een herstel (verbetering) van de biotische kwaliteit van de gemeenschap van aquatische ongewervelden.

Deze module is complementair aan het Meetnet Natuurlijk Milieu (zie 7), dat op de milieukwaliteit van Natura 2000-habitats en regionaal belangrijke biotopen focust, die deels worden beïnvloed door landbouw.

Hieronder beschrijven we hoe we op een slimme manier uit de bestaande meetlocaties een selectie maakten van een beperkt aantal locaties die in de tijd kunnen opgevolgd worden om effectiviteit van het beleid te beoordelen. Vervolgens evalueren we de resultaten uit 2024.

////////////////////////////////////

4.2 Methodiek

We bespreken hier de stappen die we hebben gevolgd om te komen tot een beperkte set van bestaande (historische) meetlocaties. De bestaande data werden ons in 2023 aangeleverd door de Vlaamse Milieumaatschappij. De Vlaamse Milieumaatschappij was bereid om in 2024 op 40 van die bestaande locaties aquatische macro-ongewervelden te monitoren en INBO zou hiervoor een geschikte subset aan meetpunten selecteren.

Het betreft enerzijds een dataset van de aquatische ongewervelden en anderzijds een dataset van de fysico-chemische metingen. Deze datasets hebben we eerst gekoppeld aan elkaar en vervolgens hieraan extra informatie toegevoegd over de landbouwkenmerken in het afstroomgebied van de meetlocaties. Concreet zijn dit de stappen die we hebben gevolgd:

- Koppeling van de dataset aquatische ongewervelden aan de dataset fysico-chemie
- Bepaling van de afstroomgebieden voor elk van de meetlocaties in de gekoppelde dataset
- Bepaling van de landbouwkenmerken in deze afstroomgebieden
- Clustering van afstroomgebieden met gelijkaardige landgebruikskarakteristieken in vier clusters, met behulp van een clustertechniek (zie Tabel 4.1)
- Selectie van meetlocaties met middelgrote afstroomgebieden met landbouwtypes uit twee van de vier clusters (clusters 3 en 4)

Voor de koppeling van de biotische met de abiotische data, werd de abiotische dataset eerst beperkt tot meetpunten waarvoor gemiddelde en maximum nitraatwaarden op basis van minstens drie metingen per winterhalfjaar konden berekend worden. Verder moesten locatiegegevens bekend zijn, mochten er geen calamiteiten, sluiklozingen, uitzonderlijk hoog water, specifiek onderzoek, of uitzonderlijke beïnvloeding zijn. Nitraten zijn het meest frequent bemeaten. Deze dataset bevat winter- en zomerhalfjaargegevens. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen actieve en slapende locaties:

- Actieve locaties = vorige jaar overschrijding gedetecteerd in winterhalfjaar
 - Worden maandelijks opgevolgd en stalen genomen
- Slapende locaties = vorig jaar geen overschrijding gedetecteerd
 - Worden enkel drie maal bemeten in het winterhalfjaar
- Actieve locaties kunnen slapend worden en omgekeerd

Alle beschikbare data van de biotische dataset werden gebruikt zonder verdere filtering. De staalname voor de aquatische ongewervelden vindt plaats in de zomerperiode. Deze dataset koppelen we aan de nitraatdata op basis van een gemeenschappelijke meetplaats en jaar.

Voor elk van de meetplaatsen in deze samengestelde dataset, berekenen we het afstroomgebied met behulp van een hydrologisch gecorrigeerd digitaal terreinmodel. Het afstroomgebied is dan een polygoon waarvan alle (delen van) percelen die gelegen zijn binnen die polygoon afstromen naar de meetplaats (een plaats langsheen een waterloop).

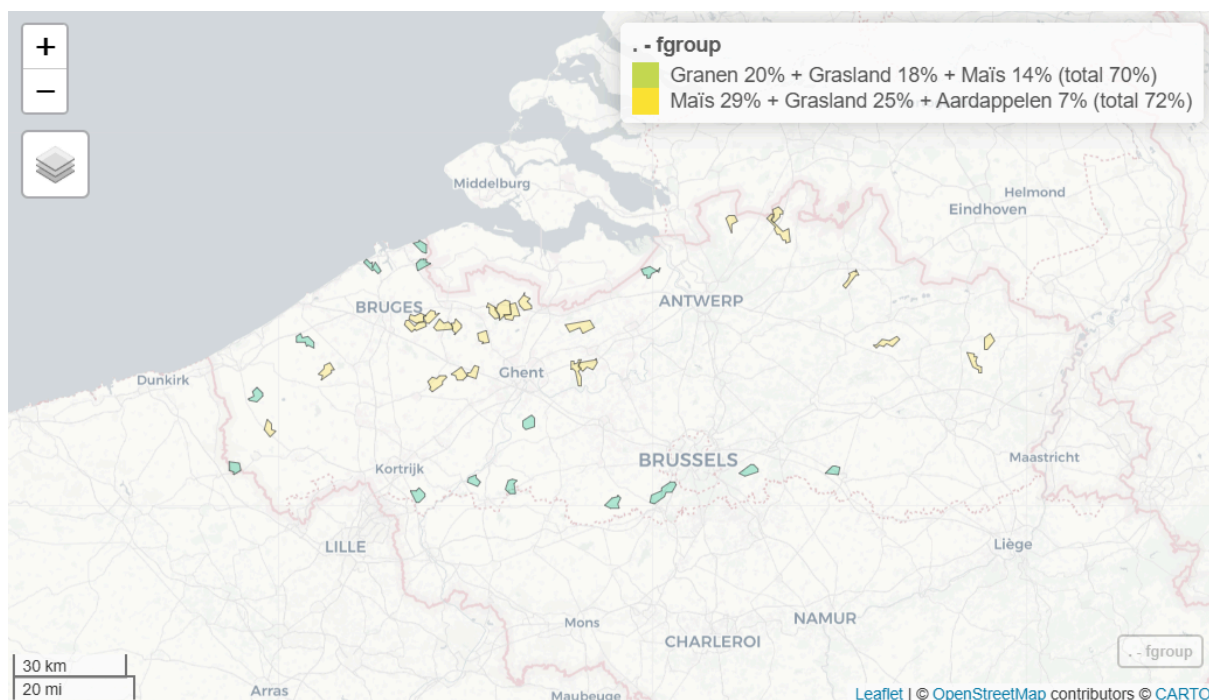
////////////////////////////////////

Met behulp van deze informatie kunnen we vervolgens een selectie maken van meetlocaties om verder op te volgen. Een eerste criterium dat we daarbij gebruiken is de totale oppervlakte van het afstroomgebied. We beperken ons tot de middelgrote afstroomgebieden met een oppervlakte tussen 570 ha en 1470 ha (289 ha is het geometrisch gemiddelde van alle afstroomgebieden) en enkel deze die voor meer dan 80% van hun oppervlakte binnen Vlaanderen vallen. Door te kiezen voor middelgrote afstroomgebieden, verkleinen we de kans dat factoren zoals overstorten, waterzuiveringsstations en verdunningseffecten, die een grote invloed gaan hebben in grote afstroomgebieden, de effecten van bemestingsdruk en Mestactieplan 7 maatregelen gaan overheersen. Aan de andere kant willen we dat de afstroomgebieden voldoende groot zijn zodat de meetplaatsen de effecten van bemestingsdruk en Mestactieplan 7 maatregelen voldoende integreren. Voor deze eerste selectie van meetplaatsen berekenen we vervolgens een clustering op basis van gelijkaardige gewasgroepensamenstelling. Hiervoor hebben we enkel de oppervlakte-aandelen van de belangrijkste gewasgroepen gebruikt (combinatie van voldoende oppervlakte-aandeel en potentieel effect op nitraat en macro-ongewerveldenindex): grasland, granen, zaden en peulvruchten, suikerbieten, maïs, voedergewassen en aardappelen. Dit resulteerde in vier clusters, waarvan er twee weerhouden werden voor verdere opvolging. Dit bespreken we verder bij de resultaten.

Cluster	Cluster omschrijving	n
1	Grasland 19% + Maïs 16% + Voedergewassen 4% (totaal 48%)	29
2	Grasland 39% + Granen 15% + Maïs 13% (totaal 76%)	8
3	Granen 20% + Grasland 18% + Maïs 14% (totaal 70%)	15
4	Maïs 29% + Grasland 25% + Aardappelen 7% (totaal 72%)	25

In 2024 werden door Vlaamse Milieumaatschappij op 40 meetplaatsen de staalname voor aquatische ongewervelden en fysico-chemische waterkwaliteit uitgevoerd. Enkel de meetplaatsen behorend tot de clusters 3 en 4 (15 + 25 = 40 meetplaatsen) werden weerhouden (Figuur 4.1). Daarmee selecteren we twee typische, maar contrasterende, intensieve landbouwtypes (één op de zwaardere gronden - granen; en een ander op zandgrond - maïs).

79



Figuur 4.1: Ligging van de geselecteerde meetplaatsen met middelgrote afstroomgebieden en behorend tot twee contrasterende landbouwclusters: afstroomgebieden met dominantie van graanteelt op zwaardere gronden en afstroomgebieden met dominantie van maïsteelt op lichtere gronden (fgroup = cluster)

Figuur 4.2 toont de verdeling van de aandelen landbouw (ruwe indeling in akkerbouw⁹, grasland¹⁰ en overige¹¹) op basis van gegevens uit de landbouwgebruikspercelen aangifte van 2024. Er is een duidelijke scheiding tussen beide clusters: in de cluster met dominantie van maïsteelten is het aandeel overige landbouw < 20% (op één uitzondering na) en in de cluster met dominantie van graanteelt is het aandeel overige landbouw tussen 20% en 60%.

⁹ Gewasgroepen 'Aardappelen', 'Maïs', 'Groenten, kruiden en sierplanten' en 'voedergewassen'.

¹⁰ Gewasgroep 'Grasland'.

¹¹ Gedefinieerd als het aandeel landbouw dat niet valt onder onze definities van akkerbouw of grasland, waarbij aandeel landbouw in een afstroomgebied berekend is op basis van de unie van alle landbouwgebruikspcelen.



////////////////////////////////////

- Zomerhalfjaar voor een bepaald jaar wordt gedefinieerd als metingen in maanden april tot en met september van dat jaar. Winterhalfjaar voor een bepaald jaar wordt gedefinieerd als de laatste maand van dat jaar (december) en de twee eerste maanden van het daaropvolgende jaar (januari en februari). Volgens deze definitie kunnen we het winterhalfjaar nog niet berekenen omdat we enkel beschikken over data van 2024. We benaderen daarom deze winterhalfjaarwaarde door het gemiddelde te nemen van de maanden januari, februari en december van 2024. Alle gemeten waarden voor nitraatconcentratie liggen lager dan de drempelwaarde van 18 mg nitraat per liter.

Biologische waterkwaliteit is hier een biotische index op basis van de verscheidenheid en abundantie aan macro-ongewervelden die aangetroffen werden in de stalen. Deze stalen werden (in regel) één keer per locatie per jaar genomen. Tabel 4.2 geeft de beoordeling van de waterkwaliteit op basis van de biotische index. De tabel geeft aan dat in afstroomgebieden met dominantie van graanteelten het percentage dat *matig* scoort het hoogst is. Voor afstroomgebieden met dominantie van maïsteelt, is dit percentage het hoogst voor beoordeling *goed*. In beide types zijn er twee locaties waarvoor we niet over de biotische index en bijbehorende beoordeling beschikken.

Cluster	Beoordeling	Aantal locaties	Percentage
Graanteelt dominant	Goed	3	20%
Graanteelt dominant	Matig	9	60%
Graanteelt dominant	Ontoereikend	1	7%
Graanteelt dominant	NA	2	13%
Maïs dominant	Goed	12	48%
Maïs dominant	Matig	8	32%
Maïs dominant	Ontoereikend	3	12%
Maïs dominant	NA	2	8%

83

De fysicochemische en biotische data (beide op jaarbasis) worden aan elkaar gekoppeld op basis van hun locatie. Zoals eerder aangegeven, zijn er vier locaties met ontbrekende waarden voor de biotische index.

- vergelijking 1: aandeel akkerbouw -> nitraatconcentratie
- vergelijking 2: nitraatconcentratie + aandeel akkerbouw -> biotische index

Voor de biotische index vinden we geen significante effecten van aandeel akkerbouw of nitraatconcentratie (zie Tabel 4.3). Voor de nitraatconcentratie vinden we enkel een significant effect dat wijst op verhoogde winterhalfjaar nitraatconcentraties bij hoger aandeel akkerbouw (zie Tabel 4.3 en Figuur 4.4) in afstroomgebieden waar graanteelt dominant is.

Effect op	Type effect	Effect van	Groep	Gemiddelde	95% CI (onder)	95% CI (boven)	p-waarde
nitraat	direct	aandeel akkerbouw	graan	19,930	0,503	46,056	0,044
biotische index	direct	aandeel akkerbouw	graan	-2,664	-6,033	0,749	0,110
biotische index	direct	nitraat	graan	0,135	-0,026	0,300	0,113
biotische index	indirect	aandeel akkerbouw	graan	2,683	-0,687	9,004	0,153
biotische index	totaal	aandeel akkerbouw	graan	0,019	-3,910	5,508	0,897

84

hebben), puntvervuilingen, omgevend landgebruik rond de meetplaats buiten het afstroomgebied, bemestingsdruk (hebben we nu enkel onrechtstreeks in beeld via hoofdgewassen) en de oppervlakte en kwaliteit van beschermingsmaatregelen zoals bufferstroken. Naast nitraten en fosfaten, kan ook afspoeling van bodemdeeltjes, pesticiden en veterinaire medicatie impact hebben op de aquatische biodiversiteit. Deze metingen waren echter niet voorzien in de studie.

4.5 Conclusions

De monitoring van aquatische ongewervelden, gekoppeld aan de meting van fysicochemische variabelen zoals nitraat- en fosfaatconcentraties langs waterlopen, biedt een kans om te leren over de effectiviteit van een mestbeleid dat gericht is op het verminderen van uitspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. Door de keuze van middelgrote afstroomgebieden die sterk verschillen in landbouwgebruik, kan bovendien nagegaan worden of er verschillen zijn tussen deze types van afstroomgebieden en welke lessen daaruit getrokken kunnen worden. Indien deze monitoring in de toekomst verder wordt gezet, dient overwogen te worden om de cluster met dominantie van graanteelten uit te breiden met een tiental meetplaatsen.

5 Bodembiodiversität

5.1 Doelstelling

De bodem vormt een habitat voor een rijke diversiteit aan micro-organismen, diverse soorten ongewervelde dieren, waaronder nematoden, regenwormen, potwormen, en insecten (Wagg *et al.*, 2014), alsook zoogdieren (muizen, mollen). Vermoedelijk herbergt de bodem zelfs het merendeel ($59 \pm 15\%$) van het leven op aarde (Anthony *et al.*, 2023). Deze bodembiodiversiteit speelt een cruciale rol in de gezondheid en werking van heel wat ecosysteemprocessen, zoals de afbraak van organisch materiaal, bodemvorming, nutriëntencycli, waterzuivering en -infiltratie en beheersing van ziekten en plagen. Door hun bijdrage aan de bodemvruchtbaarheid, die de basis is voor voedselproductie in de landbouw en de veerkracht en soortenrijkdom van natuurlijke ecosystemen bepaalt, heeft de bodembiodiversiteit een directe impact op het menselijk welzijn (Banerjee & Van Der Heijden, 2023; Brevik *et al.*, 2020; Delgado-Baquerizo *et al.*, 2020; Wagg *et al.*, 2019).

De groeiende erkenning van het belang van een gezonde bodem heeft geleid tot de ontwikkeling van het Europese bodembeleid, zoals de EU Bodemstrategie voor 2030 (gezonde bodems tegen 2050)¹² en de nieuwe EU Richtlijn inzake “Bodemmonitoring en bodemveerkracht” (2025/2360). Deze geven uitbreiding aan de doelstelling inzake ‘voorraad organische koolstof in minerale bodems onder bouwland’, die in Artikel 11.2 van de Natuurherstelverordening aan bod komt. Het monitoren van de bodemgezondheid en het zesjaarlijks rapporteren erover door de lidstaten heeft vooral als doel de

¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699>

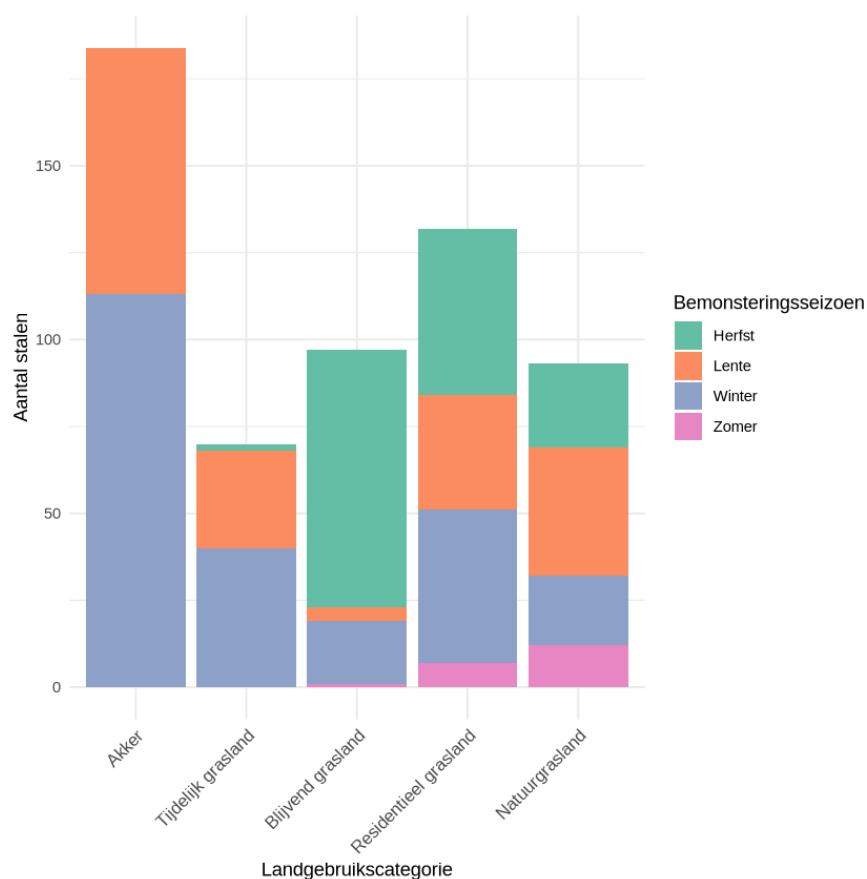
Momenteel verhinderen kennishiaten inzake de karakterisatie, kwantificatie en monitoring van bodembiodiversiteit de ontwikkeling van effectieve protocollen voor beleidsrelevante monitoring. De opkomende techniek van eDNA-metabarcoding zou echter een krachtige oplossing kunnen bieden door een uitgebreide en efficiënte biodiversiteitsmonitoring mogelijk te maken over diverse functionele groepen heen via een eenmalige bodemstaalname (Deiner *et al.*, 2017; Königer *et al.*, 2023; Oliverio *et al.*, 2018). Metabarcoding is een methode waarmee alle aanwezige soorten kunnen worden geïdentificeerd op basis van een DNA-analyse. Wanneer het DNA hierbij rechtstreeks uit een omgevingsstaal wordt gehaald, zonder dat specifieke doelorganismen eerst geïsoleerd worden, spreken we van omgevings- of 'environmental' DNA (eDNA) metabarcoding (Deiner *et al.*, 2017; Ruppert *et al.*, 2019; Taberlet *et al.*, 2012a). Deze technologie wordt steeds vaker toegepast in bodemonderzoek, waar het gebruikt wordt om de diversiteit van belangrijke bodemorganismen te karakteriseren, bijvoorbeeld bacteriën, schimmels, protisten, nematoden, regenwormen, springstaarten en insecten (Lilja *et al.*, 2023; Mahé *et al.*, 2017; Oliverio *et al.*, 2018; Orwin *et al.*, 2018; Tedersoo *et al.*, 2022; Treonis *et al.*, 2018). Naast het in kaart brengen van de biodiversiteit kan deze genetische analyse onder meer worden ingezet om indicatoren te ontwikkelen voor verschillende landgebruikstypes (bijvoorbeeld graslanden, akkers), bodemtypes (zandgronden, leemgronden, veengronden), specifieke bodemfuncties (zoals koolstofopslag en nutriënten-uitwisseling, waterinfiltratie) of bodemproblemen (zoals bodemverontreiniging, compactie of verzilting).

De **langetermijndoelstellingen** van deze module zijn: (1) bijdragen aan het realiseren van een Europees gestandaardiseerd staalname- en analyseprotocol voor eDNA-metabarcoding van bodem,

87

De **operationele doelstelling** van deze module is om de methodiek voor eDNA-metabarcoding van bodembiodiversiteit, waaronder schimmels, bacteriën, nematoden, regenwormen en potwormen, en geleedpotigen, binnen het agrarisch gebied te testen en verder te ontwikkelen. Daartoe werden ingevroren bodemstalen uit het Cmon-bodemkoolstofmeetnet¹³ gebruikt. Daarnaast werd nagegaan of het Cmon-bodemkoolstofmeetnet ook kan worden benut voor bodembiodiversiteitsmonitoring, zodat één staalnamecampagne zowel informatie oplevert over koolstofopslag als over bodemleven. We vergeleken de Europese LUCAS-protocollen met nieuw ontwikkelde alternatieve protocollen. Er werd getest of het extraheren van DNA uit enkel de bovenste 10 cm van de bodem, uit een grotere hoeveelheid substraat voor analyse, en het gebruik van meer geschikte primer sets de karakterisatie en kwantificatie van bodembiodiversiteit verbetert. Aangezien het wetenschappelijk eDNA-gebaseerd bodemonderzoek tot nu toe voornamelijk gericht is op micro-organismen, vereiste de methodiek voor de studie van andere belangrijke bodemorganismen, zoals regenwormen, potwormen, insecten en springstaarten een verdere verbetering. Het optimaliseren en standaardiseren van staalname- en analyseprotocollen is essentieel voor het onderbouwen van indicatoren voor bodemgezondheid. De stalen werden geselecteerd uit akkers en tijdelijke, blijvende, residentiële¹⁴ en natuurgraslanden volgens een gradiënt van afnemende landgebruiksintensiteit en telkens op zowel 0-10 cm als 10-30 cm bodemdiepte.

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (zie Tabel 5.1). Voorafgaand aan elke staalname, werd het materiaal (guts, spatels en containers) gesteriliseerd met het desinfectans VIRKON om contaminatie tussen locaties te voorkomen. Alle verzamelde substalen werden per diepte en per locatie grondig vermengd in een container om het samengestelde bodemstaal te verkrijgen. Deze mengstalen werden gekoeld getransporteerd naar het labo. In het labo werd een 50 ml centrifuge tube gevuld met dit samengestelde bodemstaal en onmiddellijk ingevroren (-20°C).



Figuur 5.1: Bodemstalen afkomstig van akkers, tijdelijke, blijvende, residentiële en natuurgraslanden genomen op een diepte van 0-10 cm en 10-30 cm

Tabel 5.1: Bodemstalen afkomstig van akkers, tijdelijke, blijvende, residentiële en natuurgraslanden genomen op een diepte van 0-10 cm en 10-30 cm

Landgebruik	Diepte (cm)	Staalnemer	Aantal stalen	Periode
Akker	0-10	ILVO	89	2022/01/19 - 2023/04/14
	10-30		89	
Tijdelijk grasland	0-10		35	2022/02/02 - 2023/04/24
	10-30		35	
Blijvend grasland	0-10		47	2022/04/28 - 2023/08/23

////////////////////////////////////

De PCR-reacties werden bovendien in drievoud uitgevoerd en indien de PCR succesvol was, werden de triplicaten voor elk bodemstaal samengevoegd om mogelijke biases te minimaliseren. Na opzuivering werden de stalen opgestuurd naar de sequencing provider (Admera Health Biopharma Services, South Plainfield, US) voor library prep en sequencing. Verdere details betreffende de DNA-extractie, PCR-protocol, opzuivering, en sequencing kunnen geraadpleegd worden in het afzonderlijke MBAG bodembiodiversiteit rapport (Lambrechts *et al.*, in voorbereiding).

5.2.3 Bio-informatica en statistische analyse

De ruwe sequentiedata werden bio-informatisch verwerkt met strikte kwaliteitscontroles, gevolgd door demultiplexing, filtering, clustering en taxonomische toewijzing, telkens geoptimaliseerd per doelgroep (bijvoorbeeld geleedpotigen, regenwormen en potwormen). PCR- en sequencing-artefacten werden systematisch verwijderd. Deze verwerkingsstappen leveren gestandaardiseerde detecties per soort of operationele taxonomische unit (OTU) en hun relatieve read abundantie (RRA), dit wil zeggen het aandeel DNA-sequenties dat aan elke soort wordt toegewezen binnen een staal. Dit laat toe om verschillen in samenstelling en rijkdom van bodembiodiversiteit tussen proefvlakken en landgebruiken te vergelijken. Meer gedetailleerde informatie kan geraadpleegd worden in het afzonderlijke MBAG Bodembiodiversiteit rapport (Lambrechts *et al.*, in voorbereiding). Binnen deze studie omvat de groep geleedpotigen onder meer insecten, springstaarten, mijten, en andere bodembewonende geleedpotigen. Regenwormen en potwormen werden samen als afzonderlijke doelgroep geanalyseerd. Hoewel springstaarten taxonomisch tot de geleedpotigen behoren, werden zij gezien hun ecologische relevantie in bodemsystemen en hun potentiële bruikbaarheid als indicatorgroep ook afzonderlijk geanalyseerd. Deze bijkomende analyse had als doel na te gaan in welke mate patronen in soortenrijkdom verschillen tussen (i) springstaarten afzonderlijk en (ii) geleedpotigen in hun geheel, en welke van beide benaderingen het meest geschikt zou kunnen zijn voor toepassing als biodiversiteitsindicator in een beleidscontext. De statistische analyses voor springstaarten werden daarom zowel binnen het totaal van de geleedpotigen als apart uitgevoerd. We gebruikten lineaire gemengde modellen (GLMMs) om soortenrijkdom en andere diversiteitsindices te voorspellen op basis van landgebruik en bodemdiepte, met sequentieaantallen, en bodemfysische en -chemische variabelen als bijkomende verklarende variabelen. Alle statistische analyses werden uitgevoerd met behulp van R (R core team, 2025). Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de statistische analyses, zie 8.2.3.

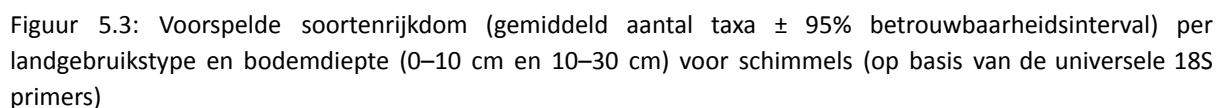
5.3 Resultaten

5.3.1 Soortenrijkdom ongewervelden in relatie tot landgebruiksintensiteit

De voorspelde soortenrijkdom van nematoden, regenwormen en potwormen, springstaarten en gelededpotigen verschilde significant tussen de landgebruikstypes (Type II Wald χ^2 -test, $p < 0.05$; Figuur 5.2). De soortenrijkdom nam toe naarmate de bodems minder intensief werden gebruikt, met de hoogste waarden in natuurgraslanden, gevolgd door residentiële en blijvende graslanden, en de

////////////////////////////////////

De voorspelde soortenrijkdom van schimmels verschilde significant tussen de landgebruikstypes (Type II Wald χ^2 -test, $p < 0.05$). Bovendien nam de soortenrijkdom toe naarmate de bodems minder intensief werden gebruikt, (Figuur 5.3). In de bovenste 0–10 cm bodemlaag was de soortenrijkdom van schimmels in natuurgraslanden hoger dan in akkers (1,3×) en hoger dan in tijdelijk grasland (1,3×) (Tabel 5.2). Bij de landgebruikstypes met een middelmatige gebruiksintensiteit vertoonden blijvende graslanden een hogere soortenrijkdom van schimmels dan akkers (1,2×). Ook de Shannon-diversiteit vertoonde een statistisch significante toename richting minder intensief landgebruik.

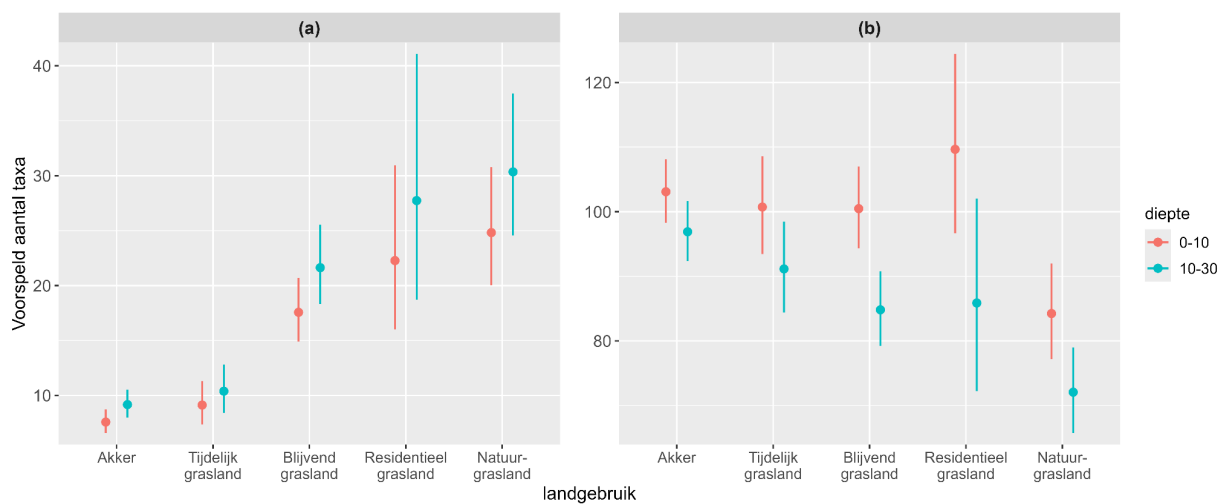


Functionele groepen verwijzen naar organismen die, ongeacht hun taxonomische verwantschap, een gelijkaardige ecologische functie vervullen in het ecosysteem. In microbiële ecologie worden

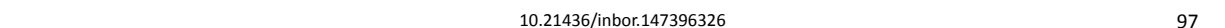
94

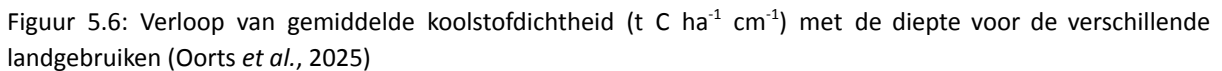
schimmels vaak ingedeeld op basis van hun rol in nutriëntenkringlopen, plant-microbe-interacties en bodemprocessen (bijvoorbeeld mycorrhiza's, pathogenen, saprotrofen). Deze indeling laat toe om niet enkel de taxonomische diversiteit, maar ook de functionele capaciteit van bodems beter te begrijpen en te vergelijken. In onze studie werden schimmels toegewezen aan potentiële functionele groepen volgens de methodiek van Labouyrie *et al.* (2023). In lijn daarmee focusten we op twee functionele groepen die sterk verbonden zijn met bodemgezondheid: (1) mycorrhiza-schimmels en (2) plantpathogene schimmels.

- Mycorrhiza-schimmels zijn sleutelorganismen in terrestrische ecosystemen: ze verbeteren de opname van nutriënten door planten, verhogen droogtetolerantie en ziekte weerstand, en dragen bij aan koolstofopslag in de bodem via schimmelbiomassa en stabilisatie van organische stof. Een hoge mycorrhiza-rijkdom wordt daarom geassocieerd met een betere bodemstructuur, efficiëntere nutriëntenkringlopen en een grotere veerkracht van plantengemeenschappen.
- Plantpathogene schimmels vormen het complementaire deel van het plant-microbioom met potentieel negatieve impact. Zij beïnvloeden plantgezondheid, productiviteit en vegetatiesamenstelling. Hogere pathogeenrijkdom kan wijzen op verstoringen, verarmde bodems of stressfactoren in landbouw- en natuurpercelen. De balans tussen mutualisten (mycorrhiza's) en pathogenen wordt dan ook vaak gebruikt als indicator voor een gezonde of verstoorde bodemfunctie.

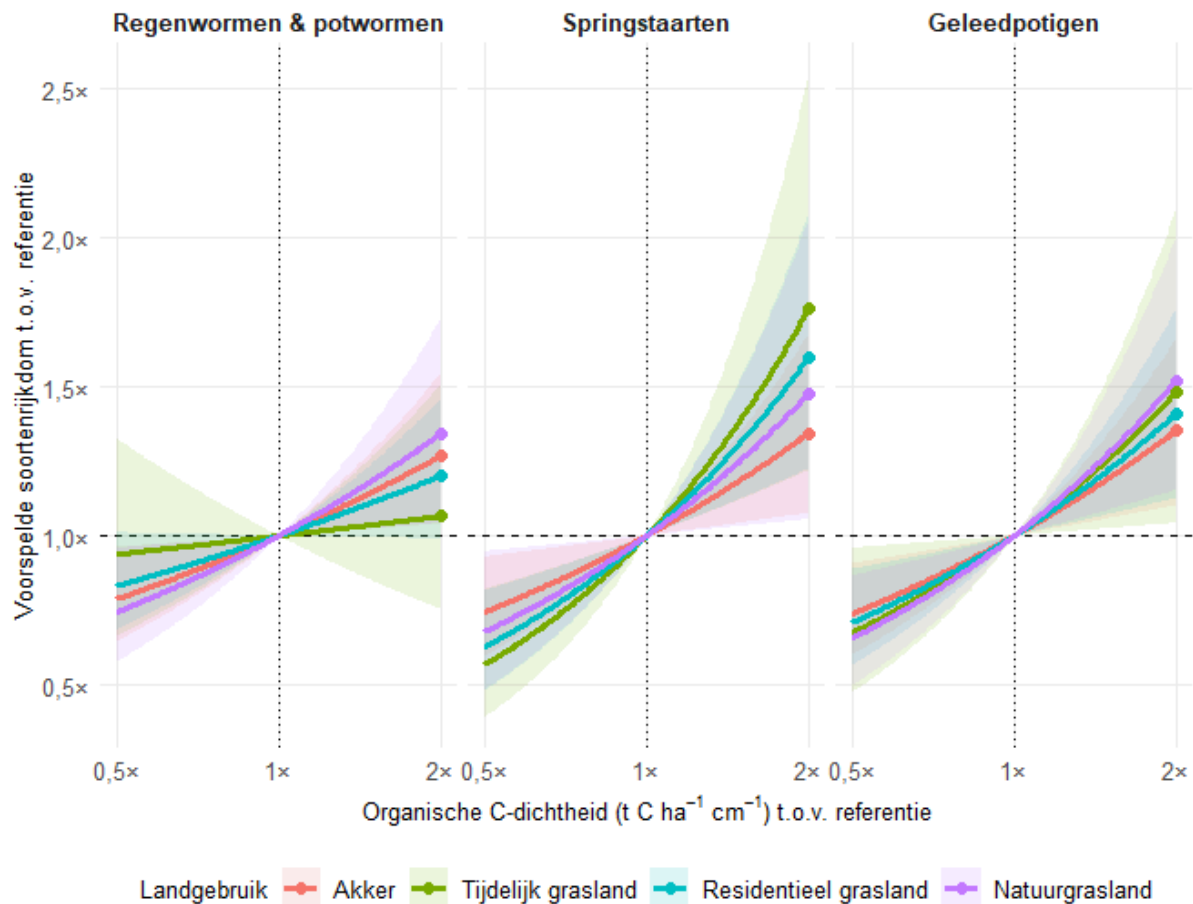


////////////////////





////////////////////////////////////



Figuur 5.7: Relatieve voorspelde soortenrijkdom (geschatte relatieve verandering $\pm$ 95% betrouwbaarheidsinterval) in functie van relatieve organische C-dichtheid per landgebruikstype, weergegeven voor drie taxonomische groepen: regenwormen en potwormen, geleedpotigen en springstaarten.

Enkel statistisch significante associaties ($p < 0,05$) worden hieronder gerapporteerd.

De soortenrijkdom onder akkers was positief geassocieerd met de koolstofdichtheid voor regenwormen en potwormen, nematoden, protisten en schimmels, terwijl geleedpotigen een zwakkere maar nog steeds positieve relatie vertoonden. Een verdubbeling van de koolstofdichtheid ging gepaard met een toename in soortenrijkdom van 27% voor regenwormen en potwormen, 35% voor geleedpotigen, 34% voor springstaarten, 35% voor nematoden, en 10% voor protisten.

Onder tijdelijk grasland was de soortenrijkdom positief geassocieerd met de koolstofdichtheid voor springstaarten en geleedpotigen. Een verdubbeling van de koolstofdichtheid ging gepaard met een toename in waargenomen soortenrijkdom van 48% voor geleedpotigen en 76% voor springstaarten.

////////////////////////////////////

Over alle landgebruikstypes en onderzochte ongewervelden groepen heen werd eDNA van het merendeel van de soorten in beide dieptelagen aangetroffen: gemiddeld werd ongeveer 48% van de gekende soorten zowel in de 0–10 cm-laag als in de 10–30 cm-laag gedetecteerd. Tegelijk werd een groot aantal van de soorten uitsluitend in de toplaag (0-10 cm) gedetecteerd (40%), en slechts 13% uitsluitend in de 10–30 cm-laag. De sterkste dieptegradiënt werd gevonden voor geleedpotigen: gemiddeld 57% van de soorten (tot 64% in residentieel en natuurgasland) werd uitsluitend in de 0–10 cm-laag waargenomen, tegenover 16% die uniek waren voor de 10–30 cm-laag. Samengevat bevat de toplaag (0–10 cm) consequent het grootste aandeel uniek gedetecteerde soorten.

Voor plant pathogene en mycorrhizaschimmels waren de significante landgebruikscontrasten robuust in zowel de 0–10 cm- als de 10–30 cm-laag, met over het algemeen iets grotere contrasten in de diepere laag (10–30 cm) (Tabel 5.3). Kortom, voor schimmels lijkt de 10-30 cm laag wel informatief.

Functionele groep	Contrast	Ratio (0–10 cm)	Ratio (10–30 cm)
Mycorrhizaschimmels	Natuurgrasland versus Akker	3,3×	3,5×
	Natuurgrasland versus Tijdelijk grasland	2,7×	2,8×
	Blijvend grasland versus Akker	2,3×	2,6×
	Blijvend grasland versus Tijdelijk grasland	1,9×	2,0×
	Residentieel grasland versus Akker	2,9×	3,1×
	Residentieel grasland versus Tijdelijk grasland	2,4×	2,6×
Plantpathogene schimmels	Natuurgrasland versus Akker	0,8×	0,8×
	Natuurgrasland versus Tijdelijk grasland	0,8×	0,8×
	Natuurgrasland versus Blijvend grasland	0,8×	0,9×
	Natuurgrasland versus Residentieel grasland	0,8×	0,9×

101

5.3.4.2 Impact van het staalname seizoen

Alle bovenstaande resultaten zijn tot nu toe gebaseerd op de dataset die beperkt is tot stalen uit het winterhalfjaar (november–april). Hier rapporteren we de resultaten van twee sensitiviteitsanalyses die het uitgangspunt vormen voor de beoordeling van de robuustheid van de landgebruiks- en koolstofdichtheidseffecten onder verschillende seizoensale restricties.

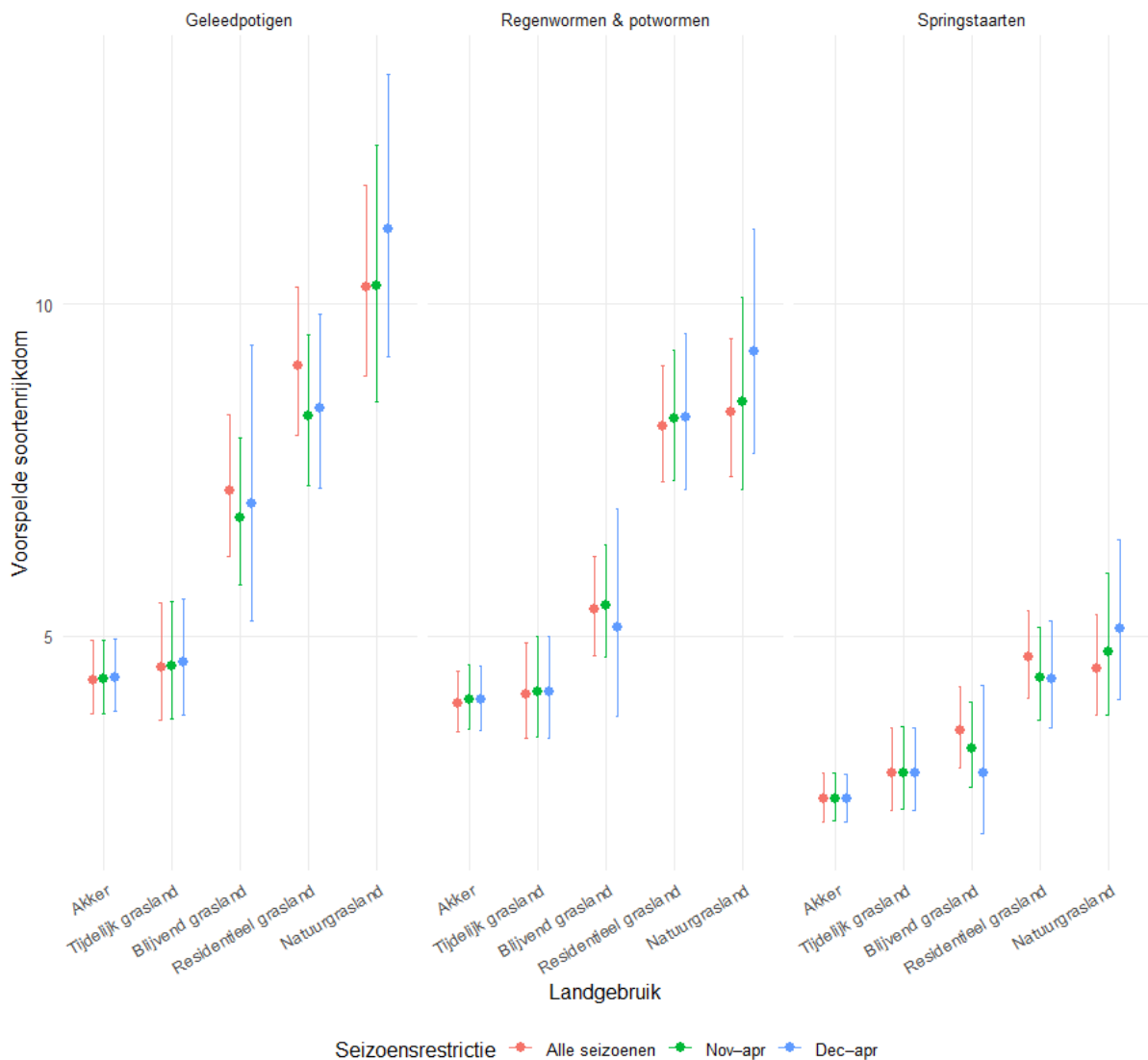
De bemonsteringsintensiteit binnen de Cmon-staalnamecampagne verschilde tussen de landgebruikscategorieën en was ongelijk verdeeld over de seizoenen (Figuur 5.1). Een analyse toonde een sterke samenhang tussen landgebruik en staalname seizoen, wat erop wijst dat het tijdstip van staalname systematisch verschilt per landgebruikstype. Akkers werden voornamelijk bemonsterd in de winter en het voorjaar (weinig of geen gewassen), terwijl blijvende graslanden vooral in de herfst werden bemonsterd. Daarom werden twee gevoeligheidsanalyses uitgevoerd, waarbij de dataset werd beperkt tot stalen genomen in (1) november–april en (2) december–april.

Om te beoordelen of deze seizoensmatige onevenwichtigheid de vergelijkingen tussen landgebruikstypes beïnvloedde, werden dezelfde gemengde modellen opnieuw gefit op drie datasets per taxonomische groep: (i) alle seizoenen ($n = 561$, 282 proefvlakken), (ii) winterhalfjaar november–april ($n = 479$, 240 proefvlakken), en (iii) winter december–april ($n = 384$, 192 proefvlakken).

De rangorde en grootte van de landgebruikeffecten bleven stabiel in alle analyses (Figuur 5.8). Over alle geteste seizoenale restricties heen bleven de verwachte marginale gemiddelden zeer stabiel, met een mediane seizoenale variatie binnen een landgebruikstype van ongeveer 0,2 soorten per staal voor regenwormen en springstaarten, en ongeveer 0,4 soorten voor geleedpotigen. Dit wijst erop dat seizoenaliteit de absolute EMM-waarden (op basis van de door ons voorgestelde staalname- en moleculaire analyse-protocollen) slechts beperkt beïnvloedt, en de gemiddelde waarden per landgebruikstype niet verandert. Voor zowel regenwormen en potwormen, als geleedpotigen waren de landgebruikscontrasten kwalitatief en kwantitatief consistent over de volledige dataset en de restricties november–april en december–april. Het beperken van de dataset tot de winterperiode verkleinde de onzekerheid, maar veranderde de richting van de effecten, de relatieve rangorde of de algemene conclusies niet. Dit wijst erop dat de vastgestelde seizoensmatige onevenwichtigheid in bemonstering de vergelijkingen tussen landgebruikstypes voor soortenrijkdom niet vertekent.

Ook het diepte-effect bleef consistent over de seizoens restricties heen (alle seizoenen, winterhalfjaar, winter): signalen in de bovenste bodemlaag bleven aanwezig in alle analyses, terwijl signalen in de diepere laag consequent afwezig waren voor alle groepen behalve regenwormen en potwormen. Dit patroon gold zowel voor het globale landgebruikeffect als voor de paarsgewijze vergelijkingen, wat aantoont dat het ontbreken van landgebruikeffecten op grotere diepte geen artefact is van seizoensmatige bemonstering.

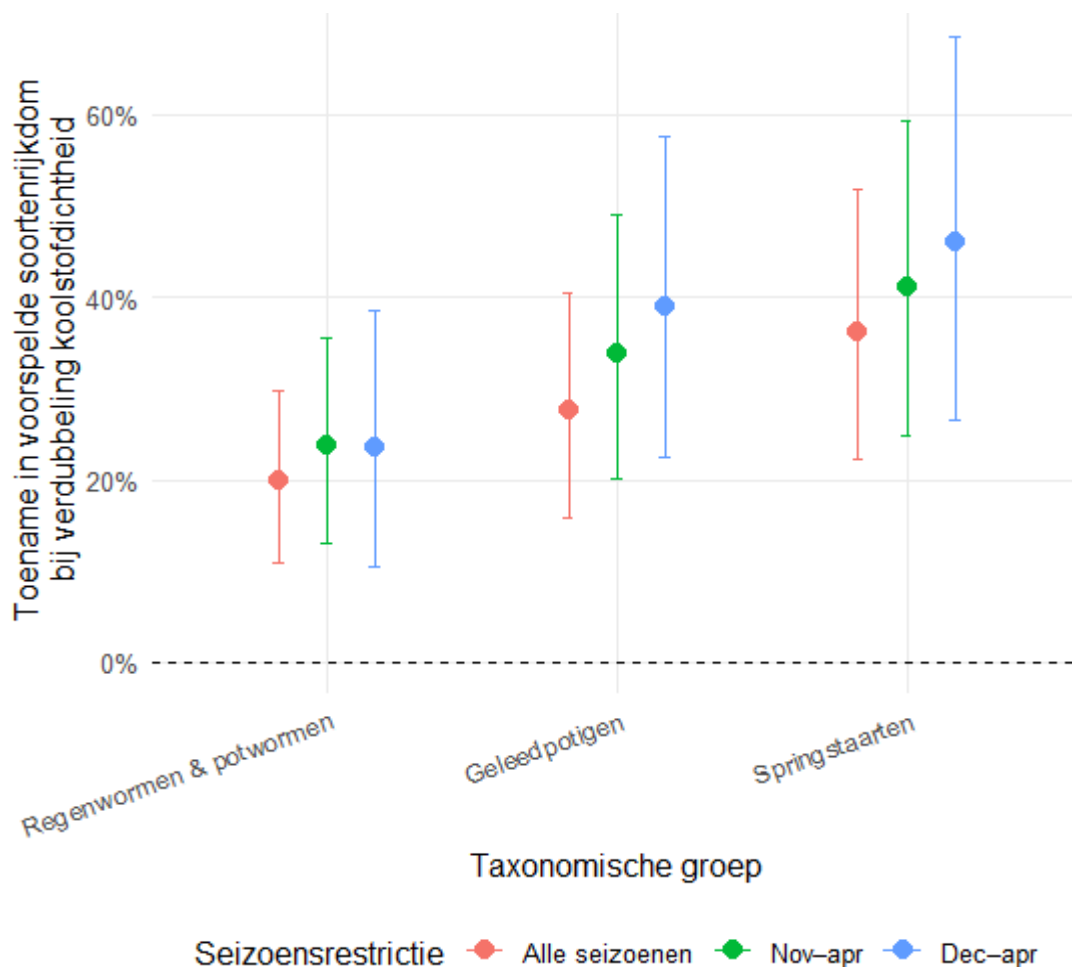
////////////////////////////////////



Figuur 5.8: Geschatte soortenrijkdom per landgebruik voor verschillende taxonomische groepen en afbakeningen van de staalnameperiode. Punten geven de voorspelde soortenrijkdom weer; foutbalken geven de 95%-betrouwbaarheidsintervallen weer.

Ook het globale effect van koolstofdichtheid bleef robuust bij beperking van de data tot november–april en december–april. De richting, significantie en grootteorde bleven consistent voor alle groepen). De procentuele verandering bij een verdubbeling van de koolstofdichtheid (IRR_2x) varieerde slechts beperkt tussen de staalnameperiodes (Figuur 5.9).

////////////////////////////////////



Figuur 5.9: Procentuele toename in soortenrijkdom bij een verdubbeling van de koolstofdichtheid, weergegeven per taxonomische groep en voor verschillende afbakeningen van de staalnameperiode. Punten geven de geschatte toename weer; foutbalken geven de 95%-betrouwbaarheidsintervallen weer.

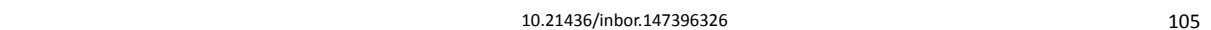
5.3.5 Impact van moleculair protocol

Om te onderzoeken of het gebruikte moleculaire protocol de detectie van ecologische patronen beïnvloedt, werd hetzelfde gemengde model opnieuw toegepast op een subset van stalen waarvoor gegevens beschikbaar waren voor alle primer sets. Hiermee werd getest of alternatieve primer sets het verwachte patroon konden reproduceren, namelijk een hogere soortenrijkdom in minder intensief gebruikte ecosystemen ten opzichte van akkers, aan de hand van paarsgewijze contrasten (bijvoorbeeld natuurgrasland versus akker). De analyse richtte zich op de bovenste bodemlaag (0–10 cm), waar de signalen voor ongewervelden het sterkst zijn.

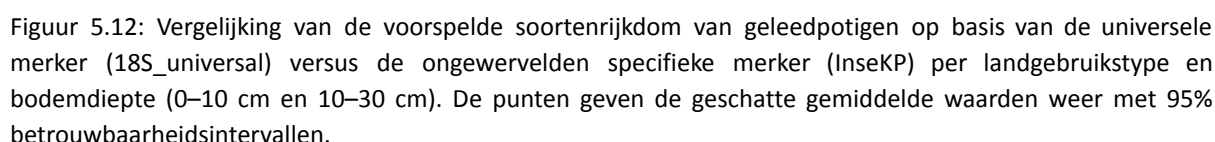
Regenwormen, potwormen, en springstaarten: De taxonspecifieke primers presteren duidelijk beter dan de universele merker (Figuren 5.9 en 5.10). De InseKP-primer reproduceert het verwachte

////////////////////////////////////

////////////////////////////////////



////////////////////////////////////



Voor nematoden, op basis van de subset met gekoppelde stalen (n = 76 proefvlakken), detecteren alle drie de methoden (18S universeel (a), nema-edna (b) en nema-extract (c)) consistente en significante verschillen in soortenrijkdom tussen landgebruiken (Type II Wald χ^2 , $p < 0.05$), met een toename van de soortenrijkdom bij lagere gebruiksintensiteit, de hoogste waarden in blijvende en natuurgraslanden, en de laagste in akkers (Figuur 5.13). Residentiële graslanden waren niet opgenomen in deze subset, omdat nematodenextractie een vers bodemstaal vereist en deze stalen grotendeels later werden genomen. In sterk contrast tot de resultaten voor regenwormen, potwormen, springstaarten, en geleedpotigen, toonde de 18S-universele methode voor nematoden de sterkste verschillen in soortenrijkdom tussen landgebruiken, met tot +70% hogere waarden in blijvende en natuurgraslanden ten opzichte van akkers, versus 20–30% voor de nematode-specifieke methoden, ook al ligt het absolute voorspelde aantal Nematoda-OTUs bij de 18S-universele methode duidelijk lager dan bij de nematodenspecifieke analysemethoden.

10.21436/inbor.147396326

Voor regenwormen en potwormen varieerde de gemiddelde soortenrijkdom in de 0-10 laag, op basis van de volledige dataset, afhankelijk van de gebruikte primerset (inseKP, Olig01), van 7 soorten per staal in akkers, 7-8 in tijdelijk grasland, 9-11 in blijvend grasland, 12-13 in residentieel grasland en 14-15 in natuurgrasland. Voor springstaarten (inseKP, Coll01) lagen de overeenkomstige verwachte marginale gemiddelden tussen 2 soorten per staal in akkers, 2-3 in tijdelijk grasland, 3 in blijvend grasland, 4-5 in residentieel grasland en 4-5 in natuurgrasland. Deze smalle intervallen, vooral bij regenwormen en potwormen, tonen aan dat de geschatte marginale gemiddelden zeer consistent zijn over de gebruikte taxonspecifieke primer sets (inseKP, Coll01, Olig01).

Gezamenlijk tonen deze resultaten aan dat het moleculaire protocol bepalend is: taxonspecifieke primers presteren beter dan universele primers voor verschillende sleutelgroepen, en reproduceren het verwachte patroon van toenemende soortenrijkdom bij afnemende landgebruiksintensiteit in de bovenste bodemlaag (0–10 cm) betrouwbaarder. De universele 18S-primer set daarentegen levert zwakkere of inconsistente resultaten op voor regenwormen, potwormen, en springstaarten, en reproduceert het patroon slechts gedeeltelijk voor geleedpotigen. Zoals verwacht, vertoonde op 10–30 cm diepte geen van de alternatieve primersets een robuust of consistent patroon voor elk van de onderzochte groepen.

Ook tussen de twee nematodenspecifieke analysemethoden werd het verschil tussen 2 methodes getest: DNA-analyse rechtstreeks op eDNA in de bodem (nema-edna) of enkel op de nematoden na extractie uit een bodemstaal (nema-extract). Er zijn enkele praktische verschillen tussen de nema-edna- en nema-extract methode, die samengevat zijn in Tabel 5.4.

	Nema-extract	Nema-edna
Bodemstaal	100 ml verse bodem	250 mg bevroren bodem
Apparatuur en reagentia	Automated Zonal Centrifuge (Hendrickx, 1995) + DNeasy Powersoil Powerlyzer DNA extraction Kit	MagAttract PowerSoil Pro DNA kit (Qiagen)
Type startmateriaal	Geëxtraheerde nematoden uit de bodem	Geëxtraheerd DNA uit de bodem
Tijdsduur	Hoge tijdsinvestering	Lage tijdsinvestering

109

eventueel methode-specifiek aangepaste indices, voldoende resolutie bieden om voor nematoden temporele en functionele veranderingen binnen eenzelfde landgebruik betrouwbaar op te volgen.

5.4 Bespreking

Deze nulmeting laat zien dat eDNA-metabarcoding kan uitgroeien tot een beleidsrelevant instrument voor bodembiodiversiteitsmonitoring, maar alleen wanneer de staalname- en moleculaire protocollen voldoende zijn afgestemd op de doelorganismen. De belangrijkste bijdrage van deze studie is daarom niet louter dat akkers en graslanden verschillen in soortenrijkdom, maar dat het verwachte ecologische landgebruikssignaal reproduceerbaar meetbaar wordt met een aangepast protocol. Daarmee vormt deze module een methodologische brug tussen experimentele eDNA-toepassingen en een operationeel meetnet voor bodemgezondheid.

Dat is relevant in het licht van recente Europese toepassingen waarin metabarcoding niet altijd de patronen reproduceerde die bekend zijn uit traditionele bodemfauna inventarisaties (Köninger *et al.*, 2023, 2026). De resultaten uit deze studie sluiten inhoudelijk aan bij de bredere literatuur over afnemende bodembiodiversiteit bij toenemende landgebruiksintensiteit (Schulz *et al.*, 2019; Tsiafouli *et al.*, 2015; Van Eekeren *et al.*, 2008), maar voegen vooral toe dat dergelijke patronen ook via een gestandaardiseerde eDNA-benadering detecteerbaar zijn.

5.4.1 De bovenste laag als signaal-laag voor ongewervelden

Voor meso- en macrofauna blijkt de bovenste bodemlaag de meest informatieve laag. Dat is ecologisch plausibel, omdat de biologische activiteit in bodems zich grotendeels in de toplaag concentreert. Een standaardisering op 0–10 cm diepte in de minerale bodem in plaats van twee staalnamedieptes zoals in het Cmon meetnet, verhoogt daardoor de gevoeligheid van het meetnet en laat toe om, binnen hetzelfde budget, dubbel zoveel proefvlakken te analyseren. Voor monitoring is die grotere ruimtelijke dekking waardevoller dan beperkte extra verticale informatie, omdat ze de schatting van referentiewaarden, trends en relaties met omgevingsvariabelen versterkt. De 10–30 cm-laag hoeft daarom niet als algemene standaardlaag voor fauna-eDNA te worden behouden, maar kan wel doelgericht relevant blijven voor specifieke onderzoeksvragen, voor groepen met diepere activiteit zoals bepaalde regenwormen, of voor schimmels, waarvoor ook op grotere diepte duidelijke contrasten werden gevonden.

5.4.2 Staalname seizoen en bruikbaarheid van het Cmon-meetnet

De ongelijke seizoensverdeling van het Cmon-meetnet is een belangrijk aandachtspunt, omdat landgebruik en staalnametijdstip deels met elkaar samenhangen. De gevoeligheidsanalyses voor meso- en macrofauna suggereren echter dat deze onevenwichtigheid de hoofdinzichten niet heeft bepaald. Een mogelijke verklaring is dat de gebruikte eDNA-benadering, met fosfaatbuffer en zonder lysis, voornamelijk extracellulair DNA recupereert dat bodemorganismen achterlaten. Daardoor

////////////////////////////////////

5.4.3 Functionele schimmelgroepen als aanvulling op taxonomische rijkdom

De contrasten suggereren dat intensieve praktijken (zoals bijvoorbeeld frequente bodembewerking, beperkte gewasdiversiteit, hoge bemestingsniveaus en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen) vermoedelijk minder gunstig zijn voor de opbouw en instandhouding van mycorrhiza-netwerken, en mogelijk een omgeving creëren waarin plantpathogene schimmels relatief gemakkelijk kunnen domineren. Omgekeerd lijken systemen met een hogere plantendiversiteit, langdurige bodembedekking, lagere verstoringsgraad en minder externe inputs gunstige voorwaarden te scheppen voor een rijk en functioneel belangrijk mycorrhiza netwerk, terwijl de relatieve rijkdom aan plantpathogenen afneemt.

////////////////////////////////////

5.4.4 Het moleculair protocol bepaalt of het ecologische signaal zichtbaar wordt

Een centrale les uit deze module is dat eDNA-metabarcoding niet als één generieke methode kan worden beoordeeld. Dezelfde bodemstalen kunnen tot verschillende conclusies leiden afhankelijk van het gebruikte moleculair protocol. Universele protocollen zijn aantrekkelijk omdat ze in theorie veel groepen tegelijk targeten, maar ze kunnen het signaal van belangrijke bodemfauna groepen verdunnen of vertekenen. Omdat wetenschappelijk eDNA-gebaseerd bodemonderzoek tot nu toe vooral gericht was op micro-organismen, tonen deze resultaten aan dat de methodiek ook moet worden afgestemd voor de studie van andere belangrijke bodemorganismen, zoals regenwormen, potwormen, insecten en springstaarten. Bodemfauna-specifieke primers lijken daarbij noodzakelijk om voldoende gevoeligheid en resolutie te bereiken voor adequate monitoring.

De universele eukaryote 18S-primers die onder andere in de 2018 LUCAS meetcampagne, de BiodivERsA+ soil pilot en SoilBON (Guerra *et al.*, 2021) werden gebruikt om alle Eukaryota te targeten, leverden voor deze groepen doorgaans positieve, maar meestal niet-significante contrasten op. Deze primers vertonen een amplificatiebias richting micro-eukaryoten, met als gevolg een beperkte tot foutieve inschatting van de soortendiversiteit van belangrijke functionele groepen zoals regenwormen, potwormen en springstaarten. Dit sluit aan bij eerdere studies (Ficetola & Taberlet, 2022; Giebner *et al.*, 2020; Jurburg *et al.*, 2021; Kirse *et al.*, 2021).

Nematoden lijken hierop een belangrijke uitzondering te vormen, omdat de soortenrijkdom op basis van de universele 18S-primers een even sterk landgebruikssignaal detecteert als nematodenspecifieke methodes (nema-edna, nema-extract), en daarnaast ook verband houdt met ecologisch relevante bodemeigenschappen zoals koolstofdichtheid.

Een werkbare oplossing voor het primerprobleem is het parallel inzetten van meerdere groep-specifieke primers voor Eukaryoten, zoals in deze studie aangetoond. Opmerkelijk is dat nieuw ontwikkelde primers (gebruikt in deze studie) zowel goed presteren voor regenwormen en potwormen als geleedpotigen, inclusief springstaarten (Terr_EPTDr2n (inseKP); Perrelet *et al.*, 2025; Lambrechts *et al.*, in voorbereiding), en de 18S universele primers toch bruikbare patronen in soortenrijkdom lijken op te leveren voor nematoden, protisten, en schimmels, wat de kostenefficiëntie bevordert.

De beperkte bruikbaarheid van de in dit project gegenereerde data voor bacteriën onderstreept het belang van een goed geoptimaliseerd moleculair protocol voor metabarcoding-gebaseerde bodemmonitoring. Voor een groot deel van de bacteriële stalen werd geen PCR-product, geen sequencingreads of een te laag aantal reads bekomen, waardoor bacteriële soortenrijkdom en functionele groepen, zoals stikstoffixerende bacteriën, niet konden worden gemodelleerd. Ook wanneer in statistische modellen wordt gecorrigeerd voor sequencingdiepte, blijft het problematisch om stalen met zeer lage read-aantallen te gebruiken, omdat deze onvoldoende representatief

////////////////////////////////////

Oorspronkelijk was voorzien om een samengestelde bodemgezondheidsindex te berekenen op basis van een gereduceerde set van vijf indicatoren, afgeleid van Romero *et al.* (2024): bulkdensiteit, koolstofvoorraad, de rijkdom aan mycorrhiza's, de rijkdom aan plantpathogenen en de rijkdom aan stikstoffixerende bacteriën. Door het ontbreken van voldoende bacteriële metabarcodingdata, en dus van gegevens over stikstoffixerende bacteriën, kon deze samengestelde bodemgezondheidsindex echter niet worden berekend. Daardoor kon ook niet worden onderzocht hoe zo'n index varieert in functie van de fysicochemische en biologische data beschikbaar in deze dataset. Dit negatieve resultaat is echter op zichzelf relevant: het toont aan dat niet elke moleculaire dataset automatisch geschikt is voor indicatorontwikkeling of het berekenen van specifieke bodemgezondheidsindices, en dat technische robuustheid een noodzakelijke voorwaarde is voordat de biologische bodemkwaliteit kan worden opgenomen in een operationeel monitoringskader.

Groepsoverschrijdend nam de soortenrijkdom toe met de koolstofdichtheid van de bodemlagen, zowel globaal als binnen landgebruikscategorieën, wat een robuuste relatie tussen koolstofopslag en bodembiodiversiteit suggereert. Deze relatie weerspiegelt waarschijnlijk zowel de rol van koolstofrijke bodems in het ondersteunen van diverse gemeenschappen, als de bijdrage van deze gemeenschappen aan het behoud of de versterking van koolstofopslag in de bodem. Een gezonde en diverse bodembiodiversiteit draagt namelijk bij aan een efficiëntere koolstofcyclus en een grotere capaciteit voor koolstofsequestratie en stabilisatie. Omdat koolstofdichtheid de totale organische koolstof, bulkdensiteit, oppervlakte en diepte integreert, is het een proxy die nauwer samenhangt met de opslag en beschikbaarheid van koolstof per volume eenheid dan totale organische koolstof concentratie alleen. In aanvullende modellen was totale organische koolstof inderdaad niet geassocieerd met soortenrijkdom, terwijl bulkdensiteit negatief was geassocieerd, consistent met het idee dat verdichting habitatruimte beperkt. Samen ondersteunen deze bevindingen het gebruik van koolstofdichtheid (stock-gebaseerd) in plaats van totaal organisch koolstof bij de berekening van een bodemgezondheidsindex. Ze tonen bovendien aan dat een toename van de koolstofvoorraad, zoals beoogd in de Natuurherstelverordening, gepaard gaat met een stijging van de bodembiodiversiteit.

114

5.4.6 Implicaties voor EU-brede monitoring

Deze bevindingen hebben directe ontwerp implicaties voor programmatische monitoring. Via A1 publicaties en participatie in Europese onderzoeksprojecten zal getracht worden de opgebouwde methodologische kennis te gebruiken voor de verdere opmaak van de guidelines en protocollen voor de EU Bodemonitoringsrichtlijn.

5.5 Conclusies

De hier gerapporteerde bevindingen vertalen zich rechtstreeks in een monitoringsontwerp dat zowel ecologisch informatief als uitvoerbaar is op grote schaal, en dat daarmee invulling geeft aan de verwachtingen binnen de EU Richtlijn Bodemonitoring. De belangrijkste ontwerpkeuze is om de 0–10 cm-bodemlaag als standaard te hanteren: precies daar zijn de verschillen in soortenrijkdom het duidelijkst en meest robuust. De 10–30 cm bodemlaag of diepere lagen of horizonten kunnen doelgericht worden bemonsterd voor taxa met bekende diepe activiteit (zoals bodemwoelende en diepgravende regenwormen, alsook schimmels), maar voegt voor algemene gemeenschap-indicatoren weinig signaal toe. Een tweede pijler is de inzet van taxa-specifieke primers voor meso- en macrofauna, naast universele markers voor micro-organismen. Deze combinatie voorkomt onderschatting van effecten en verhoogt de statistische power. Ten derde is het voor de analyse cruciaal te modelleren op de respons-schaal met generalised linear mixed models, inclusief een offset voor sequencing diepte, en effecten te rapporteren als geschatte marginale gemiddelden en contrasten met betrouwbaarheidsintervallen.

Bodem-covariaten worden best doelgericht gekozen: koolstofdichtheid (stock-gebaseerd; $\text{ton C ha}^{-1} \text{cm}^{-1}$) verdient op basis van onze data de voorkeur boven totale organische koolstof (%C) op gewichtsbasis. Koolstofdichtheid integreert de hoeveelheid koolstof per bodemvolume en fungeert daardoor als betere proxy voor de werkelijk beschikbare organische hulpbron in het 3D habitat van bodemorganismen. In onze modellen is koolstofdichtheid consequent positief geassocieerd met soortenrijkdom (robust over seizoenen en taxonomische groepen), terwijl totale organische koolstof alleen geen consistente relatie vertoont. Deze relatie weerspiegelt waarschijnlijk zowel de rol van koolstofrijke (organische) bodems in het ondersteunen van diverse gemeenschappen, als de mogelijke bijdrage van deze gemeenschappen aan het behoud of de versterking van koolstofopslag in de bodem. Dit sluit ook aan bij bodemgezondheidsindicatoren, waar koolstofvoorraad (stock) een centrale toestandsvariabele is voor bodemgezondheids- en beleidsrapportering.

Het Cmon-bodemkoolstofmeetnet lijkt bovendien geschikt als basis voor de monitoring van meso- en macrofauna via eDNA-metabarcoding. De landgebruiks-, diepte- en koolstofdichtheidseffecten bleven consistent onder verschillende seizoenale restricties. Hierdoor kan één gestandaardiseerde staalnamecampagne informatie opleveren over zowel koolstofopslag als bodemleven. Voor bacteriën

////////////////////////////////////

en schimmels blijft verdere evaluatie nodig, omdat hiervoor onvoldoende verwerkte stalen beschikbaar waren om dezelfde seizoensale gevoeligheidsanalyses uit te voeren.

Om de resultaten uit dit onderzoek bruikbaar te maken voor structurele monitoring en beleidsrapportering, is het nuttig ze te kaderen binnen het concept van Essential Biodiversity Variables (EBV's) en bodemgezondheidsindicatoren. EBV's zijn gestandaardiseerde biologische variabelen die veranderingen in biodiversiteit op een herhaalbare manier beschrijven in ruimte en tijd. Ze vormen een tussenniveau tussen ruwe waarnemingen, zoals eDNA-detecties of OTU-/ASV-tabellen, en afgeleide beleidsindicatoren. Het doel van EBV's is dus niet om elke ruwe meting afzonderlijk te rapporteren, maar om deze metingen te vertalen naar vergelijkbare, interpreteerbare variabelen die trends in biodiversiteit kunnen opvolgen.

Binnen het EBV-kader worden verschillende klassen onderscheiden, waaronder genetische samenstelling, soortenpopulaties, soortkenmerken, gemeenschapssamenstelling, ecosysteemstructuur en ecosysteemfunctie. De huidige dataset levert vooral bouwstenen voor EBV's binnen de klasse gemeenschapssamenstelling (*community composition*). Voorbeelden hiervan zijn de soortenrijkdom van regenwormen en potwormen in de 0–10 cm-bodemlaag, gemeten met een taxonspecifieke primer set, en de soortenrijkdom van springstaarten of geleedpotigen binnen dezelfde gestandaardiseerde bemonsteringslaag. Wanneer deze metingen op dezelfde manier herhaald worden doorheen de tijd en over een voldoende ruimtelijk netwerk van meetpunten, kunnen ze uitgroeien tot operationele EBV's voor bodembiodiversiteit.

De link met bodemgezondheidsindicatoren vraagt een gelijkaardige vertaalslag. Een bodemgezondheidsindicator is een meetbare bodemeigenschap die informatie geeft over de mate waarin een bodem zijn functies kan vervullen, zoals koolstofopslag, waterregulatie, habitatvoorziening en biologische veerkracht. Klassieke indicatoren zijn vaak fysisch of chemisch, zoals bulkdensiteit, pH en koolstofvoorraad. Biologische indicatoren, zoals de rijkdom of samenstelling van bodemfauna, vullen deze aan omdat ze rechtstreeks informatie geven over de levende component van de bodem. In dat opzicht vertegenwoordigen deze EBV's de biodiversiteit component van bodemgezondheid.

Onze resultaten tonen dat dergelijke biologische indicatoren gevoelig zijn voor landgebruik, bodemdiepte en bodemcondities, en dat ze duidelijke verbanden vertonen met fysicochemische factoren zoals koolstofdichtheid. Ze zijn daarom complementair aan fysicochemische toestandsvariabelen zoals koolstofdichtheid, pH en bulkdensiteit. Samen kunnen deze variabelen gebruikt worden als bouwstenen voor samengestelde bodemgezondheidsindicatoren, waarin zowel de fysische, chemische als biologische bodemkwaliteit wordt opgevolgd. De meerwaarde van eDNA-metabarcoding ligt daarbij vooral in het efficiënt en reproduceerbaar meten van de biologische component, die in bestaande monitoringssystemen doorgaans minder sterk ontwikkeld is dan de chemische en fysische component. Daarmee sluit dit monitoringsontwerp aan bij de bredere

////////////////////////////////////

behoefte om niet alleen bodemchemie en bodemstructuur te volgen, maar ook de biologische veerkracht en het functioneren van bodems systematisch te bewaken.

5.5.1 Naar operationele beleidsgerichte bodembiodiversiteitsindicatoren

Bij een doorstart kan de koppeling tussen eDNA-metabarcoding, EBV's en bodemgezondheidsindicatoren expliciet worden geoperationaliseerd. Dit helpt invulling te geven aan de EU Bodemmonitoringsrichtlijn, die sinds 16 december 2025 van kracht is en een gemeenschappelijk kader voorziet om de gezondheid van bodems in Europa te monitoren en te beoordelen. Deze richtlijn behandelt onder meer bodemorganische koolstof, bodembiodiversiteit, erosie, verdichting, verontreiniging en bodemafdichting, en vraagt dat lidstaten de toestand van hun bodems systematisch opvolgen. Daarmee ontstaat een duidelijke beleidscontext waarin biologische bodemindicatoren een plaats krijgen naast de traditionele fysische en chemische indicatoren voor bodemkwaliteit.

Om beoordeling mogelijk te maken, moeten enkele begrippen expliciet worden vastgelegd. Een baseline is de eerste gestandaardiseerde meting binnen het monitoringsprogramma. Die vormt het vertrekpunt om latere veranderingen en trends te beoordelen. Een referentie is de toestand waarmee de gemeten waarde wordt vergeleken. Die referentie kan bijvoorbeeld gebaseerd zijn op de best beschikbare of minst verstoorde proefvlakken binnen hetzelfde landgebruik en bodemtype. Een doelwaarde of bevredigend niveau (*target value*) geeft vervolgens aan vanaf welke waarde de toestand als ecologisch voldoende of beleidsmatig aanvaardbaar wordt beschouwd. De Bodemmonitoringsrichtlijn evalueert aan de hand van niet-bindende duurzame streefwaarden en operationele triggerwaarden. Een niet-bindende duurzame streefwaarde moet de ambitieuze langetermijndoelstelling (tegen 2050) van de richtlijn weerspiegelen en houdt geen vereiste in tot handelen. Een triggerwaarde is een operationele grenswaarde die aangeeft vanaf wanneer opvolging, verklaring of mogelijke maatregelen nodig zijn. Voor de bodembiodiversiteit vraagt de richtlijn momenteel nog geen vastlegging van streef- of triggerwaarden, maar de lidstaten worden wel uitgenodigd daaraan te werken, specifiek per landgebruik en bodemeenheid.

Voor de vertaalslag naar Vlaamse beleidsindicatoren stellen we daarom voor om per relevante beoordelingseenheid (bijvoorbeeld landgebruik gedefinieerd volgens de Vlaamse landgebruikskaart; Oorts *et al.*, 2025) voorlopig alleen een referentiewaarde vast te leggen. Voor een indicator zoals soortenrijkdom van bodemfauna betekent dit dat niet enkel de diversiteit wordt gerapporteerd, maar ook de afstand tot de referentie, het aandeel proefvlakken dat het referentie niveau haalt, en de trend ten opzichte van de baseline.

We zouden kunnen testen of we binnen dit kader bijvoorbeeld de soortenrijkdom van bodemfauna kunnen uitrollen als volwaardige biologische EBV voor bodems. De huidige resultaten vormen daarvoor de methodologische basis: ze tonen dat rijkdom van regenwormen, potwormen en geleedpotigen reproduceerbaar kan worden gemeten met taxonspecifieke primers, en dat deze

////////////////////

Doordat de bodembiodiversiteit in deze studie werd bepaald op dezelfde proefvlakken als de Cmon-proefvlakken met fysico-chemische bodemdata, kunnen de biologische indicatoren bovendien rechtstreeks worden gekoppeld aan bestaande gegevens over koolstof, stikstof, pH, textuur en bulkdensiteit. Dit maakt het ook mogelijk om biologische bodemindicatoren te integreren in het Vlaamse *Digital Soil Model* (DSM), dat spatio-temporele geostatistische analyses en predictieve opschaling naar het volledige Vlaamse gewest ondersteunt. Op die manier kan niet alleen per proefvlak worden gerapporteerd, maar kunnen op termijn ook gebiedsdekkende kaarten en trends worden afgeleid, alsook de impact van inspanningen. Daarnaast is het de bedoeling om de bodemtaxonomische informatie via het Vlaamse Biodiversiteitsplatform beschikbaar te stellen.

Ten slotte zorgen deze ontwerpkeuzes ervoor dat bij een doorstart niet alleen soortenrijkdom, maar ook aanvullende EBV's op basis van gemeenschapssamenstelling kunnen worden onderzocht. Dankzij de hoge taxonomische resolutie van de taxon-specifieke primer sets, en de tijdsgeïntegreerde signalen uit extracellulaire eDNA-metabarcoding van meso- en macrofauna, kunnen veranderingen in soortensamenstelling, het voorkomen van indicatorsoorten en verschuivingen in functioneel belangrijke groepen worden opgevolgd. Daarmee kan het monitoringsprogramma op termijn evolueren van een relatief eenvoudige diversiteitsindicator naar een bredere set biologische bodemindicatoren. Vervolgens zou kunnen worden geëvalueerd welke indicator het meest geschikt is voor monitoring van bodembiodiversiteit in agrarisch gebied, of hoe verschillende indicatoren kunnen worden geïntegreerd in één samengestelde bodemfauna-index.

118

5.6 Extra outputs

Lambrechts S., Eves Down M.-R., Deflem I., De Backer S. & De Vos B. (in voorbereiding). DMP voor monitoring bodembiodiversiteit in agrarisch gebied via eDNA (MBAG). Version 1. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, België.

Lambrechts S. *et al.* (in voorbereiding). Monitoring van bodembiodiversiteit in Vlaams landbouwgebied. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, België.

6 Biologische Waarderingskaart

6.1 Doelstelling

De Biologische Waarderingskaart (BWK) is een inventarisatie van het biologische milieu en de bodembedekking van Vlaanderen. Een inkleuring in groentinten duidt de biologische waarde van het milieu op een overzichtelijke wijze. Een ervaren gebruiker kan uit de kaarten het landschap lezen en in een oogopslag het 'groene' karakter van een bepaald gebied afleiden. De BWK vormt een basisdocument voor iedereen die betrokken is bij onder meer natuurbehoud, ruimtelijke planning, milieueffectrapportering en landschapszorg. Het is de enige beschikbare gebiedsdekkende inventaris van de Vlaamse biotopen en wordt daarom algemeen aangewend als referentiekader.

In het verleden is in Vlaanderen tweemaal een gebiedsdekkende BWK opgemaakt. Een eerste versie op landschapsschaal (1978-1996) en een tweede versie met meer gedetailleerde (perceels)karteringen (1997-2010). In 2014 is het project terug opgestart met een focus op Natura 2000-gebieden en -habitats. Actualisaties in landbouwgebied zijn momenteel beperkt tot ad hoc, vaak desktop actualisaties. Hierdoor bestaat het landbouwgebied in BWK uitgave 2023 nog steeds voor een groot deel uit gegevens uit de periode 1998-2007 (Vriens *et al.*, 2011, De Saeger *et al.*, 2023). Een belangrijk aandachtspunt daarbij is de beperkte kennis over de verspreiding van akkers met bijzondere akkerflora (b.*), verder soortenrijke akkers genoemd.

De **langetermijndoelstelling** van deze module is om de biotopen in het Vlaamse landbouwgebied op te volgen. Dit is ondermeer van belang voor de implementatie van de EU Natuurherstelverordening, niet alleen om de trend in landschapselementen met hoge diversiteit op te volgen (Artikel 11(2)(c)), maar ook om de kansen voor grauwe en bruine kiekendief, grauwe klauwier, veldleeuwerik, wulp en Europese hamster (Artikel 4), bestuivers (Artikel 10), graslanddagvlinders (Artikel 11(2)(a)) en algemene boerenlandvogelsoorten (Artikel 11(3)) op te volgen en daarmee deze verschillende doelen te helpen realiseren.

////////////////////////////////////

Momenteel zijn er onvoldoende middelen om het landbouwgebied gebiedsdekkend te actualiseren via veldkartering. De **operationele doelstelling** van deze module is om met beperkte middelen via drie sporen zoveel mogelijk te actualiseren.

- **Veldkartering:** In een selectie van studiegebieden, waar veel biologisch waardevolle percelen en landschapselementen werden verwacht, werd de veldkartering van het landbouwgebied verrijkt en geactualiseerd.
- **Akkerflora:** Omdat vooral akkers met bijzondere akkerflora slecht gekarteerd zijn, werd tijdens bovenstaande veldkartering extra aandacht besteed aan de aanwezigheid van een aantal zeldzame akkerplanten.
- **Slimme beeldherkenning:** Omdat actualisatie via slimme beeldherkenning (remote sensing, drones of andere) en data mining beloftevol is, werden de kansen voor actualisatie van de BWK via de inzet van slimme beeldherkenning verkend.

6.2 Methodiek

6.2.1 Veldkartering

In het verleden heeft de BWK-methodiek een hele evolutie meegemaakt, met onder andere tussen versie 1 en 2 een sterk toegenomen nauwkeurigheid en meer detaillering, voornamelijk binnen de natuurgebieden. Hierdoor werden toepassingen tot op vegetatievlek of perceelsniveau mogelijk (Vriens *et al.*, 2011). Dit gebeurde voor zowel beleids- als wetenschappelijke toepassingen en werd tevens gestuurd door steeds betere basisdata (bijvoorbeeld luchtfoto's, digitaal terrein model).

Via dit eerste spoor willen we die detaillering ook in het landbouwgebied doortrekken, maar vanwege de omvang van het landbouwgebied kon dit alleen voor een selectie aan studiegebieden in het landbouwgebied gebeuren. Hierbij is gefocust op de Leemstreek, gebieden met veel beheerovereenkomsten, gebieden met een voldoende variatie aan kleine landschaps- en andere natuurlijke elementen en gebieden met potentiële vindplaatsen van zeldzame akkerplanten, omdat we verwachten dat de herkartering daar de grootste meerwaarde heeft.

In een klein aandeel van de gebieden (voornamelijk in De Moeren) werd uitgetest welke tijdswinst het op voorhand verwerken van de jaarlijkse perceelsregistratie (Agentschap Landbouw en Zeevisserij, 2023) en controles op recente luchtfoto's (voornamelijk de bebouwde delen) oplevert. Deze perceelsregistratie is iets waar we buiten het landbouwgebied niet over beschikken. Door deze voorbereiding kan de veldkartering zich nog meer richten op de potentieel waardevolle zones, zoals permanente graslanden, akkers met beheerovereenkomst en kleine landschapselementen.

Gezien de bestaande BWK methodiek (Vriens et *al.*, 2010; De Saeger et *al.*, 2016a) in hoofdzaak focust op gebieden en landschapselementen met een biologische waarde, zijn op voorhand, maar ook in de loop van de terreininventarisatie, de bestaande karteerafspraken en karteringseenheden

////////////////////////////////////

voor het landbouwgebied verder geëvalueerd, verfijnd en uitgebreid (De Bruyn *et al.*, in voorbereiding).

Voor meer details over deze submodule verwijzen we naar De Bruyn et al. (in voorbereiding).

6.2.2 Akkerflora

We hebben weinig zicht op de verspreiding van bijzondere akkerflora in Vlaanderen. Via dit tweede spoor willen we daar beter zicht op krijgen, door er tijdens de veldkartering (veldseizoenen 2023-2024) (zie 6.2.1) aandacht aan te besteden. Er werd gericht in het juiste seizoen naar akkerflora gezocht, naargelang van de soort, en rekening houdend met de jaarlijks wisselende weer- en beheeromstandigheden. Tijdens deze korte verkennende fase lag de focus lag op de Leemstreek en op vijf zeldzamere, maar nog verspreid voorkomende, akkerplanten, met name akkerandoorn, spies- en eironde leeuwenbek, kleine wolfsmelk en gladde ereprijs. Aanwezigheid van één van deze soorten in een akker op leemgrond (*bl*, biologisch minder waardevol), leidt in de BWK-methodiek tot een opwaardering (*bl**, biologisch waardevol). De keuze van de gebieden voor de veldkartering (zie 6.2.1) is deels bepaald door de historische en/of actuele verspreiding van deze doelsoorten. Om meer zicht te krijgen op het voorkomen van deze vijf soorten werden in de Leemstreek ook buiten de studiegebieden voor gebiedsdekkende veldkartering (zie 6.2.1 en Figuur 6.4) percelen met een beheerovereenkomst (voornamelijk fauna-voedselgewas) bezocht. Op deze minder intensief bewerkte landbouwpercelen verwachten we dat akkerflora meer kansen heeft.

Voor de verwerking van de resultaten analyseerden we het gebruik van alle bezochte akkers op de historische kaarten van Ferraris (1778), Dépôt de la Guerre (1873) en de kaart van het Militair Geografisch Instituut (1969). We verzamelden ook details over de beheerovereenkomsten (welk type en sinds wanneer).

Voor meer details over deze submodule verwijzen we naar De Bruyn *et al.* (in voorbereiding) en Erens *et al.* (in voorbereiding).

6.2.3 Slimme beeldherkenning

Met het derde spoor willen we de kansen voor een versterking van de BWK via de inzet van slimme beeldherkenning verkennen. We focussen hierbij op hoogstamboomgaarden. Momenteel is de BWK de belangrijkste kaartlaag voor hoogstamboomgaarden in Vlaanderen, maar buiten natuurgebied is deze vaak niet meer actueel. Daarom onderzochten we het gebruik van slimme beeldherkenning als alternatieve methode om hoogstamboomgaarden gebiedsdekkend in kaart te brengen. Op de jaarlijks gevlogen winterorthofoto's zijn hoogstamboomgaarden namelijk vaak goed herkenbaar door het karakteristieke plantverband waarmee ze aangeplant zijn.

////////////////////////////////////

```
graph LR; subgraph Step1 [Stap 1: OrthoSeg]; I[Installatie] --> N[nieuw project voorbereiden]; N --> T[Trainingsdata]; N --> L[Luchtfoto's downloaden]; T --> Tr[Training model]; Tr --> P[Predictie model op studiegebied]; L --> P; P --> F[Finale output model]; F --> Step2; end; subgraph Step2 [Stap 2: Verfijnen van de resultaten]; F --> M2021[Model output 2021]; F --> M2016[Model output 2016]; M2021 --> V2021[Vereenvoudiging geometrie]; M2016 --> V2016[Vereenvoudiging geometrie]; V2021 --> F2021[Filtering]; V2016 --> F2016[Filtering]; F2021 --> SJ[Spatial join]; F2016 --> SJ; SJ --> Step3; end; subgraph Step3 [Stap 3: Resultaat vergelijken met BWK]; SJ --> BWK[BWK]; BWK --> S[Selectie k]; S --> O[% overlap berekenen]; O --> R[Finaal resultaat]; end;
```

The flowchart illustrates the OrthoSeg workflow, organized into three main steps:

- Stap 1: OrthoSeg** (Installation and Training):
 - Starts with **Installatie** (Installation).
 - Proceeds to **Nieuw project voorbereiden** (Preparing new project).
 - From here, the process splits into two parallel paths:
 - Path 1: **Trainingsdata** (Training data) → **Training model** (Training model).
 - Path 2: **Luchtfoto's downloaden** (Download aerial photos).
 - Both paths converge at **Predictie model op studiegebied** (Predict model on study area).
 - The final output of Step 1 is **Finale output model** (Final output model).
- Stap 2: Verfijnen van de resultaten** (Refining the results):
 - Receives input from the **Finale output model**.
 - The process splits into two parallel paths for the years 2021 and 2016:
 - Path 2021: **Model output 2021** → **Vereenvoudiging geometrie** (Simplify geometry) → **Filtering**.
 - Path 2016: **Model output 2016** → **Vereenvoudiging geometrie** (Simplify geometry) → **Filtering**.
 - The outputs from both paths are combined in **Spatial join**.
- Stap 3: Resultaat vergelijken met BWK** (Compare results with BWK):
 - Receives input from the **Spatial join**.
 - The process continues with **BWK** (Boundary Width Kernel).
 - Then **Selectie k** (Selection k).
 - Then **% overlap berekenen** (Calculate % overlap).
 - The final step is **Finaal resultaat** (Final result).

Voor het trainen en toepassen van deep learning modellen op orthofoto's, maakten we gebruik van orthoseg, open-source-softwarepakket dat segmentatie van luchtfoto's met behulp van deep learning methoden vergemakkelijkt en beschikbaar is op GitHub (Roggemans, 2025). In orthoseg worden drie stappen doorlopen om tot een resultaat te komen: 1) het downloaden van de gewenste orthofoto over het studiegebied, 2) het creëren van een trainingsdataset en het trainen van een model en 3) het getrainde model toepassen op het studiegebied. Deze stappen staan ook verder toegelicht op de wiki van orthoseg¹⁵. We doorliepen deze stappen tweemaal: één keer voor de winterorthofoto van 2016 (Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen, 2016) en één keer voor de winterorthofoto van 2021 (Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen, 2021). De

¹⁵ <https://github.com/orthoseq/orthoseq/wiki>

In de eerste stap werden de orthofoto's gedownload over heel Vlaanderen, het studiegebied, via de beschikbare WMS service. De volledige kaartlaag werd opgedeeld in een grid van afbeeldingen die vervolgens afbeelding per afbeelding werden gedownload. De grootte van de afbeeldingen kan ingesteld worden en is afhankelijk van de toepassing. Voor de herkenning van hoogstamboomgaarden hebben we gewerkt met afbeeldingen van 1024x1024 pixels ($1024 \text{ pixels} \cdot 0.25 \text{ m/pixel} = 256 \text{ m}$) en een overlap tussen afbeeldingen van 128 pixels ($128 \text{ pixels} \cdot 0.25 \text{ m/pixel} = 32 \text{ m}$). We gebruikten deze instellingen om de volledige winterorthofoto van zowel 2016 als 2021 te downloaden.

- Duidelijk plantverband te herkennen tussen de bomen
- Minstens 6 bomen
- Geen volledig overschaduwde percelen
- Verspreiden van de polygonen over de verschillende vliegdagen van de orthofoto

////////////////////////////////////



Figuur 6.2: A) Polygoon dat een hoogstamboomgaard afbakent in het blauw, de locatie (128x128m) waarop getraind wordt in het rood, en B) een fout voorbeeld (128x128m) aangeduid in het rood. Foute voorbeelden worden gebruikt om het model aan te leren wat een hoogstamboomgaard niet is (achtergrond: Luchtfoto Vlaanderen, winter 2021 (Bron: Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen, 2021))

In de derde stap werd het getrainde model toegepast op de gedownloade foto's uit de eerste stap. Wanneer de voorspelling voltooid is voor elke foto (256x256m), resulteert dit in een vectorlaag waar hoogstamboomgaarden op aangeduid worden. Aangezien het toepassen van het model afbeelding per afbeelding gebeurde, zijn de hoogstamboomgaarden die verdeeld zijn over verschillende foto's opgedeeld in verschillende polygonen. Bovendien zijn er ook zeer kleine polygonen en andere onnauwkeurigheden terug te vinden in de resulterende vectorlaag. Daarom werden er ook enkele stappen ter nabewerking toegepast om de initiële resultaten te verfijnen.

Eerst worden de polygonen in de vectorlagen vereenvoudigd, door opeenvolgend inwaarts en uitwaarts te bufferen (in detail: -1m, +6m, meervoudige objecten omzetten naar enkelvoudige multipart to singlepart, -5m). Vervolgens werden enkel de in grasland gelegen polygonen behouden met een oppervlakte groter dan 250m², dit leidde tot een reductie van de output met ongeveer 80% over beide jaren. Voor dit laatste criterium werd de landgebruikskaat toestand 2022 gebruikt (Departement Omgeving, 2023). Dit resulteerde in kaartlagen, voor zowel 2016 als 2021, met hoogstamboomgaarden aangegeven door het model. In de laatste stap werden de resultaten voor beide lagen gecombineerd door middel van een intersect, daarbij werden enkel de polygonen behouden die in beide jaren voorkwamen. Dit is de finale kaart met hoogstamboomgaarden die verder gebruikt zal worden.

Het finale resultaat werd vervolgens vergeleken met de BWK, waarbij het percentage overlap werd berekend tussen de voorspelde polygonen en de **kj** polygonen uit de BWK. Voor deze berekening werden alle polygonen meegenomen waar **kj** voorkwam als één van de karteringseenheden. Het resultaat van deze vergelijking was een vectorlaag van polygonen (door het model voorspeld), met als extra informatie een attribuut dat het berekende percentage overlap met **kj**-polygonen van de

[illegible]



B



D

Alle geselecteerde polygonen werden aan een visuele controle onderworpen. Dit garandeert enerzijds dat enkel correcte informatie in de BWK terecht komt, maar biedt anderzijds ook de mogelijkheid om de methode uitgebreid te evalueren. Iedere polygoon werd gescoord op basis van een reeks historische luchtfotos (jaar ca. 1971, 2002-2003), recentere luchtfoto's (2019, 2020, 2021, 2022 en 2023) en de streetview beelden van maps.google.com. De mogelijke scores zijn:

- zeker: hoogstamfruitboom(gaard) zeker aanwezig (streetview, bloei)
- waarschijnlijk: hoogstamfruitboom(gaard) wellicht aanwezig (correct patroon/schaduw op luchtfoto), maar niet bevestigd door streetview

10.21436/inbor.147396326 125

- De validatie werd uitgevoerd door vijf personen die ruime ervaring hebben met orthofoto-interpretatie en BWK digitalisaties. Elke evaluator beoordeelde een willekeurige selectie van de polygonen. Om de kwaliteit van de validatie zelf te evalueren, werd 10% van de polygonen door twee evaluatoren onafhankelijk van elkaar beoordeeld.

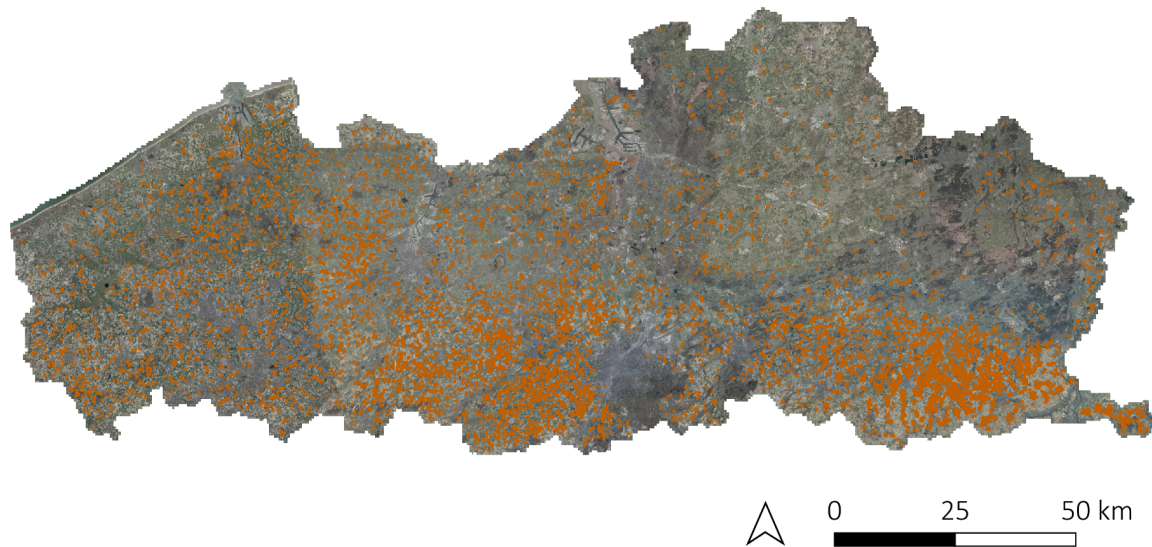
6.3.1 Veldkartering

De kartering van studiegebied 14 (De Moeren) verliep aanzienlijk vlotter door de voorbereiding op basis van de perceelsregistratie (Agentschap Landbouw en Zeevisserij 2023) en recente orthofoto's (Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen 2023). Tijdens de terreininventarisatie lag de focus op de percelen die niet in landbouwgebruik waren, kleine landschapselementen en permanente graslanden. Tijdelijke graslanden en akkers werden slechts vluchtig gecontroleerd. Gezien de historische en actuele afwezigheid van akkerflora werden enkel de akkers onder beheerovereenkomst extra gecontroleerd op akkerflora.

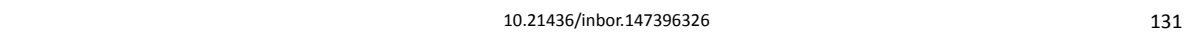
////////////////////////////////////

6.3.3 Slimme beeldherkenning

Aan de hand van slimme beeldherkenning werden hoogstamboomgaarden automatisch herkend op luchtfoto's en omgezet naar een finale kaart. Deze finale kaart resulteerde in 6.765 polygonen die door het model als potentiële hoogstamboomgaarden werden geïdentificeerd (Figuur 6.7). Door polygonen te selecteren zonder overlap met de kj-karteringseenheid uit de BWK, werd een subset van 2.879 polygonen geïdentificeerd (Figuur 6.8). Deze subset bestaat dus uit locaties die door het model als potentiële hoogstamboomgaard werden voorspeld, maar die momenteel niet of onvolledig in de BWK zijn opgenomen. Enkele voorbeelden uit deze kaartlagen worden weergegeven, zowel de schijnbaar geslaagde detecties van het model (Figuur 6.9) als de meest voorkomende modelfouten (Figuur 6.10). Een veelvoorkomende modelfout is het detecteren van bomenrijen (Figuur 6.10, A- D).



////////////////////////////////////



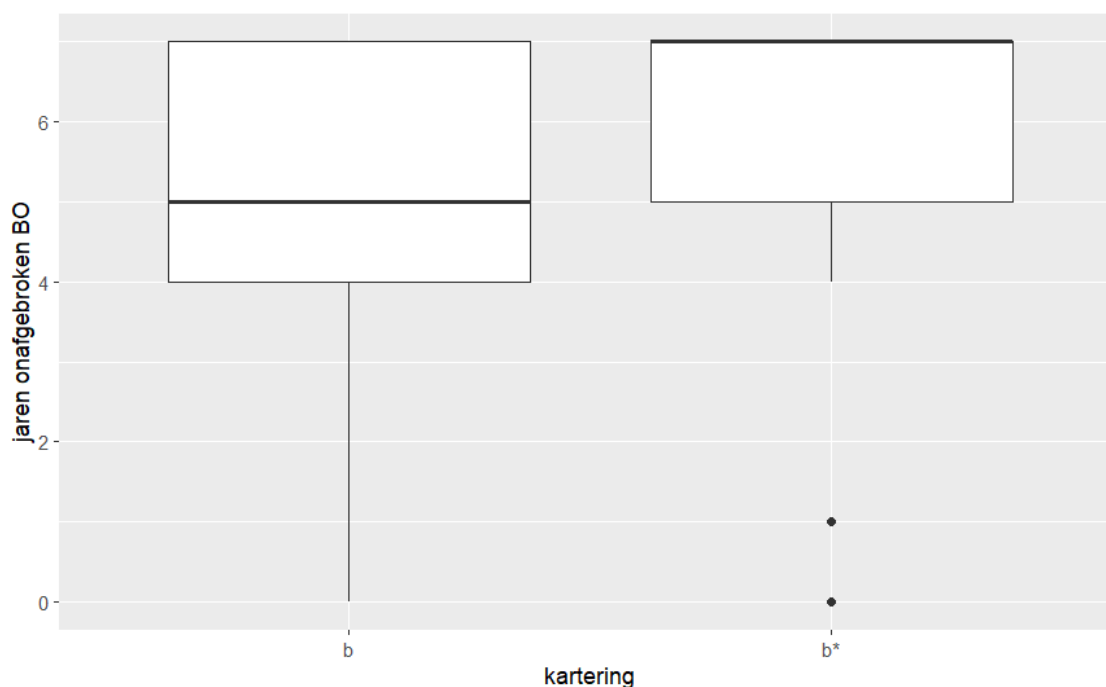
B

Uit de dubbele controles blijkt dat de evaluatie relatief consistent gebeurde: 67% van de evaluaties door twee personen kwamen exact overeen; 90% van de evaluaties verschilden hoogstens 1 klasse ("zeker" versus "waarschijnlijk", "waarschijnlijk" versus "onzeker" of "onzeker" versus "zeker niet"). Voor slechts vier polygonen waren de meningen helemaal verschillend: met een score van de ene evaluator als "zeker" en de andere evaluator als "onzeker". Drie van de vier polygonen waren volgens een evaluator een halfstamboomgaarden in professioneel gebruik. Dergelijke situaties zijn hoedanook moeilijk te beoordelen: halfstamboomgaarden resorteren volgens de karteersleutel onder **kj**, maar als die professioneel gebruikt worden ze als **kl** aangeduid. Dit valt moeilijk op luchtfoto of streetview (en zelfs op het terrein) vast te stellen.

Een groot deel van het landbouwgebied bestaat in de huidige BWK nog vaak uit grootschalige complexen van akker (**b.**), tijdelijk en permanent grasland (**hx** en **hp**), al dan niet met kleine landschapselementen. In de geactualiseerde gebieden zijn deze verschillende biotopen en kleine landschapselementen zoveel mogelijk afzonderlijk ingetekend (Figuur 6.11). De Bruyn *et al.* (in voorbereiding) geeft een overzicht van de aangepaste en geactualiseerde karteerafspraken om ook het landbouwgebied gedetailleerder in kaart te brengen. Deze afspraken worden later ook in de bestaande handleidingen en veldsleutels aangevuld en verwerkt.

Beheerovereenkomsten voor soortenbescherming	Aantal geïnventariseerde percelen	Aantal percelen met bijzondere akkerkruiden (b. *)
Faunabeheer akkerland voedselgewas	389	43 (11%)
Faunavoedselgewas standaard	165	40 (24%)
Faunabeheer akkerland wisselteelt	15	3 (7%)
Faunarand plus	8	3 (38%)
Faunavoedselgewas wisselteelt - wintergraan	8	4 (50%)
Faunavoedselgewas wisselteelt - zomergraan	7	1 (14%)
Fauna-akker plus wisselteelt - wintergraan	7	4 (57%)

[illegible]



Figuur 6.12: Gemiddeld aantal jaren dat een akker in beheerovereenkomst is voor de karteringen **b** en **b*** (7 jaar onafgebroken beheerovereenkomst wijst op zeven jaar of langer; verschil statistisch significant; generalized linear model met p-waarde 0.00296)

6.4.2 Slimme beeldherkenning

Met een relatief hoog aandeel zekere en waarschijnlijke hoogstamboomgaarden onder de resultaten, blijkt de huidige methode zeker bruikbaar om hoogstamboomgaarden te detecteren die momenteel niet in de BWK opgenomen zijn/waren. Niet alle gevonden polygonen bleken echter een hoogstamboomgaard. Op dit moment blijft een visuele controle van de uitkomst van een deep learning model dus nodig om de hoge nauwkeurigheid van de BWK te behouden.

Op basis van de beschikbare referentiebeelden bleek het echter onmogelijk om alle resultaten met een voldoende zekerheid te beoordelen. Heel veel geselecteerde polygonen waren niet zichtbaar op streetviewbeelden, wat de interpretatie bemoeilijkt en vaak leidde tot de klassen “waarschijnlijk” of “onzeker”. Ondanks de beschikbaarheid van meerdere recente luchtbeelden van verschillende jaren, werden sommige fruitbomen nooit bloeiend in beeld gebracht en/of kon de stamhoogte niet accuraat ingeschat worden op basis van schaduw. Met bijkomende luchtfoto’s en/of in combinatie met Lidar gegevens over de verticale structuur kan wellicht een groter aandeel van de modelresultaten met zekerheid getypeerd worden.

Een kanttekening bij de uitgevoerde validatie is dat we met de visuele controles iets kunnen zeggen over de *user’s accuracy* (de betrouwbaarheid van de detecties) maar niet over de *producer’s*

////////////////////////////////////

Enkele methodologische bevindingen zijn ook belangrijk om te vermelden. Een eerste bevinding is dat het ruwe modelresultaat te veel vals positieven bevatte om rechtstreeks te gebruiken. De stappen ter nabewerking, zoals het filteren op oppervlakte en landgebruik, waren dus noodzakelijk om tot bruikbare resultaten te komen. Een tweede bevinding is dat kj-polygonen uit de BWK niet rechtstreeks gebruikt kunnen worden in slimme beeldherkenning. De modellen vereisen strak omliggende polygonen omdat dit anders zorgde voor te veel ruis in het modelresultaat, zoals getoond werd in Figuur 6.3.

6.5.1 Veldkartering

6.5.2 Akkerflora

Gericht zoeken in het juiste seizoen, afhankelijk van de soort, en rekening houdend met de jaarlijks wisselende weers- en beheeromstandigheden loont. Het leverde in bepaalde streken een iets positiever beeld op van de aanwezigheid van bijzondere akkerkruiden dan voorheen bekend. De meerderheid van de locaties met bijzondere akkerflora zijn net wat minder intensief bewerkte percelen, zoals deze met een beheerovereenkomst 'Faunavoedselgewas standaard'. Een beheerovereenkomst gericht op akkerflora ontbreekt momenteel. Uit de hier opgedane kennis kunnen we concluderen dat het zeker zou lonen om ofwel een gecombineerde beheerovereenkomst faunavoedselgewas en akkerflora aan te bieden ofwel een afzonderlijke beheerovereenkomst akkerflora. Voor maximaal succes is het belangrijk dat dit gebeurt op geschikte locaties en met een voldoende lange looptijd (meer dan vijf jaar) (De Bruyn *et al.*, in voorbereiding; Erens *et al.*, in voorbereiding).

////////////////////////////////////

Met de huidige methode is het mogelijk om hoogstamboomgaarden te detecteren die nog niet in de BWK opgenomen zijn, maar is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de volledigheid van de detectie. De meerwaarde ervan is dat het voornamelijk als aanvulling kan dienen voor de bestaande inventarisatie. Om bruikbare resultaten te bekomen is het noodzakelijk dat de polygonen nauwkeurig ingetekend worden en dat enkele stappen ter nabewerking worden ondernomen, om de modelresultaten te verfijnen. Een volledig automatische integratie van de gegevens uit een deep learning model in de BWK zonder uitgebreide visuele controle lijkt momenteel echter nog een brug te ver.

- De Bruyn A., Cool R., Gabrys F. & De Saeger S. (in voorbereiding). Meetnet Biodiversiteit in Agrarisch Gebied. BWK kartering van het landbouwgebied. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (72). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.135135004
- Erens R., Gabrys F. & Guelinckx R. (in voorbereiding). Akkerflora in Vlaanderen. Achtergronden, actuele kennis en beheer. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2026 (3). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.137040637

7.1 Doelstelling

Hoewel er in Vlaanderen diverse milieumeetnetten operationeel zijn, ontbreekt de systematische monitoring van het natuurlijk milieu (de abiotiek) van Natura 2000-habitats en regionaal belangrijke

////////////////////////////////////

Een van de taakstellingen van MBAG is een grondiger inzicht te verkrijgen in de druk van landbouw op natuur, ook buiten het agrarisch gebied. Dit sluit aan bij de doelstelling van de MNM, die volop in ontwikkeling zijn. Landbouw maakt deel uit van de milieudrukken op natuur, die daar worden opgevolgd. In het kader van MBAG werden de MNM daarom verder voorbereid, zodat (een deel van) de MNM naar een concrete implementatie kon(den) evolueren.

7.2 Methodiek

Naast het ontwerp werd de implementatie op terrein praktisch voorbereid, waarbij de mogelijkheden werden onderzocht voor hergebruik van bestaande installaties voor grondwatermonitoring.

////////////////////////////////////

7.2.1 Prioritering meetnetten en afbakening doelpopulaties

De MNM omvatten een dertigtal meetnetten. Een meetnet kan worden beschouwd als een set van meetpunten waar hetzelfde wordt gemeten op dezelfde wijze en met dezelfde frequentie. In elk meetnet wordt een milieudruk opgevolgd in een compartiment van het milieu: het grondwater, het oppervlaktewater, de bodem, de lucht en het overstromingswater. Op basis van een eerder ontwikkeld afwegingskader voor milieudrukken (zoals toegepast door Herr *et al.* 2019) werd voor elk meetnet bepaald welke habitat(sub)types en regionaal belangrijke biotopen (verder 'types' genoemd) deel uitmaken van de doelpopulatie. Dit leidde eveneens tot een prioritering van milieudrukken en bijgevolg ook van de meetnetten die elk een milieudruk opvolgen in een compartiment. Hierbij werden hoofdmeetnetten en secundaire meetnetten geïdentificeerd. Hoofdmeetnetten volgen een milieudruk op die actueel in Vlaanderen een betekenisvolle invloed uitoefent op relatief veel types. De hoofdmeetnetten worden specifiek ontworpen in functie van de beoogde betrouwbaarheid en precisie van de uitspraken, de kosten en de haalbaarheid.

In het kader van MBAG werden zeven hoofd(deel)meetnetten van de MNM verder voorbereid voor een eerste implementatiefase:

- Eutrofiëring via het grondwater
- Verdroging via het grondwater: deelmeetnet aquatische types
- Verdroging via het grondwater: deelmeetnet mergelgroeven
- Verdroging via het grondwater: deelmeetnet terrestrische types
- Eutrofiëring via de bodem
- Eutrofiëring via het oppervlaktewater: deelmeetnet lentische types (stilstaande wateren)
- Eutrofiëring via het oppervlaktewater: deelmeetnet lotische types (stromende wateren)

7.2.2 Steekproefgebaseerd meetnetontwerp

De MNM zijn volledig steekproefgebaseerd: met een steekproef trachten we een beeld te krijgen van een hele doelpopulatie. De doelpopulatie is de verzameling van types die door de MNM worden opgevolgd om uitspraken te kunnen doen over de invloed van een milieudruk (bijvoorbeeld alle aquatische types die gevoelig zijn aan eutrofiëring vormen de doelpopulatie van het meetnet eutrofiëring via het oppervlaktewater). De doelpopulatie is dus specifiek afgelijnd per milieudruk. Opdat de uitspraak representatief is voor de doelpopulatie, moet de steekproef random zijn. De steekproef wordt getrokken uit het steekproefkader dat alle ruimtelijk expliciete eenheden van de doelpopulatie bevat. De aanwezigheid van types is gebaseerd op de Habitatkaart of de Watervlakkenlaag (en hun afgeleide datasets; De Saeger *et al.*, 2020; Leyssen & De Saeger, 2023; Oosterlynck, 2019; Scheers *et al.*, 2022; Westra *et al.*, 2021; Wouters *et al.*, 2021) en vormt het MNM-overkoepelende basissteekproefkader. Door de combinatie van het basissteekproefkader met de doelpopulatie (afgelijnd per meetnet) wordt een meetnetspecifiek steekproefkader verkregen. Het steekproefkader van een meetnet is de best beschikbare oplijsting van de eenheden die tot de

////////////////////////////////////

Zo veel als mogelijk vallen de MNM-steekproeven ruimtelijk samen met de steekproef van de biotische habitatkwaliteitsmonitoring (Westra *et al.* 2022) om (i) beter de relatie tussen biotische en abiotische informatie te kunnen leggen (diagnose) en (ii) milieukwaliteit te kunnen integreren in het criterium ‘specifieke structuren en functies’ van de staat van instandhouding. De meetnetten voor monitoring van biotische habitatkwaliteit volgen dan ook dezelfde basiskaartlagen en GRTS-trekking. Echter, de steekproefgroottes en de timing van monitoring kunnen verschillen tussen de biotische en abiotische monitoring.

Uitspraken over toestand en trend van de milieudrukken zijn voorzien op niveau van Vlaanderen. Inferenties voor de bepaling van de toestand (door middel van aggregatie over ruimte en tijd) en de trend (door middel van aggregatie over ruimte) gebeuren *design-based*. Dit betekent dat toestand- of trenduitspraken betrekking hebben op de gerealiseerde (werkelijk aanwezige) doelpopulatie in Vlaanderen, en niet op een modelgebaseerde (*model-based*) abstractie ervan. Deze aanpak garandeert robuuste schattingen. Een verdere onderverdeling (stratificatie genaamd) van types wordt toegepast volgens grootte van de habitat voor de types van stilstaande wateren, namelijk in vier strata met grenzen 0, 1, 5, 50 en 150 ha en de niet voor het publiek opengestelde grotten (habitattype 8310, verder afgekort tot mergelgroeven), namelijk in drie strata met grenzen 0, 2, 6 en 40 ha. De reden hiervoor is dat deze types duidelijk afgebakende eenheden hebben waarvan verwacht wordt dat ze homogeen zijn in abiotiek: één meetlocatie in de eenheid wordt representatief beschouwd voor de hele oppervlakte van de eenheid. Het laat toe om bij de inferentie oppervlaktegewogen uitspraken met een voldoende hoge precisie te doen.

////////////////////////////////////

7.2.4 Ruimtelijke steekproefgrootte

Steekproefgroottes worden enkel bepaald voor de hoofdmeetnetten en worden gestuurd door het gewenste vermogen om afwijkingen of trends in de doelpopulatie te onderscheiden en het minimaal te detecteren verschil. Echter, de beschikbare financiële middelen en beleidsprioriteiten kunnen hier eveneens op sturen. Een inschatting van de steekproefgroottes voor toestandsbepaling werd uitgevoerd voor de terrestrische types van het grondwatermeetnet (eutrofiëring via het grondwater en verdroging via het grondwater) in de MNM. Hiervoor moeten een foutmarge en bijbehorende betrouwbaarheid op de doelvariabele(n) worden gekozen. Op basis van expertkennis werden waarden voor foutmarge en betrouwbaarheid ingesteld voor een gewenst scenario en een minimumscenario. In het minimumscenario werd de foutmarge op toestand ingesteld op 5% voor de gemiddeld hoogste grondwaterstand, op 10% voor de gemiddeld laagste grondwaterstand en op 15% voor chemische concentraties (nitraat, ammonium en fosfaat), telkens met een betrouwbaarheid van 90%. Voor het gewenste scenario werd de foutmarge op de toestand gekozen op 5% en voor de chemische concentraties op 10%, met telkens een betrouwbaarheid van 90%.

7.2.5 Temporele verdeling en cycluslengte

Elk meetnet heeft een cyclus waarin alle locaties van de ruimtelijke steekproef zijn bezocht. Elke locatie komt na een volledige cyclustijd weer aan de beurt. Jaarlijks wordt dus een ander deel van de steekproef bezocht. De MNM zijn afgestemd op de Europese beleidscyclus van zes jaar en zijn daarmee ook afgestemd met de biotische monitoring en de rapportering voor Artikel 17 van de Habitatrichtlijn, alsook met de Natuurherstelverordening.

De getrokken ruimtelijke steekproef wordt vervolgens verdeeld over tijdsintervallen binnen de cyclus waarin het meetnet de hele steekproef één maal doorloopt. Concreet: de locatiebezoeken binnen een cyclus worden gespreid over de tijd in subsets, de zogenaamde panels. Een panel is een verzameling van locaties die in hetzelfde tijdsvenster (bijvoorbeeld kwartaal) en volgens eenzelfde terugkeerpatroon worden bezocht om materiaal of toestellen te installeren of om te bemeten. Een ruimtelijke clustering van locatiebezoeken lijkt preferentieel om verplaatsingskosten te beperken, en dit is mogelijk binnen een panel, maar elk panel in zijn geheel is bij voorkeur ruimtelijk gebalanceerd.

7.2.6 Standplaatsfactoren, milieuvariabelen, meetvariabelen en protocollen

Een milieudruk wordt gedefinieerd als een wijziging in (een) milieufactor(en) in een of meerdere milieucompartmenten. Een milieufactor is een specifieke milieu-eigenschap die een toestand beschrijft, zoals bodemzuurtegraad of waterpeil. De monitoring van een milieudruk impliceert dus de nood aan de opvolging van (een) milieufactor(en) en dit gebeurt in de MNM op niveau van de standplaats: een lokale, ruimtelijke eenheid die homogeen is in de voor planten belangrijkste milieufactoren. Een milieufactor bepaald op de standplaats wordt verder standplaatsfactor genoemd. In de MNM geven we de voorkeur aan standplaatsfactoren die volgens het conceptueel

////////////////////////////////////

Om de standplaatsfactor te vertegenwoordigen, dienen we één of meerdere geschikte milieuvariabelen te kiezen. Een voorbeeld van een milieuvariabele gelinkt aan de standplaatsfactor waterpeil is de gemiddeld laagste grondwaterstand, bepaald met gekende, heldere procedures. Over deze zogenaamde primaire milieuvariabele(n) wil de MNM een uitspraak over toestand en trend doen. Daarnaast dienen verklarende variabelen te worden gekozen die helpen bij de verklaring en interpretatie van de primaire milieuvariabelen en milieuvariabelen voor kwaliteitscontrole. Voorbeelden van verklarende variabelen van de gemiddeld laagste grondwaterstand zijn kweldruk en bodemtextuurklasse. De praktische bepaling van een milieuvariabele op het terrein en in het labo gebeurt met behulp van een of meerdere meetvariabelen. Een meetvariabele lees je af bij een meting of analyse en wordt al dan niet geaggregeerd in tijd en ruimte of met meerdere meetvariabelen. Dit selectieproces leidt tot een lijst van meetvariabelen per meetnet. Om op een transparante, herhaalbare en uniforme wijze de meetvariabelen te bepalen in het veld en in het labo zijn protocollen noodzakelijk. Veldprotocollen werden hiervoor verder ontwikkeld.

Verspreid over Vlaanderen werden in het verleden reeds installaties voor grondwatermonitoring geplaatst, met als doel gebiedsspecifieke (beheer)monitoring, ecohydrologische studie of standplaatsonderzoek. We analyseerden de mogelijkheden voor de opname van bestaande grondwaterinstallaties in de nabijheid van en ter vervanging van getrokken steekproeflocaties in het meetnet eutrofiëring via het grondwater. Echter, een afwijking van de random steekproeftrekking leidt tot vertekening (bias) van de data, terwijl elke mogelijke bron van vertekening (bias) dient te worden vermeden. De keuze voor de opname van bestaande meetlocaties in het meetnet is dus een compromis tussen het verhogen van praktische en financiële efficiëntie en het minimaliseren van vertekening in de uitspraken.

¹⁶ <https://www.vlaanderen.be/inbo/en-gb/data-applications/watina/>

////////////////////////////////////

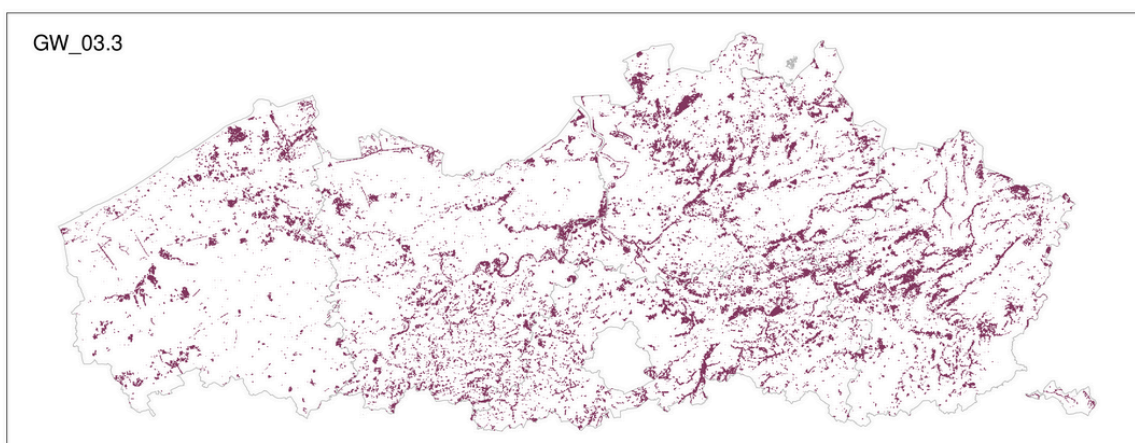
7.3 Resultaten

7.3.1 Meetplannen

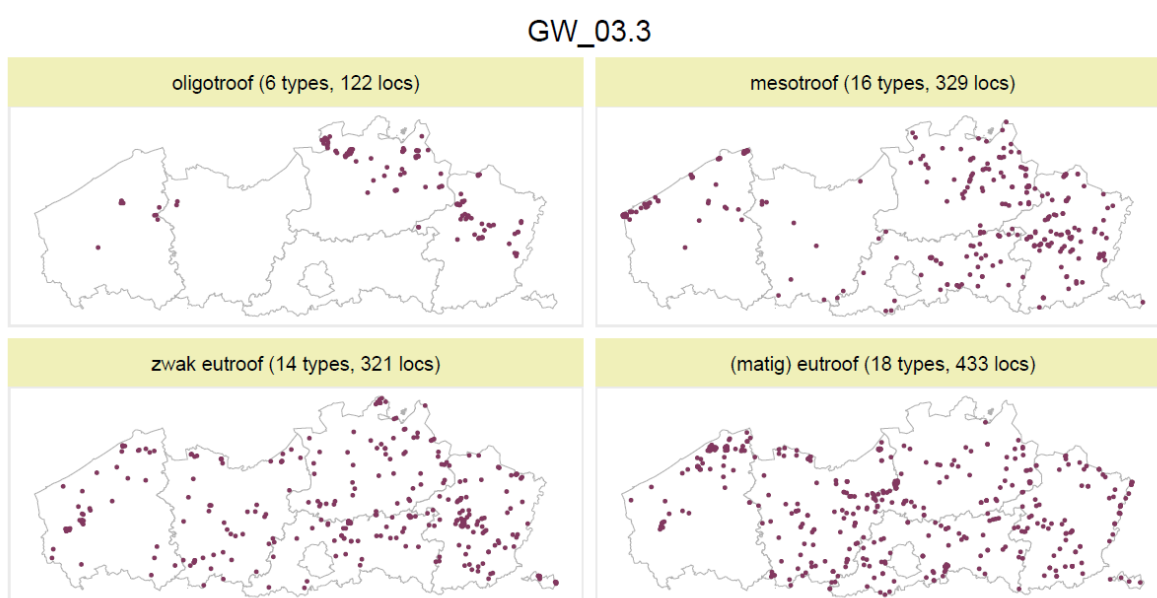
Ter illustratie worden het steekproefkader, de ruimtelijke steekproef, het herbezoekschema, de milieuvariabelen en de veldactiviteiten protocollen voor het meetnet 'eutrofiëring via het grondwater' getoond.

De steekproef werd vervolgens per meetnet getrokken uit het steekproefkader (Figuur 7.1). De locaties van de getrokken steekprofeenheden van het meetnet eutrofiëring via het grondwater worden ruimtelijk weergegeven in Figuur 7.2.

////////////////////////////////////



Figuur 7.1. Ruimtelijke weergave van het steekproefkader voor het meetnet eutrofiëring via het grondwater. Elke eenheid werd voor de voorstelling geabstraheerd tot een GRTS-rastercel en het raster verruwd tot een resolutie van 128 m.



Figuur 7.2. De ruimtelijke steekproef van het meetnet eutrofiëring via het grondwater van de Meetnetten Natuurlijk Milieu, opgedeeld volgens typegroepen. Elke eenheid werd voor de voorstelling geabstraheerd tot een punt, namelijk het midden van de rastercel.

Naast de primaire variabelen nitraat-, ammonium- en nitraatconcentratie worden andere variabelen op de standplaats gemonitord, ter verklaring van de primaire milieuvariabelen. Dit zijn de jaargemiddelde laagste, hoogste en gemiddelde grondwaterstand, de sulfaatconcentratie en de in het veld te meten zuurtegraad en geleidend vermogen. Ook bodemtextuurklasse en de nabijheid van een grondwaterlichaam worden gebruikt als verklarende variabele en worden afgeleid via secundaire dataverwerking (bestaande kaartlagen). Voor de kwaliteitscontrole worden de in het labo te meten

////////////////////////////////////

zuurtegraad en geleidend vermogen bepaald en de concentratie van kalium, calcium, magnesium, natrium, chloride, nitriet, ijzer en waterstofcarbonaat gemeten.

Het herbezoekschema voor het meetnet eutrofiëring via het grondwater (Figuur 7.3) beschrijft welke panels (groepen van meetlocaties) op welk moment en met welke frequentie worden bezocht in de cyclus. Het meetnet heeft een *split-panel-design* met twee panelsets, die elk bestaan uit zes panels. Elk panel bevat een groep locaties die op hetzelfde moment (in de praktijk in hetzelfde kwartaal) worden bezocht. De eerste panelset (PS1) omvat 3/4e van de steekproefgrootte waarin panels éénmaal per jaar in twee opeenvolgende jaren worden bemonsterd. De tweede panelset (PS2) bevat 1/4e van de steekproefgrootte en bestaat uit panels die tweemaal in één jaar worden bemonsterd. In het zevende jaar start de cyclus opnieuw bij jaar 1. De verdeling van de steekproefgrootte over de panelsets is het resultaat van de keuze voor meer aandacht voor de ruimtelijke dekking dan de interesse in temporele variatie voor toestandsbepaling. De eerste set levert sneller info over toestand en veranderingen binnen één cyclus. De temporele variatie die wordt gecapteerd in PS2 is echter relevant voor het in rekening brengen van seizoenseffecten.

	JAAR 1	JAAR 2	JAAR 3	JAAR 4	JAAR 5	JAAR 6
PS1: jaarpanel 1	1	1				
PS1: jaarpanel 2		1	1			
PS1: jaarpanel 3			1	1		
PS1: jaarpanel 4				1	1	
PS1: jaarpanel 5					1	1
PS1: jaarpanel 6	1					1
PS2: jaarpanel 1	2					
PS2: jaarpanel 2		2				
PS2: jaarpanel 3			2			
PS2: jaarpanel 4				2		
PS2: jaarpanel 5					2	
PS2: jaarpanel 6						2

Figuur 7.3. Herbezoekschema in *split-panel-design* voor het bepalen van de primaire milieuvariabelen in het meetnet eutrofiëring via het grondwater gedurende één cyclus van zes jaar. Elke rij is een panel die locaties groepeerd die op hetzelfde moment (kwartaal) worden bezocht. De panels zijn verdeeld over twee panelsets (PS1 en PS2) die elk bestaan uit zes panels. De groene cellen duiden aan in welk jaar de locaties van een panel worden bemonsterd, waarbij het getal in de cel aangeeft hoe vaak ze in het jaar worden bemonsterd. In de eerste panelset (PS1) gebeurt dit éénmaal per jaar in twee opeenvolgende jaren en in de tweede panelset (PS2) gebeurt dit tweemaal in één jaar.

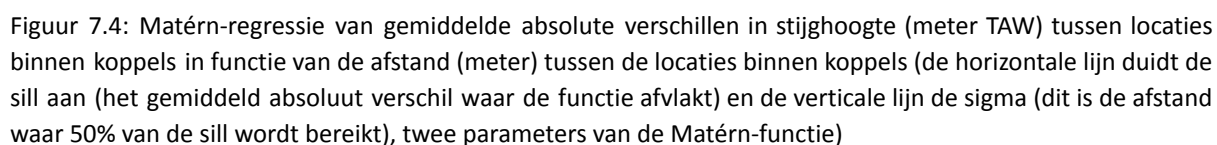
Aan het bepalen van milieuvariabelen zijn (voorbereidende) veldwerk- en labo-activiteiten verbonden, die in protocols moeten beschreven worden. Voor het meetnet eutrofiëring via het grondwater werden volgende veldactiviteiten geïdentificeerd:

////////////////////////////////////

- Voor elk van de veldactiviteiten worden bestaande protocollen geüpdatet of aangepast naar projectspecifieke protocollen¹⁸, stelselmatig beschikbaar via de INBO-protollenwebsite¹⁹. Voor de aansturing en opvolging van het veldwerk worden veldwerkkalenders ontwikkeld, die via een veldwerkapplicatie interactief worden gebruikt.

Van de Matérn-functie gefit aan het gemiddeld absoluut verschil in stijghoogte (mTAW) in functie van de afstand (m) tussen locaties in een koppel (Figuur 7.4) werden de volgende afstandsgrenswaarden afgeleid: 11,8 meter voor zware bodems, 21,9 meter voor lichte bodems en 16,4 meter voor venige bodems. Via bootstrapping werden de 5%- en 95%-kwantielen ([q05-q95]) berekend: [9,7-15,8 meter] voor zware bodems, [1,2-26,2 meter] voor lichte bodems en [12,0-21,4 meter] voor venige bodems.

¹⁹ <https://inbo.github.io/protocols/index.html>



- de installatie is niet beschadigd of dichtgeslibd;
- de installatie wordt nog actief opgevolgd (te evalueren in de Watina-database);
- gegevens over filterdiepte en filterlengte zijn in de database Watina eenduidig ingevuld;
- de installatie is op de juiste diepte geplaatst: filterdiepte minstens 1,5 meter onder maaiveld, niet dieper dan 6 meter, niet door een kleilaag en ze is nooit drooggevalen in het verleden (te evalueren op basis van tijdreeksen van stijghoogte);
- de filterlengte bedraagt 30 tot 60 cm;
- bij de installatie werd geen contaminerend of ab- of adsorberend materiaal gebruikt.

In overleg met de eigenaar van de bestaande installatie (INBO, Vlaamse Milieumaatschappij, Vlaamse Landmaatschappij) wordt beslist de bestaande installatie te adopteren, te vervangen (en bijvoorbeeld dieper te plaatsen of een onderdeel te vernieuwen) of te verwijderen (indien onbruikbaar geworden en hinderlijk).

7.4 Conclusies

In het kader van MBAG werden de MNM verder voorbereid op vlak van ontwerp, operationele praktische aspecten, projectontwikkeling en communicatie. Er werden meetnetspecifieke meetplannen ontworpen voor vier hoofdmeetnetten, een computationele workflow ontworpen voor generieke en modulaire meetplannen, bijgedragen aan R packages en een eerste versie van een datamanagementplan uitgewerkt. Op vlak van operationele voorbereiding werden er bovendien stappen gezet op vlak van personeelsplan en werving, keuzes van materiaalinzet, ontwikkeling van tools, het opstellen van een veldwerkkalender en de mogelijke synergieën met andere monitoring. Verder werd ook bijgedragen aan projectontwikkeling voor de MNM, in het bijzonder voor de voorbereiding van de PAS-effectmonitoring. Tot slot zorgde de communicatie in het kader van MBAG voor het verbeteren van de naambekendheid van de MNM, waardoor het pad geëffend werd voor een vlotte implementatie.

7.6 Extra outputs

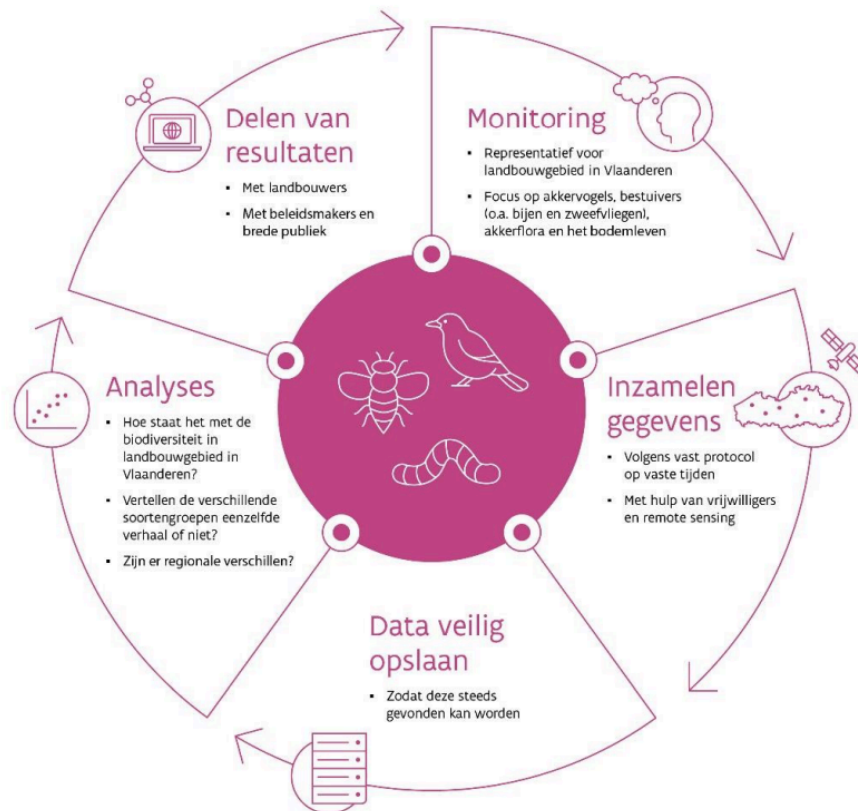
Vanderhaeghe, F., Wuyts, K., Eves Down, M.-R., Mielke, F. & Westra T. (2025). Datamanagementplan for MNM/MNE. Versie 1.
https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/117857267/2025-1-14-Version1_DMP_MNM-MNE.pdf

Wuyts, K. & Vanderhaeghe, F. (2024). Meetplannen voor de Meetnetten Natuurlijk Milieu in het Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied. Eerste implementatiefase van de module MNM in het MBAG: ontwerpversie. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (34). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/111578871/WuytsVanderhaeghe_2024_MeetnetBiodiversiteitAgrarischGebied.pdf

Vanderhaeghe, F. (2025) Computationele workflow voor steekproeftrekking.
<https://github.com/inbo/n2khab-mne-monitoring>

////////////////////////////////////

8 Statistiek



8.1 Doelstelling

De **langetermijndoelstelling** van deze module is om een statistisch onderbouwd en samenhangend meetnet te ontwerpen en de resultaten met de meest geschikte statistische methodes te analyseren.

De **operationele doelstelling** van dit project is om ondersteuning te bieden aan de verschillende verticale modules op het vlak van meetnetontwerp en data-analyse. Daarnaast wordt ook gekeken naar het creëren van potentiële meerwaarde door de verschillende modules op elkaar af te stemmen. De resultaten van deze denkoefening worden in sectie 8.4 besproken. Er is een sterke focus op standaardisering en reproduceerbaarheid van de metingen.

In dit hoofdstuk bespreken we de statistische ondersteuning bij de modules vogels (Hoofdstuk 2), bestuivers (Hoofdstuk 3) en bodembiodiversiteit (Hoofdstuk 5), alsook de afstemming tussen deze modules. Voor de module aquatische ongewervelden verwijzen we naar Hoofdstuk 4, dat integraal

een statistische oefening is. In 8.4.3 bespreken we de ontwikkeling van een indicator op basis van remote sensing (Hoofdstuk 7) ter ondersteuning van de module vogels (Hoofdstuk 2).

8.2 Methodiek

8.2.1 Vögel

Voor de uitrol van de vogelmonitoring over het Vlaamse agrarische gebied werd verder gebouwd op het protocol van het Nederlandse Meetnet Agrarische Soorten van SOVON (Roodbergen *et al.*, 2011) en de ontwikkeling van het steekproefkader en de steekproeftrekking tijdens het pilootproject van 2022-2023 (Langeroot *et al.*, 2025b). Het pilootproject bouwde voort op eerdere tellingen die sinds 2017 plaatsvonden in het kader van 'Plan Kiekendief' (Wiersma *et al.*, 2021; Vandewaerde & Justaert, 2020) naar aanleiding van van het soortenbeschermingsprogramma voor akkervogels (Agentschap voor Natuur en Bos, 2021). De ontwikkeling van het meetnet werd uitgetest in twee pilootgebieden: de Oostelijke leemstreek en De Moeren. Hieruit kwamen belangrijke inzichten voor de uitrol van het meetnet over heel Vlaanderen met betrekking tot de steekproef (bijvoorbeeld tot toegankelijkheid van meetpunten, zichtbaarheid vanuit meetpunten) en de statistische analyses (bijvoorbeeld welke methodes kunnen toegepast worden).

Het steekproefkader werd afgebakend door de landbouwstreken van België²⁰ te kruisen met de contour van Vlaanderen (Figuur 3.3). Hierin werden open en halfopen landschap geselecteerd (zie Langeroot *et al.*, 2025b voor de gebruikte methodiek). Niet-landbouwgebruiken, zoals parken, woongebieden, militaire zones, industriegebieden en begraafplaatsen, werden uitgesloten op basis van OpenStreetMap-gegevens om de focus op agrarisch gebied te waarborgen. Zo genereerden we een kaart van alle open of halfopen ruimte in landbouwgebruik, los van de gebruiker of de planologische bestemming. In dit gebied werden potentiële meetpunten langs openbare wegen en paden geplaatst. Om te garanderen dat de potentiële meetpunten zich in gebieden met voldoende landbouwareaal bevonden, werd de VITO 2019-landgebruiksk kaart (Poelmans *et al.*, 2011) gebruikt (zie Langeroot *et al.*, 2025b voor de gebruikte landgebruiksklassen). Ten slotte werden punten uitgesloten met een te slechte zichtbaarheid via de berekening van een zichtbaarheidsindex.

Voor de steekproeftrekking werd elke landbouwstreek opgedeeld in vier strata. Deze stratificatie gebeurde op basis van de contouren van soortenbeschermingsprogramma's (binnen versus buiten gebieden met een soortenbeschermingsprogramma) en de openheid van het landschap (open versus halfopen landschap). Op basis van het steekproefkader werd vervolgens een ruimtelijk gebalanceerde en gestratificeerde steekproeftrekking gedaan om een goede ruimtelijke spreiding van meetpunten en representatie van het landbouwlandschap te garanderen.

²⁰ <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/landbouwstreken>

De afbakening van het steekproefkader en de steekproeftrekking werden gedaan met R (R Core Team, 2025) via de targets *pipeline tool* (Landau, 2021). Deze laatste is een computationele workflow die analyses uitvoert op een efficiënte en reproduceerbare manier. Alle code wordt beheerd onder versiecontrole met Git op een online GitHub repository (pilootproject: Langerlaert & Van Calster, 2024; MBAG: Langerlaert *et al.*, 2025a). Het *datamanagementplan* beschrijft het gebruik en de verspreiding van bestaande en gegenereerde databronnen (bijvoorbeeld meetpuntlocaties, data van tellingen, data van verklarende variabelen) binnen dit project (Eves Down *et al.*, 2025).

Naar aanleiding van de vraag of het meetnet met minder meetpunten kan volstaan, werd de statistische haalbaarheid van een vereenvoudigd monitoringsontwerp onderzocht. Indien we willen nagaan of de populatietrends van akkervogels in gebieden binnen soortenbeschermingsprogramma's gunstiger evolueren dan in vergelijkbare gebieden buiten soortenbeschermingsprogramma's, dan is de vraag welk verschil in trend tussen beide groepen met voldoende statistische zekerheid kan worden aangetoond.

////////////////////////////////////

meetpunten werden geschat op basis van bestaande de MAS-data (2024-2025). De minimaal detecteerbare effectgrootte (MDE) werd bepaald voor verschillende scenario's met 100, 200 en 400 meetpunten en tijdsreeksen van 10, 16 en 24 jaar. De effectgrootte wordt hierbij gedefinieerd als het minimaal detecteerbare verschil in populatietrend tussen gebieden binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma's (Langerlaert, in voorbereiding).

8.2.2 Bestuivers

Het bestuiversmeetnet werd opgestart volgens de richtlijnen van Wouters *et al.* (2008). Deze delen het ontwerp van een meetnet voor milieu- en natuurinformatie op in vijf fasen: (1) Prioriteren van de informatiebehoeften, (2) Uitwerken van de gegevensinzameling, (3) Plannen van de gegevensverwerking, (4) Plannen van de rapportering en communicatie en (5) Laatste voorbereidingen, implementatie en kwaliteitszorg.

Fase 1 wordt verder onderverdeeld in:

- De analyse van de vraagzijde: welke informatie is er nodig en waarom? Om op deze vraag een antwoord te bieden, werd een overzicht gemaakt van de relevante Europese, Belgische en Vlaamse wetgeving en doelstellingen. Daarnaast werd ook een bevraging opgesteld en rondgestuurd naar een brede groep potentiële gebruikers van het meetnet.
- De analyse van de wetenschappelijke basis, waarvoor de ecologie van de belangrijkste bestuivergroepen besproken werd, en de methoden voor bemonstering en identificatie.
- Een analyse van de aanbodzijde, waarbij een overzicht werd gemaakt van bestaande projecten en beschikbare data rond het monitoren van bestuivers in Vlaanderen en potentieel interessante projecten uit buurlanden.
- De analyse van de randvoorwaarden die bepalend zijn voor een succesvolle implementatie van het meetnet. Hier werd een eerste kader geschetst van de interacties tussen budget, aantal meetpunten en de inzet van vrijwilligers.

Uiteindelijk werd uit alle verzamelde informatie de hoofdvragen voor het meetnet gedestilleerd, namelijk:

- Welke trend zien we in de abundantie en diversiteit van bestuivers in landbouwgebied in Vlaanderen?
- Hebben alle soortgroepen dezelfde trend?

Belangrijke aanvullende vragen zijn:

- Zijn dezelfde trends aanwezig binnen andere ecosystemen?
- Hebben alle strata (landbouwstroken/landgebruiken/...) dezelfde trend?
- Zijn er gelijkaardige trends van bestuivers en akkervogels gemeten op dezelfde punten?
- Hoe kunnen we deze trend verklaren/beïnvloeden?

////////////////////////////////////

Fasen 3-5 werden niet uitgewerkt onder MBAG omdat na dit project de focus verschoof van het monitoren van bestuivers in landbouwgebied naar het monitoren van bestuivers in alle ecosystemen in opvolging van de Natuurherstelverordening.

De metingen van de bodembiodiversiteit werden gekoppeld aan het lopende bodemkoolstofmeetnet (Cmon). Dit Cmon-meetnet heeft als doel om uitspraken te doen per landgebruikstype over de toestand en trend van de koolstofvoorraad in Vlaanderen. De metingen werden gestart in 2021. Elk jaar worden 10% van de meetlocaties bezocht. Na 10 jaar is het volledige meetnet afgewerkt en kan gestart worden met een hermeting. De 2694 meetlocaties werden via GRTS geselecteerd in alle niet afgedekte bodems van Vlaanderen. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de landgebruiksklassen bos, natuur (opgedeeld in “niet-grasland open natuur” en “blijvend grasland buiten landbouw”), blijvend grasland, akker en ruimtebeslag (verder opgedeeld in tuinen, bermen, parken en overige).

Tussen januari 2022 en juli 2024 werden 562 stalen genomen in kader van Cmon en verdeeld over akkerbodems, residentieel, natuurlijk, tijdelijk en blijvend grasland (zie ook sectie 5.2). Deze bodemstalen, die bodemfysisch en bodemchemisch geanalyseerd werden, werden na staalname ingevroren bij -20°C waardoor ze later ook gebruikt kunnen worden voor eDNA extractie en dus de meting van bodembiodiversiteit. Er werd gekeken of het afzonderlijk analyseren van de 0-10 en 10-30 cm laag bodemdiepte (zie [5.3.4.1 Impact van de bodemdiepte](#)), het extraheren van DNA uit een grotere hoeveelheid bodem (zie [5.3.5.2 Verschillen tussen nematodenspecifieke analysemethoden](#)) en het gebruik van meer specifieke primersets ([5.3.5 Impact van moleculair protocol](#)) een significant effect heeft op de patronen van bodembiodiversiteit. De hypothesen waren dat (i) de bodemlagen van 0-10 en 10-30 cm contrasterende inzichten bieden in hoe specifieke

[illegible]

factoren zoals landgebruik de bodembiodiversiteit beïnvloeden, en (ii) dat een ander moleculair analyseprotocol ook contrasterende resultaten zou kunnen opleveren.

Er werden diverse verkennende analyses uitgevoerd voor elke taxonomische groep en voor elke bioinformatica-pijplijn. Vervolgens werd de diversiteit op drie manieren berekend: (1) het aantal unieke ampliconsequentievarianten (ASV-rijkdom; in het geval van 18S-sequencing) of operationele taxonomische eenheden (OTU-rijkdom; in het geval van 16S- en CO1-sequencing), (2) het aantal ASV of OTU varianten die tot op soortniveau geïdentificeerd konden worden en (3) de exponent van de Shannon-Wiener-diversiteitsindex. Vervolgens werden deze diversiteitsvariabelen gebruikt als de afhankelijke variabele in een lineair gemengd model. Landgebruik en bodemdiepte werden in het model opgenomen als verklarende variabelen waarin we het meest in geïnteresseerd zijn. Daarnaast werd het aantal afgelezen sequenties van een staal toegevoegd aan het model omdat een deel van de verschillen in diversiteit louter te wijten is aan verschillen in het aantal sequenties dat wordt afgelezen. Ook een random intercept voor de sampling locatie was nodig zodat het model de gepaardheid van bodemstalen van 0-10 cm en 10-30 cm van dezelfde locatie in rekening bracht. Het model werd ook nog uitgebreid met andere, mogelijk verklarende variabelen zoals het seizoen waarin de staalname plaatsvond en een aantal bodemfysische en bodemchemische variabelen. Het glmmTMB R package (Brooks *et al.*, 2017) werd gebruikt om deze modellen te fitten.

Om te kijken hoe de soortensamenstelling wijzigt in functie van landgebruik en bodemdiepte, hebben we een gezamenlijk model opgesteld dat de verhoudingen in relatieve abundanties tussen de taxa (ASVs of OTUs of geaggregeerd tot bijvoorbeeld op genus niveau) bekijkt (Mangiola *et al.*, 2023). Dat betekent dat we met behulp van de voorspellingen van het model bijvoorbeeld kunnen inschatten hoe de verwachte samenstelling van ringwormsoorten verandert langs de gradiënt van de landgebruikintensiteit.

8.3 Resultaten

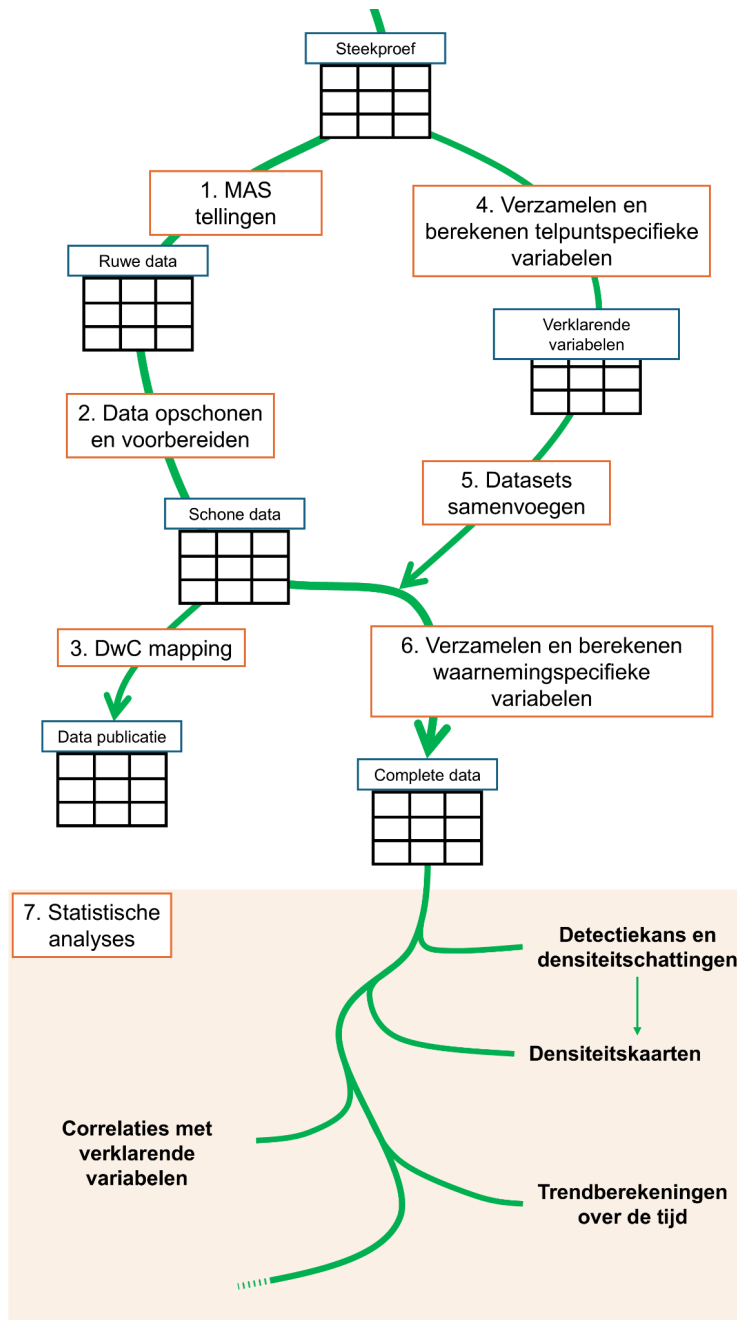
8.3.1 Vögel

Er is een operationeel meetnet ontworpen voor vogelsoorten in agrarisch gebied (en opportunistische waarnemingen van zoogdieren). Dit omvat een gedetailleerde methodiek voor het verzamelen van gegevens over diverse soorten. We creëerden een robuust en schaalbaar systeem dat consistent kan worden toegepast over verschillende regio's en in de tijd.

Het meetnet laat toe om uitspraken te doen over de toestand en trend van boerenlandvogels op niveau Vlaanderen of op niveau van een landbouwstreek, al dan niet geaggregeerd over soorten heen (de zogenaamde boerenlandvogelindex). Het laat ook toe om vergelijkingen te maken binnen en buiten gebieden met een soortenbeschermingsprogramma of de effecten van de hoeveelheid soortenbeschermingsmaatregelen (aantal, oppervlakte) in te schatten. Dankzij het onderscheid

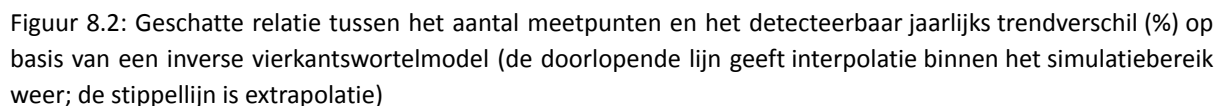
////////////////////////////////////

tussen open en halfopen landschap kan ook beter rekening gehouden worden met dit belangrijke verschil in landschapsecologische vereisten tussen akkervogels wanneer men geïnteresseerd is in resultaten voor individuele soorten.



Figuur 8.1: Stramien voor verwerking en analyse van vogeldata

De simulaties van vereenvoudigde meetnetten tonen dat de minimaal detecteerbare effectgrootte afneemt naarmate zowel het aantal meetpunten (n) als de lengte van de tijdsreeks (T) toeneemt en bij benadering evenredig is met $1/\sqrt{n * T^3}$ (Figuur 8.2).



De analyses zijn uitgevoerd voor een hypothetische, optimale akkervogelsoort met een hoge dichtheid en een beperkte variatie tussen meetpunten. Deze waarden werden geselecteerd op basis van bestaande MAS-data voor verschillende akkervogelsoorten. De resultaten vertegenwoordigen daardoor een best-case scenario. Voor zeldzamere soorten of soorten met een heterogenere verspreiding zal de minimaal detecteerbare effectgrootte groter zijn (Langerlaert, in voorbereiding).

158

8.3.2 Bestuivers

In de eerste fase van het meetnetontwerp zijn verkennende analyses uitgevoerd naar de vraag en het aanbod van informatie over bestuivers in agrarische gebieden. Dit omvatte een analyse van de vraagzijde (vanuit wettelijke bepalingen en medegebruikers meetnet), de wetenschappelijke kennis die reeds bestaat over bestuivers, de aanbodzijde (welke data en methoden bestaan er al) en de randvoorwaarden. De bevindingen van deze analyses zijn gedetailleerd beschreven in Cartuyvels *et al.* (2025). Het rapport geeft inzicht in wat er nodig is en prioritair is om te komen tot een robuust meetnet dat aansluit bij Vlaamse en Europese doelen zoals de Natuurherstelverordening. Hoewel de Natuurherstelverordening enerzijds een ruimer kader schept voor de monitoring van bestuivers over diverse ecosystemen heen, gaat ze anderzijds minder in detail binnen elk specifiek ecosysteem. Voor het landbouwecosysteem is de hoofdfocus van het meetnet het vaststellen van toestand en trends in abundantie en soortenrijkdom van bestuivers in het Vlaamse landbouwgebied. Om meer beleidsrelevant te zijn dient er ook gekeken te worden of deze trends verschillen per soortengroep en per landbouwregio, en hoe de landschapscontext (aspecten zoals openheid van het landschap en welke beschermingsmaatregelen er genomen worden) de trends beïnvloedt. Om deze trends betrouwbaar en op soortniveau vast te stellen, moet het veldprotocol rekening houden met de ecologische verschillen tussen soortengroepen, wat wellicht een combinatie vereist van bemonsteringsmethodieken die actief insecten aantrekken (kleurvallen) en veldmethodieken die dit niet doen (transecten). Een meetnetontwerp dat synergiën zoekt met bestaande meetnetten kan een grote efficiëntiewinst én informatiewinst opleveren door gedeelde en gekoppelde data. Verder zijn er nog kosten-batenafwegingen mogelijk tussen de inzet van professionelen of vrijwilligers en het gebruik van klassieke identificatie of metabarcoding. De resultaten en inzichten uit de verkennende analyses dragen bij aan de verdere uitrol van de bestuivermonitoring, in lijn met de vereisten van de Natuurherstelverordening.

8.3.3 Bodembiodiversität

Uitgebreide analyses hebben aangetoond dat er duidelijke relaties bestaan tussen bodembiodiversiteit en verschillende vormen van landgebruik. Dit is specifiek aangetoond voor een groot aantal taxonomische groepen, waaronder diverse bodemorganismen zoals schimmels, nematoden, regenwormen en potwormen en geleedpotigen.

Een moeilijkheid bij de interpretatie per landgebruiksklasse is dat momenteel er nog geen vergelijking kan gemaakt worden met een "gunstige" of "goed ontwikkelde" situatie. Een belangrijke beperking is het gebrek aan een duidelijke operationele definitie hoe je zo'n bodems kan onderscheiden van "ongunstige" of "minder goed ontwikkelde" situaties. Zeker voor akkers is hier nood aan. Het onderzoek naar akkerflora in kader van de module biologische waarderingskaart (Hoofdstuk 6) kan wellicht waardevolle input geven om te bepalen waar in Vlaanderen deze situaties zich voordoen. Binnen MBAG module bodem werd als voorlopige tussenoplossing 'carbon density'

////////////////////////////////////

gebruikt als maatstaf voor een "gunstige" of "goed ontwikkelde" situatie (zie laatste deel resultaten in 5.3.1).

8.4 Bespreking

Voor de bespreking van de resultaten van de individuele modules voor vogels, bestuivers en bodembiodiversiteit, verwijzen we naar de modulespecifieke hoofdstukken (Hoofdstuk 2 sectie 2.4 voor vogels; Hoofdstuk 3 sectie 3.3 voor bestuivers en Hoofdstuk 5 sectie 5.4 voor bodembiodiversiteit).

In deze sectie bespreken we eerst de kansen voor optimalisatie van de module vogels. Vervolgens bespreken we hoe we het ontwerp van de verschillende modules op elkaar hebben afgestemd. We bespreken ook twee praktische voorbeelden van onderlinge interacties:

1. Enkele eerste resultaten op basis van de koppeling van het bestuiversmeetnet aan het vogelmeetnet waarbij we focussen op de vraag of de effecten van landschapstype (open versus halfopen landbouwlandschap) en van beheer (binnen versus buiten gebieden met een soortenbeschermingsprogramma) gelijkaardig zijn voor de verschillende soortengroepen (vogels, wilde bijen, dagvlinders en zweefvliegen).
2. Exploratie van de aanwezigheid van naakte bodem op landbouwpercelen rond vogelmeetpunten gedurende de verschillende vogeltelperiodes. Dit aan de hand van remote sensing-gebaseerde indicatoren, gebruikmakend van optische satelliettijdsreeksen per landbouwperceel).

8.4.1 Optimalisatie module vogels

De simulaties van vereenvoudigde meetnetten laten toe om de benodigde monitoringinspanning af te wegen tegen de verwachte informatiewinst en zo een onderbouwde keuze te maken voor de omvang van het vervolg van het meetnet. Zelfs voor een optimale hypothetische akkervogelsoort blijft het minimaal detecteerbare trendverschil relatief groot. Bij een meetnet van 400 meetpunten zijn, voor een realistische soort die niet overal voorkomt, in de praktijk mogelijk slechts ongeveer 200 meetpunten informatief. In dat geval is pas een zeer sterke positieve interactie tussen meetpunten binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma's detecteerbaar.

Concreet betekent dit dat de populatie binnen soortenbeschermingsprogramma over een periode van 10 jaar ongeveer 60 % gunstiger moet evolueren dan buiten soortenbeschermingsprogramma voordat een statistisch significant verschil in trend kan worden aangetoond. Indien deze soort 9,5 % buiten soortenbeschermingsprogramma afneemt over 10 jaar, moet ze binnen soortenbeschermingsprogramma 46,2 % toenemen. Voor een stabiele trend buiten soortenbeschermingsprogramma moet ze binnen soortenbeschermingsprogramma 58,4 % toenemen en voor een toename van 10,5 % buiten soortenbeschermingsprogramma moet ze 73,3 % toenemen binnen soortenbeschermingsprogramma. Beschouw hetzelfde voorbeeld voor een

////////////////////////////////////

We kunnen hieruit concluderen dat, als we het meetnet willen gebruiken om de effectiviteit van soortenbeschermingsprogramma's te evalueren, het niet aangewezen is om het aantal meetpunten te verminderen. Als het huidige aantal meetpunten van 1204 meetpunten gereduceerd wordt tot 400 meetpunten, dan moet het verschil tussen binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma minstens dubbel zo groot zijn om detecteerbaar te zijn.

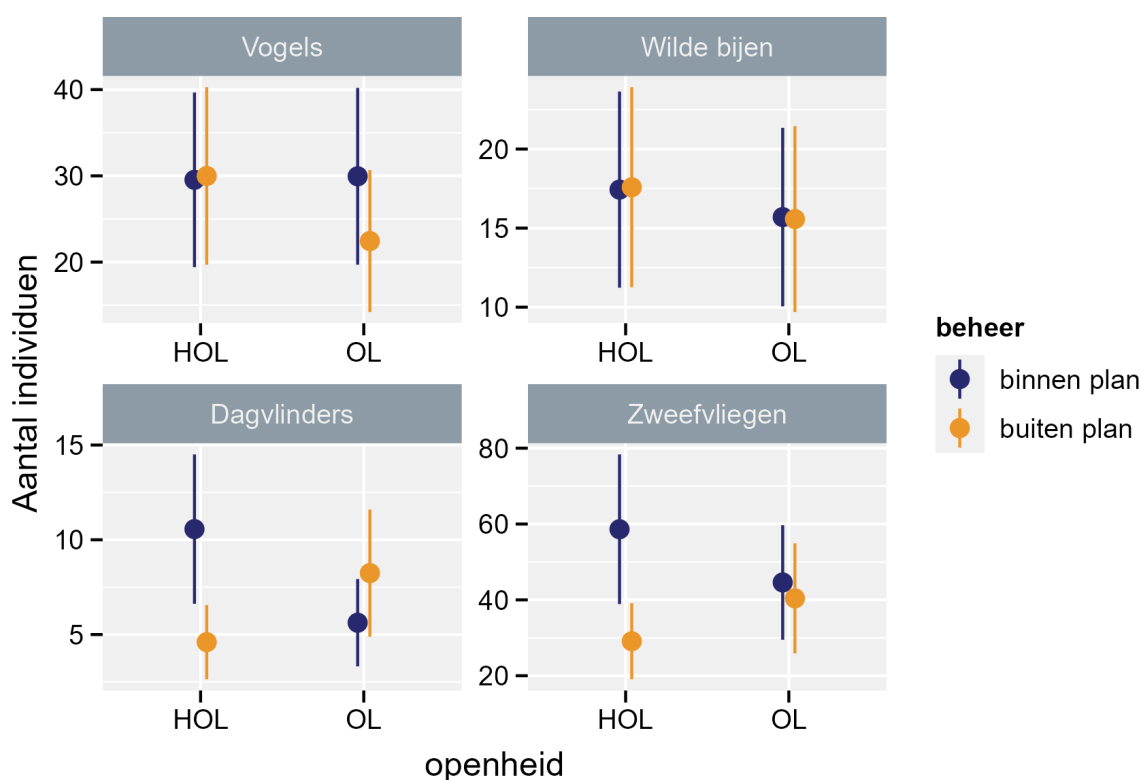
Het MBAG-project omvat vier biodiversiteitsmodules die focussen op:

- Door deze modules op elkaar af te stemmen kunnen er met eenzelfde inspanning meer inzichten verworven worden, bijvoorbeeld over onderlinge interacties. Aangezien verschillende modules reeds een bestaand kader hadden (de vogelmonitoring bouwde voort op een pilootproject met vaststaand telprotocol en een uitgewerkte aanpak voor het steekproefkader en de steekproeftrekking, bodembiodiversiteit was geënt op het bodemkoolstofmeetnet), was de mate waarin de modules op elkaar konden afgestemd worden gelimiteerd (Tabel 8.1). Vooral bij het nog op te starten meetnet bestuivers hadden we veel keuzevrijheid.

	Landschapsniveau		Perceelsniveau	
	Landbouw- streken	Openheid	Binnen versus buiten gebied met soortenbescherm ingsprogramma	Landgebruik
Vogels	Strata sampling design	Strata sampling design	Strata sampling design	Poststratificatie of covariaat in

161

Voor dagvlinders en zweefvliegen vinden we in halfopen landschap een significant hoger aantal individuen binnen gebieden met een soortenbeschermingsprogramma vergeleken met gebieden buiten soortenbeschermingsprogramma (dagvlinders: ratio = 2,3 [1,3; 4,0], $p = 0,004$, zweefvliegen ratio = 2,0 [1,2; 3,7], $p = 0,004$), maar niet voor open landschap (Figuur 8.3). Figuur 8.3 geeft verder aan dat het maximaal aantal geobserveerde individuen voor vogels in de Zandstreek hoger is binnen gebieden met soortenbeschermingsprogramma vergeleken met gebieden buiten soortenbeschermingsprogramma in open landschap, maar dit verschil is niet significant. Voor wilde bijen zijn er geen significante effecten van landschapstype of soortenbeschermingsprogramma. Deze verschillen in maximaal aantal individuen vertalen zich gedeeltelijk ook naar verschillen in het maximaal aantal soorten (Figuur 8.4). Voor vogels is nu het verschil in aantal soorten in open landschap tussen gebieden binnen en buiten soortenbeschermingsprogramma wel significant (ratio = 1,3 [1,0; 1,6], $p = 0,02$). Voor dagvlinders zien we het verschil dat we vonden voor de aantallen individuen ook gereflecteerd voor de aantallen soorten, maar net niet significant op 5% niveau (ratio = 1,5 [0,98; 2,3], $p = 0,06$). Voor zweefvliegen kunnen we dit patroon niet testen omdat de determinaties tot op soortniveau nog niet beschikbaar zijn.



////////////////////////////////////

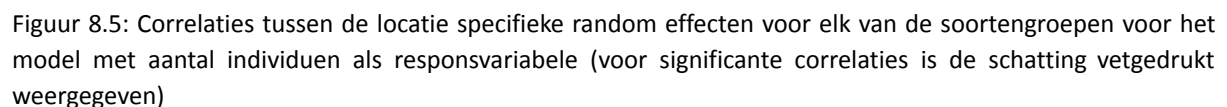
The figure consists of three dot plots with error bars, each representing a different group: Vogels, Wilde bijen, and Dagvlinders. The y-axis for all plots is 'Aantal soorten' (Number of species). The x-axis for each plot shows two levels of openness: HOL and OL. For each level, two management plans are compared: 'binnen plan' (dark blue dot) and 'buiten plan' (orange dot). Error bars represent the standard deviation or confidence interval.

Group	Openness	Management Plan	Aantal soorten (approx.)
Vogels	HOL	binnen plan	21.8
		buiten plan	21.2
	OL	binnen plan	21.6
		buiten plan	16.8
Wilde bijen	HOL	binnen plan	9.1
		buiten plan	7.7
	OL	binnen plan	7.9
		buiten plan	7.8
Dagvlinders	HOL	binnen plan	5.3
		buiten plan	3.5
	OL	binnen plan	3.4
		buiten plan	3.7

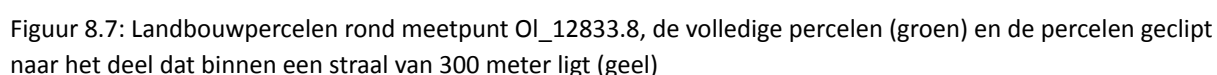
Met dezelfde data kunnen we ook een ander type model fitten dat toelaat om na te gaan of de verschillende soortengroepen gecorreleerd zijn met elkaar. Hiervoor fitten we een model met een multivariate random effectstructuur die voor elke soortengroep locatiespecifieke afwijkingen van de hoofdeffecten (landschapstype en beheer) toelaat waarbij de soortengroepen onderling gecorreleerd kunnen zijn. Voor het aantal individuen blijken de locatiespecifieke random effecten van wilde bijen en dagvlinders positief gecorreleerd, terwijl deze van dagvlinders en zweefvliegen negatief gecorreleerd zijn. Voor de andere paarsgewijze combinaties is er geen evidentie voor een negatieve of positieve correlatie (de betrouwbaarheidsintervallen bevatten 0, zie Figuur 8.5). Hetzelfde type model kunnen we ook fitten met het aantal soorten als responsvariabele. Wanneer we dat doen

10.21436/inbor.147396326 164

Deze resultaten, alhoewel ze op slechts een kleine dataset gebaseerd zijn, geven toch al een eerste indicatie van de meerwaarde van het afstemmen van meetnetmodules op elkaar door dezelfde locaties te gebruiken voor meerdere soortengroepen. Er zijn natuurlijk ook andere manieren om modules op elkaar af te stemmen zoals we in 8.4.1 al besproken hebben.



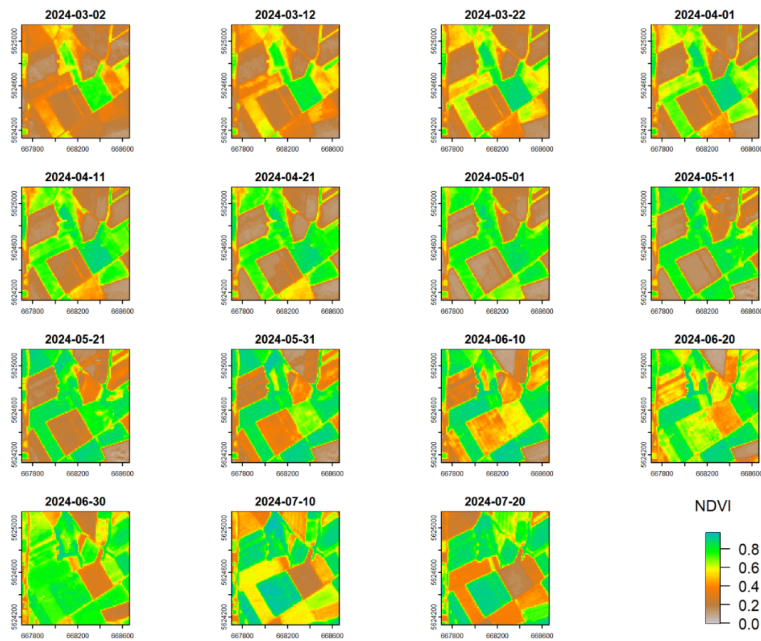
De analyse start met de selectie van landbouwpercelen uit de jaarlijkse verzamelaanvraag (Agentschap Landbouw en Zeevisserij, 2024). Alleen percelen die overlappen met een 300 meter cirkel rond een vogelmeetpunt werden in de analyse meegenomen. Percelen geclassificeerd als 'Landbouwinfrastructuur' en die onder een beheerovereenkomst vallen, werden uitgesloten om de focus op de feitelijke teeltsituatie te houden. Het spectrale signaal van de satellietbeelden werd vervolgens geaggregeerd over het volledige perceel (een object-gebaseerde aanpak), zelfs als het perceel de telcirkel slechts gedeeltelijk overlapt (Figuur 8.7). Deze methode zorgt voor een stabiel signaal dan een pixel-gebaseerde benadering. Bovendien werden de percelen 10 meter naar binnen gebufferd om randeffecten, veroorzaakt door spectraal gemengde pixels aan de perceelsgrenzen, te minimaliseren.



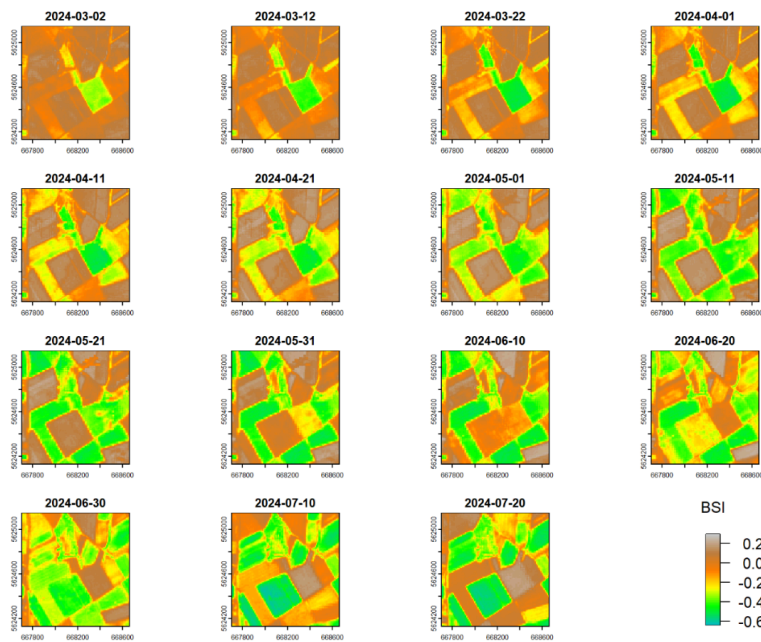
De basis voor de tijdreeksen zijn de optische satellietbeelden van de Sentinel-2-constellatie (Copernicus-programma) (Drusch *et al.*, 2012). Deze beelden, die optische reflectiewaarden meten in het zichtbare, nabij-infrarood (NIR) en kortegolf-infrarood (SWIR) gebied, worden verzameld met een frequentie van ongeveer vijf dagen.

De beelden werden grondig voorberekt. Omdat Sentinel-2 beelden gevoelig zijn voor bewolking, werden enkel beelden met minder dan 50% bewolking in de analyse opgenomen, en eventuele resterende wolken en hun schaduwen gemaskeerd (*cloud masking*) (Braaten, 2025).

A.

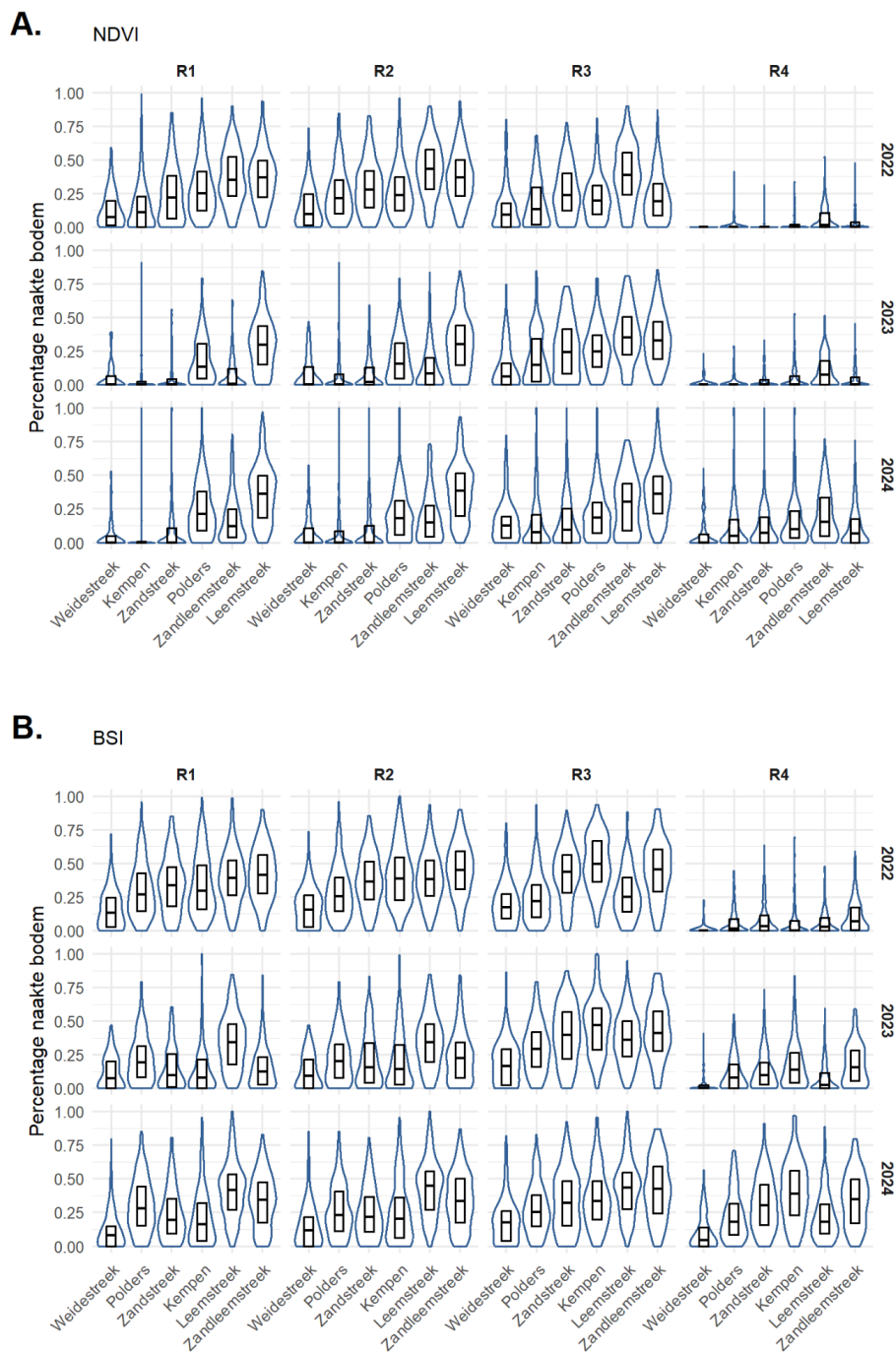


B.



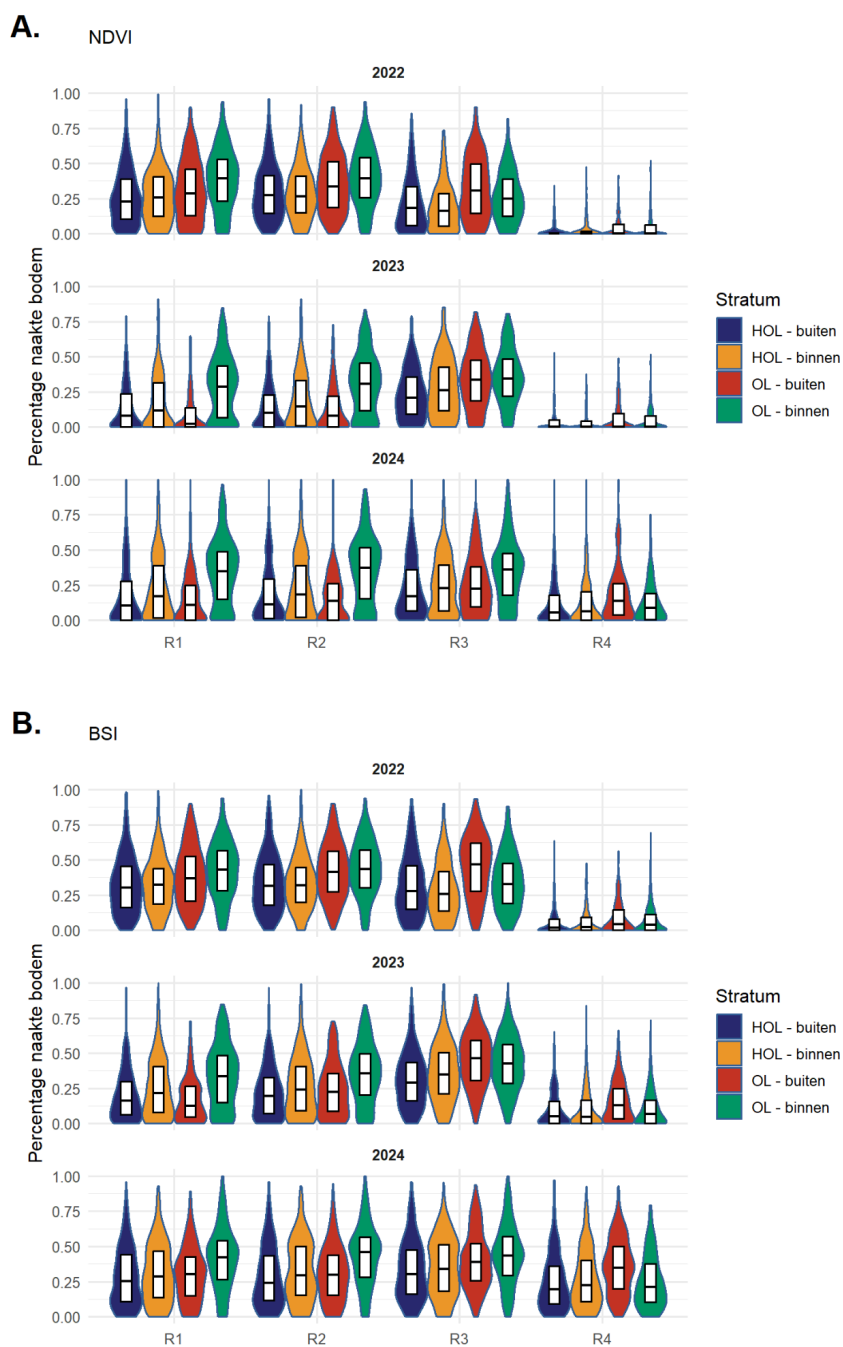
Figuur 8.8: Rasterbeelden van landbouwpercelen rond meetpunt OI_12833.8 van 02-03-2024 tot en met 20-07-2024: **A.** NDVI: een lagere waarde betekent meer naakte bodem; **B.** BSI: een hogere waarde betekent meer naakte bodem

////////////////////////////////////



Figuur 8.9: Verdeling van het aandeel naakte bodem per telronde per landbouwregio per jaar (blauwe lijn) met aanduiding van de gewogen mediaan en gewogen IQR (box). De regio's zijn gesorteerd volgens de gewogen mediaan over alle jaren en telperiodes van laag naar hoog. R1: 01/04–20/04, R2: 21/04–10/05, R3: 11/05–10/06, R4: 21/06–15/07.

////////////////////////////////////



Figuur 8.10: Verdeling van het aandeel naakte bodem per telronde per stratum per jaar (blauwe lijn) met aanduiding van de gewogen mediaan en gewogen IQR (box); de strata zijn gesorteerd volgens de gewogen mediaan over alle jaren en telperiodes van laag naar hoog (R1: 01/04–20/04, R2: 21/04–10/05, R3: 11/05–10/06, R4: 21/06–15/07; HOL = halfopen landschap; OL = open landschap; buiten = buiten gebied met soortenbeschermingsplan; binnen = binnen gebied met soortenbeschermingsplan)

////////////////////////////////////

8.5 Conclusies

De diverse meetnetten binnen MBAG bieden aanzienlijke mogelijkheden voor synergie. Deze integratie leidt tot een aanzienlijke efficiëntiewinst. In plaats van afzonderlijke veldbezoeken en data-analyse voor elk meetnet, kunnen we met één geïntegreerde aanpak meer vragen beantwoorden met dezelfde gegevens. Dit bespaart niet alleen tijd en middelen, maar vermindert ook de verstoring van de natuurlijke omgeving door minder herhaaldelijke aanwezigheid in het veld. Bovendien stelt het ons in staat om een holistischer beeld te krijgen van de interacties binnen een ecosysteem, wat essentieel is voor effectief natuurherstel.

De module voor vogelmonitoring speelt een sleutelrol in het kader van de Natuurherstelverordening. Het jaar 2025 is vastgesteld als referentiejaar, wat betekent dat de gegevens die in dit jaar worden verzameld, de basis zullen vormen voor toekomstige vergelijkingen. Dit is van vitaal belang om de doeltreffendheid van natuurherstelmaatregelen te kunnen evalueren en de voortgang richting de doelstellingen van de Natuurherstelverordening te kunnen monitoren. Een robuuste en consistente monitoring in 2025 is daarom van het grootste belang. Daarnaast is de afstemming met de Algemene Broedvogel Monitoring een aandachtspunt dat verder bekeken moet worden. Het stroomlijnen van methodieken en data-uitwisseling tussen deze twee programma's kan leiden tot een completer en accurater beeld van de vogelpopulaties en hun trends. Het is niet aangewezen om het aantal meetpunten van deze module te verminderen, omdat dan de statistische gevoeligheid van het meetnet te beperkt wordt.

De module voor de monitoring van bestuivers bevindt zich, gedreven door de Europese Natuurherstelverordening, in een kritieke fase. Er zal snel moeten worden geschakeld, gezien de strakke deadlines voor de implementatie van geharmoniseerde monitoringsprotocollen. Het te volgen veldprotocol is in september 2025 definitief vastgelegd. De eerste resultaten worden verwacht in 2030, wat betekent dat er tijdsdruk is op de voorbereidingen en de start van de monitoring. Dit vereist niet alleen een gedegen planning en coördinatie, maar ook een flexibele aanpak om nu de wijzigingen in het definitieve protocol nog te kunnen implementeren.

Het verderzetten van Cmon (koolstofmonitoring) en de staalname koppelen aan analyses van de bodembiodiversiteit geeft sterke efficiëntiewinsten omdat dezelfde staalnamecampagne een dubbel doel dient. Bovendien is koolstofopslag in de bodem nauw verbonden met de activiteit van bodemorganismen. Een gezonde en diverse bodembiodiversiteit draagt bij aan een efficiëntere koolstofcyclus en een grotere capaciteit voor koolstofsequestratie. De gegevens over koolstofgehalten kunnen als proxy dienen voor de activiteit van bodemleven, terwijl gedetailleerde analyses van de bodembiodiversiteit ons inzicht geven in de onderliggende processen. Deze geïntegreerde aanpak is essentieel voor het begrijpen van de rol van bodems in klimaatmitigatie en voor het ontwikkelen van effectief landbeheer dat zowel de biodiversiteit als de koolstofopslag ten goede komt.

////////////////////////////////////

8.6.1 Publicaties

8.6.2 Posters

////////////////////////////////////

8.6.3 Software

Langerlaert, W. & Van Calster, H. (2024). MAS-pilootproject. <https://github.com/inbo/mas-piloot>

Langerlaert, W., Cartuyvels, E. & Van Calster, H. (2025). MBAG - MAS (akkervogels). <https://github.com/inbo/mbag-mas>

8.6.4 Datasets

Langerhaert W., Cartuyvels E., Desmet S., Van Calster H., Overmeeren N. van & Jansen J. (2025). Sampling Frame and Sample Locations for MAS (farmland bird monitoring) in Flanders (Belgium). <https://doi.org/10.5281/ZENODO.16614733>

Langerlaert W., Van Calster H., Cooleman S., Eves Down M.-R., Jansen J. (2025). Meetnet Agrarische Soorten - Monitoring of birds and mammals in agricultural areas in Flanders, Belgium. Version 1.1. Research Institute for Nature and Forest (INBO). Sampling event dataset published via GBIF.org <https://doi.org/10.15468/vzs4wf>

Langerlaert W, Van Calster H, Cooleman S, Eves Down M, Jansen J (2025). Meetnet Agrarische Soorten - Monitoring of birds and mammals in agricultural areas in Flanders, Belgium (Hoge resolutie). Version 1.0. Research Institute for Nature and Forest (INBO). Samplingevent dataset. <https://ipt.inbo.be/resource?r=meetnet-agrarische-soorten-vlaanderen&v=1.0>

////////////////////////////////////

<https://europa.eu/youreurope/business/dealing-with-customers/data-protection/data-protection-gdpr/index.nl.htm>

9.2 Methodiek

Deze module focust op drie componenten van databasebeheer:

- Het opstellen en uitvoeren van datamanagementplannen
- De optimalisatie van het onderzoeksdatabasebeheer
- Het FAIR en/of Open publiceren van data, protocollen en scripts

9.2.1 Datamanagementplannen

Datamanagementplannen capteren de levenscyclus van onderzoeksdata, van het project opzetten en data verzamelen tot en na het publiceren en/of archiveren. Door een grondig datamanagementplan op te stellen, worden allerlei aspecten van onderzoeksdatabasebeheer geëvalueerd. Issues kunnen goed op tijd geïdentificeerd worden en bijstellingen gemaakt, voordat ze problemen kunnen worden.

Daarom is voor elke MBAG module een datamanagementplan voorzien. Daarvoor werd het INBO project-focus datamanagementplan template uit het webplatform dmponline²⁷ gebruikt (en uitgebreid waar nodig), met versionering/versiebeheer. Tijdens het opstellen van het datamanagementplan worden alle andere aspecten van het databeheer en de Open- en FAIR-heid van de module ook bekeken, om eventuele aanvullende behoeften te identificeren die aandacht vereisten.

Nadat de eerste versie van een datamanagementplan goedgekeurd is door het team en de data steward, wordt dit geüpload met een record in het PURE-systeem²⁸ (Instituut Natuur- en Bosonderzoek, 2025). Het PURE-record is FAIR en zal altijd Open staan. Waar mogelijk, zullen de datamanagementplannen zelf ook Open gepubliceerd worden.

9.2.2 Onderzoeksdatabeheer

Dit aspect kan veel verschillende componenten bevatten, afhankelijk van de noden en context van elke module. Voorbeelden zijn: de opstelling van workflows en protocollen, het beheer van gevoelige data volgens GDPR, het schrijven, volgen en updaten van Readme's, het archiveren van data, extra begeleiding in het kader van interne mappenstructuur en bestandsbenaming, afspraken rond dataopslaglocaties, het implementeren van *best practice* met betrekking tot zowel interne als externe *data sharing agreements*, de optimalisatie van interne dataopslag in databanken.

²⁷ <http://dmponline.be>

28 <https://pureportal.inbo.be/>

9.2.3 FAIR en Open publiceren

Binnen de verschillende MBAG modules worden veel data verzameld en gebruikt. Er zijn ook scripts/codes geschreven, en er zijn protocollen opgesteld en in actie gebracht. De meeste van deze drie - data, scripts/code en protocollen - hebben geen gevoeligheden of andere aspecten die FAIR en/of Open publicatie belemmeren.

- **Data:** We kiezen voor goed gekende en internationaal aanvaarde data repositories, vooral de INBO communities bij GBIF²⁹ en Zenodo³⁰ (Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2025a; 2025b). In de toekomst zal het Vlaamse Biodiversiteitsportaal ook de MBAG datasets tonen.
- **Scripts en Code:** INBO heeft zijn eigen community bij GitHub³¹, waarin één repository per module zal opgericht en gebruikt worden om zo veel mogelijk scripts/code te ontsluiten (Instituut Natuur- en Bosonderzoek, 2025c).
- **Protocollen:** INBO heeft een Open protocol- en procedure-publicatie website³², met een onderliggende GitHub repository³³ (Instituut Natuur- en Bosonderzoek, 2025d; 2025e). Hier worden zoveel mogelijk protocollen uit MBAG gepubliceerd. Enkele relevante protocollen bij MBAG-modulen werden al gepubliceerd door hun ontwerpers en komen daardoor niet op de INBO website.

De mate van ondersteuning hangt af van de situatie van elke module. De bedoeling is om aan alle MBAG databasebeheer-noden te voldoen, maar in de praktijk hangt dit af van de ontwikkeling en context van elke module en de betrokken partijen.

9.3 Resultaten

De module data ondersteunt voornamelijk de modules vogels (Hoofdstuk 2), bestuivers (Hoofdstuk 3), bodembiodiversiteit (Hoofdstuk 5) en natuurlijk milieu (Hoofdstuk 7). De ondersteuning van de modules cocreatie (Hoofdstuk 10) en BWK (Hoofdstuk 6) bevindt zich nog in de beginfase en naar verwachting zal op termijn ook de module aquatische ongewervelden (Hoofdstuk 4) worden ondersteund.

9.3.1 Vögel

Datamanagementplan

²⁹ <https://www.qbif.org/publisher/1cd669d0-80ea-11de-a9d0-f1765f95f18b>

³⁰ <https://zenodo.org/communities/inbo/>

31 <https://github.com/inbo>

³² <https://inbo.github.io/protocols/index.html>

³³ <https://github.com/inbo/protocols>

- Er is een eerste datamanagementplan³⁴ voor deze module opgesteld en gepubliceerd. Een update en volgende versie van het datamanagementplan wordt begin 2026 verwacht, afhankelijk van de verdere financiering van deze module.
 - Eves Down, M-R., Langerlaert W. & Jansen J. (2025). *DMP voor het Meetnet Agrarische Soorten (MAS): Steekproefkader en daar voorbij*.

Onderzoeksdatabeheer

- De data is verzameld door een samenwerking met en gebruik van “Avimap”. Dit is een app van ‘SOVON’, een Nederlands bedrijf dat al lang samen met INBO op vogelwaarnemingen en data werkt. Een deel van het ondersteuningswerk van databeheer was om de overeenkomst tussen SOVON en INBO te verduidelijken en een meer frequente update van de dataset te krijgen. Dit is grotendeels in orde gekomen, met verdere opvolging in handen van de betrokken wetenschappers.

Open en Fair Publiceren

- Een deel van de data is al in voorbereiding om via GBIF gepubliceerd te worden. Er is ook een pipeline in opmaak die in de toekomst het publiceren van vogelobservaties zal versnellen en vergemakkelijken. De bedoeling is om zo veel mogelijk data te ontsluiten via GBIF. Het kan zijn dat er wat vervaging van coördinaten moet gebeuren voordat ze open gepubliceerd worden, bijvoorbeeld bij bedreigde of problematische soorten. Indien dit gebeurt, zal dat genoteerd worden in de metadata of in de datakolommen op GBIF.
- Het protocol en bijhorende script dat gebruikt wordt om data uit de SOVON-databanken te extraheren is via GitHub en de INBO Protocol- en procedure-website gepubliceerd (Instituut Natuur- en Bosonderzoek, Cartuyvels, Langeroot & Van Calster, 2025; INBO, 2025d).
- Alle artikelen en andere publicaties afgeleid van deze module zullen gepubliceerd worden volgens het INBO Open Access Beleid (Goossens *et al.*, 2025).
- Het datamanagementplan is open gepubliceerd in het PURE-systeem, maar heeft (nog) geen DOI.

9.3.2 Bestuivers

Datamanagementplan

- Er is een eerste datamanagementplan³⁵ opgesteld en gepubliceerd. Een update en volgende versie van het datamanagementplan is verwacht begin 2026. Dat zal een ‘finale’ versie worden, tenzij er verdere financiering voorzien wordt.

34

<https://www.vlaanderen.be/inbo/publicaties/dmp-voor-het-meetnet-agrarische-soorten-mas-steekproef-kader-en-daar-voorbij>

35

<https://www.vlaanderen.be/inbo/publicaties/dmp-for-pollinator-monitoring-spring-monipolli-mbag-and-more-version-1>

////////////////////////////////////

overeenkomst. Databeheer voor deze data zit bij het Instituut voor Landbouw, Voedings- en Visserijonderzoek.

- Verschillende datasets worden gegenereerd door de stappen in het genetisch onderzoek. Niet alle datasets zijn geschikt om te publiceren. Soms zijn het tussenstappen tussen analyses of behoren ze tot intellectueel eigendom van het onderzoeksteam. Elke dataset wordt geëvalueerd of deze geschikt is (of zal worden) om Open te publiceren. De meeste datasets tot nu toe zijn *nog* niet geschikt om te publiceren, maar het is de bedoeling om ten minste de operational taxonomic unit/taxonomische data (misschien via GBIF) en de afgeleide waarnemingsdata te publiceren.
- Abiotische (bodem)data wordt ontsloten via een jaarlijkse stroom van de INBODem databank naar de Databank Ondergrond Vlaanderen³⁹, via een automatische workflow.
- Scripts, code en interne protocollen worden vooral gebruikt tijdens de labo- en bioinformatica-analyses, en vallen onder 'interne keuken'. Enkele ervan zijn openbaar ter beschikking via een Github repository⁴⁰. Er zal verder bekeken worden of deze en/of andere scripts, code en protocollen breder gepubliceerd kunnen worden.
- Alle A1 artikelen en andere publicaties afgeleid van deze module zullen gepubliceerd worden volgens het INBO Open Access Beleid (Goossens *et al.*, 2025).
- Het PURE-record van het datamanagementplan is Open, het datamanagementplan zelf (nog) niet. Bij de volgende update van het datamanagementplan zal bekeken worden of het volledig Open kan gemaakt worden.

9.3.4 Biologische Waarderingskaart

Datamanagementplan

- Aangezien de BWK-module vrij ingewikkeld is en al lang bezig is, is het zeker aan te raden dat er een datamanagementplan opgesteld wordt. Het was niet mogelijk om hier tijdens de MBAG-periode al aan de slag te gaan.
- Bij het 'Remote sensing - Identificatie van hoogstamboomgaarden' deelproject was een datamanagementplan⁴¹ wel mogelijk en werd het opgesteld. Aangezien dit project afgerond is, is er geen update bij dit datamanagementplan voorzien.
 - Vanpoucke, K., Spanhove, T., Eves Down, M-R. (2024). *Datamanagementplan voor het mini-project Remote sensing - Identificatie van hoogstamboomgaarden. Versie 1.*

Open en Fair Publiceren

- Alle BWK delen en kaartlagen zijn Open gepubliceerd.

³⁹ <https://www.dov.vlaanderen.be>

⁴⁰ <https://github.com/inbo/mbag-bodem>

41 <https://www.vlaanderen.be/inbo/publicaties/data-management-plan-voor-het-mini-project-remote-sensing-identificatie-van-hoogstamboomgaarden-versie-1>

9.6 Extra Outputs

9.6.1 Datamanagementplannen

Eves Down M.-R., Langerlaert W. & Jansen J. (2025). DMP voor het Meetnet Agrarische Soorten (MAS): Steekproefkader en daar voorbij. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, België.
<https://www.vlaanderen.be/inbo/publicaties/dmp-voor-het-meetnet-agrarische-soorten-mas-steekproefkader-en-daar-voorbij>

Maebe K., Cartuyvels E., Eves Down M.-R. (2024). DMP for pollinator monitoring - SPRING, MONIPOLLI (MBAG) and more! Version 1. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, België.
<https://www.vlaanderen.be/inbo/publicaties/dmp-for-pollinator-monitoring-spring-monipolli-mbag-and-more-version-1>

Deflem, I., Eves Down, M.-R., De Vos, B., Dillen, N., Lambrechts, S. (2024). Datamanagementplan voor MBAG Module - Bodembiodiversiteit monitoring via eDNA. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, België.

<https://pureportal.inbo.be/nl/publications/data-management-plan-voor-mbag-module-bodembiodiversiteit-monitor>

Vanpoucke, K., Spanhove, T., Eves Down, M-R. (2024). Datamanagementplan voor het mini-project Remote sensing - Identificatie van hoogstamboomgaarden. Versie 1. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, België.
<https://www.vlaanderen.be/inbo/publicaties/data-management-plan-voor-het-mini-project-remote-sensing-identificatie-van-hoogstamboomgaarden-versie-1>

Vanderhaeghe, F., Wuyts K., Eves Down, M., Mielke, F., Westra, T. (2025). Datamanagementplan for MNM/MNE. Version 1. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, België.
<https://www.vlaanderen.be/inbo/publicaties/data-management-plan-for-mnm>

9.6.2 Datasets

Langerlaert W., Van Calster H., Cooleman S., Eves Down M.-R., Jansen J. (2025). Meetnet Agrarische Soorten - Monitoring of birds and mammals in agricultural areas in Flanders, Belgium. Version 1.1. Research Institute for Nature and Forest (INBO). Sampling event dataset published via GBIF.org <https://doi.org/10.15468/vzs4wf>

Langerlaert W, Van Calster H, Cooleman S, Eves Down M, Jansen J (2025). Meetnet Agrarische Soorten - Monitoring of birds and mammals in agricultural areas in Flanders, Belgium (Hoge resolutie).

[illegible]

Version 1.0. Research Institute for Nature and Forest (INBO). Samplingevent dataset.
<https://ipt.inbo.be/resource?r=meetnet-agrarische-soorten-vlaanderen&v=1.0>

Maebe K., Pollet M., Van de Meutter F., Eves Down M.-R. (2025b). SPRING Pollinator monitoring in Flanders, 2023. Version 1.0. Research Institute for Nature and Forest (INBO). Occurrence dataset. <https://doi.org/10.15468/gj4wzs>

Settele J., Aracil A., Arnberg H., Åström S., Bacon J., Balalaikins M., Báldi A., Bane M., Barda M., Barea-Azcón J.-M., Beckert J., Berlingée F., Bevk D., Biesmeijer J.C., Bonelli S., Bosch J., Botham M., Bourn N., Bozua M., Brosens D., *et al.* (2024) SPRING - Strengthening Pollinator Recovery through Indicators and monitoring. Helmholtz-Centre for Environmental Research – UFZ, Leipzig, Germany. https://www.ufz.de/export/data/498/301564_SPRING%20Final%20report_EC_final_update_July_2025.pdf

9.6.4 Posters en presentaties

Eves Down, M., Meeus, S., Dewitte, E., Veltjen, E., Klaassen, L., De Sutter, M., El-Haruaati, S., De Pourcq, I., Marchand, S., Cerpentier, S., Reyserhove, L., Buffel, H., Depickere, H. & Luykx, F. (2025.05.22). Open Science achievements across the Flemish Research Institutes: Advancing collaboration, Training and Infrastructure. Presentatie bij het FRDN Network Day. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15629485>

Eves Down, M. (2024.06.13). eDNA data-workflow presentatie. Presentatie op DISSCO DF-DNA Workgroup meeting 9: Linking genetic data(sets), scripts and documents to DNA-specimens.

9.6.5 Interne outputs

- Begeleiding SOVON-INBO samenwerking
- Basis SQL-Databank Bestuivers
- eDNA data-workflow
- eDNA bodem datamanagementplan sjabloon (later te publiceren)
- eDNA water datamanagementplan sjabloon (later te publiceren)
- DMP voor het eDNA water-referentie databank (later te publiceren)

10 Cocreatie met landbouwers

De opstart van het MBAG verliep tegen een achtergrond van regelmatige boerenprotesten, die zich ook tegen natuur keerden. In haar *State of the Union 2023*⁴³ riep Ursula Von der Leyen op tot een strategische dialoog over de toekomst van de landbouw in de EU: “*We need more dialogue and less*

⁴³ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/state-union/state-union-2023_en

polarisation. That is why we want to launch a strategic dialogue on the future of agriculture in the EU." Ook met MBAG gingen we op zoek naar cocreatie en waren we op onze hoede voor risico's voor polarisatie.

Monitoring en onderzoek in landbouwgebied zijn sterk afhankelijk van communicatie en samenwerking met alle actoren die er actief zijn, in de eerste plaats de landbouwers. Om de toestand van de biodiversiteit op representatieve wijze te kunnen opvolgen zijn random steekproeven nodig, zoals dit binnen MBAG wordt uitgebouwd. Daardoor komen meetpunten in het landbouwgebied toevallig op bepaalde private percelen in landbouwgebruik te liggen. Als gevolg van de privacywetgeving (GDPR) weten we niet bij welke landbouwer de meetpunten zich bevinden. De onvermijdelijke top-down benadering van de random steekproef, gecombineerd met de afwezigheid van communicatie als gevolg van de privacywetgeving, kan tot polarisatie leiden.

Uit respect voor het werk van landbouwers werden nooit percelen zonder toestemming van landbouwers betreden. Zo werden vogeltellingen steeds vanop de openbare weg uitgevoerd, de meetpunten werden daarvoor bewust enkel op openbare wegen of paden gelegd. De bestuiversmetingen gebeurden in wegbermen. Toch is het begrijpbaar dat een landbouwer die herhaaldelijke keren een onderzoeker met de verrekijker over zijn velden ziet speuren, of die kleurvallen voor bestuivers op de wegberm vindt, zich vragen stelt.

Met de module cocreatie gingen we op zoek naar manieren om actoren in het landbouwgebied, en landbouwers in het bijzonder, over het meetnet te informeren, hen erbij te betrekken en samenwerkingsmogelijkheden te zoeken. We zochten hoe het meetnet ook een meerwaarde kan vormen voor landbouwers.

Het eerste deel van dit hoofdstuk bevat een beperkte literatuurstudie over de concepten cocreatie en polarisatie. Daarna volgt een bespreking van de activiteiten die binnen deze module werden uitgevoerd.

10.1 Doelstelling

De **langetermijndoelstelling** van deze module is een meetnet op te bouwen dat niet alleen natuurherstel, maar ook de landbouwpraktijk ondersteunt. We streven naar cocreatie en vermijden polarisatie.

De **operationele doelstelling** is over het meetnet en zijn resultaten te communiceren naar landbouwers en de landbouwsector, te luisteren naar hun feedback, samen resultaten te interpreteren en ook te zoeken hoe het meetnet kan worden ingezet in functie van hun noden, onder meer door aanvullende metingen op hun maat. Door hun dagdagelijkse aanwezigheid, dikwijls sinds meerdere generaties, hebben landbouwers veel kennis over het agrarisch gebied. Binnen deze module luisteren we ook naar hun bezorgdheden en zoeken we gemeenschappelijke kansen, met als

////////////////////////////////////

ultieme doelstelling samen te werken en zowel landbouw als natuur beter te laten worden. We trachten te begrijpen hoe we tot cocreatie kunnen komen en polarisatie kunnen vermijden.

10.2 Concepten

Teneinde de concepten 'cocreatie' en 'polarisatie' goed te begrijpen, starten we met een korte literatuurstudie.

10.2.1 Cocreatie

Wat verstaan we precies onder cocreatie of cocreatief onderzoek? Zijn participatieve benaderingen, zoals participatieve monitoring, als cocreatie te beschouwen of is er toch een verschil? En waarom is het belangrijk dit onderscheid te maken? In wat volgt, gaan we kort op deze vragen in.

Kint *et al.* (2005) duiden drie sleutelprincipes aan van cocreatief onderzoek, namelijk (1) het doel van maatschappelijke transformatie, (2) samenwerking tussen wetenschappelijke en andere partners, en (3) werkelijk gedeeld eigenaarschap en empowerment. Het doel van cocreatief onderzoek is om kennis te genereren die sociale verandering teweegbrengt, doordat onderzoekers en andere stakeholders elkaar en elkaars kennis en ervaringen leren begrijpen en oprecht erkennen en waarderen. Alle stakeholders zijn van meet af aan en doorheen het hele project co-designers en co-owners: van de afbakening van de probleemstelling en de ontwikkeling van de methodiek, over de projectuitvoering, tot de interpretatie en valorisatie van de bevindingen (Nicholas *et al.*, 2019; Phillips & Napan, 2016). Door middel van een dialogisch proces ontstaat een gezamenlijk begrip van het centrale probleem, net als gezamenlijk gedragen inzichten en mogelijke oplossingen, die bovendien niet hadden kunnen worden bereikt als de betrokkenen onafhankelijk van elkaar zouden hebben gewerkt (Utter *et al.*, 2021). Een centrale premisse van een cocreatieve benadering is dat de verschillende stakeholders elkaar nodig hebben om resultaten te bekomen waar iedereen beter van wordt: een geoptimaliseerde onderzoeksoutput met meer maatschappelijke impact waarbij concrete stappen worden gezet om ongelijke machtsverhoudingen meer in evenwicht te brengen.

De populariteit van het concept 'cocreatie' stijgt, zowel binnen het wetenschappelijk onderzoek, het beleid als de praktijk. Als buzzword wordt het soms onzorgvuldig gebruikt en behandeld als synoniem voor participatieve benaderingen die veel minder eisen aan participatie stellen - of stakeholders zelfs louter passief betrekken (Kint *et al.*, 2025; Williams *et al.*, 2020; Voorberg *et al.*, 2015). Ook wanneer initiatiefnemers bewust en weloverwogen voor cocreatie kiezen, maken de afhankelijkheid van en de vereisten voor projectfinanciering vaak dat ambities getemperd moeten worden. Het uitbouwen van een cocreatief project vraagt tijd voor de stakeholders om elkaar te leren kennen, vertrouwen en begrijpen. Het vraagt de nodige flexibiliteit om samen eerder gemaakte beslissingen bij te sturen naarmate men groeit in gelijkwaardig partnerschap. Bij projectfinanciering gaat het echter vaak om beperkte budgetten voor een beperkte tijd. Om ze aan te vragen moeten vaak al bij voorbaat consortia worden samengesteld en financiële middelen worden verdeeld, met weinig ruimte om hier

////////////////////////////////////

Een project, of een deel daarvan, cocreatief noemen terwijl het eigenlijk niet aan de kernvereisten van cocreatie voldoet, kan negatieve gevolgen hebben (Nicholas *et al.*, 2019; Oliver *et al.*, 2019; Flinders *et al.*, 2016). Meer nog, het kan ervoor zorgen dat net het omgekeerde wordt bereikt van wat het eigenlijke doel van cocreatie had moeten zijn (zie ook Lister, 2004). Mensen uitnodigen als partner in cocreatie schept namelijk verwachtingen. Wanneer dan echter blijkt dat hun inbreng beperkt is - bijvoorbeeld omdat sleutelbeslissingen al door projectcoördinatoren werden genomen - of zij zelfs louter als data subjects⁴⁴ worden ingezet, kan dit terecht gevoelens als wantrouwen, frustratie en machteloosheid veroorzaken.

10.2.2 Gepolariseerde context

Hoewel landbouwers en mensen uit de natuursector op tal van plaatsen constructief samenwerken in het Vlaamse landschap (Lauwers *et al.*, 2022; Mareen, 2024; Meeussens, 2024), is de polarisatie landbouw-natuur een realiteit die mee de context bepaalt waarbinnen het INBO MBAG cocreatie

[illegible]

Nederlands filosoof Bart Brandsma werkte jarenlang rond polarisatie en conflict, zowel nationaal als internationaal. Deze ervaring verwerkte hij in het ‘Denkkader polarisatie’: volgens hem geen theorie, methodiek of recept, maar wel een kijkkader waar ook praktisch mee aan de slag kan worden gegaan. In dit Denkkader vat hij de dynamiek van polarisatie samen in drie basiswetten (Brandsma & van Laar, 2023):

- *Basiswet 1: polarisatie is een gedachtenconstructie*; het gaat zoals gezegd om wij-zij denken. Dat maakt polarisatie veel ongrijpbaarder dan een conflict, dat zich afspeelt op een bepaalde plaats, op een bepaald moment en probleemeigenaren (concrete betrokkenen) kent. Wel is het zo dat polarisatie tot uiting kan komen in conflicten en dat conflicten de katalysator kunnen zijn van een polarisatieproces.
- *Basiswet 2: polarisatie heeft brandstof nodig*. Polarisation wordt namelijk aangewakkerd door een stereotype identiteitsretoriek: men spreekt over het 'zijn' van de eigen groep in louter positieve termen en over het 'zijn' van de tegenpartij op een eenzijdig negatieve manier. Daarbij wordt een morele framing niet geschuwd: 'wij' zijn goed en doen goede dingen, 'zij' zijn slecht en doen slechte dingen. Belangrijke opmerking hierbij is dat polarisatiebrandstof vaak ook op een subtielere - onbedoelde en zelfs onbewuste - manier geleverd wordt door mensen die zichzelf als 'neutrale buitenstaander' beschouwen. We gaan hier dieper op in wanneer we de rollen van het polarisatieproces toelichten.
- *Basiswet 3: polarisatie is een gevoelsdynamiek*. Bij polarisatie regeert 'de onderbuik': perceptie en emotie krijgen steeds meer impact en feitelijke, rationele informatie steeds minder. Wat misschien begon als een verhaal van twee groepen met andere standpunten over een bepaalde kwestie, wordt door het gebruik van moreel geframede identiteitsretoriek iets veel intiemers. Het gaat daarbij namelijk niet meer over de vraag 'Ben je het eens of oneens met ons standpunt?' maar over de vraag 'Ben je vóór of tegen ons?'. Daarin weerklinkt een emotioneel geladen roep om erkenning.

10.2.3.2 Psychologische processen bij polarisatie

Een exhaustief overzicht van de psychologische processen die deel uitmaken van polarisatie valt buiten het bestek van dit rapport. Wel willen we kort ingaan op de rol van (1) vooroordelen en stereotypen en (2) communicatie, om er bij de aanpak van polarisatie naar terug te verwijzen.

Vooroordelen en stereotypen

Een attitude wordt binnen de sociale psychologie omschreven als *'an enduring evaluation of people, objects, and ideas'* (Aronson *et al.*, 2002, p. 590). Het is een evaluatieve houding die, eens gevormd, hardnekkig en moeilijk te veranderen blijkt. Attitudes hebben een driedelige structuur en bestaan uit een emotionele, een cognitieve en een gedragsmatige component. Anders gezegd: een attitude is wat ik voel, denk en doe ten opzichte van diegene of datgene waarop mijn attitude betrekking heeft.

////////////////////////////////////

Bij polarisatie zijn beide partijen bevooroordeeld ten opzichte van elkaar en dit 'bevooroordeeld zijn' - ook *prejudice* genoemd- is een attitude met dezelfde drie bestanddelen. Daarbij:

- heeft men negatieve tot vijandige gevoelens tegenover mensen van de andere partij, puur op basis van hun lidmaatschap tot die groep,
- stereotypeert men mensen van de andere groep, men schrijft ze allemaal dezelfde kenmerken toe, ongeacht het feit dat ze op vele vlakken verschillen,
- en behandelt men ze op een niet te rechtvaardigen negatieve tot schadelijke manier, opnieuw uitsluitend omdat men ze tot de *outgroup* rekent.

Communicatie

Een invulling van polarisatie die in de psychologie al bestaat sinds de jaren 1950 is die van *group polarization*: de neiging van gematigde attitudes om extremer te worden na discussie (Smith *et al.*, 2024). Wanneer een aantal individuen elk een gematigd positieve (negatieve) houding hebben over een bepaald onderwerp, dan zal die houding dus positiever (negatiever) worden nadat ze er met elkaar over hebben gediscussieerd. *Group polarization* is onder meer aangetoond in experimenten waarbij deelnemers na onderling overleg groepsbeslissingen moesten nemen: deze groepsbeslissingen bleken telkens extremer te zijn (maar wel in dezelfde richting te liggen) dan de initiële voornemens van de leden.

Group polarization is een fenomeen dat helpt om te begrijpen hoe nieuwe media polarisatie in de hand werken. Dat doen deze kanalen niet alleen door communicatie in onliners aan te moedigen of door middel van de *(dis)like button* - allebei formats die uiterst geschikt zijn om polarisatiebrandstof te leveren omdat ruimte voor nuance ontbreekt. Ook *echo chambers* of *filter bubbles* geven polarisatie wind in de zeilen. Dit zijn online omgevingen waarbij algoritmen ervoor zorgen dat gebruikers amper in contact komen met andere opinies dan hun eigen standpunten, waardoor deze standpunten de neiging hebben te verharderen (Smith *et al.*, 2024, p. 4).

10.2.3.3 Omgaan met polarisatie

Inschatten van de situatie

Wanneer we te maken krijgen met een vorm van polarisatie - of met het vermoeden daarvan - is het belangrijk om de situatie eerst zo goed mogelijk in te schatten.

Ten eerste dient het eerder aangehaalde **onderscheid tussen politieke en toxische polarisatie** te worden gemaakt. Dat is in de praktijk soms makkelijker gezegd dan gedaan omdat de lijn tussen beide vormen dun kan zijn en men het vaak niet eens is over waar die lijn dan precies ligt. Zowel politiek als toxisch gepolariseerde partijen denken in termen van 'wij versus zij'. Toch blijft een overkoepelend 'wij' mogelijk bij politieke polarisatie: de partijen beschouwen elkaar als politieke tegenstanders, maar wel onder een gemeenschappelijke koepel zoals de stad, de democratie,... Bij toxische polarisatie is van een overkoepelend 'wij' echter geen sprake meer: relaties worden

////////////////////////////////////

5. Omdat bruggenbouwers echter een strategie gebruiken (de dialoog) waar hun primaire doelgroep niet voor openstaat (de pushers), lopen ze een groot risico om bij toenemende spanningen door beide polen tot **zondebok** te worden gemaakt. Bij polarisering die escaleert kunnen ook andere leden van het midden het mikpunt worden van beide polen als ze blijven weigeren om kant te kiezen.
6. Kiezen voor de zesde rol, namelijk die van '**participatory knowledge cocreator**', vormt het hart van Brandsma's gamechangers tot depolarisering. In wat volgt, gaan we hier dieper op in.

- Het in praktijk brengen van de gamechangers vergt tijd om krediet op te bouwen in het midden. Volgens Brandsma is het geen evidente keuze in een samenleving die korte termijn oplossingen tegen strakke deadlines prioriteert, maar wel een keuze die loont.

In de module cocreatie experimenteren we met de rol van *participatory knowledge cocreator*.

Cocreatie - Ten tweede trachten we, in functie van specifieke noden, op cocreatieve wijze metingen toe te voegen die complementair zijn met het meetnet en die ook gebruik kunnen maken van de resultaten van het meetnet. Dit gebeurde bijvoorbeeld door extra tellingen uit te voeren met de gestandaardiseerde methodiek van het meetnet, bij een landbouwer in Koksijde die grote inspanningen deed richting akkervogels en die veel interesse had in de resultaten daarvan. Deze tellingen maken geen deel uit van de MBAG steekproef. De meerwaarde is dat de resultaten van deze extra metingen kunnen worden vergeleken met de resultaten uit MBAG. De landbouwer kan zijn resultaten zo evalueren. In nauwe samenwerking met geïnteresseerde landbouwers voerden we ook onderzoek uit naar het broedsucces van akkervogels (opnieuw bij de landbouwer in Koksijde, alsook bij landbouwers in de Oostelijke Leemstreek). In de Oostelijke Leemstreek voerden we ook andere biodiversiteitsmetingen uit in functie van de interesses van de landbouwers (regenwormen, potwormen, nachtvlinders, mestkevers en andere kruipende insecten) en samen met de landbouwers, los van de opzet binnen MBAG. De rapporteringen waar MBAG op focust komen immers niet altijd overeen met de soorten waar de landbouwers interesse in hebben.

Voor MBAG cocreatie kozen we de Oostelijke Leemstreek als pilootgebied, maar we stelden ons tegelijk ook open voor samenwerking met geïnteresseerde landbouwers buiten dit pilootgebied, zoals de landbouwer in Koksijde. De keuze voor de Oostelijke Leemstreek is gebaseerd op de beschikbaarheid van de resultaten van een pilootproject over monitoring van akkervogels (en zoogdieren) (Langeriaert *et al.*, 2025b). Dit project liep in 2022 en 2023 en focuste op twee

[illegible]

kernegebieden, namelijk de Moeren en de Oostelijke Leemstreek. Daarover waren resultaten beschikbaar die we tijdens de gesprekken konden gebruiken.

10.4 Resultaten en bespreking

10.4.1 Gesprekken in het midden

Bij de opstart van MBAG cocreatie werden contacten gelegd met landbouwers in de Oostelijke Leemstreek. Dit gebeurde via intermediaire organisaties, zoals de regionale landschappen en de Vlaamse Landmaatschappij met hun bedrijfsplanners. Er werd aangeboden om het meetnet voor te stellen en de lokale resultaten over akkervogels te delen. Op basis hiervan werd in dialoog gegaan over biodiversiteit in het landbouwgebied.

De bereidheid om ons werk voor te stellen werd bijzonder gewaardeerd. Het is een eerste stap in de opbouw van vertrouwen. De presentaties leidden tot interessante gesprekken. Heel wat landbouwers deden de voorbije jaren inspanningen voor biodiversiteit, onder andere via beheerovereenkomsten, en zijn nieuwsgierig naar de resultaten daarvan.

Bij de presentaties konden we enerzijds de oppervlaktes beheerovereenkomsten (2018-2023) en anderzijds het aantal broedparen (2022-2023) in de Oostelijke Leemstreek en De Moeren tonen, respectievelijk in open landschap en halfopen landschap en gebieden binnen en buiten gebied met soortenbeschermingsprogramma. Dergelijke tijdreeksen maken voor landbouwers de impact van hun inspanningen voor de bevordering van akkervogels aanschouwelijk. Dit werkt motiverend.

Omdat de gegevens worden bijgehouden per meetpunt, kunnen veelal ook tellingen in de directe omgeving met geïnteresseerde landbouwers worden gedeeld (Tabel 10.1) en dit voor meerdere meetjaren. Zo kan ook de evolutie afgelezen worden. Landbouwers die zich al jarenlang inzetten voor akkervogels, toonden zich opgetogen wanneer uit de metingen een toename van relevante soorten zichtbaar werd, of wanneer meer doelsoorten op hun percelen waargenomen werden dan in de referentiegebieden.

////////////////////////////////////

Tabel 10.1: Voorbeeld van een soortenlijst op één meetpunt tijdens één meetjaar

Soortenlijst vogels

	10 april 07:54 08:04	8 mei 08:45 08:55	27 mei 06:44 06:55	11 juli 08:17 08:28		totaal aantal waarn.
Soort	1	2	3	4		
Kwartel			1			1
Houtduif			4			4
Torenvalk			1			1
Kauw		11	1			12
Roek		6	2			8
Zwarte Kraai	1					1
Veldleeuwerik	4	2	4	2		12
Spreeuw		2				2
Gele Kwikstaart	2	2	2	1		7
Vink		1				1
Kneu	1	1	2			4

Geleidelijk werd het INBO steeds vaker gecontacteerd door landbouwers met interesse in meer inzicht in de biodiversiteit op het eigen landbouwbedrijf en met bereidheid om deze biodiversiteit te ondersteunen. In sommige gevallen groeide verdere samenwerking. Op een aantal percelen waar broedgevallen van bijvoorbeeld veldleeuwerik of grauwe gors werden vastgesteld, werd samenwerking rond broedsuccesonderzoek opgestart (zie 10.4.2.3). Dit waren zowel voor onderzoekers als landbouwers zeer enthousiasmerende metingen.

Het Meetnet Biodiversiteit in Agrarisch Gebied werd tijdens verschillende gelegenheden aan verscheidene (regionale) landbouwersgroepen en aan intermediairen voorgesteld, onder meer Provinciale Kern Groene Kring Limburg, Demodag PIBO zomer 2024, Netwerkdag biologische landbouwsector (Organisatie: Coördinatiecentrum praktijkgericht onderzoek en voorlichting voor de biologische teelt), Landwijzer vzw, Demodag Agro-ecologie 2024 op het Proefplatform Agro-ecologie Hansbeke, Dag van de Landbouw 2024 op het landbouwbedrijf van Jos Depotter en Els Beuselinck in Koksijde, Infonamiddag grauwe gors georganiseerd door het Agentschap Natuur en Bos en intern overleg van de bedrijfsplanners van de Vlaamse Landmaatschappij in Limburg.

Het meetnet werd ook tijdens verschillende gelegenheden voor verdere verspreiding aan onderzoekers en beleidsmedewerkers voorgesteld, onder meer tijdens een online uitwisseling georganiseerd door Living Lab Agro-ecologie en Biolandbouw (14/11/2024) en tijdens de bijeenkomst '*Stronger together: researchers from Wallonia and Flanders join hands for organic farming*' georganiseerd door het Coördinatiecentrum praktijkgericht onderzoek en voorlichting voor

////////////////////////////////////

In de korte periode waarin MBAG cocreatie gelopen heeft (1,5 jaar) is er heel wat vertrouwen opgebouwd tussen onderzoekers en landbouwers. Een stand van het INBO op een landbouwbedrijf op de Dag van de Landbouw is iets wat bijzonder geapprecieerd wordt. Het leidt ook tot tal van boeiende gesprekken met allerlei landbouwers. Deze deelden dikwijls hun bezorgdheid over de toestand van de biodiversiteit in het landbouwgebied, maar wezen tegelijk ook op de onredelijke verwachtingen waaraan zij moeten voldoen (hoge productie aan lage prijzen).

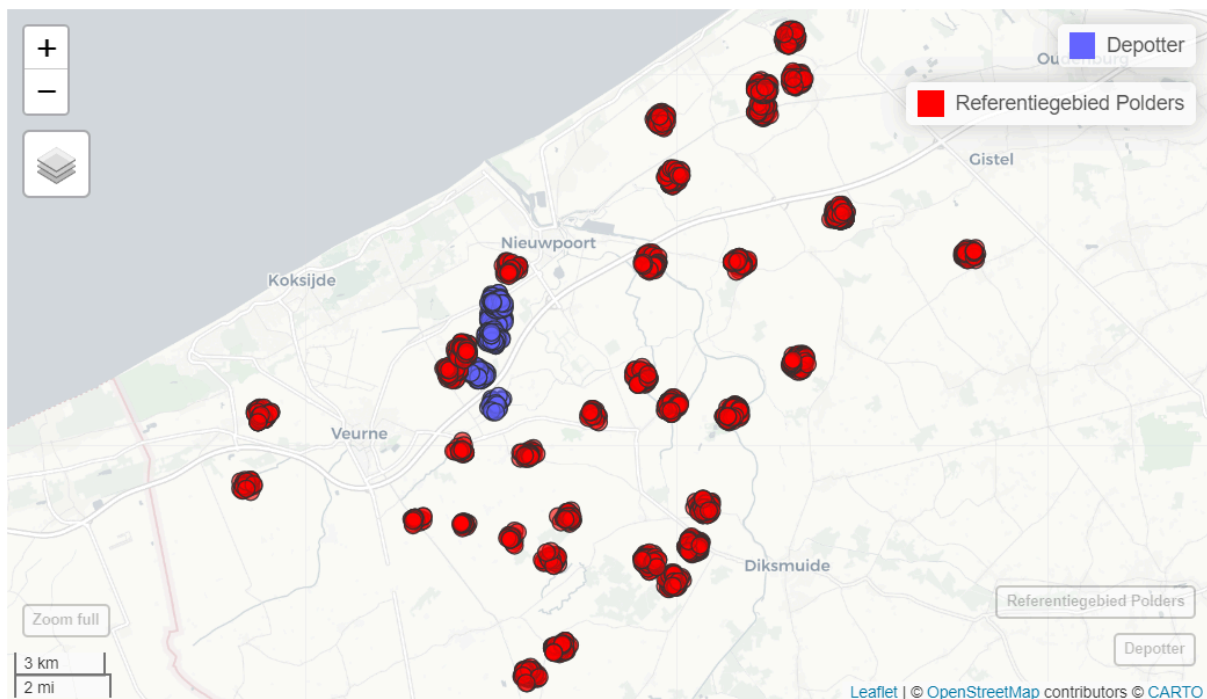
De hierna volgende metingen zijn verdiepend of complementair aan MBAG. Met deze metingen doen we aan participatieve kenniscocreatie, samen met landbouwers, mede in functie van hun noden, voortbouwend op MBAG. De metingen zijn nog versnipperd, maar leggen hopelijk kiemen voor een meer structurele samenwerking in de toekomst.

In Koksijde viel een akkerbouwbedrijf op door zijn grote inspanningen inzake agro-ecologische landbouw, onder andere met talrijke 18 tot 30 meter brede kruidenrijke perceelsranden, minder gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en toepassing van niet-kerende bodembewerking. Dit zou om diverse redenen grondbroedende akkervogels ten goede moeten komen.

- Omdat de landbouwer geïnteresseerd was in de effectiviteit van zijn inspanningen, werden in 2024 bijkomende meetpunten op de percelen van het bedrijf gelegd. De meetpunten werden zo gekozen dat binnen de telcirkel overwegend percelen van het bedrijf lagen. Twee meetpunten uit het MBAG kwamen al in aanmerking en drie meetpunten werden handmatig toegevoegd.

De resultaten van die vijf meetpunten werden vergeleken met 33 controle-metpunten in een referentiegebied (Polders, open landschap, gebied binnen soortenbeschermingsprogramma), ten westen van de lijn Oostende - Gistel - Torhout) (Figuur 10.2).

202



Figuur 10.2: Ligging van MBAG-meetpunten bij de agro-ecologische landbouwer in Koksijde (blauw, n = 5) en referentiemeetpunten (rood, n = 33) in de Westelijke kustpolders

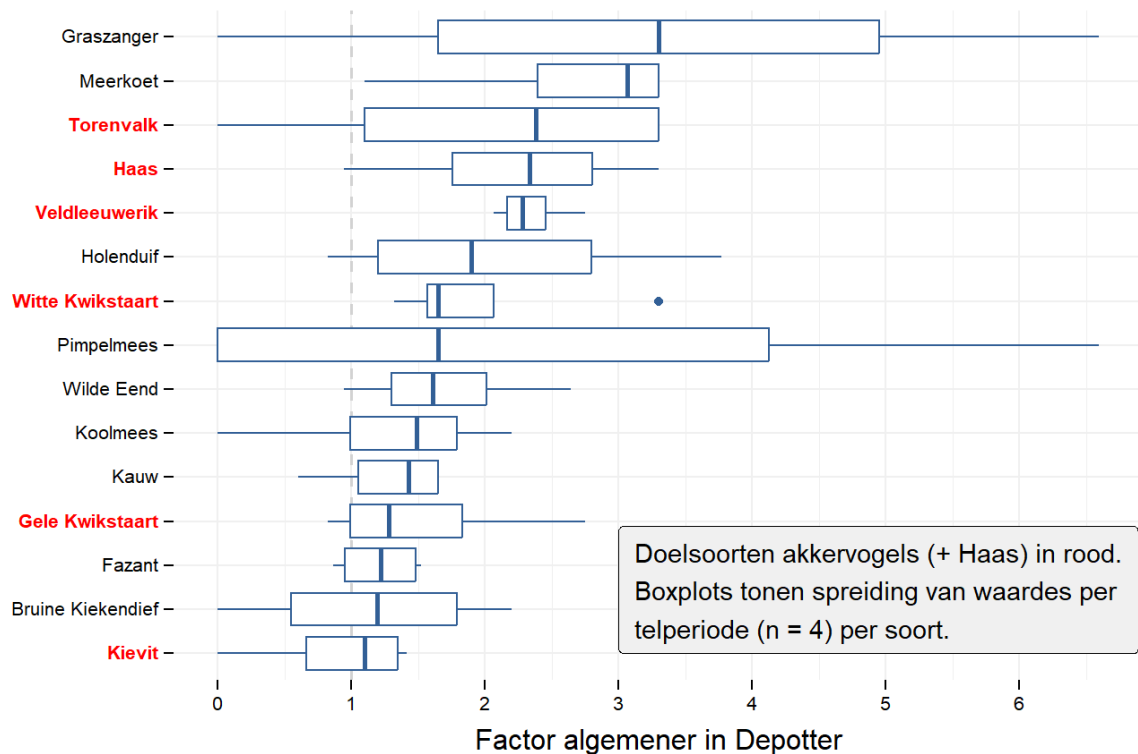
Uit het eerste jaar tellingen in broedseizoen 2024 kwam naar voren dat enkele soorten beduidend talrijker zijn op de meetpunten in het agro-ecologisch bedrijf dan op de meetpunten in het referentiegebied. We zien in onderstaande figuur (Figuur 10.3) dat sommige doelsoorten, namelijk enkele typische akkervogels en hazen, vaker voorkomen binnen de telcirkels van het bedrijf Depotter dan binnen de andere telcirkels in de westelijke Polders:

- Graszanger, een zeldzame broedvogel in Vlaanderen, komt ongeveer drie keer vaker voor, met een grote foutenmarge omdat de soort vrijwel geheel ontbrak op de referentiemeetpunten
- Torenvalk, haas en veldleeuwerik komen twee tot drie keer vaker voor.
- Witte kwikstaart en gele kwikstaart komen evenveel tot twee keer vaker voor.
- Kievit komt ongeveer even vaak voor op de agro-ecologische percelen als in het referentiegebied.

Opvallend is dat bij veldleeuwerik de foutenmarge vrij klein is, en we met grote zekerheid kunnen stellen dat die soort meer dan dubbel zo talrijk is. Ook haas is opvallend talrijker in het agro-ecologisch bedrijf, ook al is het een regio waar de soort al veel voorkomt. Torenvalk bezoekt er de perceelsranden ook frequenter dan in het referentiegebied, aangetrokken door de muizenpopulatie. De verschillen zijn kleiner voor kwikstaarten en kievit, daar kunnen we niet met zekerheid aantonen dat de aantallen verschillen tussen de agro-ecologische percelen en de referentiepercelen.

////////////////////////////////////

Meer gedetailleerd onderzoek naar broedsucces van veldleeuwerik heeft ook aangetoond dat ze succesvol jongen grootbrengen in de brede akkerranden rondom de agro-ecologische percelen (zie 10.4.2). Verder onderzoek is nodig om te bekijken of graszanger, gele kwikstaart en kievit ook zo succesvol zijn.



Figuur 10.3: Overzicht van met hoeveel meer bepaalde soorten aanwezig waren op het agro-ecologisch bedrijf, in vergelijking met het referentiegebied (2024)

10.4.2.2 Nestbescherming kievit en scholekster (Koksijde)

De resultaten op het agro-ecologisch akkerbouwbedrijf in Koksijde (zie 10.4.2.1) werden samen met de landbouwer verder geanalyseerd. Figuur 10.3 laat zien dat er voor kievit, in tegenstelling tot de verwachtingen, geen verschil is tussen de agro-ecologische percelen en het referentiegebied. Op basis van waarnemingen werd vermoed dat de mestgift via sleepslang een versturende factor kon zijn. Nesten, eieren of jongen kunnen met mest besmeurd worden of onder de sleepslang verpletterd geraken. Ook mechanische onkruidbestrijding kan nesten vernietigen.

Om tot een betere nestbescherming te komen werden in 2025 volgende stappen uitgetest:

1. Enkele dagen voor de bewerking werden nesten van kievit en scholekster gelokaliseerd met verrekijker, telescoop of warmtekijker.

////////////////////////////////////

- Dit beperkte onderzoek werd in nauwe samenwerking met de landbouwer uitgevoerd. Bescherming met koepels over de nesten - een uitvinding door de landbouwer - bleek heel effectief en verdient verdere uitrol (met daarvoor bedoelde beschermkappen in plaats van de schijven van een schijveneg). De samenwerking met vrijwilligers maakte het werk voor de onderzoekers haalbaar. Het gaat hier dus over een samenwerking tussen onderzoekers, vrijwilligers en de landbouwer. De inzet van een drone met warmtecamera zou het werk efficiënter kunnen maken. De integratie van de coördinaten in de tractor-gps moet vlotter kunnen. Verdere opvolging van het broedsucces is aanbevolen (door kievitkuikens te kleurringen of zenderen).

Op basis van de resultaten op het akkerbouwbedrijf in Koksijde (zie 10.4.2.1) werd samen met de landbouwer aanvullend onderzoek uitgevoerd. Figuur 10.3 laat zien dat de veldleeuwerik meer dan dubbel zoveel aanwezig was bij de agro-ecologische akkerbouwer in vergelijking met de controle-meetpunten in het referentiegebied (Polders, open landschap, binnen gebied met soortenbeschermingsprogramma, ten westen van de lijn Oostende - Gistel - Torhout).

////////////////////////////////////

In 2025 werden acht nesten gevonden, drie in de percelen met beheerovereenkomst Faunarand plus en vijf in percelen met ecoregeling zomertarwe (Tabel 10.2). In de percelen met ecoregeling zomerhaver vonden we geen nesten. De nesten in de faunarand bevonden zich steeds in de ruigste strook van de rand. Van de acht nesten werden er drie gepredeerd, alle in de ecoregeling zomertarwe. Bij drie nesten met jongen voerden we, net als in 2024, foerageerprotocols uit. Ook hier zijn de resultaten nog niet verwerkt.

Territorium-ID	Startdatum jongenfase	Gewas	Hoogste waargenomen status
25WUL01VLK	04/05/2025	beheerovereenkomst: faunarand plus (overstaande strook)	uitgelopen jongen
25WUL02VLK	06/05/2025	beheerovereenkomst: faunarand plus (overstaande strook)	jongenfase
25WUL05VLK	06/06/2025	ecoregeling: zomertarwe	jongenfase: gepredeerd
25WUL06VLK	12/06/2025	ecoregeling: zomertarwe	uitgelopen jongen
25WUL07VLK	12/06/2025	ecoregeling: zomertarwe	uitgelopen jongen
25WUL04VLK	nvt	ecoregeling: zomertarwe	eifase: gepredeerd
25BOO02VLK	13/07/2025	ecoregeling: zomertarwe	jongenfase: gepredeerd
25WUL08VLK	22/07/2025	beheerovereenkomst: faunarand plus (overstaande strook)	uitgelopen jongen

////////////////////////////////////

Tabel 10.3: Overzicht van nestcamera-onderzoek bij nesten van veldleeuwerik op de percelen van het akkerbouwbedrijf in Koksijde (2025)

Op de beelden van de nestcamera bij een nest in de beheerovereenkomst 'Faunarand plus' konden we met zekerheid vaststellen dat het legsel van drie eitjes in twee uitgelopen jongen resulteerde. Daarentegen werden beide nesten in de ecoregeling zomertarwe gepredeerd: in het ene nest werden de jongen geroofd door een huiskat, terwijl we konden waarnemen dat een bruine kiekendief een kuiken uit het andere nest plukte en dit nog voordat we de camera erbij geplaatst hadden. We hebben sterke vermoedens dat uiteindelijk alle jongen uit dit nest gepredeerd werden omdat het nest op de zesde dag na het uitkomen van de eieren leeg was, terwijl jonge veldleeuweriken normaal pas na acht dagen uitlopen. Door een technische fout registreerde de camera echter niet wat er precies met de andere twee jongen gebeurde en welke soort de overgebleven jongen predeerde. In het onderzoeksgebied lijken veldleeuweriken in grotere mate blootgesteld aan predatie dan in andere landbouwgebieden in Vlaanderen. Regelmatig waargenomen predatoren zijn: bruine kiekendief, torenvalk, buizerd, huiskat en in mindere mate hermelijn en grauwe kiekendief. Behalve op predatie bood het onderzoek een nieuwe invalshoek op de voederfrequentie en voedselvoorkeuren en -hoeveelheden.

Ook het Regionaal Landschap Zuid-Hageland toonde zich sterk geïnteresseerd in MBAG. In samenspraak met het Regionaal Landschap werd ook in deze regio in 2025 het meetnet aangevuld met nestcamera-onderzoek (zie 10.4.2.3).

////////////////////////////////////

Na (mondelinge) goedkeuring om een nestcamera te plaatsen, betraden we het perceel om het nest te zoeken. We gebruikten daarbij kijklijnen om zo gericht mogelijk naar het nest te lopen en de percelen zo weinig mogelijk te betreden. Het plaatsen van de camera verliep zoals beschreven in 10.4.2.3. Ook hier werden de landbouwers geïnformeerd over het verloop en succes van de plaatsing en stuurden we de landbouwers een of meerdere videofragmenten of foto's. Dergelijk onderzoek samen met landbouwers werkt zeer verbindend, het delen van de informatie wordt zeer gewaardeerd. De resultaten zijn nog in verwerking.

Het Regionaal Landschap Zuid-Hageland had, in samenwerking met het Praktijkpunt Landbouw Vlaams-Brabant, een project lopen: Agro-ecologische granen voor brood, bier, biodiversiteit en bodem. Dit project richtte zich op het bevorderen van agro-ecologische teeltpraktijken en het monitoren van de impact hiervan op biodiversiteit. Ze vroegen aan de deelnemende landbouwers wie geïnteresseerd was in MBAG en in aanvullende biodiversiteitsmetingen op hun bedrijf. Vier landbouwers toonden zich geïnteresseerd. Zij hadden specifieke vragen over de impact van faunavoedselgewas en van hagen, van stal mest versus drijfmest, van jonge versus oude hagen en van diverse vormen van begrazing. De landbouwers gaven daarbij ook aan in welke biodiversiteit ze geïnteresseerd waren. Dat ging doorgaans over functionele biodiversiteit. In 2024 werden, naargelang de relevantie, metingen uitgevoerd op kruipende ongewervelden, waaronder mestkevers, alsook op nachtvinders en op regenwormen. Vooral de regenwormen genoten veel interesse. Ook de mestkevers waren een specifieke invalshoek van een landbouwer.

////////////////////////////////////

Voor de resultaten van deze metingen en de gebruikte methoden verwijzen we naar het rapport “Biodiversiteit meten met landbouwers: Een verkenning bij het Regionaal Landschap Zuid-Hageland” (Lateir *et al.*, 2025). Het rapport omvat ook een literatuurstudie over het belang van diverse ongewervelden in het landbouwecosysteem en suggesties voor het stimuleren ervan.

10.5 Conclusies

Via de verschillende hierboven vermelde acties werden vanuit de onderzoekers en vrijwilligerscoördinatoren voorzichtige contacten gelegd met landbouwers. Deze nieuwe contacten lieten toe om bijvoorbeeld nestonderzoek uit te voeren, waarbij onderzoekers percelen betreden en hun observaties uitgebreid delen met de landbouwers. Dit leidde tot een opbouw van vertrouwen. De onderzoekers konden ervaren dat eenmaal er een basis van vertrouwen is, sneller kan gereageerd worden op specifieke situaties en dat zich dankzij dialoog nieuwe kansen aandienen, zowel voor onderzoek als voor verdere maatregelen ter ondersteuning van akkervogels. Dit is wat onderzoekers naar polarisatie '*participatory knowledge cocreator*' in het midden noemen. Er wordt samen aan een gemeenschappelijk verhaal gebouwd.

De Zuid-Hagelandse landbouwers geïnteresseerd in agro-ecologische praktijken toonden zich bereid om mee te denken rond mogelijkheden voor onderzoek en inspanningen ter ondersteuning van biodiversiteit op hun bedrijven. Waar deze landbouwers in eerste instantie vooral in termen van functionele biodiversiteit dachten, kregen zij ook interesse om rond akkervogels te werken. Er bleek nood aan een vervolgproject waarin biodiversiteit verder met de betrokken landbouwers wordt opgevolgd. Ook de landbouwadviseur die bij dit project betrokken was, toonde interesse voor verdere samenwerking met andere groepen landbouwers die hij begeleidt. Ondertussen heeft het Regionaal Landschap ook een vervolgproject lopen.

Vooraf bij landbouwers met interesse in agro-ecologie, regeneratieve en/of biologische landbouw vonden we interesse in biodiversiteit in het agrarisch gebied. Er was vraag naar inzicht in aanwezige soorten, de ecologie van deze soorten en hun functie in het landbouwecosysteem, alsook inzicht in hoe de biodiversiteit op het landbouwbedrijf te ondersteunen en in de impact van specifieke praktijken op de biodiversiteit (effectmonitoring). Daarbij situeert de vraag zich naar toegankelijke informatie over relevant onderzoek en praktijkgerichte kennisuitwisseling tussen landbouwers onderling, met onderzoekers en adviseurs, liefst gebaseerd op concrete toepassingen in het veld. We bevinden ons hier op een kruispunt tussen landbouwers, onderzoekers, intermediaire organisaties, adviseurs en educatieve initiatieven, waarin elk hun eigen rol heeft.

In Hoofdstuk 2.3 lieten we ook zien hoe vrijwilligers en vrijwilligerscoördinatoren een belangrijke rol speelden in MBAG. Het is cruciaal om deze groep vrijwilligers over de tijd heen te blijven betrekken, met voldoende professionele ondersteuning, zodat hun betrokkenheid en jaarlijkse inzet behouden blijft.

////////////////////////////////////

Dit nieuw opgebouwde vertrouwen is nog fragiel. Het is belangrijk dat de onderzoekers die deze voorzichtige contacten hebben opgebouwd daar zelf op kunnen verderwerken. Indien de contacten stilvallen gaat het prille vertrouwen weer verloren, en erger nog, indien een aantal jaren later een andere onderzoeker weer contacten legt is het risico groot dat het moeilijker zal zijn om dergelijke contacten op te bouwen. Deze contacten zijn nog fragmentair, maar functioneren als best practice en kunnen zo bijdragen aan verdere opschaling.

10.6 Extra outputs

11 Communicatie

47 <https://vilt.be/nl/nieuws/natuurpunt-en-gentse-landbouwers-slaan-handen-in-elkaar-voor-akkervogelbrood>

210

De communicatie-inspanningen zetten in op:

- **Korte en krachtige boodschappen** die de doelstellingen en de aanpak van de diverse meetnetten belichten;
- **Laagdrempelige** communicatie met **Heerlijk Helder-taalgebruik**.

Communicatiekanalen (Tabel 11.1):

- Voor de horizontale, ondersteunende modules werd gekozen voor **onepagers** (*In een oogopslag*): korte teksten die in een aantal paragrafen – en ondersteund door beelden of foto's – de meetnetten duiden.
- Voor de verticale, inhoudelijke modules werd gekozen voor onepagers (*In een oogopslag*) en voor **korte video's** die werden verdeeld via de site van het INBO en de diverse sociale mediakanalen van het Instituut, verspreid over een periode van 6 maanden.
- Daarnaast werd een **brochure** gemaakt die het volledige MBAG-project samenvat.

Naar de toekomst toe zou het zinvol zijn om een nieuwsbrief voor landbouwers op te starten.

Tabel 11.1: Overzicht van de communicatie-outputs, inclusief koppelingen

- [Brochure](#)

////////////////////////////////////

Voor verticale inhoudelijke modules

- **Vogels (en zoogdieren)**
 - In een oogopslag
 - Video 'Monitoren van vogels en zoogdieren in agrarisch gebied'
 - Video 'Onderzoek naar het broedsucces van akkervogels'
- **Bestuivers**
 - In een oogopslag
 - Video 'SPRING: monitoren van bestuivers in landbouwgebied'
- **Aquatische ongewervelden**
 - In een oogopslag
- **Biologische Waarderingskaart**
 - In een oogopslag
 - Video 'De Biologische Waarderingskaart heeft extra aandacht voor het landbouwgebied'
 - Video 'De Biologische Waarderingskaart met extra aandacht voor akkerflora'
- **Meetnetten Natuurlijk Milieu**
 - In een oogopslag
 - Video 'Meetnetten Natuurlijk Milieu: onderzoek naar milieudrukken die impact hebben op onze habitattypes'

Voor horizontale ondersteunende modules

- **Statistiek**
 - In een oogopslag
- **Databeheer**
 - In een oogopslag
- **Cocreatie**
 - In een oogopslag
 - Video 'Onderzoek naar de aanwezigheid van mestkevers in landbouwgebied'
 - Video 'Regenwormen als indicator van een goede bodem(biodiversiteit)'
- **Coördinatie**
 - In een oogopslag

Referenties

Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen (2016). Orthofoto's, middenschallig, kleur, opname winter 2016, digitale versie.

[illegible]

Instituut Natuur- en Bosonderzoek (2025). Research Institute for Nature and Forest Expert Portal.
<https://pureportal.inbo.be>

Instituut Natuur- en Bosonderzoek (2025a). Publisher: Research Institute for Nature and Forest (INBO), GBIF. <https://www.gbif.org/publisher/1cd669d0-80ea-11de-a9d0-f1765f95f18b>

Instituut Natuur- en Bosonderzoek (2025b). Zenodo Community: Research Institute for Nature and Forest (INBO). <https://zenodo.org/communities/inbo/records>

Instituut Natuur- en Bosonderzoek (2025c). GitHub homepage: Research Institute for Nature and Forest (INBO). <https://github.com/inbo>

Instituut Natuur- en Bosonderzoek (2025d). INBO Protocols.
<https://inbo.github.io/protocols/index.html>

Instituut Natuur- en Bosonderzoek (2025e). GitHub Repository: inbo/protocols:Public.
<https://github.com/inbo/protocols>

Jansen, J., Cartuyvels, E., Desmet, S., Heremans, S., Van Calster, H., Van Overmeeren, N., Vanpoucke, K., & Langeraert, W. (in voorbereiding). Uitrol van het Meetnet Agrarische Soorten (MAS) in Vlaanderen. Achtergronddocument bij het MAS in het kader van het Meetnet Biodiversiteit in Agrarisch Gebied (MBAG). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Jönsson P. & Eklundh L. (2004). TIMESAT—a program for analyzing time-series of satellite sensor data. *Computers & Geosciences* 30 (8): 833–845. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2004.05.006>

Jurburg SD, Keil P, Singh BK, Chase JM (2021) All together now: Limitations and recommendations for the simultaneous analysis of all eukaryotic soil sequences. *Molecular Ecology Resources* 21: 1759–1771. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13401>

Katrak-Adefowora R., Blickley J.L. & Zellmer A.J. (2020). Just-in-Time Training Improves Accuracy of Citizen Scientist Wildlife Identifications from Camera Trap Photos. *Citizen Science: Theory and Practice*, Volume: 5 Issue: 1, Page/Article: 8. DOI: 10.5334/cstp.219

////////////////////////////////////

Langeriaert W. (in voorbereiding). Poweranalyse voor het meten van de effectiviteit van soortenbeschermingsprogramma's in landbouwgebied van Vlaanderen. Aanzet tot een vereenvoudigde versie van het Meetnet Agrarische Soorten ("MAS light"). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2026 (53). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: [10.21436/inbor.152017328](https://doi.org/10.21436/inbor.152017328)

Later M., Van Donink S., Dumortier M., Tys I., De Bruyn L. (2025). Biodiversiteit meten met landbouwers: Een verkenning bij het Regionaal Landschap Zuid-Hageland. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (52). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.132598507

Letkens S., D'Hose T., De Vos B., Amery F., Salomez J., Luts D., Oorts K. (2025). Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon: protocol bodembemonstering, versie 2.0. Departement Omgeving, Brussel.
<https://omgeving.vlaanderen.be/nl/klimaat-en-milieu/bodem-en-ondergrond/vlaamse-koolstofmonitoring-hoeveel-koolstof-zit-er-in-de-bodem>

Leyssen A., Oosterlynck P., Packet J., Peymen J., Pollet M., Provoost S., Scheppers T., Spanhove T., Thomaes A., Van de Meutter F., Van den Berghe K., Vanden Borre J., Van den Broeck A., Vanderhaeghe F., Vandevoorde B. & Hoffmann M. (2022). Voorstel voor een Meetnet Biodiversiteit Agrarisch Gebied. Adviezen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nr. INBO.A.4387. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

[illegible]

Settele J., Aracil A., Arnberg H., Åström S., Bacon J., Balalaikins M., Báldi A., Bane M., Barda M., Barea-Azcón J.-M., Beckert J., Berlengée F., Bevk D., Biesmeijer J.C., Bonelli S., Bosch J., Botham M., Bourn N., Bozua M., Brosens D., *et al.* (2024) SPRING - Strengthening Pollinator Recovery through Indicators and monitoring. Helmholtz-Centre for Environmental Research – UFZ, Leipzig, Germany. Available at: https://www.ufz.de/export/data/498/301564_SPRING%20Final%20report_EC_final_update_July_2025.pdf

Sonneville, A., Dumortier, M., Laukens, B., Sannen, K., Vicca, J., & Willekens, K. (2025). Winterbegrazing met schapen: Samenwerking voor landbouw en natuur. (Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek; Nr. 31). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. <https://doi.org/10.21436/inbor.126840021>

Swinton S.M., Lupi F., Robertson G.P., Hamilton S.K. (2007). Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits, *Ecological Economics*, Volume 64, Issue 2, Pages 245-252, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.020>

Taberlet P., Prud'Homme S.M., Campione E., Roy J., Miquel C., Shehzad W., Gielly L., Rioux D., Choler P., Clément J., Melodelima C., Pompanon F. & Coissac E. (2012b). Soil sampling and isolation of extracellular DNA from large amount of starting material suitable for metabarcoding studies. *Molecular Ecology* 21 (8): 1816–1820. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05317.x>.

[illegible]

////////////////////////////////////