

# DIOPSIS



## **DIOPSIS** Automatische insectencamera

Rapport 2021

# Inhoudsopgave

1. Inleiding	3
2. Overzicht monitoring met DIOPSIS v2	4
3. DIOPSIS beeldherkenning	6
4. Ecologische analyse	8
5. Project coördinatie en communicatie	20
Referenties	22
Bijlage 1. Camera overzicht 2021	23
Bijlage 2. DIOPSIS beeldherkenningmodel 2020 taxon lijst	26

Dit rapport is geschreven voor de opdrachtgevers van het DIOPSIS 2021-2023 project en omvat resultaten over de werking van de DIOPSIS camera's, verzamelde data en ecologische analyse voor het seizoen 2021.

Chantal Huijbers, Naturalis - DIOPSIS projectleider  
Stephan Peterse, Faunabit - Camera ontwikkelaar  
Eelke Jongejans, Radboud Universiteit, Nijmegen - Ecoloog  
Laurens Hoogeweg, Naturalis - Algoritme ontwikkelaar  
Theo Zeegers, EIS Kenniscentrum Insecten - Entomoloog

[www.diopsis.eu](http://www.diopsis.eu)

# 1. Inleiding

Recente studies hebben een sterke achteruitgang laten zien in insectenpopulaties wereldwijd (Hallmann et al. 2017, Wagner 2020, Barendregt et al. 2022). Vliegende insecten zijn van groot belang voor ons ecosysteem als voedselbron voor insectenetende vogels en vleermuizen, bestuivers van inheemse wilde planten en andere ecosysteemdiensten (Losey & Vaughan 2006). Wat de oorzaken en gevolgen zijn van een sterke achteruitgang en hoe slecht het daadwerkelijk gaat met de insectenstand in Nederland is nog onduidelijk (Kleijn et al. 2018). Het is daarom van belang om een methode te ontwikkelen voor insecten monitoring welke op grote schaal ingezet kan worden. Traditionele methodes zoals het gebruik van malaise vallen, plakvallen en transect tellingen leveren veel belangrijke informatie, maar zijn ook tijdrovend, vereisen veel handmatig werk voor uitvoeren, sorteren en identificeren van insecten en zijn lethaal voor insecten. Innovatieve technologieën zoals automatische beeldherkenning kunnen een oplossing vormen om op een non-invasieve, autonome en gestandaardiseerde manier op grote schaal insecten te kunnen monitoren (van Klink et al. 2022).

Sinds begin 2019 wordt er door het DIOPSIS consortium (Naturalis, EIS Kenniscentrum Insecten, Radboud Universiteit Nijmegen, COSMONiO en Faunabit) gewerkt aan de ontwikkeling van een nieuw, automatisch monitoringssysteem voor insecten. Het hoofddoel is het monitoren van de aantallen en biomassa van verschillende soorten insecten om daarmee de trends in de achteruitgang van insecten in kaart te brengen, te begrijpen en waar mogelijk de relatie met mitigerende maatregelen te bepalen.

De belangrijkste onderzoeksvragen waarbij de camera een grote rol kan spelen zijn:

- Wat is de trend van de insectenstand (aantallen, biomassa en diversiteit)?
- Wat is de trend per landschapstype (natuurgebied, agrarisch/landelijk gebied en stedelijk gebied)?

Na een succesvolle pilotstudie in 2019 en 2020 met een eerste versie van de DIOPSIS camera heeft Faunabit in 2021 de ontwikkeling van de camera overgenomen. Om de haalbaarheid van lange termijn, geautomatiseerde trend monitoring in Nederland verder te onderzoeken is in 2021 een nieuwe pilot gestart voor 3 jaar (2021-2023). Hier doen de volgende opdrachtgevers aan mee:

- Provincie Flevoland,
- Provincie Fryslân,
- Provincie Gelderland,
- Provincie Noord-Holland,
- Provincie Zeeland,
- Provincie Zuid-Holland,
- Gemeente Amsterdam,
- Hoogheemraadschap Noorderkwartier (HHNK),
- PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN).

Dit rapport is het verslag van meetjaar 2021 met toelichting over de behaalde monitoring, beeldherkenning, verbetering van het DIOPSIS algoritme, de ecologische analyse van de verkregen data en project coördinatie en communicatie.

## 2. Overzicht monitoring met DIOPSIS v2

De opdracht voor het monitoren van insecten met de DIOPSIS v2 camera omvat het plaatsen van de camera's in de zomer van elk jaar (2021 t/m 2023) gedurende minimaal 2 maanden.

### Camera plaatsing

In 2021 zijn in totaal 91 camera's geplaatst (zie Bijlage 1). Doordat de opdracht voor de pilot met de nieuwe Faunabit camera's pas in het voorjaar van 2021 rond was, moesten deze camera's in een kort tijdsbestek van 3 maanden gebouwd worden. Dit heeft geleid tot latere plaatsing van de camera's dan we idealiter zouden willen, maar alsnog is er gedurende de zomer van 2021 gemonitord. De plaatsing van de camera's vond plaats tussen 20 juli en 11 augustus en deze zijn weer opgehaald tussen 23 september en 5 november. Het gemiddeld aantal dagen in het veld was 75, wat ruim 2 maanden per camera is.

### Camera werking

In de korte tijd die Faunabit had om de camera's te ontwikkelen is alles uitgezocht, besteld, gebouwd en ontwikkeld om een zo goed mogelijk product neer te zetten. Een van de problemen met de DIOPSIS v1 camera was dat er geen mogelijkheid was tot automatisch opnieuw opstarten nadat de camera uitviel. Dit is een van de verbeteringen die is ingevoerd met de ontwikkeling van de DIOPSIS v2 camera. Als een camera bijvoorbeeld uitvalt door een lege accu, start deze nu automatisch weer op zodra de accu weer is opgeladen. Ook zijn er mechanismen ingebouwd die bij een software crash ervoor zorgen dat de camera opnieuw opstart. Daarnaast is ervoor gezorgd dat de camera's waterdicht zijn. Er is slechts in 1 geval water in de camera's gevonden, wat veroorzaakt werd door een defect glaasje voor de camera.

De meest voorkomende problemen met de werking van de DIOPSIS v2 camera's in 2021 waren gerelateerd aan de batterij. De zonnepanelen staan meestal in het gras waardoor na enige tijd te veel begroeiing voor de panelen kwam en de stroomopbrengst ongeveer 33% lager was dan verwacht. Daarnaast hadden we in 2021 te maken met een bewolkte zomer met aanhoudende dagen zonder zon waardoor de batterij niet genoeg werd opgeladen. Een te lage batterijspanning zorgt ervoor dat de camera niet genoeg stroom heeft om 's avonds met verlichting te werken en dus is er in 2021 niet altijd 's nachts gemeten.



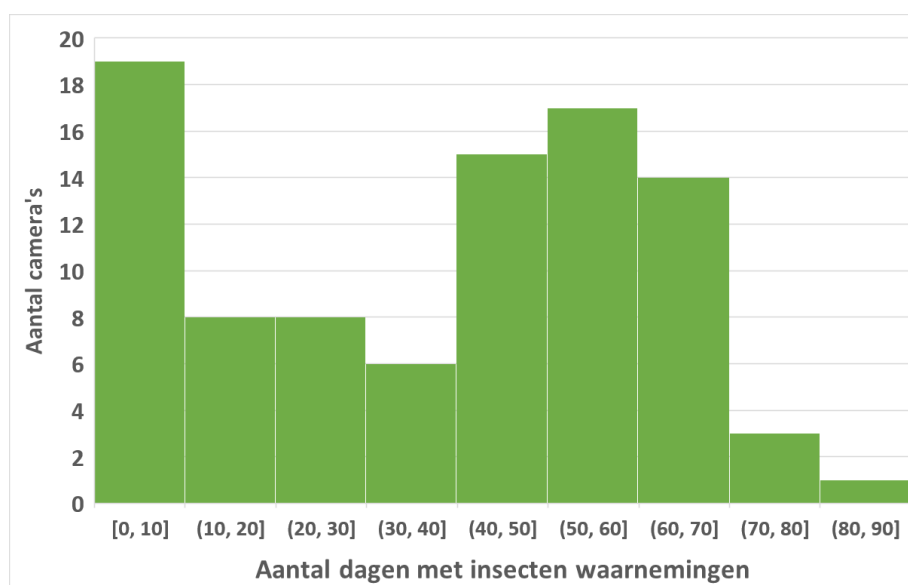
Andere problemen die in 2021 mogelijke uitval van camera's of een vermindering van bruikbare data hebben veroorzaakt zijn:

- Kleine veranderingen in de richting van de cameraleens gedurende het onderzoek. Dit is na constatering opgelost door het frame van de camera te verstevigen en de lens vast te lijmen op een stabiele ondergrond.
- Aansluiting van de camera op het zonnepaneel: de montage van de voedingskabel is na het seizoen aangepast van een gesoldeerde aansluiting naar een klemaansluiting omdat de soldeeraansluiting los liet wat tot uitval van de camera leidde.
- Vastlopen van de software welke een kritieke fout veroorzaakt waardoor de camera niet meer opstart. Dit is pas ontdekt na onderzoek in 2023.

De DIOPSIS v2 camera is zo geprogrammeerd dat deze foto's maakt zodra beweging op het scherm wordt waargenomen en daarnaast met reguliere intervallen. Elke camera maakt maximaal 6 foto's per minuut. In 2021 zijn er in totaal 12 miljoen (12.134.562) foto's gemaakt.

### Verzamelde data

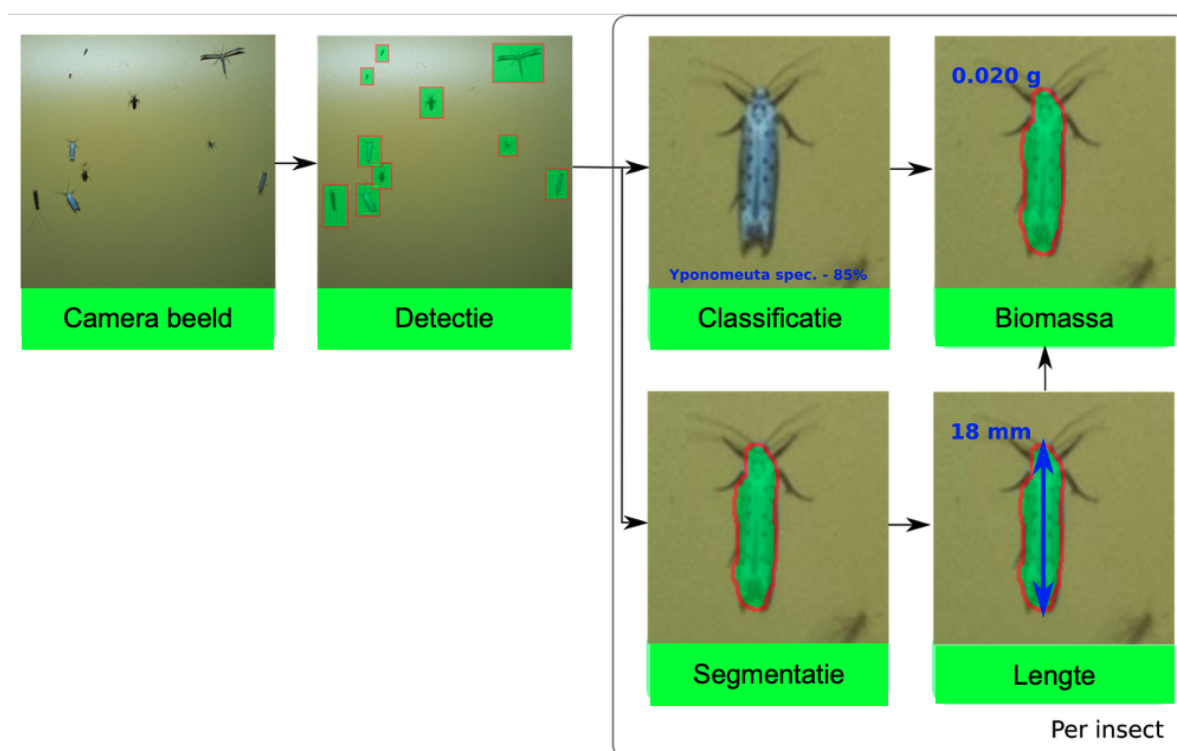
Alle 91 camera's gezamenlijk hebben in 2021 een totaal van 310973 insecten waargenomen. Gemiddeld had een camera 38 dagen met insectenwaarnemingen. Bij 50 camera's (55%) hadden we minimaal 40 dagen met waarnemingen, en van 19 camera's (21%) hadden we minder dan 10 dagen met insecten waarnemingen (Figuur 1). Door de late plaatsing van de camera's werd er nog gemonitord in september en oktober, maar in die periode werden veel minder insecten waargenomen dan gedurende de zomermaanden. Voor 74 camera's (81%) is voldoende data verzameld om te analyseren en een rapport per camera te genereren welke gepubliceerd zijn op de [DIOPSIS website](#). Dit betekent dat voor 17 camera's (19%) geen rapport is gemaakt.



Figuur 1. Histogram met indeling van aantal camera's per categorie van aantal dagen met insectenwaarnemingen.

### 3. DIOPSIS beeldherkenning

In totaal hebben de DIOPSIS v2 camera's ruim 12 miljoen foto's genomen gedurende het 2021 monitoring seizoen. Deze zijn geanalyseerd met gespecialiseerde beeldherkenning software, speciaal ontwikkeld door Naturalis voor DIOPSIS. Het DIOPSIS beeldherkenning model bestaat uit meerdere stappen voor detectie van insecten op een foto, classificatie, segmentatie om de lengte van een insect te meten, en biomassa schatting op basis van de gemeten lengte (Figuur 2).



Figuur 2: Overzicht van de verschillende stappen in het DIOPSIS beeldherkenning model.

De foto's die in 2021 door de DIOPSIS camera's zijn geanalyseerd met het beeldherkenningmodel dat in 2020 is ontwikkeld. Met dit model kunnen gedetecteerde insecten op een foto geclassificeerd worden tot 7 soorten, 4 genera, 41 families en 11 ordes (zie Bijlage 2).

In 2021 is er een verbetering van het beeldherkenning model gemaakt op basis van een verbeterde training dataset met foto's van de DIOPSIS v2 camera. Voor deze verbetering zijn identificaties van ~50.000 insecten op 4000 foto's gebruikt. Met het nieuwe beeldherkenning model van 2021 worden 16 soorten, 12 genera, 53 families, en 14 (sub)ordes herkend.



Om een goede vergelijking van resultaten tussen jaren mogelijk te maken is ervoor gekozen om de foto's van 2021 in eerste instantie te analyseren met het 2020 model. Zodra we nieuwe foto's gaan analyseren met een nieuw model moeten ook de oude foto's met dit nieuwe model worden geanalyseerd om alle resultaten van alle jaren te kunnen gebruiken in een trendanalyse. Voordat we dit gaan doen willen we eerst door middel van een steekproef testen hoeveel meer nieuwe data het 2021 model oplevert. Daarnaast wordt er momenteel gewerkt aan een nationale infrastructuur (ARISE) waarmee de Diopsis foto's geanalyseerd kunnen worden op Snellius, de supercomputer van Nederland beheerd door SURF. Als dit systeem volledig draait (eind 2023-begin 2024), dan kan er sneller en efficiënter meer data geanalyseerd worden met meerdere versies van het beeldherkenningsmodel.

## 4. Ecologische analyse

Op basis van de resultaten verkregen uit de beeldherkenning analyse kan een ecologische analyse worden uitgevoerd. Voor dit project wordt deze analyse uitgevoerd op basis van de bruikbare data van alle camera's gezamenlijk. Bruikbare data waren er in 2021 voor maar liefst 97 DIOPSIS camera's.

### Input data voor ecologische analyse

Voor deze analyses hebben we het aantal waarnemingen per uur gekozen als eenheid. De frequentie waarmee foto's gemaakt worden kan enigszins variëren tussen camera's (afhankelijk van software-instellingen) en bovendien zijn KNMI weergegevens beschikbaar op uurbasis. Alleen uren gedurende welke de betreffende camera de gehele tijd goed gefunctioneerd heeft zijn meegenomen in de analyses. In totaal gaat het om 48.767 uur aan data (zie tabel 1 voor een uitsplitsing per provincie).

Binnen elk uur zijn mogelijke dubbeltellingen (doordat individuen op meerdere foto's te zien zijn) verwijderd op basis van het beeldherkenning algoritme, dat ook individuen 'volgt' over opeenvolgende foto's. Het is wel mogelijk dat eenzelfde individu in verschillende uren meegeteld is. De database op uurbasis telt in totaal 279.692 individuele dieren, waarvan 98,4% insecten. Van die insecten was 69,2% vlieg of mug (Diptera), 13,5% mot (Lepidoptera), 8,5% wants of bladluis (Hemiptera), 3,7% Hymenoptera (bijen, wespen, maar vooral mieren), en de overige 5,1% haften, schietmotten, kevers, gaasvliegen en sprinkhanen.

Tabel 1. Overzicht van 2021 DIOPSIS data gebruikt in de ecologische analyses. Totaal aantal camera's, locaties, uren en insecten per provincie. NB: Voor de provincie Noord-Holland is dit overzicht voor alle camera's van de 4 verschillende opdrachtgevers in deze provincie tezamen.

	Flevoland	Friesland	Gelderland	Noord-Holland	Zeeland	Zuid-Holland
# Camera's	5	9	19	22	16	26
# Locaties	5	9	18	21	16	19
# Uren	3559	4877	5976	11620	10426	12309
# Dieren	35961	21008	38812	57395	55668	70848
# Insecten	35576	20703	38021	57014	54362	69611
# Vliegen, muggen	28677	14524	20349	37576	36850	48190
# Vlinders (motten)	2118	1323	11633	6285	7945	6931
# Wantsen, bladluizen	1401	2561	1578	8189	4916	4274
# Mieren, bijen, wespen	2162	982	1009	1698	2472	1611
# Haften	329	364	1811	955	796	5679
# Schietmotten (kokerj.)	387	207	331	1042	223	738
# Kevers	98	97	213	150	217	208

In bovenstaand overzicht (Tabel 1) zijn de insecten per taxonomische orde geteld. Het merendeel (58,4%) van de gebruikte data betreft individuen die op familie niveau zijn geïdentificeerd, verdeeld over 41 families (Tabel 2). De drie meest abundante families waren Chironomidae (109.955 dansmuggen), Crambidae (14.454 grasmotten) en Caenidae (9.385 haften).

Tabel 2: Taxonomisch niveau waarop waargenomen individuen zijn geïdentificeerd door het beeldherkenning model. Voor elk niveau is ook het aantal waargenomen taxa gegeven, waarbij de meest abundante taxa genoemd worden.

Taxonomisch niveau	# Individuen	# Groepen
Klasse	7669	4: Insecta, Gastropoda, Collembola, Arachnida
Orde	108252	10: Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, ...
Family	163220	41: Chironomidae, Crambidae, Caenidae, ...
Genus	109	4: <i>Pyrausta</i> , <i>Idaea</i> , <i>Fannia</i> , <i>Spilosoma</i>
Species	177	7: <i>Agapeta hamana</i> , <i>Synaphe punctalis</i> , ...

### Uitleg ecologisch model

In onderstaande analyses focussen we alleen op insecten, en worden de waargenomen slakken, springstaarten en spinachtigen buiten beschouwing gelaten. Om te onderzoeken waar het aantal insecten per uur door beïnvloed werd, hebben we de data geanalyseerd met een regressiemodel. Omdat data van verschillende uren van dezelfde camera natuurlijk niet onafhankelijk zijn, hebben we camera-ID als 'random' factor in het model opgenomen. De spreiding in het aantal insecten per uur is aanzienlijk groter dan het gemiddelde. Daarom veronderstellen we dat de data een negatieve binomiale verdeling volgen. Bovendien zijn er 40,6% van de uren (vooral overdag) geen insecten waargenomen, waardoor gesteld kan worden dat de data 'zero-inflated' zijn. Al deze aspecten zijn meegenomen in een gegeneraliseerd lineair gemengd-effect regressiemodel met behulp van de glmmTMB functie in R (Brooks et al. 2017). In zo'n 'hurdle' model worden verklarende variabelen apart opgegeven voor de twee lineaire modellen die tegelijkertijd gefit worden: een (binomiaal) zero-inflation model dat de kans op een nulwaarneming weergeeft, en een negatief-binomiaal 'conditioneel' model dat het aantal insecten weergeeft mits er insecten te zien zijn.

### Meer waarnemingen gedurende de nacht

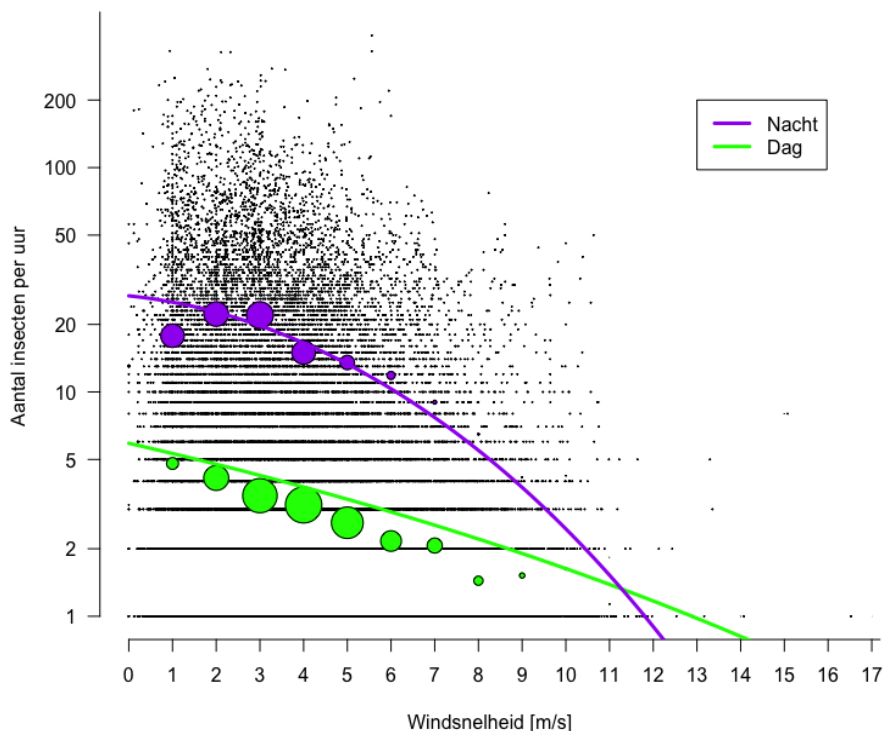
Onze modelselectie strategie is er een van stapsgewijs opbouwen. Allereerst onderkennen we dat er 's nachts (wanneer insecten aangetrokken worden door de belichting) meer insecten op het scherm te zien waren dan overdag. De eerste verklarende variabele in onze modellen is daarom de binaire variabele 'dag', die een waarde van 1 heeft tussen 04:00 en 22:00, en 's nachts een waarde van 0. Het resulterende startmodel laat zien dat 'dag' inderdaad zeer significante ( $p < 0.001$ ) effecten heeft in beide onderdelen van het model: 's nachts was de kans groter dat er tenminste 1 insect per uur gezien werd, en als er in een uur insecten gezien werden, waren het er 's nachts gemiddeld meer dan overdag.

### Effecten weersomstandigheden

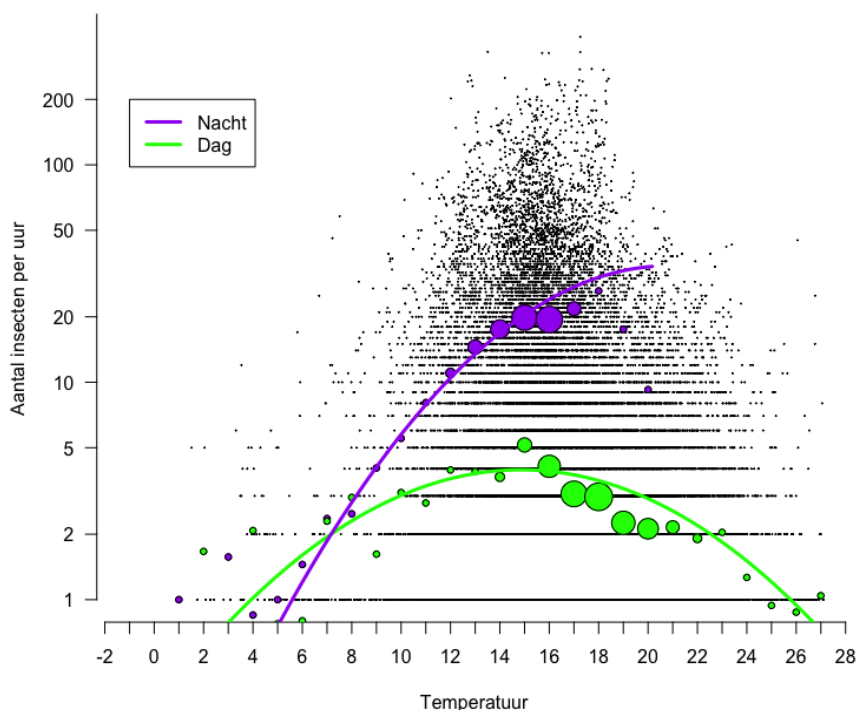
Insecten zijn actiever bij droog, windstil, warm of zwoel weer (Hallmann et al. 2017, 2020; Barendregt et al. 2022). Het was dan ook de verwachting dat weersomstandigheden van invloed zijn op het aantal waargenomen insecten. Om uur-specifieke weersvariabelen mee te kunnen nemen in de analyses, hebben we uur-specifieke weergegevens gebruikt van alle KNMI weerstations waarvan data gedownload konden worden van [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl). Vervolgens zijn de beschikbare weergegevens van elk uur geïnterpoleerd naar de locaties van de camera's. Bij die ruimtelijke interpolatie zijn de gegevens van de weerstations simpelweg gewogen naar de inverse van de afstanden van de weerstations tot een bepaalde camera. Op die manier wegen de gegevens van de dichtstbijzijnde weerstations het zwaarst.

Eerst is gekeken of sommige weersvariabelen onderling sterk correleren, hetgeen problematisch zou kunnen zijn in een regressiemodel. De gemiddelde en maximale windsnelheid per uur waren bijvoorbeeld zeer sterk positief gecorreleerd, en daarom is alleen de gemiddelde windsnelheid meegenomen in de modellen. Luchtvochtigheid en zonneshijn waren sterk negatief gecorreleerd, waarna we besloten luchtvochtigheid buiten beschouwing te laten. De resterende weersvariabelen werden steeds met interacties met 'dag' meegenomen, omdat temperatuur en windsnelheid mogelijk andere effecten hebben overdag dan 's nachts, terwijl het aandeel zonneshijn natuurlijk alleen overdag effect heeft. Weersvariabelen zijn voorafgaand genormaliseerd (i.e., herschaald naar een gemiddelde van 0 en een standaarddeviatie van 1) en degene met niet-significante effecten zijn vervolgens verwijderd.

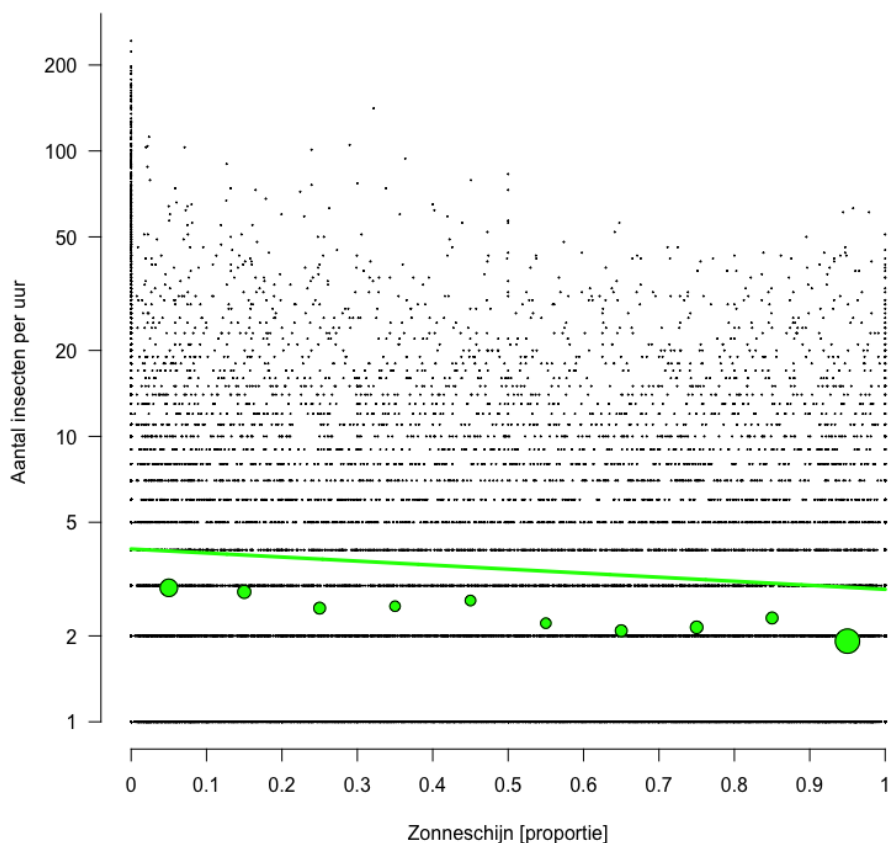
Het resulterende weermodel heeft windsnelheid in het zero-inflation gedeelte, en meerdere variabelen in het conditionele gedeelte: windsnelheid, windsnelheid in het kwadraat, temperatuur, temperatuur-kwadraat, en zonneshijn. Volgens het gefitte model neemt het aantal waargenomen insecten per uur sterk af als het meer waait. Dat effect is 's nachts nog sterker dan overdag (Figuur 3; let op de log-schaal op de y-as). Temperatuur had 's nachts een enigszins ander effect op het aantal insecten dan overdag (Figuur 4). Overdag was er duidelijk een optimum temperatuur: het weermodel voorspelt overdag de hoogste aantallen (tot gemiddeld 4 per uur) bij 15 graden Celsius, met lagere aantallen naarmate het kouder of warmer dan dat wordt. Voor de nachtelijke uren geldt dat hoe warmer het was, hoe meer insecten geteld werden: van gemiddeld 4 per uur bij 9 graden Celsius tot meer dan 20 per uur boven de 15 graden Celsius. Zonneshijn, i.e. het tijdsaandeel met zon tijdens een uur, heeft een significant maar subtiel effect: van gemiddeld 4 per uur als het hele uur bewolkt was tot 3 per uur bij een uur lang zonneshijn (Figuur 5).



Figuur 3. Aantal insecten per uur in relatie tot de gemiddelde windsnelheid tijdens die uren. Punten geven de ruwe data weer, paarse (nacht) en groene (dag) cirkels geven de gemiddelde aantallen insecten per 1m/s uitsnede van de data. De grootte van de gekleurde cirkels geeft de hoeveelheid data aan in elke uitsnede. De lijnen geven de voorspellingen van het weermodel, waarin ook effecten van andere weersvariabelen opgenomen zijn. NB: De aantallen op de verticale as zijn op een logaritmische schaal weergegeven.



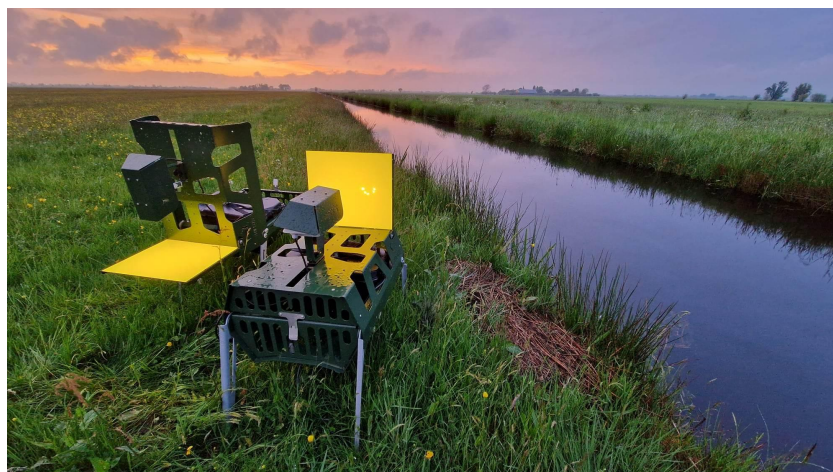
Figuur 4. Aantal insecten per uur in relatie tot de temperatuur tijdens die uren. Punten geven de ruwe data weer, paarse (nacht) en groene (dag) cirkels geven de gemiddelde aantallen insecten per 1-graad-Celsius uitsnede van de data. De grootte van de gekleurde cirkels geeft de hoeveelheid data aan in elke uitsnede. De lijnen geven de voorspellingen van het weermodel, waarin ook effecten van andere weersvariabelen opgenomen zijn. NB: De aantallen op de verticale as zijn op een logaritmische schaal weergegeven.

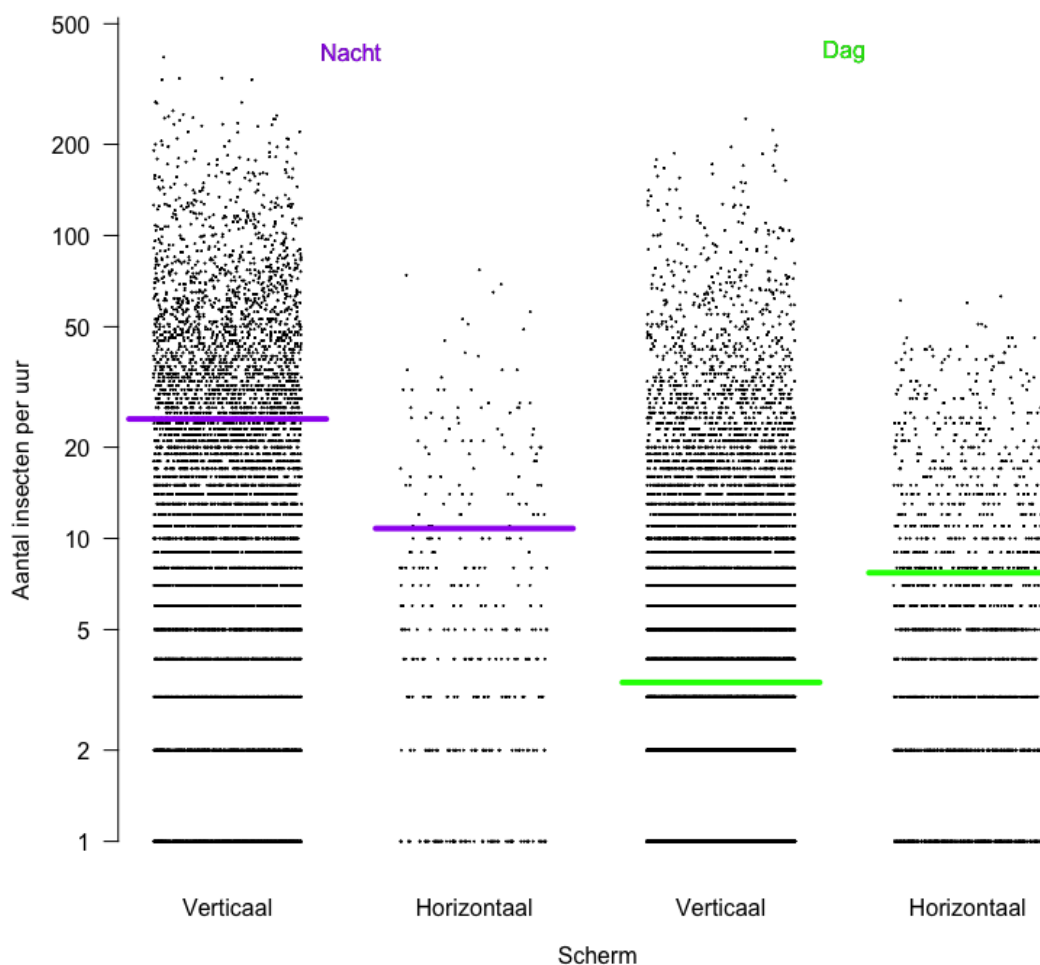


Figuur 5. Aantal insecten per uur in relatie tot de proportie zonneshijjn tijdens die uren (tussen 04:00 en 22:00). Punten geven de ruwe data weer: de groene cirkels geven de gemiddelde aantallen insecten per 0.1-proportie-zonneshijjn uitsnede van de data. De grootte van de gekleurde cirkels geeft de hoeveelheid data aan in elke uitsnede. De lijnen geven de modelpredictie van het weersmodel, waarin ook effecten van andere weersvariabelen opgenomen zijn. NB: de aantallen op de verticale as zijn op een logaritmische schaal weergegeven.

### Horizontaal of verticaal scherm

De volgende stap was om de opstelling van de camera's mee te nemen in de modellen. De standaardopstelling was die met een verticaal scherm, maar 5,3% van de data (i.e. camera uren) betreft een gekantelde opstelling, waarbij het scherm horizontaal geplaatst is, met de camera erboven. Het verschil in de oriëntatie van het scherm (en camera) heeft significante effecten in beide onderdelen van het regressiemodel (Figuur 6). Gedurende de nachtelijke uren voorspelt het model 24,8 insecten per uur op een verticaal scherm vs 10,8 op een horizontaal scherm. Overdag is het effect andersom: 3,3 op een verticaal scherm, 7,7 op een horizontaal scherm.

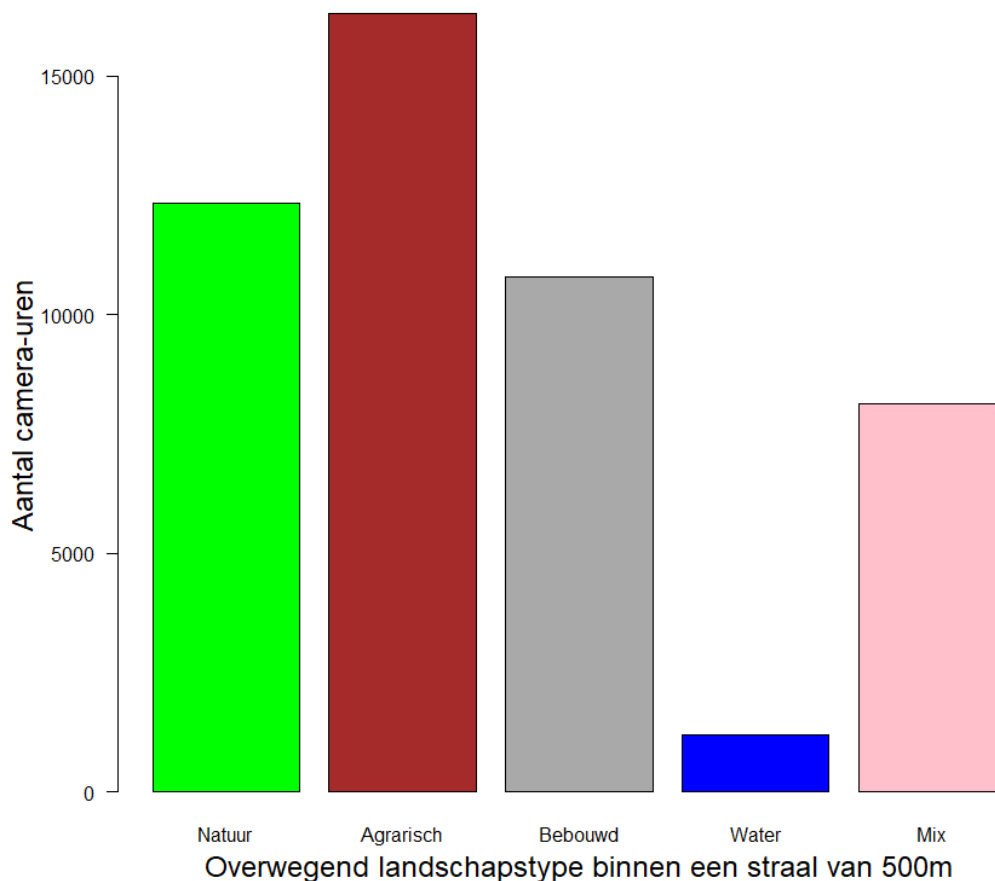




Figuur 6. Aantal insecten per uur als een functie van scherm-oriëntatie, afzonderlijk voor nachtelijke uren (van 22:00 tot 04:00) en overdag. De paarse en groene lijnen geven de voorspellingen van het model waarin behalve weersvariabelen ook effecten van scherm-oriëntatie zijn opgenomen. NB: De aantallen op de verticale as zijn op een logaritmische schaal weergegeven.

### Verschillen tussen natuurlijke, agrarische en bebouwde camera locaties

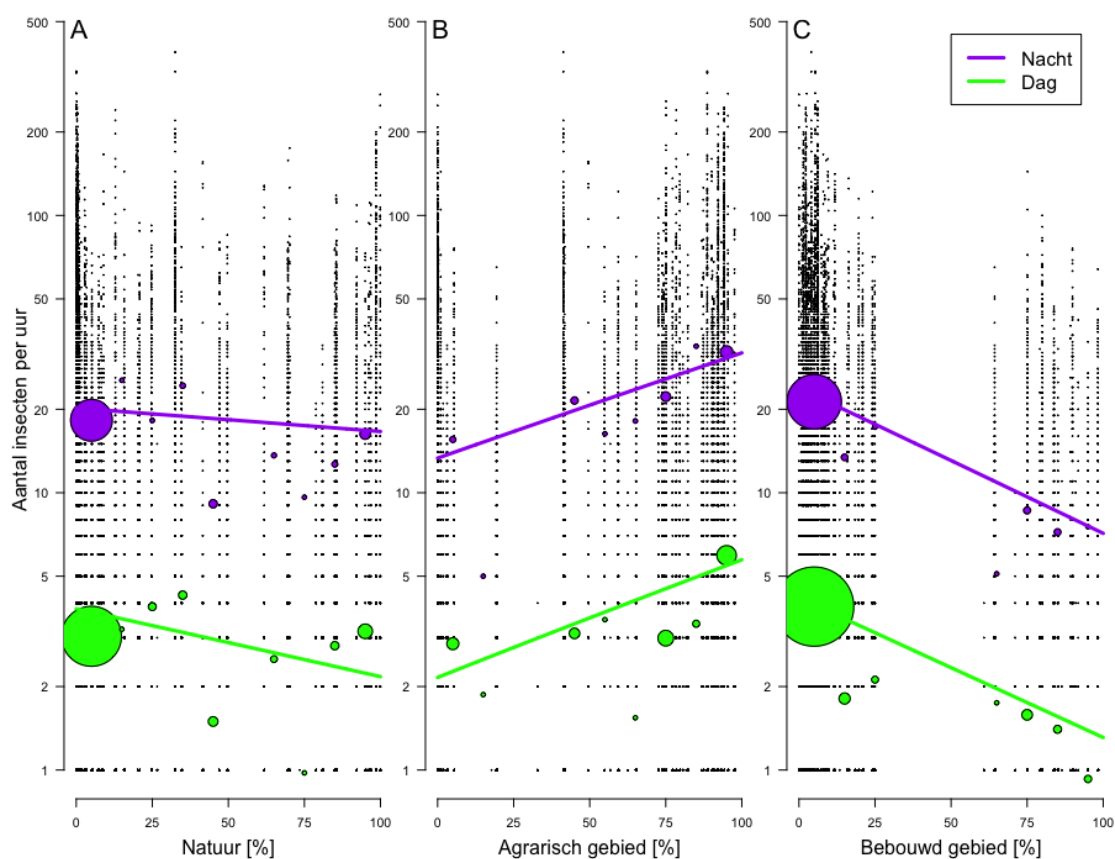
Om te onderzoeken of de aantallen insecten afhankelijk zijn van het type landschap waarin de DIOPSIS camera's stonden, hebben we het oppervlak van alle landschapstypen binnen een straal van 500m rondom elke camera gekwantificeerd. Hierbij hebben we vier hoofdgroepen onderscheiden: i) natuur, ii) landbouwgebieden (akkers, weiden), iii) bebouwing, en iv) water. Ter illustratie is voor elke camera bepaald wat het dominante (tenminste 60% van het oppervlak) landschapstype in de omgeving was (Figuur 7). Voor 25,3% van de camera-uren was dat natuur, voor 33,5% landbouwgebieden, voor 22,1% bebouwing, en voor 2,5% van de camera-uren bedekten wateren het merendeel van de omgeving. In de overige 16,6% van de camera-uren had geen van deze landschapstypes een oppervlakte-aandeel groter dan 60%: zie 'Mix' in figuur 7. Deze verdeling laat goed zien dat de opzet om de DIOPSIS camera's te verdelen over natuurgebieden, agrarische gebieden en stedelijk gebied geslaagd is.



Figuur 7. Verdeling van het totaal aantal camera-uren aan de hand van het landschapstype met het grootste oppervlak binnen een straal van 500m rondom elke DIOPSIS camera. Indien geen van de vier landschapstypen (natuurgebied, agrarisch gebied, bebouwd gebied, en water) meer dan 60% van het oppervlak bestrijkt, valt de omgeving binnen de 'mix' categorie.

In de hiernavolgende analyses wordt de indeling zoals die ter illustratie weergegeven is in figuur 7 echter niet gebruikt: in die analyses gebruiken we de precieze proporties van het totale oppervlakte in een straal van 500m dat tot een landschapstype behoort.

Voor de analyses van het effect van landschapstype hebben we ten eerste het percentage natuurgebied in de omgeving van de camera's toegevoegd aan het eerdere model dat al de factoren windsnelheid, zonneschijn, temperatuur, schermoriëntatie, en als random factor camera-ID bevatte, alsook een interactie tussen percentage natuurgebied en de factor dag-vs-nacht, in zowel het zero-inflation als het conditionele gedeelte van het model. Het gefitte model voorspelt een lichte afname (significant mede dankzij het grote aantal camera's in de analyse) in het totaal aantal insecten als er meer natuurgebied in de omgeving is (Figuur 8A). Verdere analyse per insectengroep (taxonomische orde) toont in de volgende sectie dat de abundante groepen (vliegen/muggen en motten) contrasterend reageren op het percentage natuurgebied.

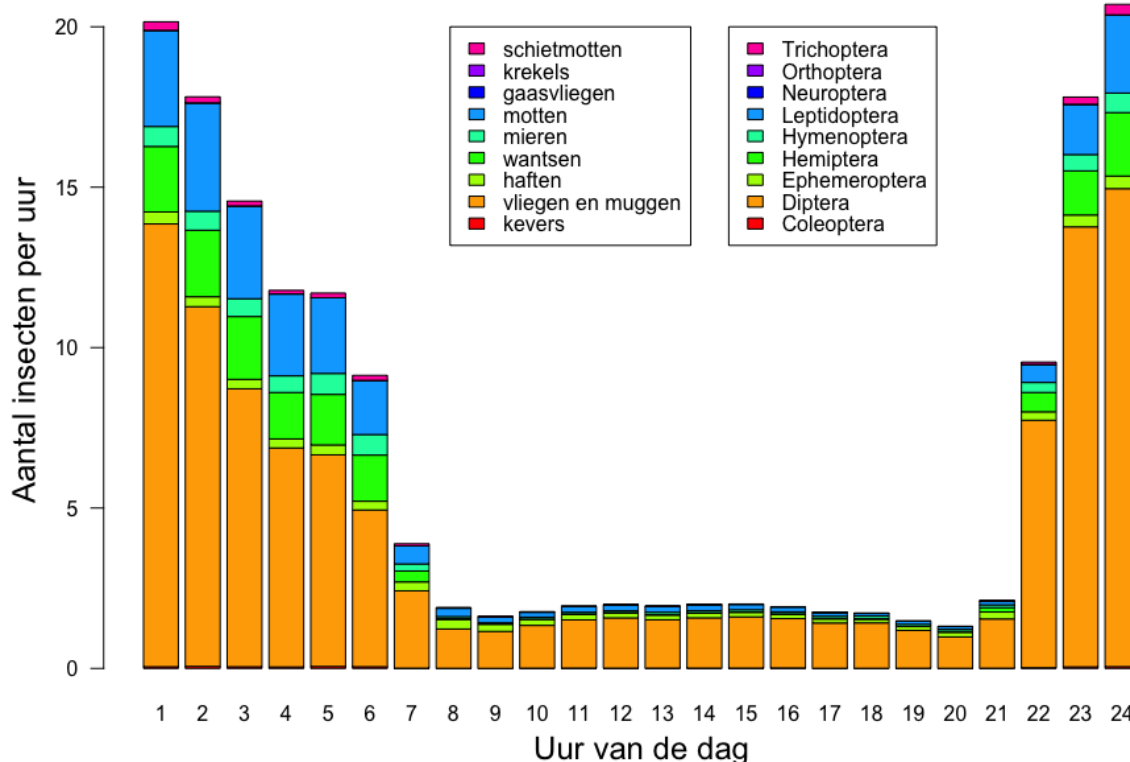


Figuur 8. Aantal insecten per uur in relatie tot A) het percentage natuurgebied, B) het percentage agrarisch gebied, en C) percentage bebouwd gebied van het totale oppervlak binnen een straal van 500m rond de DIOPSIS camera. Zwarte punten geven de ruwe data weer, terwijl groene (dag) en paarse (nacht) cirkels de gemiddelde aantallen insecten geven per 10-procentpunten-uitsnede van de data. De grootte van de gekleurde cirkels geeft de hoeveelheid data aan in elke uitsnede. De lijnen geven de voorspellingen van het gefitte model, waarbij weersvariabelen op hun waargenomen gemiddelde zijn gezet en de schermoriëntatie op de standaardinstelling 'verticaal'. NB: De aantallen op de verticale as zijn op een logaritmische schaal weergegeven.

Vervolgens hebben we het percentage natuurgebied vervangen door het percentage agrarisch gebied in de omgeving van de camera's. Het gefitte model toont dat het totaal aantal insecten per uur zowel 's nachts als overdag hoger was op schermen in agrarisch gebied dan op plekken met weinig oppervlakte aan weiden en akkers in de buurt (Figuur 8B). Het tegenovergestelde effect is te zien voor bebouwd gebied: als een groot gedeelte van de omgeving van de camera's bestaat uit bebouwing, zijn er minder insecten gefotografeerd (Figuur 8C).

### Effect landschapstypen voor meest voorkomende insecten groepen

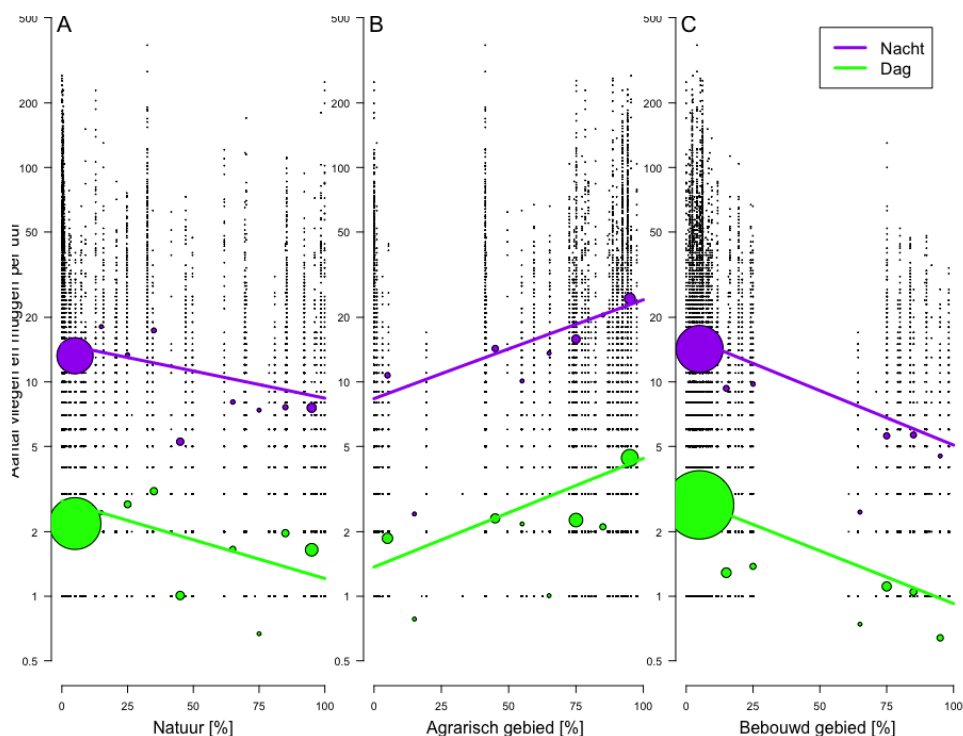
Om deze statistische relaties met landschapstypen beter te begrijpen, hebben we verder gekeken naar verschillende groepen insecten. Op het taxonomische niveau van ordes zijn vliegen en muggen (Diptera) de talrijkste groep, zowel overdag als 's nachts (Figuur 9). 's Nachts zijn motten (Lepidoptera) daarna het talrijkst.



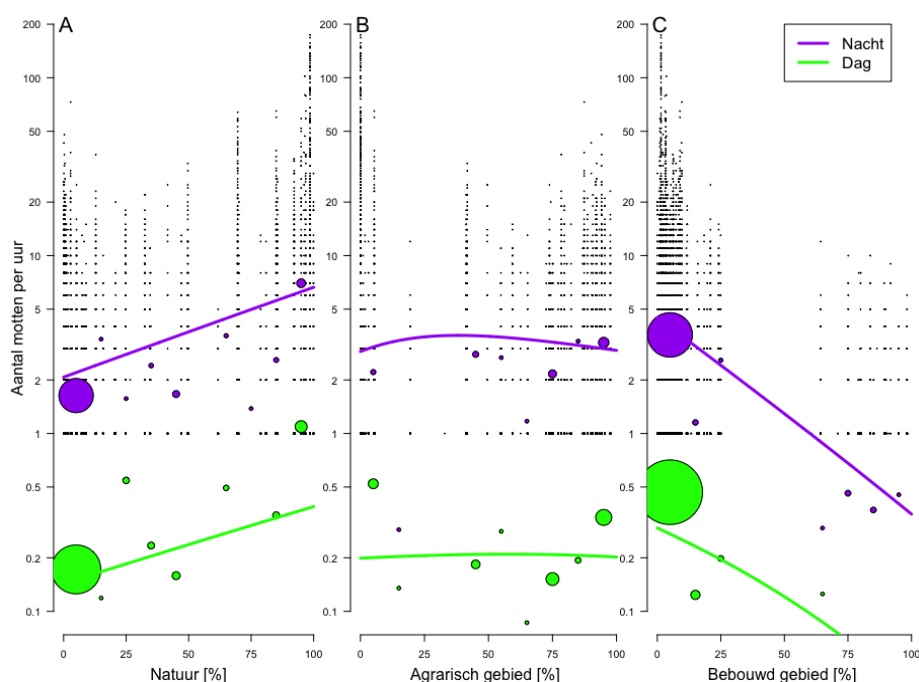
Figuur 9. Aantal insecten per uur van de dag, onderverdeeld per taxonomische orde. Getoonde aantallen zijn gemiddelden over alle geanalyseerde DIOPSIS camera-uren in 2021.

Allereerst analyseren we de meest talrijke insecten-orde: die van de **vliegen en muggen** (Diptera). De patronen van aantallen Diptera (Figuur 10) blijken vergelijkbaar met die van alle insecten tezamen (Figuur 8), hetgeen niet zo vreemd is, gezien dat Diptera een groot deel van de tellingen uitmaken (Figuur 9). Bovendien blijken de trends (lichte afname bij toenemend oppervlak natuur, sterke afname bij meer bebouwing, en toename bij een groter oppervlak agrarisch gebied in omgeving) vergelijkbaar bij talrijke Diptera-familie van de dansmuggen (Chironomidae) als bij de overige Diptera families tezamen.

De insectengroep **motten** (Lepidoptera) laat een heel ander beeld zien (Figuur 11). Het aantal motten per uur nam sterk toe met toenemend oppervlak natuur in de omgeving, en was gemiddeld genomen niet verschillend tussen plekken met weinig of juist veel akkers en/of weiden binnen een straal van 500m. Wel overeenkomend met Diptera was de sterke afname bij toenemend oppervlak bebouwing.



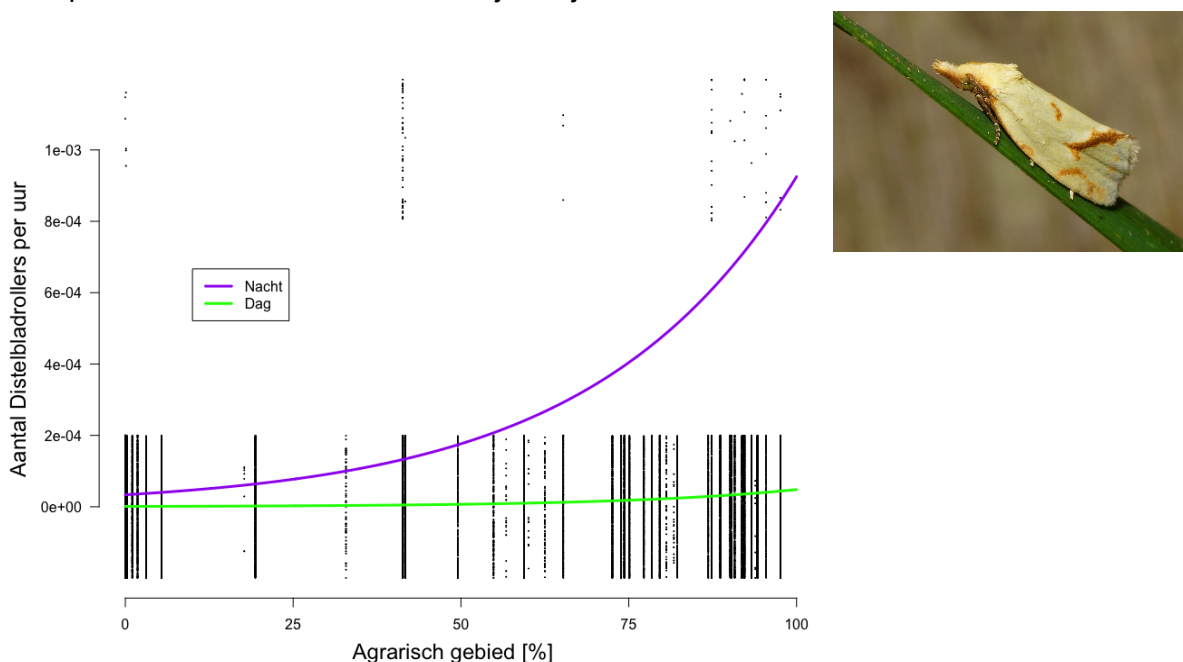
Figuur 10. Aantal vliegen en muggen (Diptera) per uur in relatie tot A) het percentage natuurgebied, B) het percentage agrarisch gebied, en C) percentage bebouwd gebied van het totale oppervlak binnen een straal van 500m rond de DIOPSIS camera.



Figuur 11. Aantal motten (Lepidoptera) per uur in relatie tot A) het percentage natuurgebied, B) het percentage agrarisch gebied, en C) percentage bebouwd gebied van het totale oppervlak binnen een straal van 500m rond de DIOPSIS camera.

Voor beide figuren geldt: Zwarte punten geven de ruwe data weer, terwijl groene (dag) en paarse (nacht) cirkels de gemiddelde aantallen insecten geven per 10-procentpunten-uitsnede van de data. De grootte van de gekleurde cirkels geeft de hoeveelheid data aan in elke uitsnede. De lijnen geven de voorspellingen van het gefitte model, waarbij weersvariabelen op hun waargenomen gemiddelde zijn gezet en de schermoriëntatie op de standaardinstelling 'verticaal'. NB: De aantallen op de verticale as zijn op een logaritmische schaal weergegeven.

Tot slot hebben we ook gekeken naar de soort waarvan het hoogst aantal individuen tot op soort geïdentificeerd is door het beeldherkenningsmodel. Dat is de distelbladroller (*Agapeta hamana*), een nachtvlinder van de bladrollers familie (Tortricidae). Omdat het totaal aantal individuen (168) nog te beperkt is voor het fitten van een relatief complex model, hebben we een simpelere respons-variabele gebruikt: een binaire af-/aanwezigheid, waarbij 95 camera-uren tenminste 1 distelbladroller hadden. Het gefitte mixed-effect model met binomiale foutenverdeling toont een duidelijk beeld (Figuur 12). Zoals de naam van de soort al suggereert, wordt de soort vooral in agrarisch gebied waargenomen, waar de waardplanten akkerdistel en klaver talrijker zijn.



Figuur 12. Aantal distelbladrollers (*Agapeta hamana*) per uur in relatie tot het percentage agrarisch gebied van het totale oppervlak binnen een straal van 500m rond de DIOPSIS camera. Zwarte punten geven de ruwe data weer: onderaan nulwaarnemingen, bovenaan camera-uren met tenminste 1 distelbladroller. De zwarte punten zijn verticaal uitgespreid zodat hun aantal beter in te schatten is. De hoogte van de zwarte punten heeft dus geen relatie met de waarden op de y-as. De lijnen geven de voorspellingen (zie waarden op de y-as, van 0 tot 0.001) van het gefitte model, waarbij weersvariabelen op hun waargenomen gemiddelde zijn gezet en de schermoriëntatie op de standaardinstelling 'verticaal'.

Foto rechtsboven: Hans Jonkman, via [nederlandsesoorten.nl](http://nederlandsesoorten.nl) (CC BY-NC-ND)

## Conclusie en vervolg

De DIOPSIS v2 camera's hebben in 2021 een succesvol eerste seizoen gedraaid. Ondanks het minder functioneren van een aantal camera's hebben we toch een grote hoeveelheid bruikbare data verzameld. De analyse geeft een aantal duidelijke patronen, maar we willen hier wel duidelijk bij vermelden dat het op dit moment nog maar om 1 jaar aan waarnemingen gaat waarbij nog niets gezegd kan worden over de insectentrend door de tijd heen.

Op het moment van schrijven van dit rapport (najaar 2023) hebben de DIOPSIS v2 camera's ondertussen al 2 extra seizoenen in het veld gestaan. De beeldherkenningsanalyse van de 2022 data is recentelijk voltooid en wij verwachten rond de jaarwisseling het rapport op te kunnen leveren met de ecologische analyse van die data. Ook met 2 jaar aan data kan er nog niet gekeken worden naar trends, maar vormen daar wel een solide basis voor. De 2023 data zullen al een iets beter beeld geven, maar voor een echte trendanalyse zullen we moeten streven naar het verzamelen van 5-10 jaar aan data op een zo gelijk mogelijke manier.

Het DIOPSIS consortium wil zich zo goed mogelijk inzetten om snel meer inzage te geven in de resultaten die over de jaren 2021-2023 verkregen zijn. De opdracht voor deze pilotstudie was voornamelijk gericht op een ecologische analyse over alle metingen heen, maar in gesprek met de opdrachtgevers is ook gebleken dat er interesse is voor analyses die meer gericht zijn op verschillen binnen provincies, bijvoorbeeld gericht op bepaalde locaties met verschillend maaibeheer. We kunnen hierbij bijvoorbeeld denken aan een meer gedetailleerde analyse van de invloed van specifieke aspecten van stad en platteland: weiden vs akkers (specifieke gewassen), biologische vs gangbaar, stad vs dorp, etc.

Naast verschillende landschapstypes is er ook geëxperimenteerd met verschillende opstellingen van de DIOPSIS v2 camera met het gele scherm horizontaal of verticaal geplaatst. In 2021 hadden we slechts 2 locaties met genoeg data waar twee camera's naast elkaar in deze verschillende opstelling stonden. In 2022 en 2023 hebben we op veel meer locaties deze dubbele opstelling neergezet en verwachten we een betere analyse te kunnen leveren over het effect van schermoriëntatie.

## 5. Project coördinatie en communicatie

De projectcoördinatie voor dit project wordt uitgevoerd door Naturalis. In 2021 werd de coördinatie geleid door Marten Schoonman. Dit is in maart 2022 overgenomen door Chantal Huijbers.

### Communicatie

In 2021 zijn er 6 nieuwsberichten gepubliceerd op de DIOPSIS [website](#):

- 4 januari 2021: video met een presentatie over DIOPSIS op de 11e Noord-Hollandse Natuurdag (19 december 2020).
- 4 februari 2021: nieuwsbericht over versie 2 van de DIOPSIS camera.
- 7 april 2021: bericht over Nature Today artikel over onderzoek met DIOPSIS camera's op grutto weilanden in Súdwest Fryslân.
- 11 mei 2021: update over versie 2 van de DIOPSIS camera.
- 17 september 2021: bericht over Nature Today artikel over het 2021-2023 project.
- 27 oktober 2021: bericht over onderzoek in Nationaal Park De Hoge Veluwe met gebruik van DIOPSIS camera's.

### 2021 evaluatie

Na afloop van het monitoring seizoen 2021 is er een evaluatie op Naturalis geweest (Figuur 13). Hieruit kwamen de volgende positieve punten naar voren:

- Er is hard gewerkt om versie 2 van de camera's op te leveren. Daarnaast was er een goede samenwerking in de softwareontwikkeling tussen frontend en backend.
- Camera's zien er professioneel uit, zijn goed weerbestendig en bleven gedurende het hele seizoen intact. Daarnaast ging het opbouwen en afbreken veel soepeler dan met DIOPSIS v1.
- De UV reflectieve laag van het scherm blijft beter behouden dan bij versie 1 van de camera, het valt vooral op dat de kleur niet vervaagt.
- Support diensten waren goed bereikbaar en hebben ook buiten kantoor tijden hun best gedaan om te helpen.

Naast positieve feedback kwamen de volgende verbeterpunten naar voren:

- Camera's zijn niet handig om te tillen. Er is een draagrugzak, maar deze bood geen goede ondersteuning.
- Bij camera's die op uitgeklapte poten stonden bleken de poten vaak verbogen aan het einde van het seizoen.
- De camera's werkten in september/oktober niet meer goed met minder zon. Lage batterij lijkt een combinatie van te weinig zonne-energie en te veel begroeiing voor het zonnepaneel.
- Het is nog niet duidelijk of het nieuwe scherm dezelfde of evenveel insecten aantrekt als versie 1 van de camera. Dit moet nog blijken uit de analyses. De eerste impressies waren niet overweldigend, maar dat kon deels ook aan het weer liggen.
- Focus is nu alleen in te stellen bij een 4G verbinding. Hierdoor weet je niet zeker of de beelden scherp zijn.
- Deel van de foto's wordt soms niet naar de USB stick geschreven.
- Het zou handig zijn om instructiefilmpjes te maken voor het plaatsen van de camera's.

- Het gele scherm wordt soms ingeklapt door de wind, dit moet steviger worden vastgezet.

Deze verbeterpunten zijn meegenomen in de verbeteringen aan de camera die Faunabit heeft doorgevoerd voor het 2022 monitoring seizoen.



Figuur 13. Notities tijdens de evaluatiebijeenkomst in oktober 2021.

## Referenties

- Barendregt A., Zeegers T., van Steenis W., Jongejans E. (2022) Forest hoverfly community collapse: abundance and species richness drop over four decades, *Insect Conservation and Diversity*, 15: 510-521.
- Brooks M.E., Kristensen K., van Benthem K.J., *et al.* (2017) glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, 9(2): 378-400. doi: 10.32614/RJ-2017-066.
- Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., *et al.* (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas, *PLoS ONE*, 12: e0185809.
- Hallmann C.A., Zeegers T., van Klink R., *et al.* (2020) Declining abundance of beetles, moths and caddisflies in the Netherlands. *Insect Conservation and Diversity* 13:127-139.
- Kleijn D., Bink R.J., ter Braak C.J., *et al.* (2018) Achteruitgang insectenpopulaties in Nederland: trends, oorzaken en kennislacunes (No. 2871). Wageningen Environmental Research.
- Losey J.E., Vaughan M. (2006) The economic value of ecological services provided by insects, *Bioscience*, 56(4): 311-323.
- van Klink R., August T., Bas Y., *et al.* (2022) Emerging technologies revolutionise insect ecology and monitoring, *Trends in Ecology & Evolution*, 37(10): 872-885.
- Wagner, D.L. (2020) Insect declines in the Anthropocene, *Annual Review of Entomology*, 65: 457-480.

**Bijlage 1. Camera overzicht 2021**

Camera nummer	Opdrachtgever	Locatie	Camera orientatie	GPS coördinaten	Start datum	Eind datum	Aantal dagen gemonitord	Aantal dagen met data	Totaal aantal waargenomen insecten	Notities
287	Provincie Flevoland	Lelystad Boer Kok Airport Bussiness Park	horizontaal	52.4718, 5.5103	23-07-2021	11-10-2021	80	55	3256	
288	Provincie Flevoland	Lelystad Burchtkamp keverbank	horizontaal	52.4503, 5.4704	23-07-2021	11-10-2021	80	49	2216	
289	Provincie Flevoland	Lelystad Zeeasterweg bloemenrand	horizontaal	52.4921, 5.5682	23-07-2021	11-10-2021	80	53	2867	
290	Provincie Flevoland	Lelystad Vredeveld singel	horizontaal	52.5008, 5.5823	23-07-2021	11-10-2021	80	74	28099	
291	Provincie Flevoland	Lelystad Zeeasterweg vogelakker	horizontaal	52.4945, 5.549	23-07-2021	11-10-2021	80	45	3049	
259	Provincie Fryslân	Rottige Meente	horizontaal	52.8281, 5.9109	26-07-2021	27-10-2021	93	29	1773	
260	Provincie Fryslân	Wijnjeterperschar	horizontaal	53.0598, 6.1502	26-07-2021	27-10-2021	93	12	137	
261	Provincie Fryslân	Elsloo	horizontaal	52.9492, 6.2517	26-07-2021	27-10-2021	93	78	8677	
262	Provincie Fryslân	Wolvega Gemeentewerf	horizontaal	52.886, 5.9904	26-07-2021	27-10-2021	93	12	138	
263	Provincie Fryslân	Leeuwarden tuin	horizontaal	53.2111, 5.8214	26-07-2021	26-10-2021	92	51	3330	
264	Provincie Fryslân	Ferwoude	horizontaal	53.0092, 5.4354	21-07-2021	12-10-2021	83	28	1181	
265	Provincie Fryslân	Ee Vogelakker	horizontaal	53.3352, 6.1173	21-07-2021	12-10-2021	83	62	2753	
266	Provincie Fryslân	Sneek Wijkpost	horizontaal	53.0352, 5.6761	21-07-2021	12-10-2021	83	78	5244	
267	Provincie Fryslân	Bildtpollen	horizontaal	53.3279, 5.7009	26-07-2021	12-10-2021	78	54	4337	
268	Provincie Gelderland	Korenburgerveen	verticaal	51.9886, 6.6629	29-07-2021	23-09-2021	56	55	4675	
269	Provincie Gelderland	Velhorst	horizontaal	52.1556, 6.3353	27-07-2021	28-09-2021	63	-	-	geen data, geen rapport
270	Provincie Gelderland	Velhorst	verticaal	52.1556, 6.3353	27-07-2021	28-09-2021	63	15	3523	
271	Provincie Gelderland	Hoge Veluwe	horizontaal	52.1095, 5.811	27-07-2021	28-09-2021	63	40	10928	
272	Provincie Gelderland	Hoge Veluwe	verticaal	52.1095, 5.811	27-07-2021	28-09-2021	63	26	1755	
273	Provincie Gelderland	Herwijnen Eendenkooi	horizontaal	51.854, 5.114	02-08-2021	11-10-2021	70	56	7588	
274	Provincie Gelderland	Staverden	horizontaal	52.2669, 5.7409	03-08-2021	29-09-2021	57	56	3475	
275	Provincie Gelderland	Willinks Weust	verticaal	51.9656, 6.7884	29-07-2021	23-09-2021	56	50	2743	
276	Provincie Gelderland	Korenburgerveen	horizontaal	51.9886, 6.6629	29-07-2021	23-09-2021	56	55	4556	
277	Provincie Gelderland	Willinks Weust	horizontaal	51.9656, 6.7884	29-07-2021	23-09-2021	56	4	95	te weinig data, geen rapport
207	Provincie Noord-Holland	Engewormer 33	horizontaal	52.4908, 4.8313	03-08-2021	20-10-2021	78	19	5418	
209	Provincie Noord-Holland	Haarlemmermeer 1	horizontaal	52.2654, 4.693	03-08-2021	19-10-2021	77	9	1454	te weinig data, geen rapport
280	Provincie Noord-Holland	Assendelft Landschap NH IPV	horizontaal	52.4379, 4.7318	03-08-2021	05-10-2021	63	48	4062	
281	Provincie Noord-Holland	Assendelft Landschap NH IPV	horizontaal	52.4377, 4.732	03-08-2021	05-10-2021	63	36	1395	
282	Provincie Noord-Holland	Haarlemmermeer 2	horizontaal	52.2658, 4.6929	03-08-2021	19-10-2021	77	39	3934	
292	Provincie Noord-Holland	Broek in waterland	horizontaal	52.4239, 5.0196	03-08-2021	20-10-2021	78	62	8349	
293	Provincie Noord-Holland	Holysloot	horizontaal	52.4031, 5.0249	03-08-2021	20-10-2021	78	14	3052	
294	Provincie Noord-Holland	Holysloot weiland	horizontaal	52.4031, 5.0249	03-08-2021	20-10-2021	78	69	12961	
295	Provincie Noord-Holland	Landsmeer	horizontaal	52.4823, 4.9475	03-08-2021	19-10-2021	77	45	4637	
296	Provincie Noord-Holland	Engewormer 18a	horizontaal	52.4819, 4.8237	03-08-2021	20-10-2021	78	53	5491	
241	Provincie Zeeland	Yerseke moer Everseweg	horizontaal	51.4903, 4.0167	21-07-2021	24-09-2021	65	1	2	te weinig data, geen rapport
242	Provincie Zeeland	Vogelwaarde	horizontaal	51.3214, 3.963	20-07-2021	21-09-2021	63	31	304	
243	Provincie Zeeland	Kapelse moer	horizontaal	51.4827, 3.9939	21-07-2021	24-09-2021	65	23	4406	
244	Provincie Zeeland	Burgh-Haamstede Vogelringstation	horizontaal	51.677, 3.695	29-07-2021	05-11-2021	99	86	9159	
245	Provincie Zeeland	Saeftinge 1	horizontaal	51.3601, 4.2185	21-07-2021	24-09-2021	65	57	4545	
246	Provincie Zeeland	Schouwen Partridge 1	horizontaal	51.6956, 3.7886	29-07-2021	05-10-2021	68	48	5303	
247	Provincie Zeeland	Grijpskerke, agrarische locatie	horizontaal	51.4962, 3.5679	30-07-2021	05-10-2021	67	9	191	te weinig data, geen rapport

248	Provincie Zeeland	Grijpskerke, St Laurens Weihoek	horizontaal	51.5256, 3.5803	30-07-2021	05-10-2021	67	55	2682	
249	Provincie Zeeland	Schouwen Partridge 2	horizontaal	51.6962, 3.7881	29-07-2021	05-10-2021	68	64	8548	
250	Provincie Zeeland	Vrouwepolder Oranjezon Duin	horizontaal	51.5855, 3.5917	30-07-2021	05-10-2021	67	30	1405	
251	Provincie Zeeland	Kop van Schouwen	horizontaal	51.728, 3.7119	05-08-2021	13-10-2021	69	50	1720	
252	Provincie Zeeland	Schouwen Partridge 3	horizontaal	51.6957, 3.7884	29-07-2021	05-10-2021	68	67	9008	
253	Provincie Zeeland	Yerseke moer Kamperweg	horizontaal	51.4714, 4.0194	21-07-2021	24-09-2021	65	44	4230	
254	Provincie Zeeland	Terhole	horizontaal	51.3178, 4.0492	20-07-2021	21-09-2021	63	52	4327	
255	Provincie Zeeland	Saeftinge 2	horizontaal	51.3602, 4.2185	21-07-2021	24-09-2021	65	62	2711	
256	Provincie Zeeland	Clinge Vogelhut	horizontaal	51.2573, 4.0799	21-07-2021	24-09-2021	65	-	-	geen data, geen rapport
257	Provincie Zeeland	Ossensisse	horizontaal	51.3973, 3.9777	20-07-2021	21-09-2021	63	1	452	te weinig data, geen rapport
258	Provincie Zeeland	Kuitaart Gerst	horizontaal	51.333, 4.0274	20-07-2021	21-09-2021	63	-	-	geen data, geen rapport
302	Provincie Zuid-Holland	Donkse laagte 1	horizontaal	51.8837, 4.7874	04-08-2021	21-10-2021	78	48	12784	
303	Provincie Zuid-Holland	Hazerswoude 1	horizontaal	52.0933, 4.6326	04-08-2021	21-10-2021	78	-	-	geen data, geen rapport
304	Provincie Zuid-Holland	Dordwijk 1	horizontaal	51.7951, 4.6878	04-08-2021	21-10-2021	78	64	3856	
305	Provincie Zuid-Holland	Hazerswoude 2	horizontaal	52.0933, 4.6326	04-08-2021	21-10-2021	78	62	2901	
306	Provincie Zuid-Holland	Dordwijk 2	horizontaal	51.7951, 4.6878	04-08-2021	21-10-2021	78	5	138	te weinig data, geen rapport
307	Provincie Zuid-Holland	Donkse laagte 2	horizontaal	51.8837, 4.7874	04-08-2021	21-10-2021	78	52	12684	
308	Provincie Zuid-Holland	Den Haag Koekamp	horizontaal	52.08488, 4.323593	04-08-2021	11-11-2021	99	60	2771	
309	Provincie Zuid-Holland	Rijnsburg, tuin	horizontaal	52.1911, 4.4413	04-08-2021	03-11-2021	91	69	3827	
310	Provincie Zuid-Holland	Dunea 2	horizontaal	52.148966, 4.35782	04-08-2021	11-11-2021	99	-	-	geen data, geen rapport
311	Provincie Zuid-Holland	Leiden Hortus	horizontaal	52.1559, 4.4839	04-08-2021	03-11-2021	91	27	134	
312	Provincie Zuid-Holland	Leiden, tuin	horizontaal	52.1808, 4.5093	04-08-2021	03-11-2021	91	43	2761	
313	Provincie Zuid-Holland	Dunea 1	horizontaal	52.151942, 4.373604	04-08-2021	11-11-2021	99	43	1049	
314	Provincie Zuid-Holland	Hillegom	horizontaal	52.283, 4.5696	05-08-2021	03-11-2021	90	-	-	geen data, geen rapport
315	Provincie Zuid-Holland	Noordwijkerhout	horizontaal	52.2764, 4.5198	05-08-2021	03-11-2021	90	4	337	te weinig data, geen rapport
316	Provincie Zuid-Holland	Oostvoorne 1	horizontaal	51.9053, 4.0719	05-08-2021	05-11-2021	92	37	643	
317	Provincie Zuid-Holland	Oostvoorne 2	horizontaal	51.9053, 4.0719	05-08-2021	05-11-2021	92	55	1000	
318	Provincie Zuid-Holland	Goedereede, Kwade Hoek	horizontaal	51.8346, 3.976	05-08-2021	05-11-2021	92	69	3579	
320	Provincie Zuid-Holland	Tiengemeten perengaard 1	horizontaal	51.7374, 4.3155	05-08-2021	22-10-2021	78	45	2179	
321	Provincie Zuid-Holland	Schipluiden	horizontaal	51.9907, 4.2958	05-08-2021	07-10-2021	63	26	423	
322	Provincie Zuid-Holland	Tiengemeten appelgaard 2	horizontaal	51.7417, 4.3212	05-08-2021	22-10-2021	78	4	10	te weinig data, geen rapport
323	Provincie Zuid-Holland	Tiengemeten appelgaard 1	horizontaal	51.7417, 4.3212	05-08-2021	22-10-2021	78	64	7310	
324	Provincie Zuid-Holland	Tiengemeten perengaard 2	horizontaal	51.7417, 4.3212	05-08-2021	22-10-2021	78	65	5021	
325	Provincie Zuid-Holland	Schipluiden	verticaal	51.9907, 4.2958	05-08-2021	07-10-2021	63	24	6524	
326	Provincie Zuid-Holland	Rotterdam, daktuin	horizontaal	51.9254, 4.4767	09-08-2021	22-10-2021	74	46	326	
327	Provincie Zuid-Holland	Rotterdam, tuin	horizontaal	51.9616, 4.5574	09-08-2021	05-11-2021	88	67	1791	
331	Provincie Zuid-Holland	Nieuwkoopse plassen	horizontaal	52.1466, 4.8166	11-08-2021	11-10-2021	61	43	4322	
332	Provincie Zuid-Holland	Nieuwkoopse plassen	verticaal	52.1466, 4.8166	11-08-2021	11-10-2021	61	4	55	te weinig data, geen rapport
283	Gemeente Amsterdam	Amsterdam Hortus	horizontaal	52.3667, 4.9082	02-08-2021	19-10-2021	78	39	3549	
284	Gemeente Amsterdam	Amsterdam Marineterrein Groendak	horizontaal	52.3727, 4.9179	02-08-2021	19-10-2021	78	7	263	te weinig data, geen rapport
285	Gemeente Amsterdam	Amsterdam Osdorp Schooltuin	horizontaal	52.3691, 4.8017	02-08-2021	19-10-2021	78	10	276	
286	Gemeente Amsterdam	Amsterdam Stadstimmertuinen daktuin	horizontaal	52.3615, 4.906	02-08-2021	19-10-2021	78	62	1259	
278	Hoogheemraadschap Noorderkwartier	Heiloo	horizontaal	52.5943, 4.7197	03-08-2021	05-10-2021	63	9	347	te weinig data, geen rapport
279	Hoogheemraadschap Noorderkwartier	Beverwijk	horizontaal	52.4736, 4.6674	03-08-2021	05-10-2021	63	56	977	

300	Hoogheemraadschap Noorderkwartier	Den Hoorn Texel (tuin Nico Jaarsma)	horizontaal	53.0251, 4.7454	29-07-2021	20-10-2021	83	45	5347	
208	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Bloemendaal Vinkenbaan	horizontaal	52.4227, 4.6086	29-07-2021	05-10-2021	68	15	1074	
297	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Bergen aan Zee	horizontaal	52.6722, 4.6355	29-07-2021	04-10-2021	67	18	1295	
298	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Overveen Vogelringstation	horizontaal	52.4195, 4.5601	29-07-2021	05-10-2021	68	51	1933	
299	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Bakkum Malaiseval	horizontaal	52.5759, 4.643	29-07-2021	05-10-2021	68	5	91	te weinig data, geen rapport
301	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Bakkum Vogelduin (Tapuiten)	horizontaal	52.5666, 4.6185	29-07-2021	04-10-2021	67	13	1996	

**Bijlage 2. DIOPSIS 2020 beeldherkenningmodel taxon lijst**

<b>Taxon niveau</b>	<b>Wetenschappelijke naam</b>	<b>Nederlandse naam</b>
Species	Agapeta hamana	Distelbladroller
Species	Cabera exanthemata	Bruine grijsbandspanner
Species	Chrysoteuchia culmella	Gewone grasmot
Species	Lomaspilis marginata	Gerande spanner
Species	Spilosoma urticae	Sneeuwbeer
Species	Synaphe punctalis	Pinokkiomot
Species	Triodia sylvina	Oranje wortelboorder
Genus	Fannia	
Genus	Idaea	
Genus	Pyrausta	
Genus	Spilosoma	
Family	Acrididae	Echte veldsprinkhanen
Family	Anisopodidae	Venstermuggen
Family	Aphididae	Bladluizen
Family	Arctiidae	
Family	Baetidae	
Family	Caenidae	
Family	Cecidomyiidae	Galmuggen
Family	Ceratopogonidae	Knutjes
Family	Chironomidae	Dansmuggen
Family	Chrysomelidae	Bladkevers
Family	Chrysopidae	Gaasvliegen
Family	Cicadellidae	
Family	Coleophoridae	Kokermotten
Family	Corixidae	Duikerwantsen
Family	Crambidae	Grasmotten
Family	Culicidae	Steekmuggen
Family	Curculionidae	Snuitkevers
Family	Empididae	Dansvliegen
Family	Fanniidae	
Family	Formicidae	Mieren
Family	Gelechiidae	Palpmotten / Tastermotten
Family	Geometridae	Spanners
Family	Hydroptilidae	
Family	Ichneumonidae	Gewone sluipwespen
Family	Leptoceridae	
Family	Limoniidae	Steltmuggen
Family	Miridae	Blindwantsen
Family	Mycetophilidae	Paddenstoelmuggen
Family	Nepticulidae	Dwergmineermotten
Family	Noctuidae	Uilen
Family	Notonectidae	Bootsmannetjes
Family	Plutellidae	Springmotten

Family	Psychodidae	Motmuggen
Family	Pterophoridae	Vedermotten
Family	Sciaridae	Rouwmuggen
Family	Staphylinidae	Kortschildkevers
Family	Stratiomyidae	Wapenvliegen
Family	Syrphidae	Zweefvliegen
Family	Tipulidae	Langpootmuggen
Family	Tortricidae	Bladrollers
Family	Yponomeutidae	Spinselmotten
onderorde	Auchenorrhyncha indet.	Cicaden
Order	Araneae	Spinnen
Order	Coleoptera	Kevers
Order	Collembola	Springstaarten
Order	Diptera	Vliegen en muggen
Order	Ephemeroptera	Eendagsvliegen
Order	Hemiptera	Snavelinsecten
Order	Hymenoptera	Vliesvleugeligen
Order	Lepidoptera	Vlinders
Order	Opiliones	Hooiwagens
Order	Trichoptera	Schietmotten
Class	Arachnida	Spinachtigen
Class	Gastropoda	Slakken
Class	Insecta	Insecten
Kingdom	Animalia	Dieren

Camera nummer	Opdrachtgever	Locatie	Camera oriëntatie	GPS coördinaten	Start datum	Eind datum	Aantal dagen gemonitord	Aantal dagen met data	Totaal aantal waargenomen insecten	Notities
287	Provincie Flevoland	Lelystad Boer Kok Airport Bussiness Park	horizontaal	52.4718, 5.5103	23-07-2021	11-10-2021	80	55	3256	
288	Provincie Flevoland	Lelystad Burchtkamp keverbank	horizontaal	52.4503, 5.4704	23-07-2021	11-10-2021	80	49	2216	
289	Provincie Flevoland	Lelystad Zeeasterweg bloemenrand	horizontaal	52.4921, 5.5682	23-07-2021	11-10-2021	80	53	2867	
290	Provincie Flevoland	Lelystad Vredeveld singel	horizontaal	52.5008, 5.5823	23-07-2021	11-10-2021	80	74	28099	
291	Provincie Flevoland	Lelystad Zeeasterweg vogelakker	horizontaal	52.4945, 5.549	23-07-2021	11-10-2021	80	45	3049	
259	Provincie Fryslân	Rottige Meente	horizontaal	52.8281, 5.9109	26-07-2021	27-10-2021	93	29	1773	
260	Provincie Fryslân	Wijnjeterperschar	horizontaal	53.0598, 6.1502	26-07-2021	27-10-2021	93	12	137	
261	Provincie Fryslân	Elsloo	horizontaal	52.9492, 6.2517	26-07-2021	27-10-2021	93	78	8677	
262	Provincie Fryslân	Wolvega Gemeentewerf	horizontaal	52.886, 5.9904	26-07-2021	27-10-2021	93	12	138	
263	Provincie Fryslân	Leeuwarden tuin	horizontaal	53.2111, 5.8214	26-07-2021	26-10-2021	92	51	3330	
264	Provincie Fryslân	Ferwoude	horizontaal	53.0092, 5.4354	21-07-2021	12-10-2021	83	28	1181	
265	Provincie Fryslân	Ee Vogelakker	horizontaal	53.3352, 6.1173	21-07-2021	12-10-2021	83	62	2753	
266	Provincie Fryslân	Sneek Wijkpost	horizontaal	53.0352, 5.6761	21-07-2021	12-10-2021	83	78	5244	
267	Provincie Fryslân	Bildtpollen	horizontaal	53.3279, 5.7009	26-07-2021	12-10-2021	78	54	4337	
268	Provincie Gelderland	Korenburgerveen	verticaal	51.9886, 6.6629	29-07-2021	23-09-2021	56	55	4675	
269	Provincie Gelderland	Velhorst	horizontaal	52.1556, 6.3353	27-07-2021	28-09-2021	63	-	-	geen data, geen rapport
270	Provincie Gelderland	Velhorst	verticaal	52.1556, 6.3353	27-07-2021	28-09-2021	63	15	3523	
271	Provincie Gelderland	Hoge Veluwe	horizontaal	52.1095, 5.811	27-07-2021	28-09-2021	63	40	10928	
272	Provincie Gelderland	Hoge Veluwe	verticaal	52.1095, 5.811	27-07-2021	28-09-2021	63	26	1755	
273	Provincie Gelderland	Herwijnen Eendenkooi	horizontaal	51.854, 5.114	02-08-2021	11-10-2021	70	56	7588	
274	Provincie Gelderland	Staverden	horizontaal	52.2669, 5.7409	03-08-2021	29-09-2021	57	56	3475	
275	Provincie Gelderland	Willinks Weust	verticaal	51.9656, 6.7884	29-07-2021	23-09-2021	56	50	2743	
276	Provincie Gelderland	Korenburgerveen	horizontaal	51.9886, 6.6629	29-07-2021	23-09-2021	56	55	4556	
277	Provincie Gelderland	Willinks Weust	horizontaal	51.9656, 6.7884	29-07-2021	23-09-2021	56	4	95	te weinig data, geen rapport
207	Provincie Noord-Holland	Engewormer 33	horizontaal	52.4908, 4.8313	03-08-2021	20-10-2021	78	19	5418	
209	Provincie Noord-Holland	Haarlemmermeer 1	horizontaal	52.2654, 4.693	03-08-2021	19-10-2021	77	9	1454	te weinig data, geen rapport
280	Provincie Noord-Holland	Assendelft Landschap NH IPV	horizontaal	52.4379, 4.7318	03-08-2021	05-10-2021	63	48	4062	
281	Provincie Noord-Holland	Assendelft Landschap NH IPV	horizontaal	52.4377, 4.732	03-08-2021	05-10-2021	63	36	1395	
282	Provincie Noord-Holland	Haarlemmermeer 2	horizontaal	52.2658, 4.6929	03-08-2021	19-10-2021	77	39	3934	
292	Provincie Noord-Holland	Broek in waterland	horizontaal	52.4239, 5.0196	03-08-2021	20-10-2021	78	62	8349	
293	Provincie Noord-Holland	Holysloot	horizontaal	52.4031, 5.0249	03-08-2021	20-10-2021	78	14	3052	
294	Provincie Noord-Holland	Holysloot weiland	horizontaal	52.4031, 5.0249	03-08-2021	20-10-2021	78	69	12961	
295	Provincie Noord-Holland	Landsmeer	horizontaal	52.4823, 4.9475	03-08-2021	19-10-2021	77	45	4637	
296	Provincie Noord-Holland	Engewormer 18a	horizontaal	52.4819, 4.8237	03-08-2021	20-10-2021	78	53	5491	
241	Provincie Zeeland	Yerseke moer Everseweg	horizontaal	51.4903, 4.0167	21-07-2021	24-09-2021	65	1	2	te weinig data, geen rapport
242	Provincie Zeeland	Vogelwaardde	horizontaal	51.3214, 3.963	20-07-2021	21-09-2021	63	31	304	
243	Provincie Zeeland	Kapelse moer	horizontaal	51.4827, 3.9939	21-07-2021	24-09-2021	65	23	4406	
244	Provincie Zeeland	Burgh-Haamstede Vogelringstation	horizontaal	51.677, 3.695	29-07-2021	05-11-2021	99	86	9159	
245	Provincie Zeeland	Saeftinge 1	horizontaal	51.3601, 4.2185	21-07-2021	24-09-2021	65	57	4545	
246	Provincie Zeeland	Schouwen Partridge 1	horizontaal	51.6956, 3.7886	29-07-2021	05-10-2021	68	48	5303	
247	Provincie Zeeland	Grijpskerke, agrarische locatie	horizontaal	51.4962, 3.5679	30-07-2021	05-10-2021	67	9	191	te weinig data, geen rapport
248	Provincie Zeeland	Grijpskerke, St Laurensse Weihoek	horizontaal	51.5256, 3.5803	30-07-2021	05-10-2021	67	55	2682	
249	Provincie Zeeland	Schouwen Partridge 2	horizontaal	51.6962, 3.7881	29-07-2021	05-10-2021	68	64	8548	

250	Provincie Zeeland	Vrouwenpolder Oranjezon Duin	horizontaal	51.5855, 3.5917	30-07-2021	05-10-2021	67	30	1405	
251	Provincie Zeeland	Kop van Schouwen	horizontaal	51.728, 3.7119	05-08-2021	13-10-2021	69	50	1720	
252	Provincie Zeeland	Schouwen Partridge 3	horizontaal	51.6957, 3.7884	29-07-2021	05-10-2021	68	67	9008	
253	Provincie Zeeland	Yerseke moer Kamperweg	horizontaal	51.4714, 4.0194	21-07-2021	24-09-2021	65	44	4230	
254	Provincie Zeeland	Terhole	horizontaal	51.3178, 4.0492	20-07-2021	21-09-2021	63	52	4327	
255	Provincie Zeeland	Saeftinge 2	horizontaal	51.3602, 4.2185	21-07-2021	24-09-2021	65	62	2711	
256	Provincie Zeeland	Clinge Vogelhut	horizontaal	51.2573, 4.0799	21-07-2021	24-09-2021	65	-	-	geen data, geen rapport
257	Provincie Zeeland	Ossensisse	horizontaal	51.3973, 3.9777	20-07-2021	21-09-2021	63	1	452	te weinig data, geen rapport
258	Provincie Zeeland	Kuitaart Gerst	horizontaal	51.333, 4.0274	20-07-2021	21-09-2021	63	-	-	geen data, geen rapport
302	Provincie Zuid-Holland	Donkse laagte 1	horizontaal	51.8837, 4.7874	04-08-2021	21-10-2021	78	48	12784	
303	Provincie Zuid-Holland	Hazerswoude 1	horizontaal	52.0933, 4.6326	04-08-2021	21-10-2021	78	-	-	geen data, geen rapport
304	Provincie Zuid-Holland	Dordwijk 1	horizontaal	51.7951, 4.6878	04-08-2021	21-10-2021	78	64	3856	
305	Provincie Zuid-Holland	Hazerswoude 2	horizontaal	52.0933, 4.6326	04-08-2021	21-10-2021	78	62	2901	
306	Provincie Zuid-Holland	Dordwijk 2	horizontaal	51.7951, 4.6878	04-08-2021	21-10-2021	78	5	138	te weinig data, geen rapport
307	Provincie Zuid-Holland	Donkse laagte 2	horizontaal	51.8837, 4.7874	04-08-2021	21-10-2021	78	52	12684	
308	Provincie Zuid-Holland	Den Haag Koekamp	horizontaal	52.08488, 4.323593	04-08-2021	11-11-2021	99	60	2771	
309	Provincie Zuid-Holland	Rijnsburg, tuin	horizontaal	52.1911, 4.4413	04-08-2021	03-11-2021	91	69	3827	
310	Provincie Zuid-Holland	Dunea 2	horizontaal	52.148966, 4.35782	04-08-2021	11-11-2021	99	-	-	geen data, geen rapport
311	Provincie Zuid-Holland	Leiden Hortus	horizontaal	52.1559, 4.4839	04-08-2021	03-11-2021	91	27	134	
312	Provincie Zuid-Holland	Leiden, tuin	horizontaal	52.1808, 4.5093	04-08-2021	03-11-2021	91	43	2761	
313	Provincie Zuid-Holland	Dunea 1	horizontaal	52.151942, 4.373604	04-08-2021	11-11-2021	99	43	1049	
314	Provincie Zuid-Holland	Hillegom	horizontaal	52.283, 4.5696	05-08-2021	03-11-2021	90	-	-	geen data, geen rapport
315	Provincie Zuid-Holland	Noordwijkerhout	horizontaal	52.2764, 4.5198	05-08-2021	03-11-2021	90	4	337	te weinig data, geen rapport
316	Provincie Zuid-Holland	Oostvoorne 1	horizontaal	51.9053, 4.0719	05-08-2021	05-11-2021	92	37	643	
317	Provincie Zuid-Holland	Oostvoorne 2	horizontaal	51.9053, 4.0719	05-08-2021	05-11-2021	92	55	1000	
318	Provincie Zuid-Holland	Goedereede, Kwade Hoek	horizontaal	51.8346, 3.976	05-08-2021	05-11-2021	92	69	3579	
320	Provincie Zuid-Holland	Tiengemeten perengaard 1	horizontaal	51.7374, 4.3155	05-08-2021	22-10-2021	78	45	2179	
321	Provincie Zuid-Holland	Schipluiden	horizontaal	51.9907, 4.2958	05-08-2021	07-10-2021	63	26	423	
322	Provincie Zuid-Holland	Tiengemeten appelgaard 2	horizontaal	51.7417, 4.3212	05-08-2021	22-10-2021	78	4	10	te weinig data, geen rapport
323	Provincie Zuid-Holland	Tiengemeten appelgaard 1	horizontaal	51.7417, 4.3212	05-08-2021	22-10-2021	78	64	7310	
324	Provincie Zuid-Holland	Tiengemeten perengaard 2	horizontaal	51.7417, 4.3212	05-08-2021	22-10-2021	78	65	5021	
325	Provincie Zuid-Holland	Schipluiden	verticaal	51.9907, 4.2958	05-08-2021	07-10-2021	63	24	6524	
326	Provincie Zuid-Holland	Rotterdam, daktuin	horizontaal	51.9254, 4.4767	09-08-2021	22-10-2021	74	46	326	
327	Provincie Zuid-Holland	Rotterdam, tuin	horizontaal	51.9616, 4.5574	09-08-2021	05-11-2021	88	67	1791	
331	Provincie Zuid-Holland	Nieuwkoopse plassen	horizontaal	52.1466, 4.8166	11-08-2021	11-10-2021	61	43	4322	
332	Provincie Zuid-Holland	Nieuwkoopse plassen	verticaal	52.1466, 4.8166	11-08-2021	11-10-2021	61	4	55	te weinig data, geen rapport
283	Gemeente Amsterdam	Amsterdam Hortus	horizontaal	52.3667, 4.9082	02-08-2021	19-10-2021	78	39	3549	
284	Gemeente Amsterdam	Amsterdam Marineterrein Groendak	horizontaal	52.3727, 4.9179	02-08-2021	19-10-2021	78	7	263	te weinig data, geen rapport
285	Gemeente Amsterdam	Amsterdam Osdorp Schooltuin	horizontaal	52.3691, 4.8017	02-08-2021	19-10-2021	78	10	276	
286	Gemeente Amsterdam	Amsterdam Stadstimmeruinen daktuin	horizontaal	52.3615, 4.906	02-08-2021	19-10-2021	78	62	1259	
278	Hoogheemraadschap Noorderkwartier	Heiloo	horizontaal	52.5943, 4.7197	03-08-2021	05-10-2021	63	9	347	te weinig data, geen rapport
279	Hoogheemraadschap Noorderkwartier	Beverwijk	horizontaal	52.4736, 4.6674	03-08-2021	05-10-2021	63	56	977	
300	Hoogheemraadschap Noorderkwartier	Den Hoorn Texel (tuin Nico Jaarsma)	horizontaal	53.0251, 4.7454	29-07-2021	20-10-2021	83	45	5347	

208	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Bloemendaal Vinkenbaan	horizontaal	52.4227, 4.6086	29-07-2021	05-10-2021	68	15	1074	
297	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Bergen aan Zee	horizontaal	52.6722, 4.6355	29-07-2021	04-10-2021	67	18	1295	
298	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Overveen Vogelringstation	horizontaal	52.4195, 4.5601	29-07-2021	05-10-2021	68	51	1933	
299	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Bakkum Malaiseval	horizontaal	52.5759, 4.643	29-07-2021	05-10-2021	68	5	91	te weinig data, geen rapport
301	PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	Bakkum Vogelduin (Tapuiten)	horizontaal	52.5666, 4.6185	29-07-2021	04-10-2021	67	13	1996	

**Bijlage 2. DIOPSIS 2020 beeldherkenningmodel taxon lijst**

<b>Taxon niveau</b>	<b>Wetenschappelijke naam</b>	<b>Nederlandse naam</b>
Species	<i>Agapeta hamana</i>	Distelbladroller
Species	<i>Cabera exanthemata</i>	Bruine grijsbandspanner
Species	<i>Chrysoteuchia culmella</i>	Gewone grasmot
Species	<i>Lomaspilis marginata</i>	Gerande spanner
Species	<i>Spilosoma urticae</i>	Sneeuwbeer
Species	<i>Synaphe punctalis</i>	Pinokkiomot
Species	<i>Triodia sylvina</i>	Oranje wortelboorder
Genus	<i>Fannia</i>	
Genus	<i>Idaea</i>	
Genus	<i>Pyrausta</i>	
Genus	<i>Spilosoma</i>	
Family	Acrididae	Echte veldsprinkhanen
Family	Anisopodidae	Venstermuggen
Family	Aphididae	Bladluizen
Family	Arctiidae	
Family	Baetidae	
Family	Caenidae	
Family	Cecidomyiidae	Galmuggen
Family	Ceratopogonidae	Knutjes
Family	Chironomidae	Dansmuggen
Family	Chrysomelidae	Bladkevers
Family	Chrysopidae	Gaasvliegen
Family	Cicadellidae	
Family	Coleophoridae	Kokermotten
Family	Corixidae	Duikerwantsen
Family	Crambidae	Grasmotten
Family	Culicidae	Steekmuggen
Family	Curculionidae	Snuitkevers
Family	Empididae	Dansvliegen
Family	Fanniidae	
Family	Formicidae	Mieren
Family	Gelechiidae	Palpmotten / Tastermotten
Family	Geometridae	Spanners
Family	Hydroptilidae	
Family	Ichneumonidae	Gewone sluipwespen
Family	Leptoceridae	
Family	Limoniidae	Steltmuggen
Family	Miridae	Blindwantsen
Family	Mycetophilidae	Paddenstoelmuggen
Family	Nepticulidae	Dwergmineermotten
Family	Noctuidae	Uilen
Family	Notonectidae	Bootsmannetjes
Family	Plutellidae	Springmotten

Family	Psychodidae	Motmuggen
Family	Pterophoridae	Vedermotten
Family	Sciaridae	Rouwmuggen
Family	Staphylinidae	Kortschildkevers
Family	Stratiomyidae	Wapenvliegen
Family	Syrphidae	Zweefvliegen
Family	Tipulidae	Langpootmuggen
Family	Tortricidae	Bladrollers
Family	Yponomeutidae	Spinselmotten
onderorde	Auchenorrhyncha indet.	Cicaden
Order	Araneae	Spinnen
Order	Coleoptera	Kevers
Order	Collembola	Springstaarten
Order	Diptera	Vliegen en muggen
Order	Ephemeroptera	Eendagsvliegen
Order	Hemiptera	Snavelinsecten
Order	Hymenoptera	Vliesvleugeligen
Order	Lepidoptera	Vlinders
Order	Opiliones	Hooiwagens
Order	Trichoptera	Schietmotten
Class	Arachnida	Spinachtigen
Class	Gastropoda	Slakken
Class	Insecta	Insecten
Kingdom	Animalia	Dieren