

Moet de koolmees zijn dieet aanpassen?

Alternatieve voedselbronnen voor jonge koolmezen bij onvoldoende rupsen op de Hoge Veluwe



In opdracht van: NIOO-KNAW en Hogeschool van Hall
Larenstein
Contactpersonen: Martijn van der Sluijs (NIOO-KNAW)
en Dick van Dorp (VHL)
Locatie: Wageningen
Auteur: Marijn van Drongelen
Datum: 9-10-2023

Colofon

Opdrachtgever: NIOO-KNAW en Hogeschool van Hall Larenstein

Titel: Alternatieve voedselbronnen voor jonge koolmezen bij onvoldoende rupsen op de Hoge Veluwe

Illustraties voorblad: (RSPB, z.d.)

Status: Definitief

Datum: 9-10-2023

Auteur: Marijn van Drongelen

Studentnummer: 00023145

Opleiding: Bos- en Natuurbeheer

Specialisatie: Toegepaste ecologie

© Hogeschool VHL, september 2023

Postbus 9001 6880 GB Velp

Telefoon: 026 3695695 (receptie)

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport: “Alternatieve voedselbronnen voor jonge koolmezen bij onvoldoende rupsen op de Hoge Veluwe”. Ik heb dit onderwerp gekozen omdat ik geïnteresseerd ben in ecologische relaties binnen ecosystemen. Daarnaast is er nog weinig bekend over welke voedselbronnen er naast rupsen worden gebruikt tijdens het broedseizoen. Ook over de voedselbeschikbaarheid tijdens het broedseizoen is nog weinig bekend. Het onderzoek is uitgevoerd door Marijn van Drongelen, ik ben een vierdejaarsstudent Bos- en Natuurbeheer aan de hogeschool Van Hall Larenstein te Velp. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het NIOO-KNAW. Aan de hand van literatuuronderzoek, eigen onderzoek met insectenvallen en eerder verzamelde data is dit rapport tot stand gekomen. Het eigen onderzoek is uitgevoerd in het Nationale Park de Hoge Veluwe. Tijdens het broedseizoen hebben er zeven weken lang metingen plaatsgevonden.

Ten eerste wil ik mijn begeleiders Martijn van der Sluijs, Marcel Visser en Joey Burant vanuit het NIOO-KNAW bedanken. Martijn en Marcel wil ik bedanken voor hun goede begeleiding en feedback. Joey wil ik bedanken voor de ondersteuning bij de datapreparatie en de analyse. Ook wil ik de medestudenten op het NIOO-KNAW bedanken voor de gezelligheid en de inhoudelijke en mentale steun. Vanuit school wil ik Dick van Dorp en Derk Jan Stobbelaar bedanken voor hun nuttige feedback.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Marijn van Drongelen

Wageningen, 9 oktober 2023

Samenvatting

Het NIOO-KNAW voert al sinds 1955 onderzoek uit naar de broedbiologie van de koolmees. Er worden ongeveer 1250 nestkasten gemonitord in vier verschillende bosgebieden. De koolmees is tijdens het broedseizoen voor een groot deel afhankelijk van rupsen. In vergelijking met 1980 komen de rupsen twee weken eerder uit het ei. De rupsen komen eerder uit als reactie op het eerder uitlopen van de bladeren van de zomereik. De reproductie van de koolmees is echter maar met één week verschoven. Door veranderingen op korte termijn kan de koolmees zich niet snel genoeg aanpassen. Nu is het de vraag welke alternatieve voedselbronnen worden gebruikt om aan de voedselbehoefte van de jongen te voldoen.

Klimaatverandering heeft mogelijk invloed op het broedsucces van de koolmees, doordat er een mismatch ontstaat tussen de rupsenpiek en de piek in voedselbehoefte. Tot nu toe gaan de broedparen niet achteruit. Dit komt waarschijnlijk doordat er minder jongen worden geboren, met als gevolg dat deze jongen een hogere overlevingskans hebben door verminderde intraspecifieke competitie. Zelfs nu de lente steeds vroeger komt kan de koolmees niet eerder eieren leggen doordat er waarschijnlijk te weinig voedsel aanwezig is in de periode waarin de eieren gelegd worden. Tijdens de jongen fase worden er naast rupsen worden ook kevers, wantsen, vliegen, vliesvleugeligen en spinnen wat betreft geleedpotigen gevonden in het dieet van de koolmees. Als hoofdvoedsel naast rupsen in het broedseizoen worden vaak spinnen genoemd, waarschijnlijk vanwege bepaalde voedingswaarden die essentieel zijn voor de jongen.

De doelstelling van dit onderzoek is om een beter inzicht te krijgen in het gebruik van alternatieve voedselbronnen en of er ook pieken aanwezig zijn in deze alternatieve voedselbronnen. De Hoofdvraag van dit onderzoek luidt als volgt: *Hoe belangrijk zijn alternatieve voedselbronnen voor jonge koolmezen (Parus major) wanneer er tijdens het broedseizoen onvoldoende rupsen beschikbaar zijn op de Hoge Veluwe?*

Om een antwoord te krijgen op de hoofd- en deelvragen is gebruik gemaakt van literatuur, eerder verzamelde data en eigen onderzoek. Voor het eigen onderzoek is zeven weken lang (tijdens het broedseizoen van de koolmees) onderzoek gedaan naar de voedselbeschikbaarheid voor koolmezen op de Hoge Veluwe. Dit is gedaan aan de hand van de volgende inventarisatiemethoden: plakvallen, malaisevallen, branch beatings, de DIOPSIS 2 en nestbox cameras. De verzamelde data zijn vervolgens ingevoerd in Excel, de data is geanalyseerd aan de hand van het statistische programma R.

De resultaten uit het onderzoek zijn de volgende. Uit literatuur komen enkele ordes naar voren: *Diptera*, *Hymenoptera*, *Araneae*, *Coleoptera* en *Hemiptera*. Deze ordes komen ook terug in de prooidata van Westerheide, de aantallen zijn echter heel klein vergeleken met het aandeel rupsen. Er zijn duidelijke verschillen in taxonomische representatie aangetoond tussen de verschillende methodes, tussen de verschillende locaties zijn de verschillen een stuk kleiner. Wat betreft aantallen zijn er geen duidelijke trends of pieken te zien tussen de verschillende ordes. Temperatuur heeft invloed op aantallen van *Diptera* en *Hymenoptera*. Datum of datum als kwadratische functie had geen significante invloed op het gemiddelde gewicht van de meest voorkomende ordes.

Het onderzoek heeft uitgewezen dat het dieet van de koolmees niet overeenkomt met de voedselbeschikbaarheid. Aangezien het aantal koolmezen de laatste jaren niet achteruitgaat is de verwachting dat rupsen en spinnen nog steeds als hoofdvoedsel dienen voor de koolmees. Behalve spinnen worden de alternatieve voedselbronnen waarschijnlijk alleen als aanvulling gebruikt.

Aan de hand van het onderzoek zijn enkele discussiepunten naar voren gekomen. Eén van de belangrijkste discussiepunten is het feit dat niet alle gebruikte data uit hetzelfde jaar komt en op dezelfde locatie is verzameld. Daarnaast zijn er nog enkele methodologische verbeterpunten, bij de branch beatings is er alleen in ruimte gemeten en niet in tijd. De plakvallen hingen niet allemaal op dezelfde hoogte wat invloed kan hebben op de soorten insecten die gevangen worden. Variatie in tijd van meten en temperatuur kan ook invloed hebben gehad op aantallen.

Als het onderzoek nog wordt vervolgd zijn er enkele aanbevelingen. Door voortzetting van het onderzoek kunnen trends en veranderingen over een periode van meerdere jaren worden waargenomen. Ook is het een mogelijkheid om vergelijkbare onderzoeken in meerdere gebieden uit te voeren. Van enkele methodes is geen gebruik gemaakt van de verzamelde data. Dit gaat om de rupsenpoep, poep van kuikens, data van de DIOPSIS 2 en data van de nestbox cameras. In het geval van vervolgonderzoek zal deze data ook worden gebruikt om een volledig beeld te krijgen.

Inhoud

Voorwoord.....	2
Samenvatting.....	3
1. Inleiding.....	7
1.1 Aanleiding.....	7
1.2 Kader.....	7
1.3 Probleembeschrijving en -analyse	8
1.4 Hoofdvraag en deelvragen	9
1.5 Hypotheses.....	9
1.6 Doelstelling en duurzaamheid	9
1.7 Randvoorwaarden en afbakening.....	10
2. Methode en werkwijze	11
2.1 Deelvragen.....	11
2.2 Materialen	12
2.3 Onderzoeksopzet.....	13
2.4 Dataverzameling.....	21
2.5 Data-analyse.....	21
3. Resultaten	23
3.1 Welke soortgroepen/ordes/families van geleedpotigen worden er naast rupsen als voedselbronnen door koolmezen daadwerkelijk gebruikt in het broedseizoen?.....	23
3.2 Hoe staan alternatieve voedselbronnen in verhouding tot elkaar?	27
3.3 Wat is het verloop van alternatieve voedselbronnen tijdens het broedseizoen?	31
4. Conclusie	44
5. Discussie.....	46
6. Aanbevelingen	48
7. Bibliografie	49
8. Bijlagen.....	53
8.1 Formulier metadata Malaiseval	53
8.2 Formulier metadata branch beatings	54
8.3 Formulier metadata plakval.....	55
8.4 Formulier Malaiseval.....	56
8.5 Formulier data beating sheet.....	57
8.6 Formulier plakval.....	58
8.7 Referenties kJ per gram voor verschillende taxonomische orders	59

8.8	Basiskaart.....	60
8.9	Locaties onderzoeksgebied.....	61
8.10	Roterende locaties.....	62
8.11	Opzet veldwerk.....	63
8.12	Onderzoekslocaties.....	64
8.13	Protocol koolmees poepbemonstering.....	65
8.14	Samenvatting modellen	66
8.15	Detectiekans verschillende inventarisatiemethoden	76
8.16	Benodigde metagegevens verschillende methodes	77
8.17	Planning veldwerk vaste locaties.....	78
8.18	Planning veldwerk roterende locaties.....	79

1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het onderwerp van het onderzoek geïntroduceerd. Dit wordt gedaan aan de hand van de aanleiding, het kader, de probleembeschrijving en -analyse. Aan de hand van de probleembeschrijving zijn enkele hoofd- en deelvragen geformuleerd. Voor de verschillende deelvragen zijn hypothesen opgesteld. Aan het einde van het hoofdstuk wordt de doelstelling en de relevantie wat betreft duurzaamheid beschreven. Afsluitend worden de randvoorwaarden en de afbakening van het onderzoek beschreven.

1.1 Aanleiding

Sinds 1955 voert het NIOO-KNAW (Nederlands Instituut voor Ecologie – Koninklijke Akademie van Wetenschappen) onderzoek uit naar de broedbiologie van de koolmees (*Parus major*), het is daarmee één van de langstlopende populatiestudies naar gewervelde dieren. In totaal worden er ongeveer 1250 nestkasten gemonitord in eiken-beukenbossen in vier verschillende bosgebieden: Nationaal Park de Hoge Veluwe, Vlieland, Oosterhout (Gelderland) en het Liesbos (Van Balen, 1973).

De koolmees is tijdens het broedseizoen voor een groot deel afhankelijk van de rupsen van de kleine wintervlinder (*Operophtera brumata*), in vergelijking met 1980 komen de rupsen twee weken eerder uit het ei terwijl de reproductie van de koolmees maar met één week naar voren is verschoven.

Tussen 1973 en 2010 is gemeten op de Hoge Veluwe dat de voedselpiek met 0,87 dag per jaar naar voren is verschoven, terwijl de reproductie met 0,25 dag per jaar naar voren is verschoven (Visser et al. 1998; ongepubliceerd). De rupsen van de wintervlinder komen eerder uit dan dat de bladeren van de zomereik (*Quercus robur*) uitlopen. Dit komt doordat rupsen gevoeliger voor temperatuurverandering zijn dan de zomereik, hierdoor komen de rupsen al uit terwijl de bladeren van de zomereik nog in hun knop zitten (Visser et al., 2021). Door hogere temperaturen komen eitjes eerder uit en groeien rupsen sneller, hierdoor kan de rupsenpiek op korte termijn worden bepaald door een paar warme dagen. (Van Noordwijk et al., 1995). Doordat veranderingen kunnen plaatsvinden op dusdanige korte termijn kan de koolmees zich hier moeilijk op aanpassen. Nu is de vraag welke alternatieve voedselbronnen er aanwezig zijn en in welke hoeveelheid deze worden gebruikt om te voldoen aan de voedselbehoefte van de jongen.

1.2 Kader

De koolmees is één van de meest algemene broedvogels in Nederland en tevens ook de grootste mees van ons land. Koolmezen broeden in de hoogste dichtheden in loofbossen, maar ook gemengde bosjes, parken en tuinen worden gebruikt om te broeden. Het dieet van de koolmees bestaat uit rupsen, insecten en spinnen. Buiten de broedperiode worden er ook beukennoten en andere zaden gegeten (Vogelbescherming, z.d.).

De aantallen koolmezen nemen de laatste decennia licht toe, dit komt door het toenemen van bosareaal, ouder wordende bossen, minder wintersterfte door zachtere winters en het grote aantal nestkasten. Het aantal broedparen van de koolmees is de laatste decennia ook gegroeid, in naaldbossen op arme zandgronden lopen het aantal broedresultaten echter achteruit. Deze achteruitgang in broedresultaten komt door kalkgebrek als gevolg van verzuring door stikstofuitstoot (Vogelbescherming, z.d.).

De temperatuur van de aarde is al aan het stijgen sinds de Industriële revolutie (1750). Een gedeelte van deze temperatuurstijging is natuurlijk, maar de mens levert ook een bijdrage aan deze temperatuurstijging. Wetenschappers van het Goddard Institute for Space Studies (GISS) zeggen dat de gemiddelde temperatuur op aarde minstens met 1,1 graden Celsius is gestegen sinds 1880. Het meeste van deze opwarming heeft plaatsgevonden vanaf 1975, met een gemiddelde van 0,15 tot 0,2

graden Celsius per decennium (Nasa Earth Observatory, z.d.). Sinds ruim dertig jaar is deze opwarming ook terug te zien aan een warmer voorjaar in West-Europa. De reacties op een warmer voorjaar variëren tussen groepen van soorten. Planten gaan eerder bloeien, rupsen komen vroeger uit het ei, insecten vliegen eerder. Door deze veranderingen ontstaan mismatches in ecologische relaties (Visser et al., 2021). Het feit dat de populatie van koolmezen tot vooralsnog niet daalt wijst erop dat de koolmees een zeer adaptieve soort is.

1.3 Probleembeschrijving en -analyse

Doordat het voorjaar steeds warmer wordt komen rupsen vroeger uit het ei en verschuift de rupsenpiek. Klimaatverandering heeft op deze manier mogelijk invloed op het broedsucces van de koolmees, doordat er een mismatch is ontstaan tussen het uitkomen van de jonge koolmezen en het moment dat biomassa van de rupsen maximaal is. De koolmees is slechts in beperkte mate in staat om te reageren op de vervroegde rupsenpiek. Dit komt doordat koolmezen zich voornamelijk aanpassen aan de lengte van de dag (Van Dis, 2023). Dit levert problemen op voor jonge koolmezen die grote hoeveelheden rupsen van de wintervlinder nodig hebben als voedselbron (Naef-Daenzer et al., 2000). Door een mechanisme dat “Density Dependent Compensation” heet gaat het aantal broedparen niet achteruit. Er worden minder jongen geboren, maar deze jongen hebben een grotere overlevingskans door verminderde intraspecifieke competitie (Reed et al., 2013). Koolmezen hebben veel energie nodig om eieren te produceren. Zelfs nu het eerder lente wordt kunnen de eieren niet eerder worden geproduceerd, omdat er waarschijnlijk te weinig voedsel aanwezig is. Deze hypothese heet de “Constraints Hypothesis” en is bedacht door Perrins (1970).

Voedseltekort heeft direct effect op gewicht en overlevingskans van jonge koolmezen. In een onderzoek van Henrich-Gebhardt (1990) is directe correlatie getoond tussen de beschikbaarheid van rupsen en het gewicht van jonge koolmezen. Het is de vraag wat in het broedseizoen geschikte alternatieve voedselbronnen zijn en in welke mate de koolmees overschakelt op alternatieve voedselbronnen wanneer de koolmees niet (genoeg) in staat is om zich aan te passen, door het leggen van de eieren en het broeden beter te timen. Er is nog niet veel bekend over het gebruik van alternatieve voedselbronnen voor jonge koolmezen wanneer de voedselpiek van de rupsen voorbij is. In het boek “The Great Tit”, Gosler (1993), wordt genoemd dat er soorten uit 135 verschillende families van geleedpotigen zijn gevonden in het dieet van de koolmees. 32 Families hiervan behoren tot de orde van motten en vlinders (voornamelijk rupsen) (*Lepidoptera*), 21 families van kevers (*Coleoptera*), 18 families van wantsen (*Hemiptera*), 15 families van vliegen (*Diptera*), 14 families van vliesvleugeligen (*Hymenoptera*) en 14 families van spinnen (*Araneae*). In de winter voeden ze zich voornamelijk met plantaardig voedsel, zo zijn er soorten uit 40 verschillende plantenfamilies teruggevonden in hun dieet.

Als hoofdvoedsel naast rupsen in het broedseizoen worden vaak spinnen genoemd (Gosler, 1993; Van Den Burg, 2014; Pagani-Núñez et al., 2011). Meerdere studies hebben aangetoond dat de piek van het gebruik van spinnen is wanneer de jongen vijf of zes dagen oud zijn (Royama, 1970; Tinbergen, 1960; van Balen, 1993). Deze piek is echter niet afhankelijk van de tijd van het jaar of het type habitat, dit impliceert dat het geen relatie heeft tot de abundantie van spinnen. Maar dat spinnen speciaal worden geselecteerd vanwege bepaalde voedingswaarden (Ramsay & Houston, 2003). Gosler (1993) veronderstelde dat spinnen zwavel bevattende aminozuren genaamd cysteïne bevatten, wat ook veel aanwezig is in de keratine van veren (Lachner et al., 2019). Uit onderzoek is gebleken dat proteïne van spinnen maar iets meer cysteïne bevat dan de proteïne van rupsen, spinnen bevatten gemiddeld echter meer proteïne dan rupsen. De stof taurine is echter vele malen hoger in spinnen (Ramsay & Houston, 2003). Uit onderzoek van Arnold et al. (2007), blijkt dat een hoger gehalte van taurine in het dieet van jonge koolmezen invloed heeft op gedrag, risico's nemen en beter ruimtelijk inzicht.

In dit onderzoek wordt op de Hoge Veluwe onderzocht welke alternatieve voedselbronnen de koolmees benut wanneer er niet genoeg rupsen beschikbaar zijn. Er zijn twee belangrijke onderdelen die door dit onderzoek duidelijker moeten worden: (1) zijn er naast de rupsenpiek ook pieken in biomassa bij andere soortgroepen? (2) kan dit onderzoek meer inzicht geven over de invloed van de opwarming van de aarde op andere soortgroepen?

1.4 Hoofdvraag en deelvragen

*Hoe belangrijk zijn alternatieve voedselbronnen voor jonge koolmezen (*Parus major*) wanneer er tijdens het broedseizoen onvoldoende rupsen beschikbaar zijn op de Hoge Veluwe?*

Om de hoofdvraag te beantwoorden is deze opgedeeld in drie deelvragen. De eerste deelvraag gaat over het dieet van de koolmees en de kwaliteit (welke?). De tweede en derde deelvraag gaan over het voedselaanbod. Bij de tweede deelvraag gaat het om de kwantiteit (hoeveel?), de derde deelvraag gaat in op de spreiding in de tijd (wanneer?)

1. Welke soortgroepen/ordes/families van geleedpotigen worden er naast rupsen als voedselbronnen door koolmezen daadwerkelijk gebruikt in het broedseizoen?
2. Hoe staan alternatieve voedselbronnen in verhouding tot elkaar?
3. Wat is het verloop van alternatieve voedselbronnen tijdens het broedseizoen?

1.5 Hypotheses

In dit hoofdstuk worden de hypotheses van de verschillende deelvragen beschreven. Met deze hypotheses wordt beschreven wat op basis van bestaande literatuur de verwachte uitkomsten zijn van het onderzoek. Daarnaast kunnen deze hypotheses ook worden gebruikt bij het beantwoorden van de hoofdvraag:

1. Als alternatieve voedselbronnen worden voornamelijk spinnen, gevleugelde insecten en kevers gebruikt.
2. De verhoudingen verschillen mogelijk sterk per methode, omdat verschillende methodes verschillende ordes aantrekken. De grootste aantallen en biomassa zijn waarschijnlijk gevleugelde insecten (*Diptera* en *Hymenoptera*).
3. Mogelijk zijn er ook in andere soortgroepen zoals spinnen en gevleugelde insecten voedselpieken.

1.6 Doelstelling en duurzaamheid

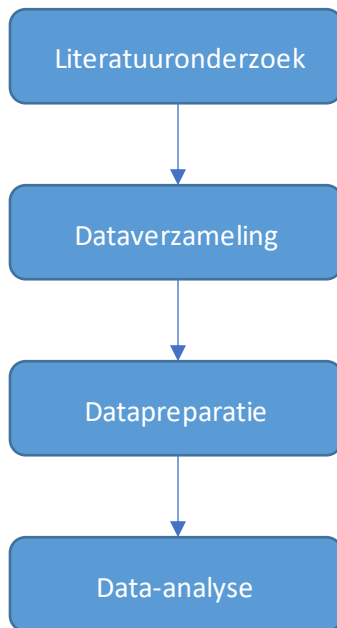
De doelstelling van dit onderzoek is om een beter inzicht te krijgen in het gebruik van alternatieve voedselbronnen voor jonge koolmezen als er niet voldoende rupsen aanwezig zijn. Dit wordt onderzocht aan de hand van bestaande gegevens, literatuuronderzoek en veldwerk. De uitkomsten van dit onderzoek leveren een bijdrage aan de beschikbare kennis over de invloeden van klimaatverandering op ecosystemen, op een indirecte of correlatieve wijze. Koolmees en wintervlinder zijn beide geen kwetsbare soorten, maar ze kunnen wel worden gebruikt als modellen om voorspellingen te doen over kwetsbaardere soorten.

1.7 Randvoorwaarden en afbakening

Vanwege de beschikbare tijd is er een duidelijke afbakening gemaakt voor het onderzoek. Het onderzoek wordt uitgevoerd door één persoon, daarom is er voor een beperkt aantal deelvragen gekozen. Bij het kiezen van te veel deelvragen bestaat er de kans dat er niet voldoende diepgang is. Om de deelvragen te beantwoorden wordt er gebruik gemaakt van bestaande data, literatuuronderzoek en eigen onderzoek. Het onderzoek richt zich alleen op de Hoge Veluwe.

2. Methode en werkwijze

In dit hoofdstuk zijn de methodes beschreven die toegepast zijn om de verschillende deelvragen te beantwoorden. In figuur 2.1 is het methodisch stappenplan weergegeven.



Figuur 2.1 Methodisch stappenplan

2.1 Deelvragen

1. Welke soortgroepen/ordes/families van geledpotigen worden er naast rupsen als voedselbronnen door koolmezen daadwerkelijk gebruikt in het broedseizoen?

Deze deelvraag is beantwoord door gebruik te maken van literatuur en een bestaande database die beschikbaar is gesteld door het NIOO-KNAW. In voorgaande jaren zijn er camera's in nestkasten opgehangen om te onderzoeken wat voor voedsel en hoeveel voedsel er door koolmezen naar de nestkasten wordt gebracht. De video's hiervan zijn al geanalyseerd, voor het grootste gedeelte is dit op familieniveau gebeurd. De analyse is uitgevoerd in R Version 4.2.3. (The R Foundation, 2023). In R is er een visualisatie gemaakt van de samenstelling van de verschillende soortgroepen en families.

2. Hoe staan alternatieve voedselbronnen in verhouding tot elkaar?

Om deze deelvraag te beantwoorden is het voedselaanbod in het veld gemeten tijdens het broedseizoen. Om het voedselaanbod in het veld te meten zijn zes verschillende inventarisatiemethoden toegepast: Malaisevallen, branch beatings, plakvallen, rupsenkeutels, poep van kuikens en de DIOPSIS 2. Door veel verschillende typen vallen toe te passen worden verschillende soortgroepen bemonsterd. De typen soorten vallen zijn op drie representatieve locaties in de buurt van nestkasten van koolmezen geplaatst tijdens het broedseizoen. De DIOPSIS 2 apparaten zijn in de buurt van nestbox cameras (zie 2.3 voor uitleg) geplaatst. Om deze vraag te beantwoorden zijn de alternatieve voedselbronnen onderverdeeld op ordeniveau. Het verschil in proporties is vergeleken tussen de verschillende ordes om te weten te komen hoe ze tot elkaar in

verhouding staan. Voor deze deelvraag is data gebruikt van de plakvallen, branch beatings, malaisevallen en de DIOPSIS 2 (zie 2.3 voor uitleg). De analyse van deze deelvraag is in R uitgevoerd.

3. Wat is het verloop (aantal, biomassa en energie-inhoud) van alternatieve voedselbronnen tijdens het broedseizoen?

In de vorige deelvraag zijn de monsters al onderverdeeld op ordeniveau. In deze deelvraag is naar het verloop tijdens het broedseizoen gekeken, om te kijken of er ook pieken of bepaalde trends in andere ordes aanwezig zijn. De vergelijking is gedaan aan de hand van aantal, biomassa en energie-inhoud. Om de totale biomassa te weten te komen zijn alle insecten uit de Malaisevallen gedroogd (minimaal 72 uur). Per orde is de energie-inhoud (kJ) berekend aan de hand van de biomassa en referenties (zie bijlage 8.7). De analyse van deze deelvraag is in R uitgevoerd.

2.2 Materialen

In deze paragraaf worden alle benodigde materialen voor het veldwerk beschreven.

- 3 Malaisevallen (Townes type)
- Bamboestokken voor Malaisevallen
- Haringen (voor Malaisevallen en voor de branch beatings)
- Hamer
- 6 Verzamelflesjes met 50% propyleenglycol
- Schuifmaat
- Beating sheet
- Telescoopsnoeischaar (387 cm)
- Stok (om op takken te slaan)
- 96 plakvallen
- Hengel met ring
- Gewichten (~110 gram)
- Tape
- Gekleurde pinnen (om bomen terug te vinden)
- Meetlint
- Schuifmaat
- Veldformulieren
- Determinatiekaarten
- Papieren kaart en digitale kaart
- 2 DIOPSIS 2
- 2 Nestbox cameras

2.3 Onderzoeksopzet

Het veldwerk is uitgevoerd in Nationaal Park de Hoge Veluwe, dit is een natuurgebied in Gelderland. Het onderzoeksgebied heeft een grootte van ongeveer 170 hectare. Het bestaat voornamelijk uit gemengd bos met voornamelijk boomsoorten als zomereik (*Quercus robur*), Amerikaanse eik (*Quercus rubra*), Japanse lariks (*Larix kaempferi*), ruwe berk (*Betula pendula*) en grove den (*Pinus sylvestris*). In het gebied hangen ongeveer 450 nestkasten (zie bijlage 8.8)

In het onderzoeksgebied zijn drie vaste locaties gebruikt om de voedselbeschikbaarheid wat betreft geleedpotigen te meten (Zie bijlage 8.9). Daarnaast zijn er ook op twee locaties tegelijk bemonsterd waar een DIOPSIS 2 en een smart nest box camera geïnstalleerd stond. De DIOPSIS 2 en de nestbox cameras zijn elke vijf dagen naar een nieuwe locatie gebracht. Er zijn vijf verschillende inventarisatiemethoden toegepast: plakvallen, malaisevallen, branch beatings, de DIOPSIS 2 en nestbox cameras (zie paragraaf 2.1). Vanaf begin mei komen de meeste koolmezen uit het ei, daarna blijven de meeste koolmezen tussen de 17-20 dagen in het nest totdat ze vliegvlug zijn (Vogeltrekstation, z.d.). De metingen hebben plaatsgevonden van eind april tot en met half juni 2023 (zie bijlage 8.17). Omdat niet alle koolmezen op hetzelfde moment uitkomen is de tijd van het meten iets langer dan de gemiddelde tijd dat koolmezen op het nest verblijven.

Opzet vaste locaties

Alle metingen van de drie vaste locaties hebben plaatsgevonden in de buurt van nestkasten die in gebruik zijn door koolmezen. De plakvallen en de branch beatings zijn ingezet bij de meest voorkomende boomsoorten in het gebied: zomereik, Amerikaanse eik, Japanse lariks, ruwe berk en grove den. De bemonsterde bomen staan allemaal in een straal van 50 meter van een nestkast die in gebruik is door een koolmees (koolmezen foerageren tot ongeveer 50 meter van hun nestkast). Zie bijlage 8.11 voor een voorbeeldopzet.



Figuur 2.2 Impressie locatie 1



Figuur 2.3 Impressie locatie 2



Figuur 2.4 Impressie locatie 3

Gebiedsomschrijving locatie # 1 (nestkast 242)

Deze locatie bestaat uit relatief dicht bos met voornamelijk ruwe berk (*Betula pendula*) en zomereik (*Quercus robur*). De ondergrond bestaat voornamelijk uit mos en blad. Zie figuur 2.2 voor een impressie van de locatie.

Gebiedsomschrijving locatie # 2 (nestkast 330)

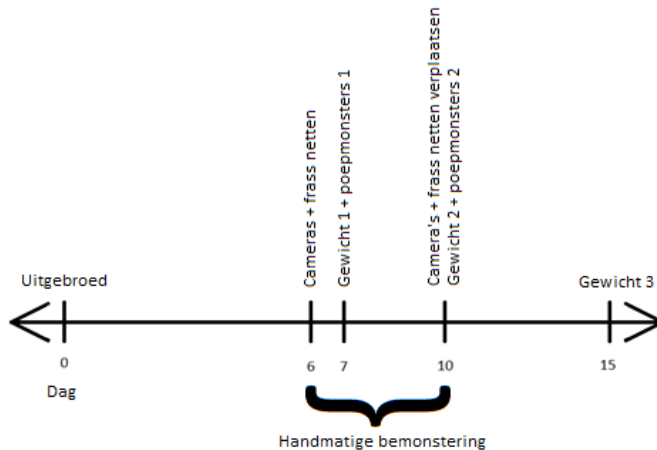
Deze locatie wordt gedomineerd door naaldbomen, namelijk grove den (*Pinus sylvestris*), Japanse lariks (*Larix kaempferi*) en Douglasspar (*Pseudotsuga menziesii*). De vallen zijn hier ingezet in een relatief open stuk met veel jong opschot van Japanse lariks en pijpestrootje (*Molinia caerulea*) (zie figuur 2.3).

Gebiedsomschrijving locatie # 3 (nestkast 48)

De dominante soorten op deze locatie zijn zomereik en Amerikaanse eik (*Quercus rubra*) (zie figuur 2.4). De bemonsterde bomen staan in een singel. Ten westen van de singel ligt een akker, ten oosten staat een stuk bos met relatief jonge eiken.

Opzet roterende locaties

Op twee locaties tegelijk werd een DIOPSIS 2 geplaatst en een smart nest box camera. Daarnaast werden hier ook frass netten geplaatst en plakvallen opgehangen. Ook zijn er branch beatings uitgevoerd. Van de kuikens is poep verzameld op dag zeven en dag tien. Zie bijlage voor een tijdslijn van alle metingen. Zie bijlage 8.10 voor de gebruikte locaties.



Figuur 2.5 Tijdslijn metingen roterende locaties

Malaiseval

Een malaiseval is een soort tent gemaakt van netten (Malaise, 1937). De insecten vliegen tegen een wand gemaakt van een net, vervolgens reageren ze door omhoog te vliegen waardoor ze in een verzamelbak vliegen (Zie figuur 2.6). Deze bak moet dan om de paar dagen of weken geleegd worden. De Malaiseval wordt vooral toegepast voor de volgende ordes van insecten: *Hymenoptera*, *Diptera*, *Hemiptera* en *Lepidoptera* (*Heterocera*) (zie bijlage 8.15 voor een overzicht van alle inventarisatiemethodes) (Matthews & Matthews, 1970). Er zijn verschillende type malaisevallen, in dit onderzoek wordt de Townes Malaiseval toegepast. Om alles goed te documenteren wordt aanbevolen om bepaalde metadata te beschrijven, zie bijlage 8.16 voor een volledig overzicht hiervan.

De malaisevallen zijn net als de rest van de vallen dichtbij nestkasten geplaatst die in gebruik zijn door koolmezen. Het is belangrijk dat ze niet te veel in het zicht staan, zodat ze niet de aandacht van bezoekers trekken. Uit voorzorg is er wel een kaartje aan de vallen gehangen om mensen te informeren. Zie bijlage 8.1 en 8.4 voor de benodigde formulieren.

De verzamelbakken van de Malaisevallen zijn elke 48 uur vervangen. De inhoud van de verzamelbakken is in het lab gedetermineerd en de aantallen zijn geteld. De geledpotigen zijn uit de verzamelbakken gezeefd, vervolgens zijn ze in een petrischaal gesorteerd op orde en grootte. Na 72 uur drogen is het drooggewicht bepaald per orde.



Figuur 2.6 Townes type Malaiseval (Krčmar, 2021)

Branch beatings

Voor de branch beatings word gebruik gemaakt van een beating sheet. Een beating sheet is een stuk wit doek, dat ondersteund wordt door een houten frame (zie figuur 2.7). Van enkele boomsoorten worden takken verwijderd met een telescopsnoeischaar. Met deze snoeischaar kan effectief worden geknipt tot een hoogte van ongeveer vijf meter. De maximale dikte van de takken is ongeveer 1 cm. Vervolgens wordt er met een stok op de afgeknipte takken geslagen om de geleedpotigen die erop zaten los te maken, vervolgens kunnen de geleedpotigen geteld worden. Een beating sheet kan gebruikt worden voor de volgende ordes van geleedpotigen: *Lepidoptera* (voornamelijk larven), *Hemiptera*, *Coleoptera* en *Araneae* (Montgomery et al., 2021).

Voordat er van twee verschillende bomen takken werden afgeknipt is de beating sheet in de buurt van deze bomen gelegd. De beating sheet is vastgezet met haringen, zodat deze niet kan wegwaaien. De geleedpotigen die aanwezig zijn op de takken zijn hiervan verwijderd door met een stok 10 keer op de tak te slaan. De geleedpotigen die eraf vallen zijn ter plaatse gedetermineerd, geteld en gemeten. De lengte van de takken inclusief zijtakken zijn ook opgemeten, op deze manier is uitgerekend hoeveel geleedpotigen er per meter aanwezig waren. Bij deze metingen is wekelijks gewisseld worden van bomen, op deze manier werd de vitaliteit van de bomen niet te veel aangetast en op deze manier meet je het verschil over ruimte en tijd. Zie bijlage 8.2 en 8.5 voor de benodigde formulieren.



Figuur 2.7 Links is de snoeischaar te zien waarmee de takken worden afgeknipt. In het midden is de beating sheet te zien waar de geleedpotigen op vallen. Rechts is de stok te zien waarmee de geleedpotigen van de takken worden losgemaakt.

Plakval

Een plakval bestaat meestal uit een stuk karton waar lijm op zit, waaraan insecten blijven plakken (zie figuur 2.8). Plakvallen worden ingezet het bestrijden van plaagdieren en het monitoren van insecten (Southwood, 1978). Plakvallen kunnen ingezet worden om soorten van onder andere de ordes Diptera en Hymenoptera te monitoren (Carrillo-Arámbula et al., 2022).

De plakvallen zijn met behulp van een hengel in een boom gehangen, op een hoogte van ongeveer zeven meter. In totaal zijn er vijf bomen gekozen, van elke boomsoort één. In elke boom is één plakval opgehangen, na 48 uur werden de plakvallen vervangen. De plakvallen zijn in totaal 14 keer vervangen. Zie bijlage 8.3 en 8.6 voor de benodigde formulieren.

De geledpotigen die op de plakvallen aanwezig waren zijn in het veld gedetermineerd, geteld en opgemeten.



Figuur 2.8 Links is de plakval te zien, het gewicht onderaan zorgt ervoor dat de plakval stabiel blijft hangen. De haak aan de bovenkant wordt gebruikt om de plakval in de boom te hangen. Rechts is de hengel te zien waarmee de plakval in de boom wordt gehangen.

DIOPSIS 2

De DIOPSIS 2 is een apparaat dat ontworpen is om automatisch insecten te herkennen (zie figuur 2.9). Naast herkenning meet het apparaat ook de hoeveelheid insecten en de biomassa. De DIOPSIS 2 zal worden ingezet om het voedselaanbod van vliegende insecten te meten in de buurt van de locaties waar nestbox cameras geïnstalleerd zijn. De DIOPSIS is neergezet op het moment dat de kuikens in de nestkast zes dagen oud waren, op dag tien werd de DIOPSIS 2 weer verplaatst naar een nieuwe locatie. De DIOPSIS 2 wordt aangedreven door een zonnepaneel, deze moet dus ergens worden geplaatst waar voldoende zonlicht aanwezig is. De DIOPSIS 2 staat niet altijd in een representatief gebied voor het territorium van de nestkastbroeder, maar de DIOPSIS 2 staat wel altijd binnen het territorium. De DIOPSIS 2 meet niet alles op hetzelfde taxonomische niveau, sommige taxa worden tot familieniveau gemeten en sommige taxa tot ordeniveau.



Figuur 2.9 DIOPSIS 2 met zonnepaneel

Nestbox camera

De smart nest box camera is een camera die ontworpen is door mensen van de Universiteit Twente (zie figuur 2.10). Het apparaat kan automatisch detecteren wat voor prooi er het nest in wordt gebracht. Per locatie werd één camera geïnstalleerd. De nestbox camera werd geïnstalleerd op het moment dat de kuikens in het nest zes dagen oud zijn, ze zijn verplaatst op het moment dat de kuikens tien dagen oud zijn.



Figuur 2.10 De nestbox camera op een nestkast

Frass netten

Frass netten zijn netten die worden geplaatst onder eiken om rupsenpoep op te vangen. Een frass net bestaat uit een doek, vier pinnen en een gewicht om het stabiel te houden (zie figuur 2.11). Aan de hand van de biomassa van de rupsenpoep, kan de biomassa van de rupsen worden uitgerekend. Per boom waar een smart nestbox camera geïnstalleerd is worden twee frass netten neergezet. Deze frass netten worden opgezet wanneer de kuikens zes dagen oud zijn. Op dag tien worden ze weer verplaatst naar een nieuwe locatie. De inhoud van de frass netten wordt opgeslagen in Eppendorf buizen van één ml met 96% ethanol. Zo kan het later worden geanalyseerd. De volgende data wordt op de buizen vermeld: locatie, nestkastnummer, boomsoort, datum (voorbeeld: HV 126 zomereik 25/05).



Figure 2.11 Een voorbeeld van een frass net.

Wegen en poepmonsters

Naast alle andere methodes worden er ook poepmonsters genomen van jongen op dag 7 en dag 10, dit is gedaan zodat het verschil in gewicht gerelateerd kan worden aan de hoeveelheid voedsel die ze hebben opgenomen. De poepmonsters worden net als de inhoud van de frass netten opgeslagen in 96% ethanol (zie figuur 2.12). Door de jongen te wegen op dag 7 en dag 10 kan het verschil in gewicht worden gerelateerd aan de hoeveelheid voedsel die ze hebben binnengekregen. Zie bijlage 8.13 voor het volledige protocol.



Figuur 2.12 Bak met Eppendorf buisjes van frass netten en poepmonsters

2.4 Dataverzameling

Voor de eerste deelvraag is gebruik gemaakt van al bestaande kwantitatieve data en literatuuronderzoek. De dataset die gebruikt is bestaat uit data die verzameld is in 2021 en 2022, tijdens het broedseizoen. De data lopen van 13 mei tot en met 4 juni. Deze data zijn verzameld in het gebied Westerheide, dit ligt ongeveer twee kilometer ten zuiden van Nationaal Park de Hoge Veluwe. Bij dit onderzoek waren camera's op enkele nestkasten gezet, alle jongen waren 11 dagen oud tijdens het filmen. Bij alle nestkasten met camera's zijn video's met een lengte van 30 minuten opgenomen. In 2021 is er gebruik gemaakt van 40 nestkasten, in 2022 waren dit er 57. Bij deze dataset wordt gekeken naar welke verschillende voedselbronnen er gebruikt zijn. De data van alle video's is bij elkaar gevoegd, zo wordt duidelijk welke voedselbronnen er gebruikt zijn en de frequentie van deze voedselbronnen. Zie bijlage 8.12 voor de gebruikte locaties voor het onderzoek.

Er is ook kwantitatieve data verzameld op het Nationaal Park de Hoge Veluwe. Deze data zijn tijdens het broedseizoen van de koolmees verzameld. De metingen zijn aangevangen op 24-04-2023. Op drie locaties zijn metingen uitgevoerd met Malaisevallen, branch beatings en plakvallen. Deze metingen hebben plaatsgevonden vanaf week 17 tot en met week 23, in totaal zijn er 14 datapunten. De opvangbakken van de Malaisevallen zijn na 48 uur vervangen, dit is ook het geval voor de plakvallen. De data van de DIOPSIS 2, nestbox cameras, frass netten en poep van kuikens is vanwege tijdgebrek niet opgenomen in het onderzoek. De data van de Malaisevallen, branch beatings en plakvallen is samengevoegd tot één tabel in R. Op deze manier kon de data effectief worden vergeleken met elkaar. Omdat bij deze verschillende methodes op andere manieren is geteld zijn de aantallen eerst gestandaardiseerd. Voor de Malaisevallen is het omgerekend naar aantal geledpotigen per dag, bij de plakvallen is het omgerekend naar aantal geledpotigen per plakval per dag, voor de branch beatings is het omgerekend naar aantal geledpotigen per meter.

2.5 Data-analyse

Voor de data-analyse worden de programma's Excel (Microsoft, 2021) en R (The R Foundation, 2023) gebruikt. Excel is voornamelijk gebruikt voor de datavoorbereiding en beschrijvende statistiek. Om de data op te schonen en te harmoniseren wordt de package Tidyverse gebruikt in R (Wickham et al., 2019). Voor de visualisatie van de data wordt gebruik gemaakt van de ggplot2 package (versie) in R (Wickham, 2010).

In deelvraag 1 wordt beschreven welke alternatieve ordes er gebruikt worden door koolmezen aan de hand van literatuur en data van Westerheide. Er wordt ook gekeken naar de verschillen tussen de literatuur en Westerheide. Als afhankelijke variabele worden de aantallen geledpotigen per soortgroep/familie/orde gebruikt, als onafhankelijke variabelen worden jaar en locatie gebruikt.

In deelvraag 2 wordt de verhouding tussen de verschillende ordes beschreven. Als afhankelijke variabele wordt de proportie van alle individuele geledpotigen gebruikt, als onafhankelijke variabelen worden locatie en meetmethode gebruikt. Voor de plakvallen en de Malaisevallen zijn de aantallen eerst gestandaardiseerd dat is op de volgende manier berekend:

- Gestandaardiseerde aantallen = aantallen/ verstreken uren * 24

De proporties zijn op de volgende manier berekend:

- Totale hoeveelheid = som van alle aantallen; Proportie per orde = totale hoeveelheid per unieke orde/totale hoeveelheid.

Om de verschillen tussen de locaties en meetmethodes statistisch te testen wordt gebruik gemaakt van een Fisher's exact test. Een Fisher's exact test is een statistische toets die wordt gebruikt bij het analyseren van kruistabellen, deze toets wordt vooral toegepast bij lage getallen (Upton, 1992).

In deelvraag 3 wordt het verloop van de voedselbeschikbaarheid gemeten. Voor het eerste gedeelte wordt er gebruik gemaakt van het gemiddelde gestandaardiseerde aantal. Dit is als volgt berekend:

Totale gestandaardiseerde aantallen = som van alle gestandaardiseerde aantallen

Deze totale gestandaardiseerde aantallen zijn vervolgens gegroepeerd op methode, locatie en boomsoort.

Om de verschillen tussen de taxonomische groepen statistisch te testen is er gebruik gemaakt van een factoriële ANOVA. Een factoriële ANOVA is een test die wordt gebruikt om te kijken hoe twee of meer categorische variabelen in combinatie een afhankelijke variabele beïnvloeden (Scribbr, 2020).

Voor het verloop van de voedselbeschikbaarheid is gekeken of bepaalde weersvariabelen invloed hebben hierop. Om deze gegevens in R te gebruiken is de KNMIr package (Versie 0.4.1.0) (Van Hest, 2022) gebruikt. Er zijn gegevens gebruikt van het KNMI weerstation in Deelen, dit weerstation ligt op ongeveer 3.7 kilometer afstand van het projectgebied. De geringe afstand tussen het weerstation en het projectgebied betekent dat de weergegevens goed kunnen worden toegepast op de verzamelde data in het projectgebied. De volgende weersvariabelen zijn gebruikt: temperatuur, wolkenbedekking, gemiddelde luchtvochtigheid, totale regen per dag, duur regen per dag. De interactie tussen deze weersvariabelen en voedselbeschikbaarheid is gemeten met een simpele lineaire regressie. Een simpele lineaire regressie is toegepast om de relatie tussen kwantitatieve variabelen te testen (Bevans, 2023b). Om te bepalen welke weersvariabelen het beste in een model passen is er gebruik gemaakt van een AIC (Akaike Information Criterion). De AIC wordt gebruikt om te evalueren hoe goed een model bij de data past. Een lagere AIC-score betekent dat het model beter bij de data past (Bevans, 2023a).

Omdat het aantal niet altijd correspondeert met de biomassa vanwege verschillen in grootte is er ook gekeken naar gewicht (g) en energie-inhoud (kJ), dit is vanwege praktische overwegingen alleen gebeurd bij de Malaisevallen. Ook in dit geval zijn de gegevens gestandaardiseerd op tijd, op deze manier zijn alle gegevens per 24 uur.

Het gewicht is gemeten door per orde en per meetmoment alle individuen te wegen, het gestandaardiseerde gewicht is als volgt berekend:

Gestandaardiseerd gewicht = gewicht/ verstreken uren * 24

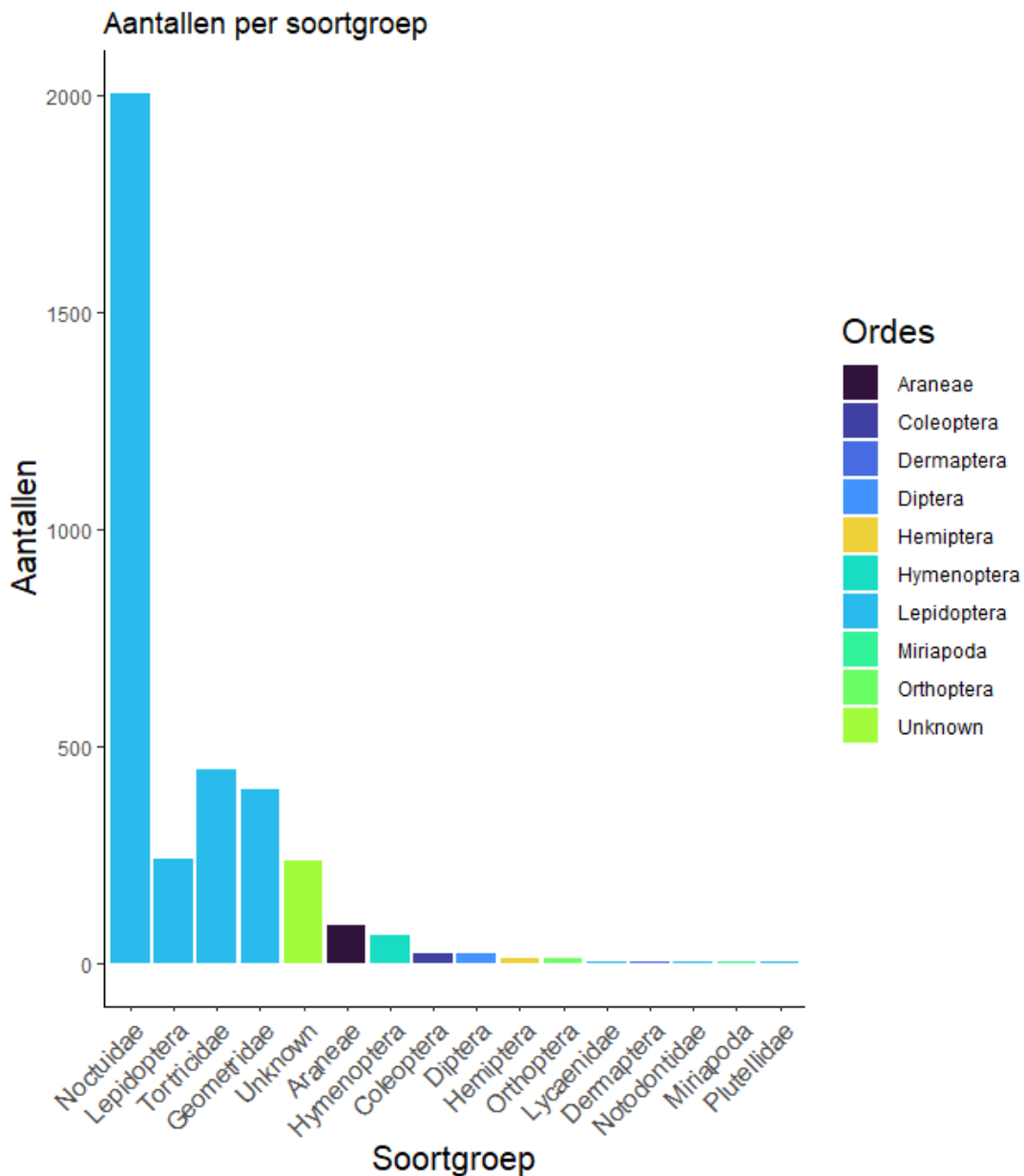
3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden alle resultaten beschreven die verzameld zijn aan de hand van literatuuronderzoek, veldwerk en al bestaande data. De resultaten worden per deelvraag weergegeven. Bij elke deelvraag wordt eerst de beschrijvende statistiek beschreven, vervolgens wordt de statistische analyse beschreven met behulp van grafieken en tabellen. Deelvraag één is beantwoord aan de hand van literatuur en gegevens over het dieet van koolmezen, deelvraag twee en drie zijn beantwoord aan de hand van zelf verzamelde data.

3.1 Welke soortgroepen/ordes/families van geleedpotigen worden er naast rupsen als voedselbronnen door koolmezen daadwerkelijk gebruikt in het broedseizoen?

Bij deze deelvraag wordt beschreven welke voedselbronnen er naast rupsen gebruikt worden aan de hand van literatuur en data van het dieet van koolmezen uit Westerheide. De data van Westerheide is verzameld in 2021 en 2022.

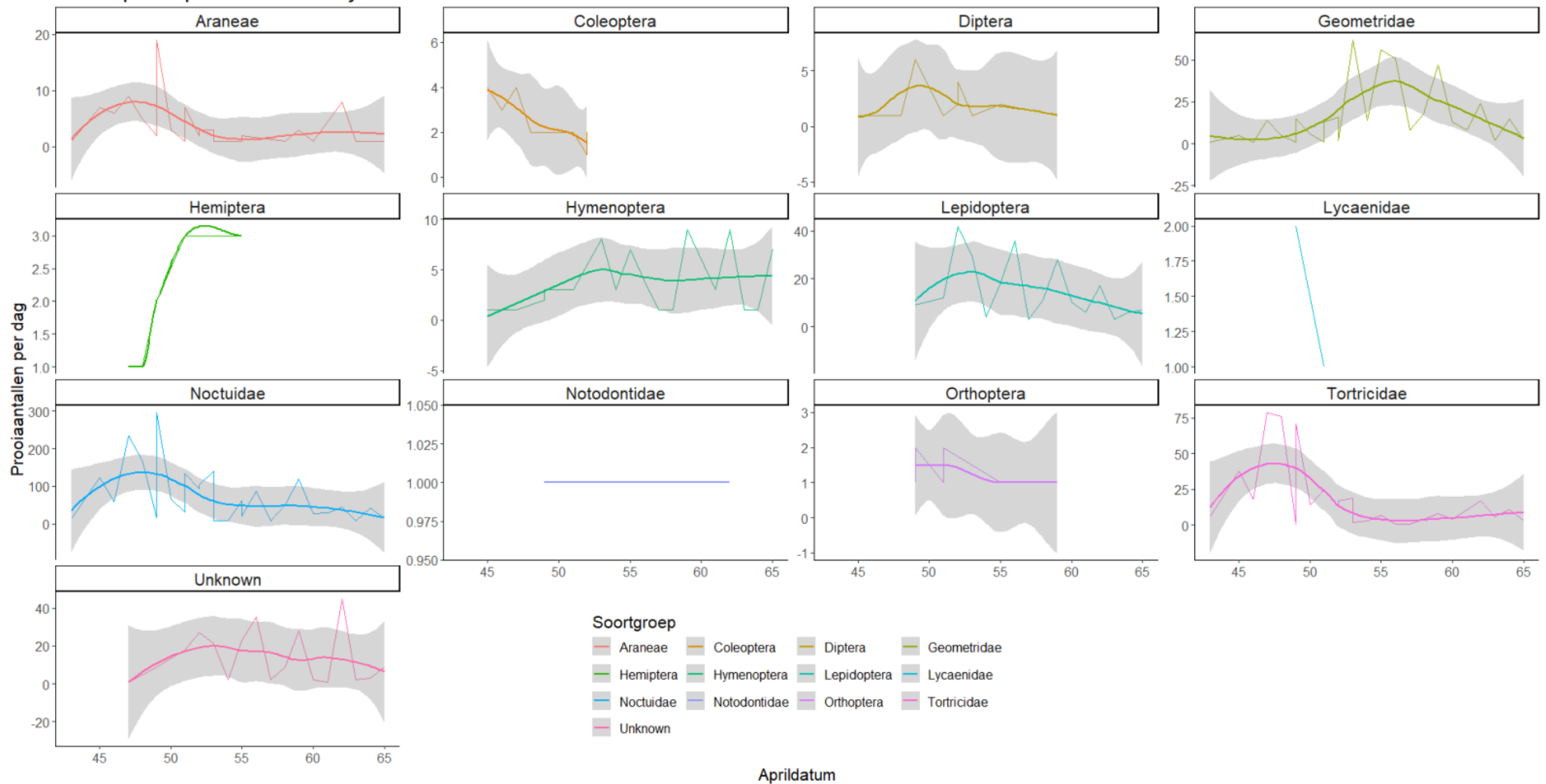
In het boek “The Great Tit”, Gosler (1993) worden de volgende ordes van geleedpotigen als hoofdvoedsel van adulte koolmezen genoemd: *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Diptera*, *Hymenoptera* en *Araneae*. Als hoofdvoedsel naast rupsen worden vaak spinnen genoemd: Gosler, 1993; Van Den Burg, 2014; Pagani–Núñez et al., 2011. Bij het onderzoeken van wat koolmezen aan hun jongen voeren komen de hiervoor genoemde ordes ook vaak terug. In Cowie & Hinsley (1988) worden naast *Lepidoptera* de volgende ordes beschreven: *Araneae*, *Diptera*, *Hymenoptera* en *Hemiptera*. In Nour et al. (1998) worden de volgende ordes beschreven: *Diptera*, *Coleoptera* en *Araneae*. Het hoofdvoedsel van adulte koolmezen wat betreft geleedpotigen komt dus in grote lijnen overeen met wat ze aan hun jongen voeren.



Figuur 3.1 Cumulatieve exemplaren van de verschillende gebruikte soortgroepen in dit onderzoek. Op d X-as staan alle gebruikt soortgroepen, van de Lepidoptera zijn ze gedeeltelijk onderverdeeld op familieniveau. In de legende is terug te vinden tot welke orde alles toebehoort. Op de Y-as zijn de aantallen van geleedpotigen weergegeven.

In figuur 3.1 is een staafdiagram van de Westerheide data te zien. Het grootste deel van wat de jongen gevoerd krijgen bestaat uit rupsen. De meest voorkomende families van *Lepidoptera* zijn: *Geometridae* (spanners), *Noctuidae* (uilen) en *Tortricidae* (bladrollers). In 2021 zijn meer prooien geteld dan in 2022, dit is deels te verklaren door het verschil in hoeveelheid gebruikte nestkasten. Naast *Lepidoptera* zijn de meest gebruikte ordes: *Araneae* (Aantallen 2021/2022, 63/24), *Hymenoptera* (59/6), *Coleoptera* (19/1) en *Diptera* (16/4).

Verloop van prooiaantallen tijdens broedseizoen



Figuur 3.2 In dit figuur zijn de prooiaantallen per soortgroep te zien tijdens het broedseizoen. Op de X-as staat de aprildatum, de X-as begint bij 43 wat 13 mei is en loopt tot en met 65 wat 4 juni is. Op de Y-as staan de prooiaantallen per dag. Deze aantallen verschillen sterk per soortgroep.

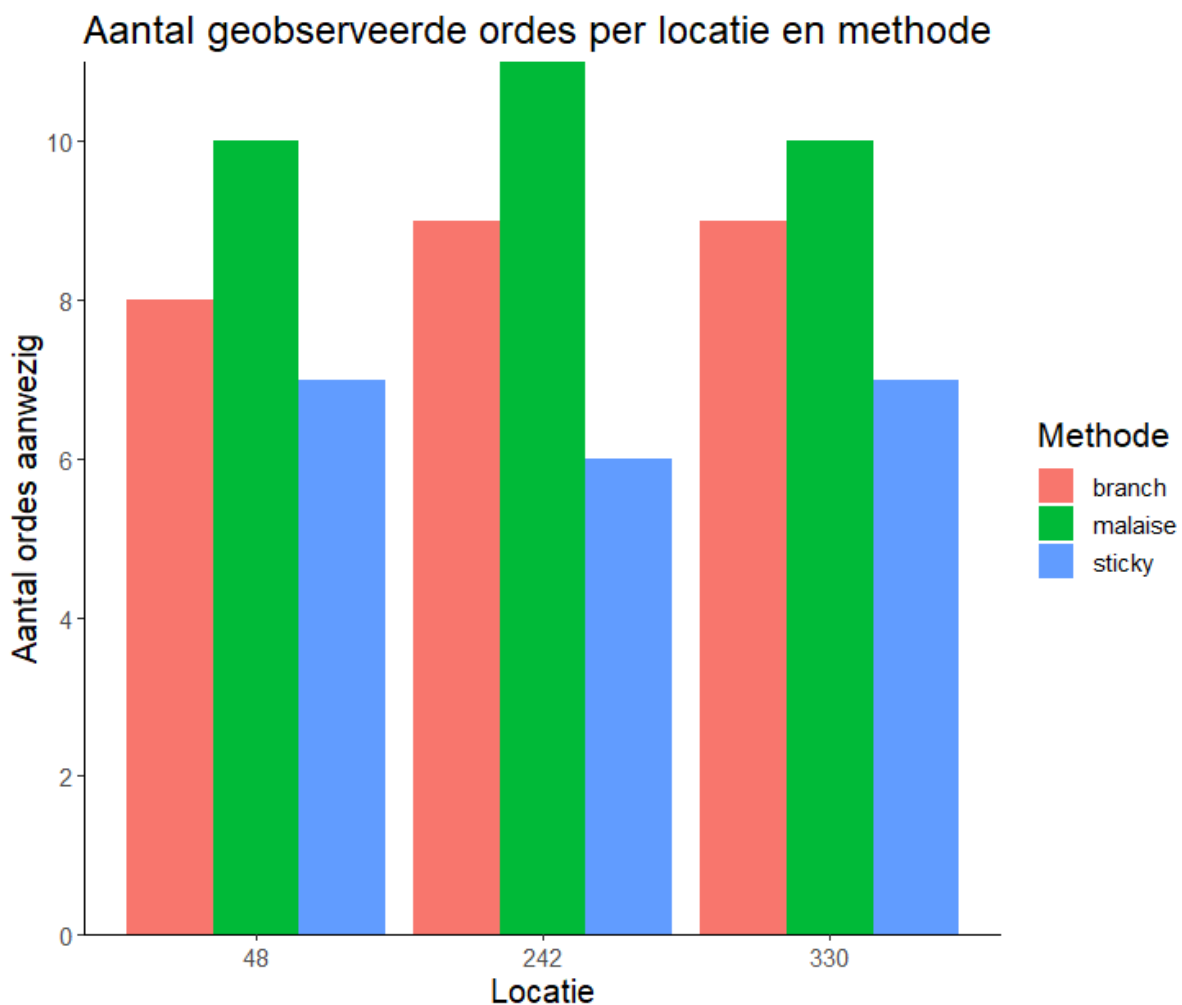
In figuur 3.2 is het verloop in aantallen te zien van de verschillende prooi-soorten. Er zijn grote verschillen in aantallen tussen de verschillende soortgroepen. Alle herkende families van de orde *Lepidoptera* hebben hun eigen grafiek: *Geometridae*, *Lycaenidae* (kleine pages, vuurvlinders en blauwtjes), *Noctuidae*, *Notodontidae* (tandvlinders) en *Tortricidae*. Te zien is dat de piek van *Araneae*, *Noctuidae* en *Tortricidae* allemaal rond aprildag 50 (20 mei) valt. Na de piek van de hiervoor genoemde soortgroepen is er een piek te zien in *Geometridae*, tot deze familie behoort de kleine wintervlinder. Deze piek is rond aprildag 56 (26 mei). Bij *Coleoptera* is opvallend dat ze maar enkele dagen gebruikt worden (45-52, 15 mei-22 mei).

3.2 Hoe staan alternatieve voedselbronnen in verhouding tot elkaar?

De data die gebruikt is voor de laatste twee deelvragen is verzameld in 2023 in het Nationaal Park de Hoge Veluwe. Dit is gebeurd van week 17-23.

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de alternatieve voedselbronnen, die op de Hoge Veluwe zijn gemeten, zich tot elkaar verhouden. Dit is gedaan door te kijken naar de verschillende geobserveerde ordes en de hoeveelheden.

In totaal zijn er 5939 geledpotigen gevangen en/of geteld. 310 hiervan waren afkomstig van de branch beatings, 4081 van de Malaisevallen en 1557 van de plakvallen. In totaal zijn er veertien unieke ordes aangetroffen. Per locatie was het als volgt verdeeld (het eerste getal is de locatie, het getal tussen haakjes zijn de aantallen voor de desbetreffende locatie): locatie #1 242(2304), locatie #2 330(1763), locatie #3 48(1810). De aantallen van de verschillende locaties kunnen niet één op één met elkaar worden vergeleken, omdat er verschillen zijn in hoeveelheid bemonsterde bomen. De verschillende bemonsteringsmethodes kunnen ook niet één op één vergeleken worden, door standaardisatie in lengte en tijd is dit wel geprobeerd.



Figuur 3.3 Aantal ordes gesorteerd op locatie en type val. Op de X-as zijn de verschillende locaties te zien, op de Y-as zijn de aantal getelde ordes af te lezen. De verschillende kleuren staan voor de verschillende gebruikte methodes.

In figuur 3.3 is per locatie en meetmethode de hoeveelheid aangetroffen ordes zien. Gemiddeld gezien zijn er bij de Malaisevallen de meeste ordes aangetroffen. Ondanks dat er aanzienlijk minder geledpotigen zijn aangetroffen bij de branch beatings, zijn er wel meer verschillende ordes aangetroffen in vergelijking met de plakvallen.

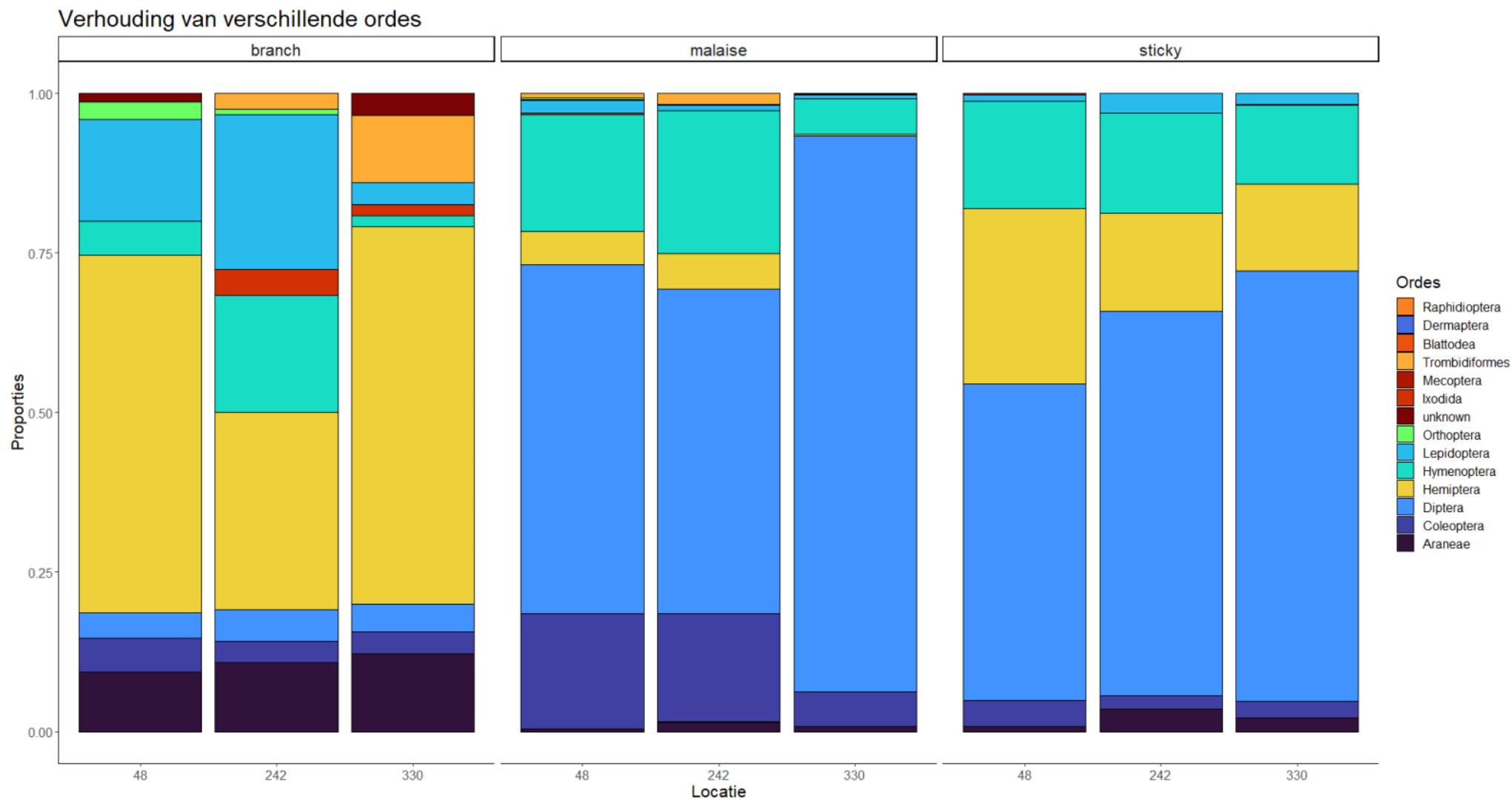
Tabel 3.1 Aangetroffen ordes per type val, de ordes zijn gesorteerd op aantallen van hoog naar laag. Tussen haakjes staan de percentages ten opzichte van het geheel.

Branch	Malaise	Sticky
<i>Hemiptera</i> 147 (47,42%)	<i>Diptera</i> 2673 (63,48%)	<i>Diptera</i> 914 (58,70%)
<i>Lepidoptera</i> 45 (14,52%)	<i>Hymenoptera</i> 662 (15,72%)	<i>Hemiptera</i> 294 (18,88%)
<i>Araneae</i> 34 (10,97%)	<i>Coleoptera</i> 574 (13,63%)	<i>Hymenoptera</i> 236 (15,16%)
<i>Hymenoptera</i> 28 (9,03%)	<i>Hemiptera</i> 161 (3,82%)	<i>Coleoptera</i> 45 (2,89%)
<i>Trombidiformes</i> 15 (4,84%)	<i>Lepidoptera</i> 49 (1,16%)	<i>Araneae</i> 35 (2,25%)
<i>Diptera</i> 14 (4,52%)	<i>Araneae</i> 38 (0,90%)	<i>Lepidoptera</i> 31 (1,99%)
<i>Coleoptera</i> 12 (3,87%)	<i>Trombidiformes</i> 36 (0,85%)	<i>Ixodida</i> 1 (0,06%)
<i>Ixodida</i> 7 (2,26%)	<i>Orthoptera</i> 5 (0,12%)	<i>Mecoptera</i> 1 (0,06%)
<i>Onbekend</i> 5 (1,61%)	<i>Ixodida</i> 4 (0,09%)	
<i>Orthoptera</i> 3 (0,97%)	<i>Raphidioptera</i> 3 (0,07%)	
	<i>Blattodea</i> 2 (0,05%)	
	<i>Dermaptera</i> 2 (0,05%)	
	<i>Mecoptera</i> 2 (0,05%)	

Legenda tabel 3.1

- Alle methodes
- Branch en Malaise
- Malaise en sticky
- Uniek voor deze methode

In tabel 3.1 zijn per methode de unieke ordes weergegeven, de orders zijn gesorteerd op totale aantallen. Tussen haakjes zijn de percentages ten opzichte van het totaal weergegeven. Zeven van de totaal aangetroffen ordes zijn bij alle methodes gevonden. De branch beatings en Malaisevallen hebben nog twee ordes in gemeen: *Orthoptera* (rechtvleugeligen) en *Trombidiformes* (mijten). De branch beatings en de plakvallen (Sticky) hebben naast de zeven overeenkomende ordes geen ordes gemeen. De Malaisevallen hebben naast de algemene ordes één orde gemeen met de sticky traps: *Mecoptera* (schorpioenvliegen). Bij de branch beatings is één unieke orde aangetroffen, hiervan is de orde echter niet bekend. In de Malaisevallen zijn drie unieke ordes aangetroffen: *Blattodea* (kakkerlakken), *Dermaptera* (oorwormen) en *Raphidioptera* (kameelhalsvliegen). Op de plakvallen zijn geen unieke ordes aangetroffen.



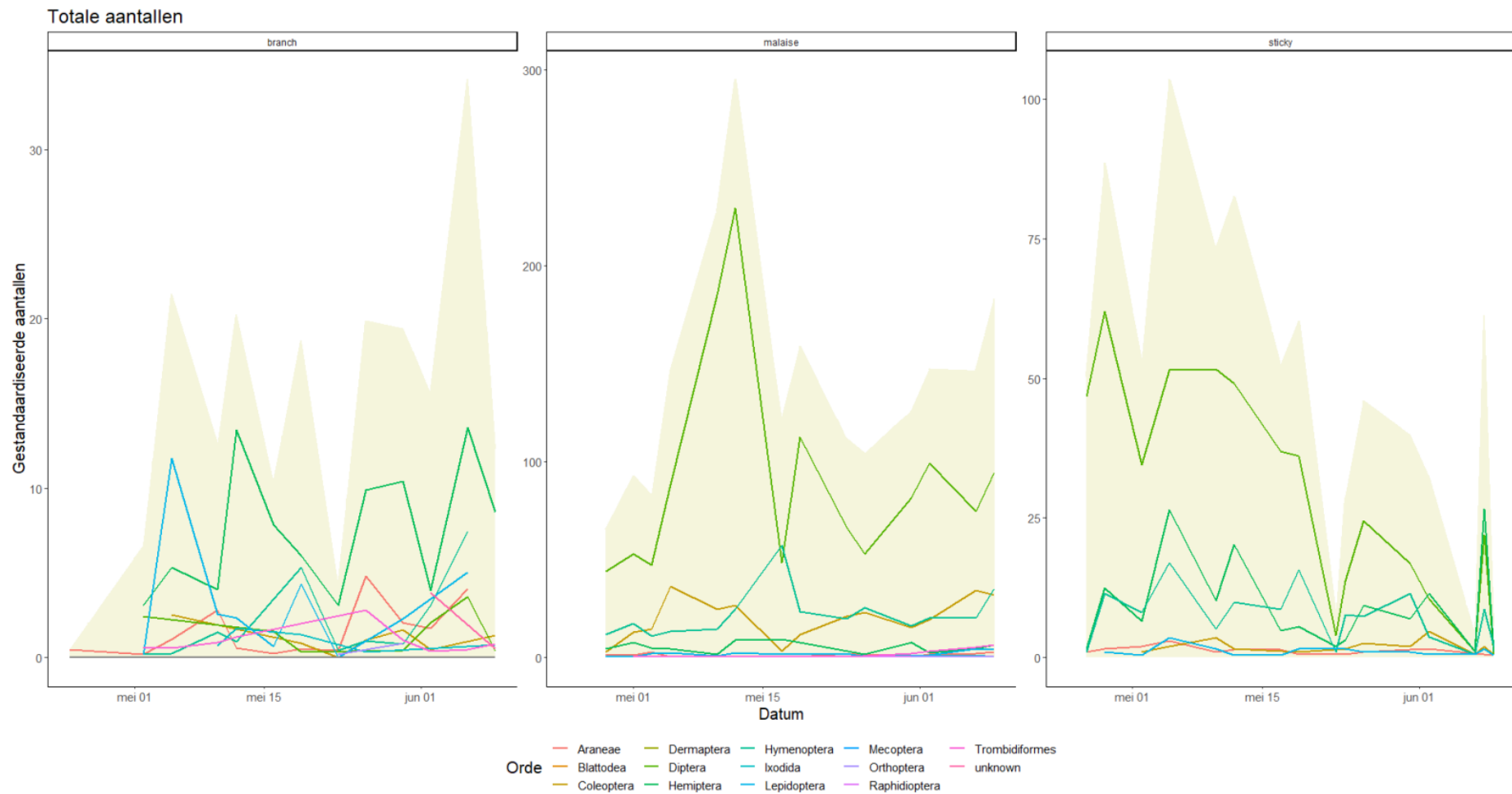
Figuur 3.4 Verhoudingen van verschillende ordes gesorteerd op locatie en methode. Op de X-as zijn de verschillende locaties weergegeven, op de Y-as zijn de proporties weergegeven. Dit loopt van 0.00 (0 %) tot en met 1.00 (100%). Boven de staafdiagrammen staan de gebruikte methodes.

In figuur 3.4 zijn de verhoudingen van de verschillende ordes te zien. Er zijn duidelijke verschillen in taxonomische verhoudingen te zien tussen de methodes. Bij de branch beatings zijn de meest voorkomende ordes: *Hemiptera* (halfvleugeligen), *Lepidoptera* (vlinders) en *Coleoptera* (kevers). Bij de Malaisevallen zijn de meest voorkomende ordes: *Diptera*, *Hymenoptera* (vliesvleugeligen) en *Coleoptera*. Voor de plakvallen zijn de meest voorkomende ordes: *Diptera* (tweevleugeligen), *Hemiptera* en *Hymenoptera*. Tussen locaties kunnen er wel verschillen zitten in welke ordes het meeste voorkomen, de grootste verschillen zijn bij de branch beatings. Als de data wordt samengevat per locatie is er nauwelijks verschil te zien tussen locatie # 3 (48) en locatie # 1 (242), locatie # 2 (330) wijkt af in hoeveelheden van *Diptera*, *Hymenoptera* en *Coleoptera*.

Om de taxonomische verschillen en aantallen tussen de methodes statistisch te testen is er een Fisher's exact test uitgevoerd. De P-waarde hiervan was **<0.01**, de alternatieve hypothese is dus correct dit betekent dat er statistisch gezien een verschil is in verhoudingen tussen de verschillende methodes.

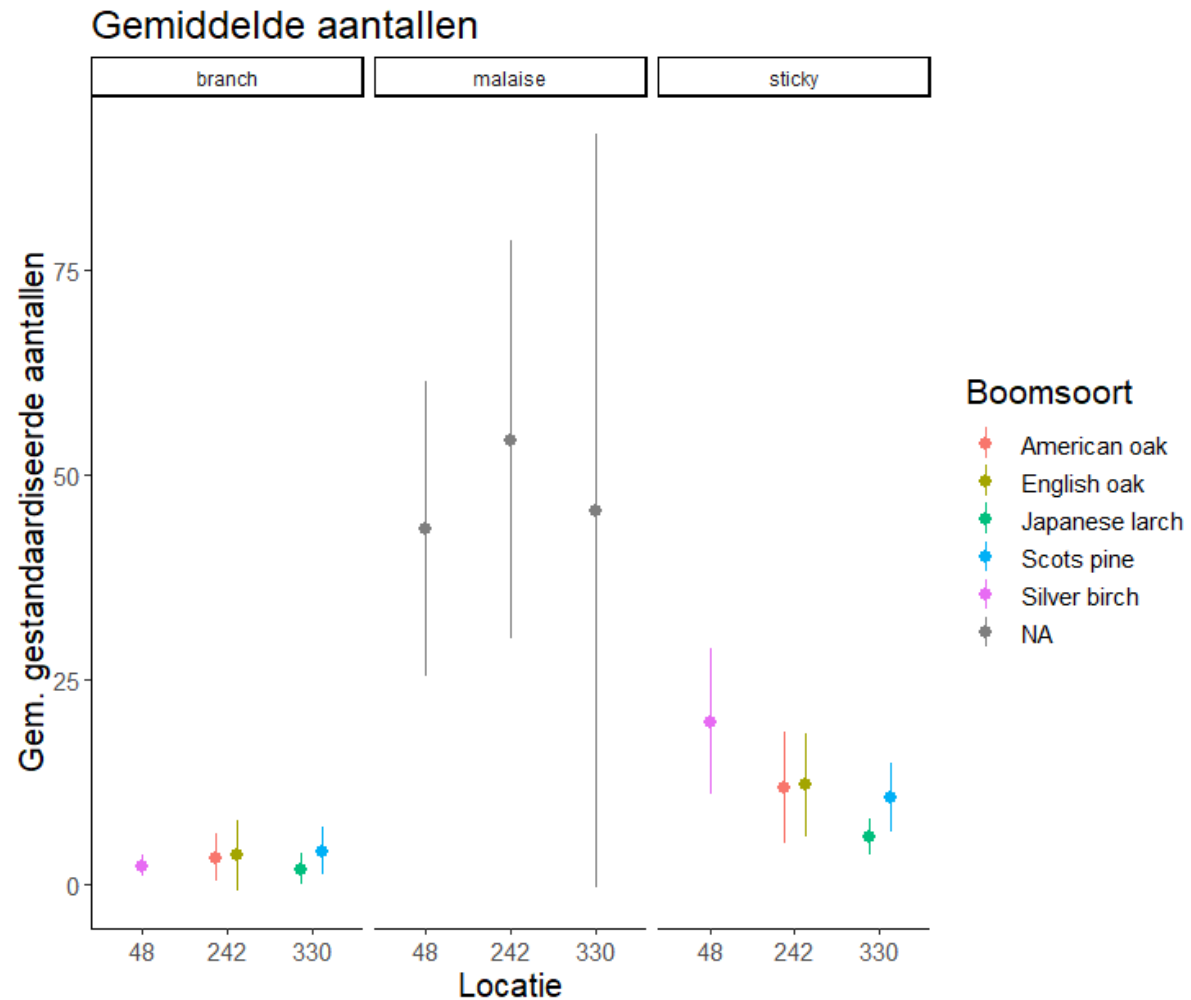
3.3 Wat is het verloop van alternatieve voedselbronnen tijdens het broedseizoen?

In deze paragraaf is gekeken naar het verloop van alternatieve voedselbronnen tijdens het broedseizoen. Dit is gedaan door te kijken naar aantallen, gewicht en energie-inhoud. Het gewicht en de energie-inhoud zijn alleen voor de Malaisevallen berekend, zoals al eerder was benoemd in de data-analyse.



Figuur 3.5 In dit figuur zijn per orde en methode de gestandaardiseerde aantallen geleedpotigen weergegeven. Op de X-as staat de datum, op de Y-as staan de aantallen geleedpotigen. In het beige op de achtergrond zijn de totale aantallen te zien.

In figuur 3.5 zijn de gestandaardiseerde aantallen per orde en per methode te zien. In de grafieken is te zien dat vaak één orde vrij dominant is en het grootste deel van de aantallen bepaalt. Bij de branch beatings is dit meestal *Hemiptera*. Bij de Malaisevallen en plakvallen is *Diptera* het meestvoorkomend. Tussen de metingen zijn grote schommelingen te zien.



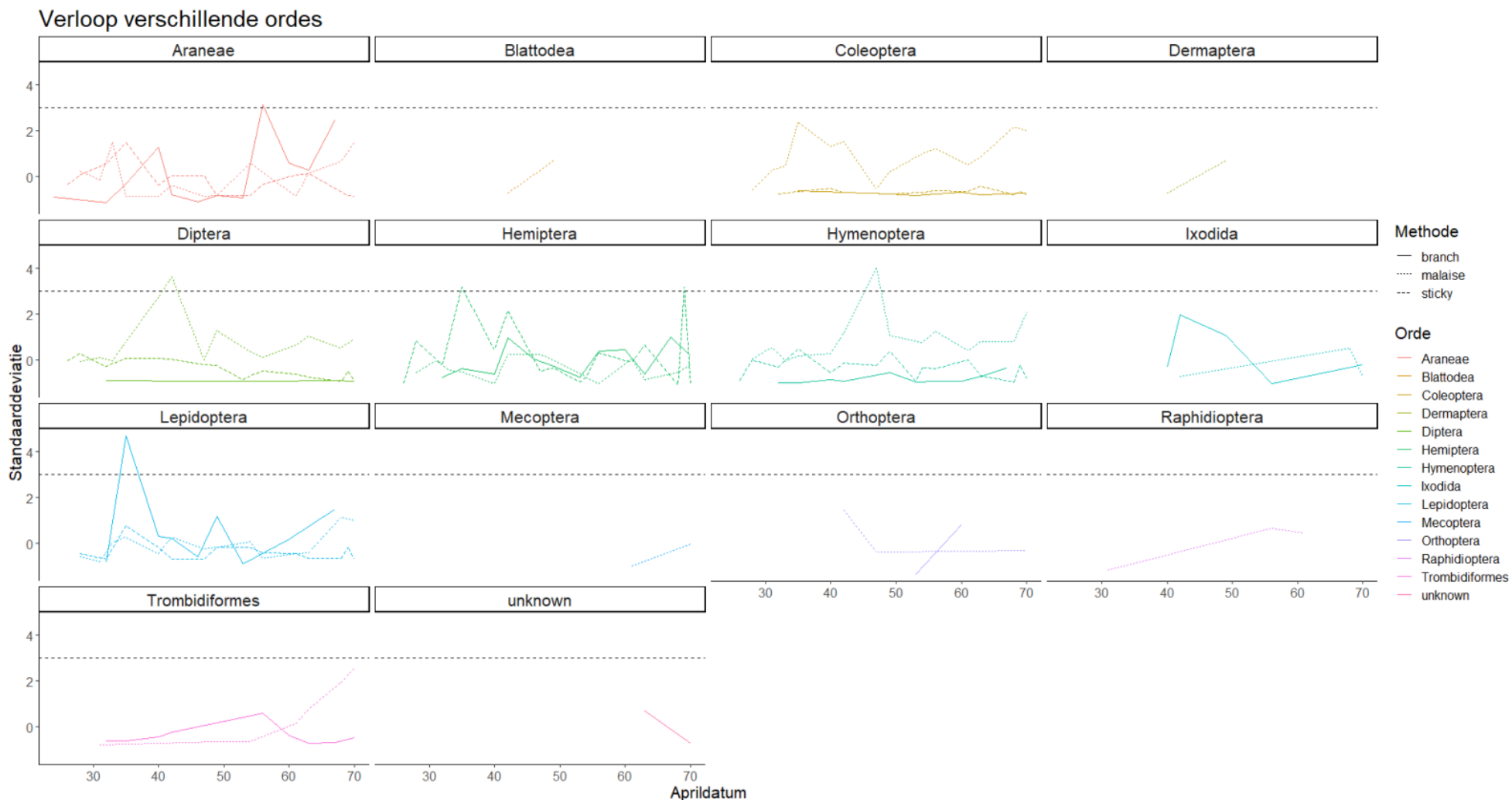
Figuur 3.6 Gemiddelde gestandaardiseerde aantallen geleedpotigen gesorteerd op meetmethode, locatie en boomsoort. De lijnen geven +1 SD of -1 SD weer. Op de X-as zijn de locaties weergegeven, op de Y-as staan de gemiddelde gestandaardiseerde aantallen van laag naar hoog.

In figuur 3.6 is de gemiddelde gestandaardiseerde (zie paragraaf 2.4) hoeveelheid geleedpotigen weergegeven per methode en locatie. De kleuren geven aan welke boomsoorten het betreft. Gemiddeld gezien zijn er de meeste geleedpotigen gevangen in de Malaisevallen, de SD laat zien dat hier ook de hoogste schommelingen zijn in aantallen geleedpotigen (48: $M = 43,3$ $SD = 17,9$; 242: $M = 54,3$ $SD = 24,3$; 330: $M = 45,6$ $SD = 45,9$). In de grafiek zijn ook verschillen te zien tussen boomsoorten. Bij de branch beatings (links) zijn er maar kleine verschillen waargenomen. Bij de plakvallen (rechts) zijn gemiddeld de meeste geleedpotigen gevangen bij de ruwe berk (*Betula pendula*) ($M = 19,9$ $SD = 8,95$). Het verschil tussen Amerikaanse eik (*Quercus rubra*) en zomereik (*Quercus robur*) is vrij klein, dit geldt voor de branch beatings (zomereik $M = 3,52$ $SD = 4,27$; Amerikaanse eik $M = 3,29$ $SD = 2,84$) en de plakvallen (zomereik $M = 12,1$ $SD = 6,33$; Amerikaanse eik $M = 11,8$ $SD = 6,85$). Bij de Japanse lariks (*Larix kaempferi*) zijn gemiddeld de minste geleedpotigen gevangen, dit geldt voor de branch beatings ($M = 1,86$ $SD = 1,87$) en de plakvallen ($M = 5,78$ $SD = 2,2$).

Om de significantie van de verschillen in aantallen tussen de taxonomische groepen (ordes) statistisch te toetsen is er gebruik gemaakt van een factoriële ANOVA. Zie bijlage 8.14 (ANOVA verschillen taxonomische groepen) voor de volledige input en output. In deze ANOVA zijn de totale aantallen (Total_count) gebruikt als afhankelijke variabele. Orde (Latin), methode (trap_type) en locatie (Area) zijn als onafhankelijke variabelen gebruikt. Methode en locatie zijn als interactie (*) in het model gestopt, omdat locatie mogelijk effect kan hebben op aantallen van geleedpotigen. Er zijn significante verschillen in aantallen tussen taxonomische groepen, $P = < 0.001$. Ook tussen methodes zijn er significante verschillen in aantallen, $P = < 0.001$.

Om te zien welke groepen significant van elkaar verschillen is er een post-hoc analyse uitgevoerd, dit is gedaan met een Tukey HSD test (Sciencing, 2020).

Van de methodes verschillen de Malaisevallen significant met de branch beatings en de plakvallen met de Malaisevallen. De volgende ordes verschillen significant van *Diptera*: *Araneae*, *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Hymenoptera*, *Ixodida*, *Lepidoptera*, *Orthoptera*, *Trombidiformes*. Met interactie waren alleen de combinaties van branch beatings - Malaisevallen en plakvallen - Malaisevallen significant.



Figuur 3.7 Het verloop van verschillende ordes tijdens het broedseizoen. Op X-as is de Aprildatum te zien. De Y-as geeft de standaarddeviatie vanaf het gemiddelde weer. Voor de leesbaarheid is alles per orde weergegeven. De stippellijn staat ter hoogte van 3 SD, vanaf deze lijn worden aantallen gezien als een piek.

In figuur 3.7 is van elke waargenomen orde een grafiek te zien waarin de standaarddeviatie te zien is. De 0 op de y-as geeft het gemiddelde aan. Als een punt op 1 staat betekent dit dat het aantal 1 standaarddeviatie van het gemiddelde afwijkt. De verschillende methodes zijn met verschillende type lijnen weergegeven. Bij de meest voorkomende orders (*Lepidoptera*, *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Diptera*, *Hymenoptera* en *Araneae*), dus de ordes waar de meeste data van is verzameld, is te zien dat er vrij veel schommelingen zitten in de data. Af en toe zijn er wel parallellen te zien in toename tussen methodes. Een voorbeeld hiervan is *Hemiptera* net na aprildag 40 (10 mei), bij alle methodes is er hier een toename te zien. Sommige ordes verschijnen pas later in het seizoen, een goed voorbeeld hiervan zijn de teken (*Ixodida*). Over het algemeen zijn er weinig uitschieters (± 3 SD). De enige ordes met uitschieters zijn: *Diptera*, *Hemiptera*, *Hymenoptera* en *Lepidoptera*. In alle gevallen gaat het hier om een enkele uitschieter.

Weersvariabelen

Om te kijken of weersvariabelen invloed hebben op het aantal geledpotigen zijn er enkele weersvariabelen uitgekozen die hier invloed op kunnen hebben. Dit zijn de volgende weersvariabelen: gemiddelde temperatuur (avg_temp), maximale temperatuur (max_temp), minimale temperatuur (min_temp), duur regen (dur_rain), totale regen (sum_rain), wolkenbedekking (clouds) en gemiddelde luchtvochtigheid (avg_rh). De gerelateerde weersvariabelen zijn allemaal met elkaar vergeleken in afzonderlijke modellen om te kijken welke de beste fit vertonen. De modellen zijn vervolgens met elkaar vergeleken aan de hand van een AIC. Des te lager het getal des te beter het model de data verklaart.

Tabel 3.2 Simpele lineaire regressie met aantallen geledpotigen (total_count) als respons variabele.

Weersvariabelen	Degrees of freedom (df)	AIC	Δ AIC
Min_temp	28	5439.464	0
Avg_temp	28	5440.360	0.896
Max_temp	28	5445.486	6.022

In tabel 3.2 is de AIC van alle temperatuur gerelateerde weersvariabelen met elkaar vergeleken. De AIC van de minimale temperatuur (Min_temp) is het laagste, het verschil met de gemiddelde temperatuur (Avg_temp) is echter wel minder dan 2 dus niet significant.

Tabel 3.3 Simpele lineaire regressie met aantallen geledpotigen (total_count) als respons variabele.

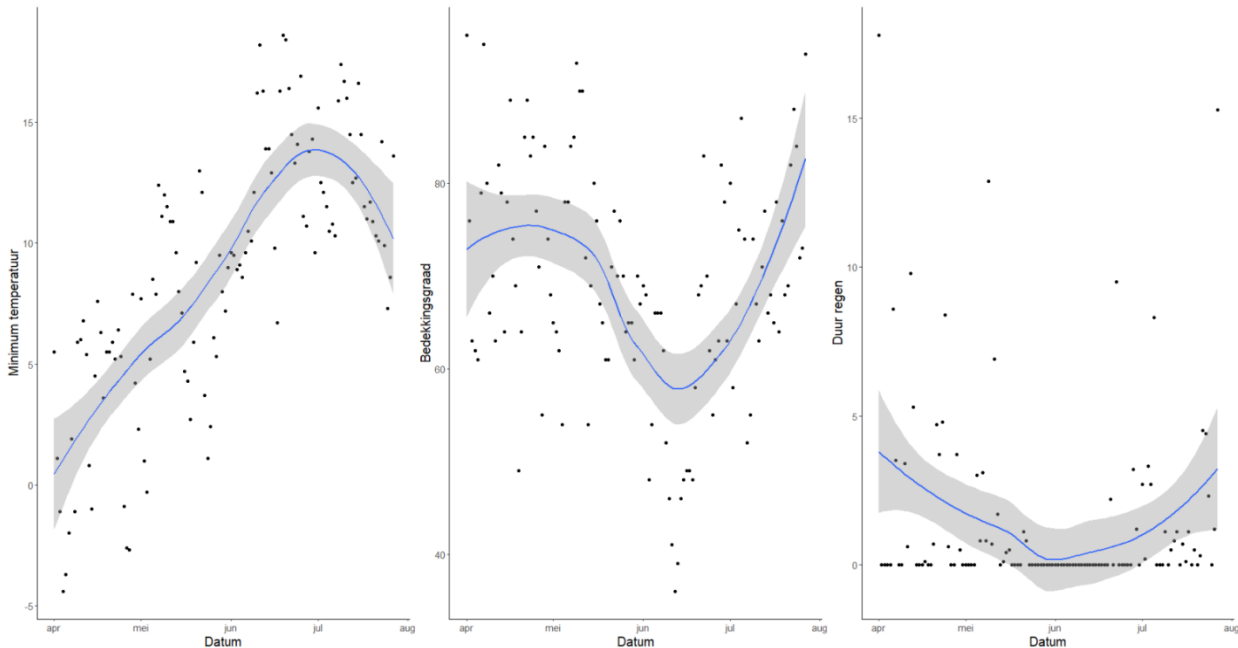
Weersvariabelen	Degrees of freedom (df)	AIC	Δ AIC
Dur_rain	28	5442.463	0
Sum_rain	28	5445.406	2.943

In tabel 3.3 is de AIC van alle neerslag gerelateerde weersvariabelen met elkaar vergeleken. De AIC van regenduur (Dur_rain) is het laagste, deze past dus het best in het model. Bij het model met de totale regen (Sum_rain) was de interactie tussen de totale regenval (Dur_rain) en de kwadratische functie van tijd (April_date^2) significant.

Tabel 3.4 Simpele lineaire regressie met aantallen geledpotigen (total_count) als respons variabele.

Weersvariabelen	Degrees of freedom (df)	AIC	Δ AIC
Clouds	28	5447.750	0
Avg_rh	28	5448.812	1.062

In tabel 3.4 is de AIC van wolkenbedekking en gemiddelde luchtvochtigheid met elkaar vergeleken. De AIC van de wolkenbedekking is het laagste, deze past dus het best in het model. Het verschil is wel minder dan 2 dus niet significant.



Figuur 3.8 Gebruikte weersvariabelen. In alle grafieken staat op de X-as de datum. Bij de linker grafiek staat op de Y-as de minimumtemperatuur van een dag. Bij de middelste grafiek staat (wolken)bedekkingsgraad in % op de Y-as. Bij de rechter grafiek staat duur regen in minuten op de Y-as.

In figuur 3.8 zijn grafieken van de gebruikte weersvariabelen te zien. De lijnen geven aan wat de trend is geweest tijdens het broedseizoen. De minimum temperatuur heeft zoals verwacht een overwegend stijgende curve. De daling in (wolken)bedekkingsgraad komt redelijk overeen met de hoogste piek bij de minimum temperatuur. Bij de grafiek met duur regen zijn er rond deze periode ook de meeste nullen te zien, dat zijn dus dagen waarop geen regen is gevallen.

Tabel 3.5 Simpele lineaire regressie minimale temperatuur, duur regen en wolkenbedekking

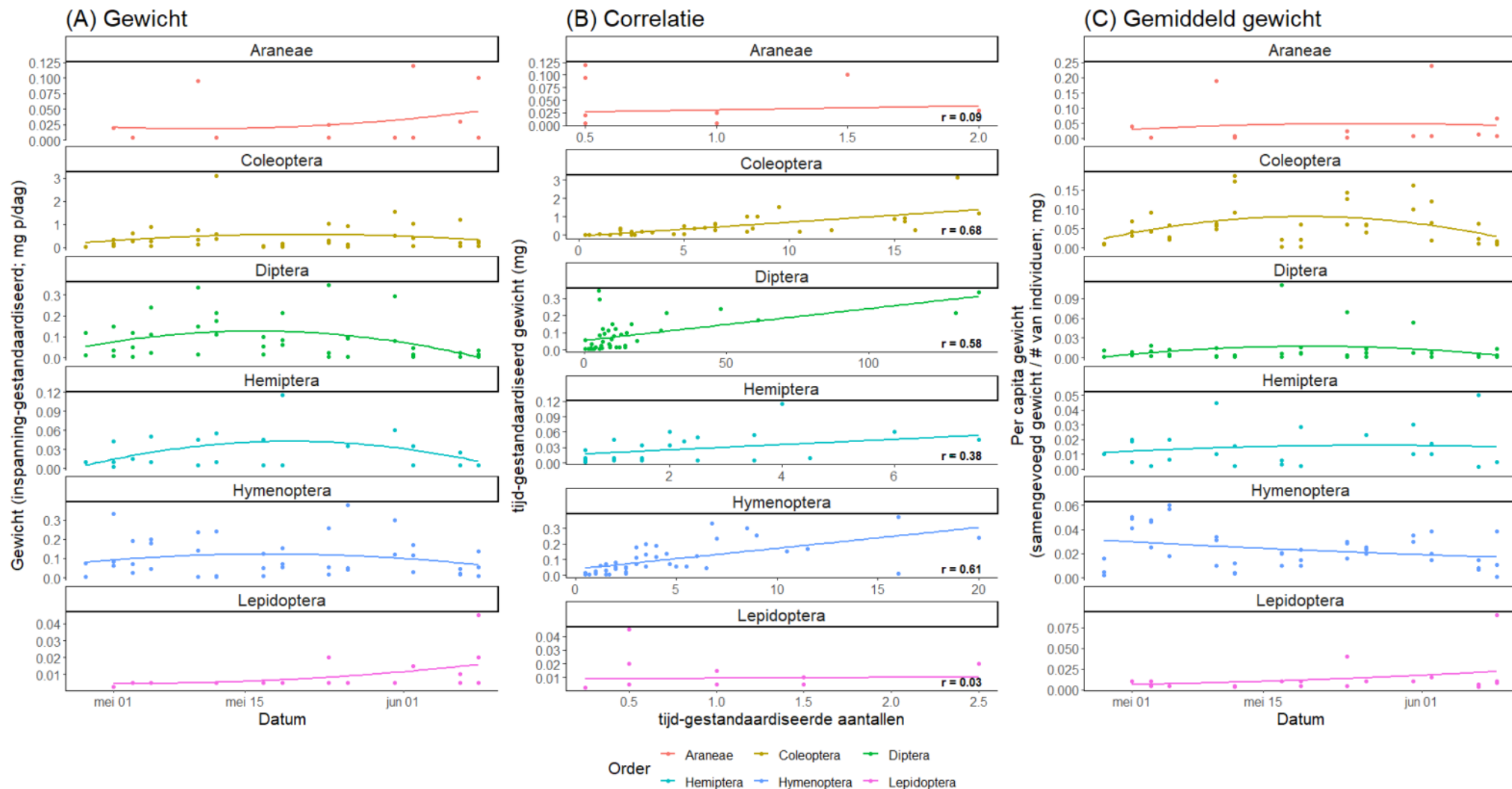
Type:	Simpele lineaire regressie
Formule:	Total_count ~ trap_type * Area + (april_date + I(april_date^2)) + Latin + min_temp + dur_rain + clouds, data = trap_totals)
Afhankelijke variabele(n)	Total_count
Onafhankelijke variabele(n)	Trap_type * Area (April_date + I(april_date^2)) Latin Min_temp dur_rain clouds
Significante componenten	Trap_typemalaise = $P < 0.01$ LatinDiptera = $P < 0.01$ LatinHymenoptera = $P < 0.05$ Min_temp = $P < 0.01$
R-squared/Adjusted R-squared	0.3318/0.3026
F-statistic	11.36
Degrees of freedom	595
P-waarde model	$p = < 0.001$

Characteristic	Beta	95% CI [†]	p-value	min_temp	0.83	0.26, 1.4	0.004
trap_type				dur_rain	0.14	-1.9, 2.2	0.9
branch	—	—		clouds	-0.04	-0.27, 0.19	0.8
malaise	12	4.2, 19	0.003	trap_type * Area			
sticky	2.3	-5.8, 10	0.6	malaise * 242	2.7	-7.1, 13	0.6
Area				sticky * 242	-3.7	-14, 6.3	0.5
48	—	—		malaise * 330	4.6	-6.0, 15	0.4
242	0.26	-7.6, 8.1	>0.9	sticky * 330	-6.2	-17, 4.2	0.2
330	0.16	-8.2, 8.5	>0.9	[†] CI = Confidence Interval			
april_date	0.56	-0.52, 1.6	0.3				
l(april_date^2)	-0.01	-0.02, 0.00	0.2				
Latin							
Arachnida	—	—					
Blattodea	-14	-40, 13	0.3				
Coleoptera	3.7	-2.4, 9.8	0.2				
Dermaptera	-14	-41, 12	0.3				
Diptera	29	24, 35	<0.001				
Hemiptera	4.9	-0.58, 10	0.080				
Hymenoptera	6.3	0.70, 12	0.027				
Ixodida	1.2	-13, 15	0.9				
Lepidoptera	-0.50	-6.7, 5.7	0.9				
Mecoptera	-2.9	-25, 19	0.8				
Orthoptera	-3.6	-18, 11	0.6				
Raphidioptera	-12	-34, 10	0.3				
Trombidiformes	-0.34	-11, 9.8	>0.9				
unknown	5.7	-21, 32	0.7				

Figuur 3.9 Uitkomsten simpele lineaire regressie minimale temperatuur, duur regen en wolkenbedekking

Alle uitgekozen weersvariabelen zijn in één model gestopt om te kijken wat hun invloed is op het aantal geleedpotigen van verschillende ordes (zie tabel 3.5 en figuur 3.9). Methode (trap_type) en locatie (Area) zijn met een interactie (*) in het model gestopt, om te kijken of ze elkaar beïnvloeden. De rest van de onafhankelijke variabelen zijn als hoofdeffect in het model gezet. Als afhankelijke variabele zijn de aantallen geleedpotigen (total_count) gebruikt, om te kijken of bepaalde onafhankelijke variabelen hier invloed op hebben.

De aantallen geleedpotigen in de Malaisevallen zijn significant hoger dan bij de branch beatings, $p = < 0.01$. Van deze aantallen waren de ordes *Diptera* en *Hymenoptera* significant, $p = 0.001$ en $p = < 0.05$. Van de weersvariabelen was alleen de minimale temperatuur significant (min_temp), $p = < 0.01$. Minimale temperatuur heeft dus invloed op aantallen van enkele ordes geleedpotigen.



Figuur 3.10 Grafieken van gewicht, correlatie en gemiddeld gewicht van relevante ordes. De grafieken aan de linkerkant (A) geven het gewicht (inspanning gestandaardiseerd mg p/dag) voor de relevante ordes tijdens het broedseizoen weer. In de middelste grafieken (B) wordt de correlatie tussen aantallen en gewicht per relevante orde getoond. Op de X-as staan de tijd-gestandaardiseerde aantallen, op de Y-as staat het tijd-gestandaardiseerde gewicht. De rechtergrafieken (C) laten het gemiddelde gewicht tijdens het broedseizoen zien. Op de X-as is de datum te zien, op de Y-as is het gewicht per capita weergegeven.

Er is gekozen om niet verder te kijken naar de relatie tussen gewicht en energie-inhoud en aantallen en energie-inhoud, de reden hiervoor is dat energie-inhoud afgeleid is van gewicht en dus bijna 1 op 1 gecorreleerd is met elkaar.

In figuur 3.10 is van elke relevante orde een grafiek gemaakt voor het verloop van het gewicht tijdens het broedseizoen, de correlatie tussen aantallen en gewicht en het verloop van het gemiddelde gewicht tijdens het broedseizoen.

In de grafieken aan de linkerkant is te zien dat er veel verschil zit tussen de zes ordes. *Araneae* en *Lepidoptera* volgen een lichte positieve exponentiële curve. *Coleoptera* volgt een hele lichte positieve kwadratische curve, maar geen duidelijke piek. *Diptera*, *Hemiptera* en *Hymenoptera* hebben allemaal een iets meer uitgesproken piek.

De correlatie tussen gewicht en hoeveelheden verschilt sterk tussen de verschillende ordes, gewicht is echter relevanter voor koolmezen aangezien dit meer zegt over aanwezige biomassa. Voor *Araneae* en *Lepidoptera* is de correlatie niet significant, $r = 0.09$ en $r = 0.03$ respectievelijk. Voor *Hemiptera* is de correlatie zwak, $r = 0.38$. Voor *Coleoptera*, *Diptera* en *Hymenoptera* is de correlatie gematigd, $r = 0.68$, $r = 0.58$ en $r = 0.61$ respectievelijk.

In de grafieken aan de rechterkant is het verloop van het gemiddelde gewicht voor de relevante ordes te zien. Er zijn duidelijke verschillen te zien in vergelijking tot de grafieken aan de linkerkant, waarbij het gewicht niet gemiddeld is. Alleen bij *Coleoptera* lijkt er een positieve kwadratische curve aanwezig te zijn. Bij *Hymenoptera* is er een lichte negatieve exponentiële afname te zien. Voor de rest van de ordes zijn geen duidelijke trends te observeren.

Om de significantie te berekenen is er een model gemaakt waarin het gemiddelde gewicht (`Std_per_cap_weight`) als afhankelijke variabele is gebruikt (Zie bijlage 8.14 Simpele lineaire regressie gemiddeld gewicht). Als onafhankelijke variabelen zijn locatie (`Location`), orde (`Order`), datum (`april_date`) en datum als kwadratische functie (`april_date^2`) gebruikt. Datum en datum als kwadratische functie zijn als interactie met orde in het model gezet, om te kijken of één van beide of allebei invloed hebben op het gemiddelde gewicht. Uit het model kwamen geen significante resultaten.

4. Conclusie

Dit onderzoek is uitgevoerd om een antwoord te krijgen op de volgende vraag:

*“Hoe belangrijk zijn alternatieve voedselbronnen voor jonge koolmezen (*Parus major*) wanneer er tijdens het broedseizoen onvoldoende rupsen beschikbaar zijn op de Hoge Veluwe?”*

Deelconclusie 1

De eerste deelvraag luidt als volgt: *“Welke soortgroepen/ordes/families van geleedpotigen worden er naast rupsen als voedselbronnen door koolmezen daadwerkelijk gebruikt in het broedseizoen?”*

Uit literatuur waarbij het dieet van koolmeesjongen is gemeten, komen de volgende ordes het meeste terug wat betreft frequentie en biomassa: *Hemiptera*, *Araneae*, *Coleoptera*, *Hymenoptera* en *Diptera*. Deze ordes worden ook teruggevonden in de Westerheide data, de aantallen individuen zijn echter bijna verwaarloosbaar in vergelijking met de aantallen rupsen die gevoerd worden. De data zijn echter wel allemaal afkomstig van toen de jongen 11 dagen oud waren, wat voorbij de piek van het gebruik van spinnen is (vijf tot zes dagen wordt als de piek gezien). Als er metingen waren geweest over het gehele broedseizoen waren de aantallen spinnen mogelijk hoger geweest. Ondanks dat de prooidata allemaal afkomstig is van jongen die 11 dagen waren, zijn er wel pieken te zien in *Araneae*, *Noctuidae*, *Tortricidae* en *Geometridae*. Dit impliceert dat de voedselbeschikbaarheid en fenologie van verschillende soortgroepen ook invloed heeft op het dieet van de koolmees. Aantallen uit de familie *Noctuidae* waren vele malen hoger dan de aantallen uit de *Geometridae* (familie waaruit kleine wintervlinder afkomstig is), mogelijk compenseren koolmezen het tekort aan rupsen van de kleine wintervlinder dus door gebruik te maken van rupsen van andere soorten.

Deelconclusie 2

De tweede deelvraag luidt als volgt: *“Hoe staan alternatieve voedselbronnen in verhouding tot elkaar?”*

De verhoudingen van de verschillende ordes verschillen redelijk veel tussen de methodes, tussen de verschillende locaties zijn verschillen kleiner. De locatie die het meeste afwijkt is 330, een verklaring hiervoor is het feit dat het een naaldbos is met voornamelijk *Pinus sylvestris*, *Larix kaempferi* en *Pseudotsuga menziesii*. Bij de branch beatings zijn de meest voorkomende ordes: *Hemiptera*, *Lepidoptera* en *Coleoptera*. Voor de Malaisevallen zijn dit: *Diptera*, *Hymenoptera* en *Coleoptera*. Bij de sticky traps zijn dit: *Diptera*, *Hemiptera* en *Hymenoptera*. In het algemeen zijn de meest voorkomende ordes: *Diptera*, *Hymenoptera* en *Coleoptera*. Alle meest voorkomende ordes in Nationaal Park de Hoge Veluwe waren ook terug te vinden in de Westerheide data.

Deelconclusie 3

De derde deelvraag luidt als volgt: *“Wat is het verloop (aantal, biomassa en energie-inhoud) van alternatieve voedselbronnen tijdens het broedseizoen?”*

Het algehele verloop wat betreft aantallen van verschilte sterk tussen ordes, er zijn geen duidelijke trends of pieken. Wat betreft weersvariabelen heeft temperatuur invloed op de aantallen in *Diptera* en *Hymenoptera*. Bij lagere temperaturen gaan de aantallen van geleedpotigen omlaag en bij hogere temperaturen gaan de aantallen omhoog. Er zijn geen significante veranderingen in gemiddeld gewicht tijdens het broedseizoen, tijd en de kwadratische functie van tijd hebben beide geen invloed op het gemiddelde gewicht van geleedpotigen. Het verloop van alternatieve voedselbronnen is dus vrij constant tijdens het broedseizoen. Dit impliceert dat er voldoende alternatieve voedselbronnen aanwezig zijn om op terug te vallen als rupsen in mindere mate beschikbaar zijn. Het gewicht van volwassen geleedpotigen fluctueert nauwelijks. Het feit dat er geen significante verschillen zijn gevonden in het gemiddelde gewicht tijdens het broedseizoen, betekent dat de meeste gevangen/getelde exemplaren uit dezelfde levensfase komen.

Hoofdconclusie

Uit dit onderzoek blijkt dat het dieet van koolmezen niet in overeenstemming is met de voedselbeschikbaarheid, dit komt onder andere doordat koolmezen hun prooi voornamelijk selecteren op grootte en niet op wat het meeste voorkomt. Grotere prooien zijn efficiënter te vinden dan kleine prooien. *Diptera* kwam het meeste voor, maar de meeste individuen zijn relatief klein. Dit maakt het een ineffektieve prooikeuze. In de Westerheide data is te zien dat er pieken zitten in sommige soortgroepen, het type voedsel van jongen is dus in ieder geval gedeeltelijk afhankelijk van de voedselbeschikbaarheid en fenologie van verschillende soortgroepen. Het aantal koolmezen gaat de laatste jaren niet achteruit ondanks dat er een mismatch is tussen de piek in voedselbehoefte en de rupsenpiek. Als rupsen significant minder worden gebruikt zou ook de gemiddelde groei van jongen af moeten nemen. Wat ook invloed heeft op de overlevingskans na nestverlating, landelijk gezien zijn deze getallen niet significant veranderd sinds 1995. De conclusie is dus dat rupsen en spinnen nog steeds het hoofdvoedsel is van koolmezen en dat alternatieve voedselbronnen enkel als aanvulling worden gebruikt. In het begin van het broedseizoen is het dieet van de koolmees mogelijk generalistischer omdat er dan nog geen rupsen van de gewenste grootte aanwezig zijn. Aan het einde van het broedseizoen is het dieet ook generalistischer. Dit komt doordat rupsen dan minder aanwezig zijn en omdat koolmezen zich dan niet kunnen veroorloven om kieskeurig te zijn omdat ze aan de hoge voedselbehoefte van hun jongen moeten voldoen.

5. Discussie

In dit hoofdstuk worden enkele discussiepunten besproken die uit onderzoek voort zijn gekomen. Dit wordt gedaan volgens het omgekeerde trechtermodel (Universiteit van Amsterdam, 2015). Het begint bij het eigen onderzoek en later worden de resultaten/bevindingen vergeleken met eerdere bevindingen, vervolgens wordt beschreven hoe dit onderzoek in bredere context gezien kan worden en wat de maatschappelijke relevantie hiervan is.

Betrouwbaarheid en geldigheid

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van twee verschillende datasets. De data van Westerheide is verzameld in 2021 en 2022, deze data zijn gebruikt om te kijken naar wat jonge koolmezen gevoerd worden. De data van Nationaal Park de Hoge Veluwe is verzameld in 2023, deze data zijn gebruikt om te kijken naar de voedselbeschikbaarheid tijdens het broedseizoen. Doordat de data niet uit hetzelfde jaar en dezelfde locatie komt zijn de datasets niet één op één met elkaar vergeleken.

Resultaten en hypothesen

De volgende hypothesen zijn voorafgaand aan het onderzoek opgesteld:

1. Als alternatieve voedselbronnen worden voornamelijk spinnen, gevleugelde insecten en kevers gebruikt.
2. De verhoudingen verschillen mogelijk sterk per methode, omdat verschillende methodes verschillend ordes aantrekken. De grootste aantallen zijn waarschijnlijk gevleugelde insecten (*Diptera* en *Hymenoptera*).
3. Mogelijk zijn er ook in andere soortgroepen zoals spinnen en gevleugelde insecten voedselpieken.

Uit de literatuur komen inderdaad spinnen, gevleugelde insecten (*Diptera* en *Hymenoptera*) en kevers naar voren, als er wordt gekeken naar de data van Westerheide is wel te zien dat deze aantallen vrij klein zijn vergeleken met het aandeel van rupsen.

Verhoudingen van verschillende ordes verschillen inderdaad redelijk veel per methode, om deze reden is er ook voor gekozen om verschillende methodes toe te passen om een zo breed mogelijk spectrum aan geleedpotigen te vangen. De grootste aantallen in dit onderzoek kwamen bij zoals voorspeld uit de ordes *Diptera* en *Hymenoptera*. Bij de branch beatings waren soorten uit *Hemiptera* echter het meest voorkomend.

Uit de resultaten komen geen duidelijke aanwijzingen voor de aanwezigheid van voedselpieken bij andere soortgroepen tijdens het broedseizoen van de koolmees. Wat in sterk contrast staat met de rupsenpiek.

Beperkingen

Aan de gebruikte methodes zitten enkele beperkingen vast. Bij de data van Westerheide is het een probleem dat het maar om een klein gedeelte van het broedseizoen gaat, er kan dus geen volledig beeld worden gegeven van wat de jongen het hele broedseizoen te eten krijgen. Bij de twee verschillende jaren is de data niet in dezelfde periode verzameld. In 2021 is de data verzameld van 19 mei tot en met 4 juni, in 2022 is de data verzameld van 13 mei tot en met 25 mei. In periodes waar geen overlap is tussen de twee jaren, is dus maar data van één jaar.

Bij de data die op Nationaal Park de Hoge Veluwe verzameld zijn ook enkele beperkingen die invloed kunnen hebben op de uitkomsten van de data. Bij de branch beatings is alleen in ruimte gemeten, niet in tijd omdat er bij elke meting gebruik is gemaakt van nieuwe bomen. Verschillen kunnen dus ook verklaard worden door grote verschillen tussen individuele bomen. Daarnaast zat er ook veel variatie in de tijd en temperatuur van de metingen, dit kan invloed hebben op de activiteit van geleedpotigen (Mellanby, 1939). Als geleedpotigen niet worden gevangen beteken dit echter niet dat ze niet aanwezig zijn. Bij het afknippen van takken bevonden de meeste takken zich aan de buitenkant van de kroon terwijl insecten mogelijk meer aan de binnenkant zitten (Ecosulis, 2014). De plakvallen hingen niet allemaal op dezelfde hoogte, dit kan invloed hebben op de soorten insecten die gevangen worden (Ayman, 2023). Uit Marvelde (2012), blijkt dat koolmezen voornamelijk foerageren op de iets dikkere takken meer naar het midden van de kroon. In zijn onderzoek werd alleen op de grond gevoerageerd als de voedselbeschikbaarheid laag was. Van alle methodes samen is de vraag hoe representatief ze zijn voor de voedselbeschikbaarheid van koolmezen. Aangezien het grootste deel van het dieet, tijdens het broedseizoen, van koolmezen uit rupsen bestaat. Terwijl rupsen bijna exclusief bij de branch beatings worden gevangen.

In dit onderzoek is niet expliciet naar de kwaliteit van het habitat gekeken, terwijl habitatkwaliteit direct invloed heeft op het dieet van koolmezen en de voedselbeschikbaarheid. Een suboptimaal habitat betekent dat er minder hoogwaardig voedsel aanwezig is, dus minder rupsen (Gibb & Betts 1963; Van Balen 1973).

Overeenkomsten en verschillen eerdere bevindingen

Uit dit onderzoek blijkt dat temperatuur effect heeft op aantallen in *Diptera*, dit is in overeenstemming met Marvelde (2012). Net als bij zijn onderzoek werden de meeste spinnen (*Araneae*) gevonden op naaldbomen (grove den en Japanse lariks), bij beide onderzoeken was er geen verschil in aantallen spinnen gemeten gedurende de onderzoeksperiodes. Dit ondersteunt de hypothese dat de piek in gebruik van spinnen niet samenhangt met een hogere abundantie van spinnen. Deze piek in gebruik van spinnen komt waarschijnlijk door bepaalde essentiële voedingswaarden (Ramsay & Houston, 2003).

Uit onderzoek van Christiaan Both (2003, ongepubliceerd), is gebleken dat aantallen en samenstellingen van geleedpotigen sterk kunnen variëren tussen gebieden. Uitkomsten van één onderzoek kunnen dus niet direct iets zeggen over landelijke ontwikkelingen en trends.

Maatschappelijke relevantie

Dit onderzoek maakt deel uit van de langlopende populatiestudie van de koolmees door het NIOO-KNAW. Dit onderzoek geeft nieuwe inzichten in de voedselbeschikbaarheid tijdens het broedseizoen van de koolmees. Als deze data meerdere jaren op rij wordt verzameld kunnen er mogelijk ook verschillen tussen jaren geobserveerd worden, op deze manier kan er iets worden gezegd over het effect van klimaatverandering op deze voedselbeschikbaarheid.

6. Aanbevelingen

Aan de hand van het uitgevoerde onderzoek zijn enkele aanbevelingen naar voren gekomen wat betreft mogelijk vervolgonderzoek.

Het onderzoek moet worden voortgezet om trends en veranderingen te zien over een periode van meerdere jaren. Ook is het een mogelijkheid om vergelijkbare onderzoeken uit te voeren in andere gebieden, zo kunnen ook verschillen in voedselbeschikbaarheid worden gemeten tussen gebieden. Zo kan er bepaald worden of bepaalde veranderingen en trends plaatselijk zijn of op grotere schaal plaatsvinden.

Wat betreft de methode moet bij de branch beatings in het vervolg een vaste groep bomen worden uitgezocht die elke week worden bemonsterd. Dit zorgt er wel voor dat deze bomen enigszins worden aangetast, maar als er vitale bomen worden uitgekozen zal dit waarschijnlijk geen significante negatieve gevolgen hebben. Op deze manier wordt er in tijd en ruimte gemeten. In dit onderzoek was er enkel in ruimte gemeten, omdat er elke week nieuwe bomen zijn uitgekozen om te bemonsteren. Verschillen in aantallen van gelededpotigen en taxonomie kunnen dan ook veroorzaakt worden door verschillen tussen individuele bomen.

Van enkele methodes is uiteindelijk geen gebruik gemaakt van de data. Dit betreft de rupsenpoep (frass), poep van de kuikens, data van de DIOPSIS 2 en data van de nestbox cameras. Dit heeft voornamelijk te maken met de beschikbare tijd die er was voor het onderzoek. In het geval van vervolgonderzoek gaat deze data ook gebruikt worden om de relatie tussen het dieet van de koolmees en de voedselbeschikbaarheid beter te begrijpen.

Bij dit onderzoek kwam de data van het dieet en de voedselbeschikbaarheid uit verschillende gebieden en verschillende jaren, om betere vergelijkingen te maken zou het beter zijn als alle data uit hetzelfde gebied komt en in hetzelfde jaar is verzameld.

De analyse was in dit onderzoek alleen op ordeniveau uitgevoerd, om meer te weten te komen over de fenologie van verschillende groepen kan het ook nuttig zijn om op lagere taxonomische eenheden zoals familie en genus analyses uit te voeren. Uit dit onderzoek kwamen geen aanwijzingen dat er pieken zitten in alternatieve voedselbronnen, maar op lagere niveaus is dit mogelijk wel het geval.

7. Bibliografie

- Arnold, K. E., Ramsay, S. L., Donaldson, C., & Adam, A. (2007). Parental prey selection affects risk-taking behaviour and spatial learning in avian offspring. *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1625), 2563–2569. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.0687>
- Ayman, S. (2023, 19 juni). How high can most bugs fly? - ecolifely. Ecolifely. <https://ecolifely.com/how-high-can-most-bugs-fly/>
- van Balen, J. H. (1973). A Comparative study of the breeding ecology of the great tit (*Parus major*) in different habitats. *Ardea*, 38–90, 1–93. <https://doi.org/10.5253/arde.v61.p1>
- Bevans, R. (2023a). Akaike Information Criterion | When & How to use it (Example). *Scribbr*. <https://www.scribbr.com/statistics/akaike-information-criterion/>
- Bevans, R. (2023b). Simple linear regression | An easy introduction & examples. *Scribbr*. <https://www.scribbr.com/statistics/simple-linear-regression/>
- Carrillo-Arámbula, L., Infante, F., Cavalleri, A., Gómez, J., Ortiz, J. A., Fanson, B. G., & Gonzalez, C. G. (2022). Colored sticky traps for monitoring phytophagous thrips (Thysanoptera) in mango agroecosystems, and their impact on beneficial insects. *PLOS ONE*, 17(11), e0276865. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276865>
- Cowie, R. J., & Hinsley, S. A. (1988). Feeding ecology of great tits (*Parus major*) and blue tits (*Parus caeruleus*), breeding in suburban gardens. *Journal of Animal Ecology*, 57(2), 611. <https://doi.org/10.2307/4928>
- Datura. (2023, 28 februari). *Metabarcoding eDNA - Datura*. Geraadpleegd op 19 juni 2023, van <https://datura.nl/1556-2/edna-monitoring/metabarcoding-edna/>
- Gibb, J. A., & Betts, M. M. (1963). Food and food supply of nestling tits (*Paridae*) in Breckland Pine. *Journal of Animal Ecology*, 32(3), 489. <https://doi.org/10.2307/2605>
- Gosler, A. (1993). *The Great Tit*. Hamlyn.
- Henrich-Gebhardt, S. G. (1990). Temporal and Spatial Variation in Food Availability and its Effects on Fledgling Size in the Great Tit. *Population Biology of Passerine Birds*, 24, 175–185. https://doi.org/10.1007/978-3-642-75110-3_15
- Ecosulis (2014, 31 maart). *Invertebrates on trees - ecosulis*. Geraadpleegd op 16 september 2023, van <https://ecosulis.co.uk/blog/invertebrates-on-trees/>
- Krčmar, S. (2021, oktober). *Malaise trap (Townes design)*. Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/355361822_JES_PDF_Krcmar_56-4
- Kulma, M., Plachý, V., Kouřimská, L., Vrabec, V., Bubová, T., Adámková, A., & Hučko, B. (2016). Nutritional value of three Blattodea species used as feed for animals. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 25(4), 354–360. <https://doi.org/10.22358/jafs/67916/2016>
- Lachner, J., Ehrlich, F., Mlitz, V., Hermann, M., Alibardi, L., Tschachler, E., & Eckhart, L. (2019). Immunolocalization and phylogenetic profiling of the feather protein with the highest cysteine content. *Protoplasma*, 256(5), 1257–1265. <https://doi.org/10.1007/s00709-019-01381-3>

- Marvelde, L. T. (2012). *Coping with Climate Change: Energetic Costs of Avian Timing of Reproduction*.
- Mellanby, K. (1939). Low temperature and insect activity. *Proceedings of the Royal Society of London*, 127(849), 473–487. <https://doi.org/10.1098/rspb.1939.0035>
- Microsoft. (2021). *Excel* (Version 2108 (Build 14332.20481)) [Software].
<https://www.microsoft.com/nl-nl/microsoft-365/excel>
- Naef-Daenzer, L., Naef-Daenzer, B., & Nager, R. G. (2000). Prey selection and foraging performance of breeding Great Tits *Parus major* in relation to food availability. *Journal of Avian Biology*, 31(2), 206–214. <https://doi.org/10.1034/j.1600-048x.2000.310212.x>
- Nasa Earth Observatory. (z.d.). *World of Change: Global Temperatures*. Nasa. Geraadpleegd op 12 februari 2023, van <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>
- Nour, N., Currie, D. J., Matthysen, E., Van Damme, R., & Dhondt, A. A. (1998). Effects of habitat fragmentation on provisioning rates, diet and breeding success in two species of tit (great tit and blue tit). *Oecologia*, 114(4), 522–530. <https://doi.org/10.1007/s004420050476>
- Malaise, R. (1937). A new insect trap. *Entomologisk Tidskrift*, 50, 148–160.
http://malaiseprogram.com/site/wp-content/uploads/2014/07/Malaise_1937.pdf
- Matthews, R. W., & Matthews, J. R. (1970). Malaise Trap Studies of Flying Insects in a New York Mesic Forest I. Ordinal Composition and Seasonal Abundance. *Journal of The New York Entomological Society*, 78(1), 52–59. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/179913>
- Mitchell, P. S., & Hunt, J. H. (1984). Nutrient and energy assays of larval provisions and feces in the black and yellow mud dauber, *Sceliphron caementarium* (Drury) (Hymenoptera, Sphecidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 57(4), 700–704.
<https://eurekamag.com/research/006/007/006007316.php>
- Montgomery, G. A., Belitz, M. W., Guralnick, R. P., & Tingley, M. W. (2021). Standards and Best Practices for Monitoring and Benchmarking Insects. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2020.579193>
- Norberg, R. A. (1978). Energy Content of Some Spiders and Insects on Branches of Spruce (*Picea abies*) in Winter; Prey of Certain Passerine Birds. *Oikos*, 31(2), 222. <https://doi.org/10.2307/3543566>
- Pagani-Núñez, E., Ruiz, I., Quesada, J. M., Negro, J. J., & Senar, J. C. (2011). The diet of Great Tit *Parus major* nestlings in a Mediterranean Iberian forest: the important role of spiders. *Animal Biodiversity and Conservation*, 34(2), 355–361. <https://doi.org/10.32800/abc.2011.34.0355>
- Perrins, C. M. (1970). The timing of birds' breeding seasons. *Ibis*, 112(2), 242–255.
<https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.1970.tb00096.x>
- Prakash, R. N., & Pandian, T. J. (1978). Energy flow from spider eggs through dipteran parasite and hymenopteran hyperparasite populations. *Oecologia*. <https://doi.org/10.1007/bf00344849>
- Ramsay, S. L., & Houston, D. C. (2003). Amino acid composition of some woodland arthropods and its implications for breeding tits and other passerines. *Ibis*, 145(2), 227–232.
<https://doi.org/10.1046/j.1474-919x.2003.00133.x>

Reed, T. E., Grøtan, V., Jenouvrier, S., Sæther, B., & Visser, M. E. (2013). Population Growth in a Wild Bird Is Buffered Against Phenological Mismatch. *Science*, 340(6131), 488–491.
<https://doi.org/10.1126/science.1232870>

Royama, T. (1970). Factors Governing the Hunting Behaviour and Selection of Food by the Great Tit (*Parus major* L.). *The Journal of Animal Ecology*, 39(3), 619. <https://doi.org/10.2307/2858>

RSPB. (z.d.). *Great tit*. <https://www.rspb.org.uk/birds-and-wildlife/wildlife-guides/bird-a-z/great-tit/>

Sato, T., Watanabe, K., Kanaiwa, M., Niizuma, Y., Harada, Y., & Lafferty, K. D. (2011). Nematomorph parasites drive energy flow through a riparian ecosystem. *Ecology*, 92(1), 201–207.
<https://doi.org/10.1890/09-1565.1>

Schroeder, L. (1977). Caloric equivalents of some plant and animal material. *Oecologia*, 28(3), 261–267. <https://doi.org/10.1007/bf00751604>

Sciencing. (2020, 21 december). *What is the Tukey HSD test?* <https://sciencing.com/what-is-the-tukey-hsd-test-12751748.html>

Scribbr. (2020, 26 juni). *What is a factorial ANOVA?* <https://www.scribbr.com/frequently-asked-questions/what-is-a-factorial-anova/>

Southwood, T. R. E. (1978). *Ecological Methods*. In *Springer eBooks*. Springer Nature.
<https://doi.org/10.1007/978-94-009-5809-8>

The R Foundation. (2023). *The R Project for Statistical Computing* (R Version 4.2.3) [Software].
<https://www.r-project.org/>

Tinbergen, L. (1960). *The Natural control of insects in pinewoods. Factors influencing the intensity of predation by songbirds*. Geraadpleegd op 2 maart 2023, van <https://www.worldcat.org/title/natural-control-of-insects-in-pinewoods-i-factors-influencing-the-intensity-of-predation-by-songbirds/oclc/30831457>

Upton, G. (1992). Fisher's Exact Test. *Journal of the Royal Statistical Society*, 155(3), 395.
<https://doi.org/10.2307/2982890>

Universiteit van Amsterdam. (2015). *HANDLEIDING WETENSCHAPPELIJKE VERSLAGLEGGING 2015-2016*.

Van Balen, J. (1973). A Comparative Study of the Breeding Ecology of the Great Tit (*Parus major*) in Different Habitats. *Ardea*, 38–90, 1–93. <https://doi.org/10.5253/arde.v61.p1>

Van Den Burg, A. (2014). *Voedselkwaliteit en biodiversiteit in bossen van de hoge zandgronden*. Geraadpleegd op 2 maart 2023, van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/451756>

Van Dis, N. E. (2023). *Evolution in action: drivers of rapid adaptation to climate change in the winter moth* [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen.
<https://doi.org/10.33612/fidd.659993372>

Van Hest, B. (2022, 29 november). *BVHest/KNMIR: Vignettes/HowToUseKNMIR.RMD*. rdr.io.
Geraadpleegd op 7 september 2023, van <https://rdr.io/github/bvhest/KNMIR/f/vignettes/HowToUseKNMIR.Rmd>

Van Noordwijk, A. J., McCleery, R. H., & Perrins, C. M. (1995). Selection for the Timing of Great Tit Breeding in Relation to Caterpillar Growth and Temperature. *Journal of Animal Ecology*, 64(4), 451. <https://doi.org/10.2307/5648>

Visser, M. E., Lindner, M., Gienapp, P., Long, M. C., & Jenouvrier, S. (2021). Recent natural variability in global warming weakened phenological mismatch and selection on seasonal timing in great tits (*Parus major*). *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1963). <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1337>

Visser, M., Van Noordwijk, A. J., Tinbergen, J. M., & Lessells, C. M. (1998). Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences*, 265(1408), 1867–1870. <https://doi.org/10.1098/rspb.1998.0514>

Vogelbescherming. (z.d.). *Koolmees*. Geraadpleegd op 20 februari 2023, van <https://www.vogelbescherming.nl/ontdek-vogels/kennis-over-vogels/vogelgids/vogel/koolmees>

Vogeltrekstation. (z.d.). *Koolmees*. Geraadpleegd op 23 maart 2023, van <https://vogeltrekstation.nl/nl/koolmees>

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W. W., McGowan, L. D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A. G., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. G., Miller, E. W., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., . . . Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of open source software*. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

Wickham, H. (2010). A layered grammar of graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 19(1), 3–28. <https://doi.org/10.1198/jcgs.2009.07098>

8. Bijlagen

8.1 Formulier metadata Malaiseval

Formulier metadata Malaiseval

Coördinaten:

Locatie:

Naam:

Beschrijving van ligging	
Foto's in vier richtingen (vinkje)	
Mate van lichtvervuiling	Geen/minimaal/matig/veel
Tijd	
Datum geplaatst	DD/MM/JJJJ
Datum dataverzameling	DD/MM/JJJJ
Tijdsbestek dataverzameling (dagen en/of uren)	
Omgeving	
Windsterkte (Bf)	
Temperatuur (°C)	
Beschrijving en plaatsing	
Foto (vinkje)	
Type	
Uitgever en model	
Grootte (cm)	
Grootte van gaas (mm)	
Dodend middel	
Oriëntatie	
Kleur van val	

8.2 Formulier metadata branch beatings

Formulier metadata branch beatings

Coördinaten:

Locatie:

Naam:

Beschrijving van ligging	
Foto's in vier richtingen	
Beschrijving van plantenfenologie	
Mate van lichtvervuiling	Geen/minimaal/matig/veel
Boomsoort	
Tijd	
Datum dataverzameling	DD/MM/JJJJ
Tijdsbestek dataverzameling	
Omgeving	
Windsterkte (Bf)	
Temperatuur (°C)	
Regen (mm p/u)	
Luchtvochtigheid (%)	
Wolkenbedekking (0/8 t/m 8/8)	
Beschrijving en plaatsing	
Foto	
Aantal tikken per boomsoort	
Afmeting object voor tikken	

8.3 Formulier metadata plakval

Formulier metadata plakval

Coördinaten:

Locatie:

Naam:

Beschrijving van ligging	
Foto's in vier richtingen	
Beschrijving van plantenfenologie	
Mate van lichtvervuiling	Geen/minimaal/matig/veel
Boomsoort	
Tijd	
Datum geplaatst	DD/MM/JJJJ
Datum dataverzameling	DD/MM/JJJJ
Tijdsbestek dataverzameling	
Omgeving	
Temperatuur (°C)	
Regen (mm p/u)	
Beschrijving en plaatsing	
Foto	
Type	
Uitgever en model	
Dodend middel	
Oriëntatie	
Hoogte vanaf de grond	
Kleur van val	

Naam:

[illegible]

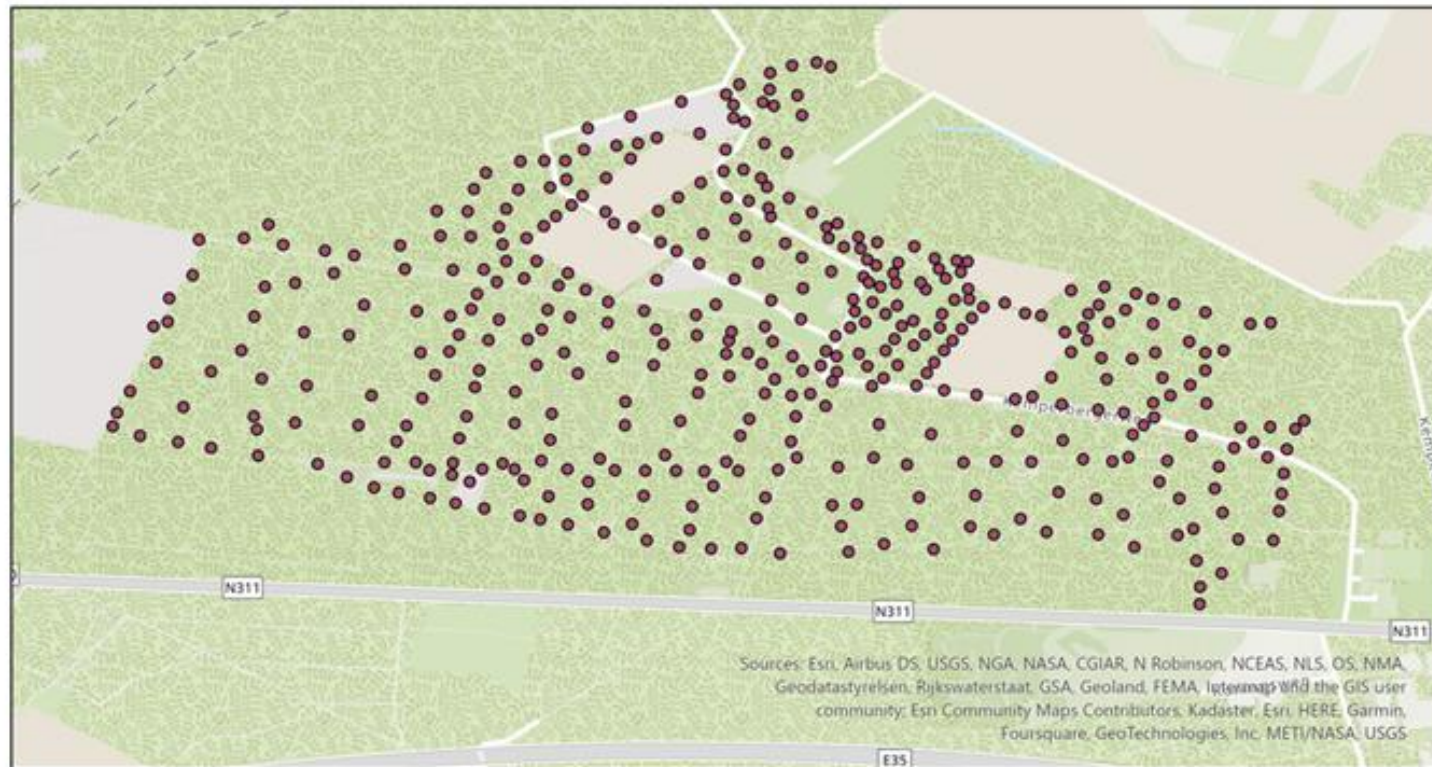
Orde (wetenschappelijk)	Orde (Nederlands)	Orde (Engels)	Nummer
Lepidoptera (larve)	Vlinders	Butterflies	1
Lepidoptera (adult)	Vlinders	Butterflies	2
Diptera	Tweevleugeligen	True flies	3
Coleoptera (larve)	Kevers	Beetles	4
Coleoptera (adult)	Kevers	Beetles	5
Arachnida	Spinachtigen	Spiders	6
Hymenoptera	Vliesvleugeligen	Sawflies, wasps, bees, ants	7
Hemiptera	Wantsen	True bugs	8
Myriapoda	Duizendpotigen	Millipedes and centipedes	9
Pulmonata	Longslakken	Snails and slugs	10
Dermaptera	Oorwormen	Earwigs	11

8.7 Referenties kJ per gram voor verschillende taxonomische orders

Orde	Nederlandse naam	kJ g drooggewicht ¹	Referentie	Soorten
Lepidoptera	Vlinders en motten	23,97 25,15 22,2 ± 0,5	Schroeder 1977 Schroeder 1977 Sato et al. 2011	Hyalophora cecropia (larve) Pacysphinx rnodesta (larve) Niet gespecificeerd
Diptera	Tweevleugeligen	25,14 22,0 ± 0,0	Prakash en pandian 1978 Sato et al. 2011	Sarcophaga banksi Niet gespecificeerd
Coleoptera	Kevers	22 21 26,4 22,8 ± 0,2	Norberg 1978 Southwood 1966 Southwood 1966 Sato et al. 2011	Curculionidae Tenebrio molitor (adult) Tenebrio molitor (larve) Niet gespecificeerd
Arachnida	Spinnen	22,6 21,51 ± 1,3 21,9 ± 0,2	Norberg 1978 Mitchell and hunt 1984 Sato et al. 2011	Meerdere soorten Meerdere soorten Niet gespecificeerd
Hymenoptera	Bijen, mieren, bladwespen en wespen	22,5 ± 0,0	Sato et al. 2011	Niet gespecificeerd
Hemiptera	Wantsen	23,2 ± 0,2	Sato et al. 2011	Niet gespecificeerd
Blattodea	Kakkerlakken	15,65 14,35 12,84	M. Kulma et al. " " " "	Blaptica dubia (adult) Blaberus discoidealis (adult) Blatta lateralis

8.8 Basiskaart

Basiskaart onderzoeksgebied



Legenda

● Nestkasten

0 0,25 0,5 1 Kilometers

Titel: Basiskaart
onderzoeksgebied
Auteur: Marijn van
Drongelen
Datum: 9-3-2023

8.9 Locaties onderzoeksgebied

Locaties onderzoeksgebied



Titel: Locaties onderzoeksgebied
 Auteur: Marijn van Drongelen
 Datum: 20-4-2023

8.10 Roterende locaties

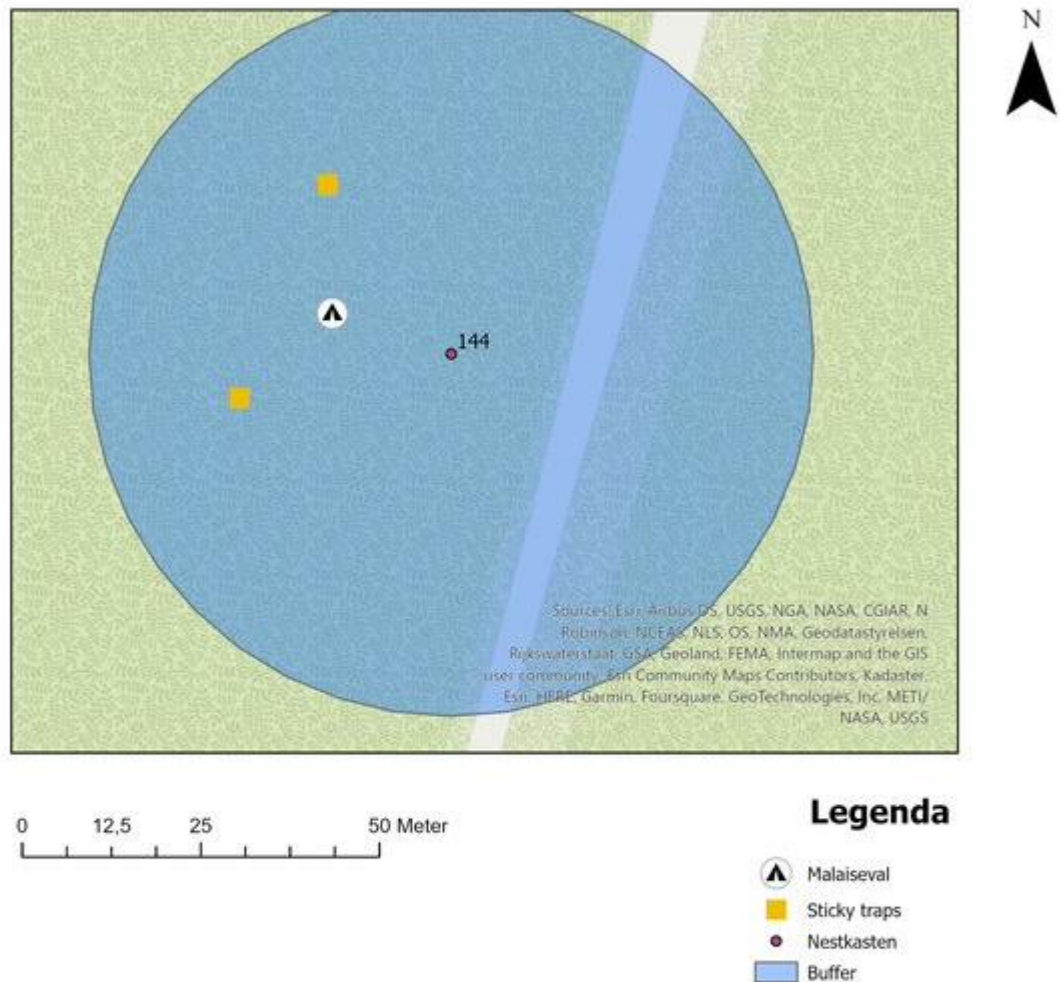
Roterende locaties



Titel: Roterende locaties
Auteur: Marijn van Drongelen
Datum: 7-7-2023

8.11 Opzet veldwerk

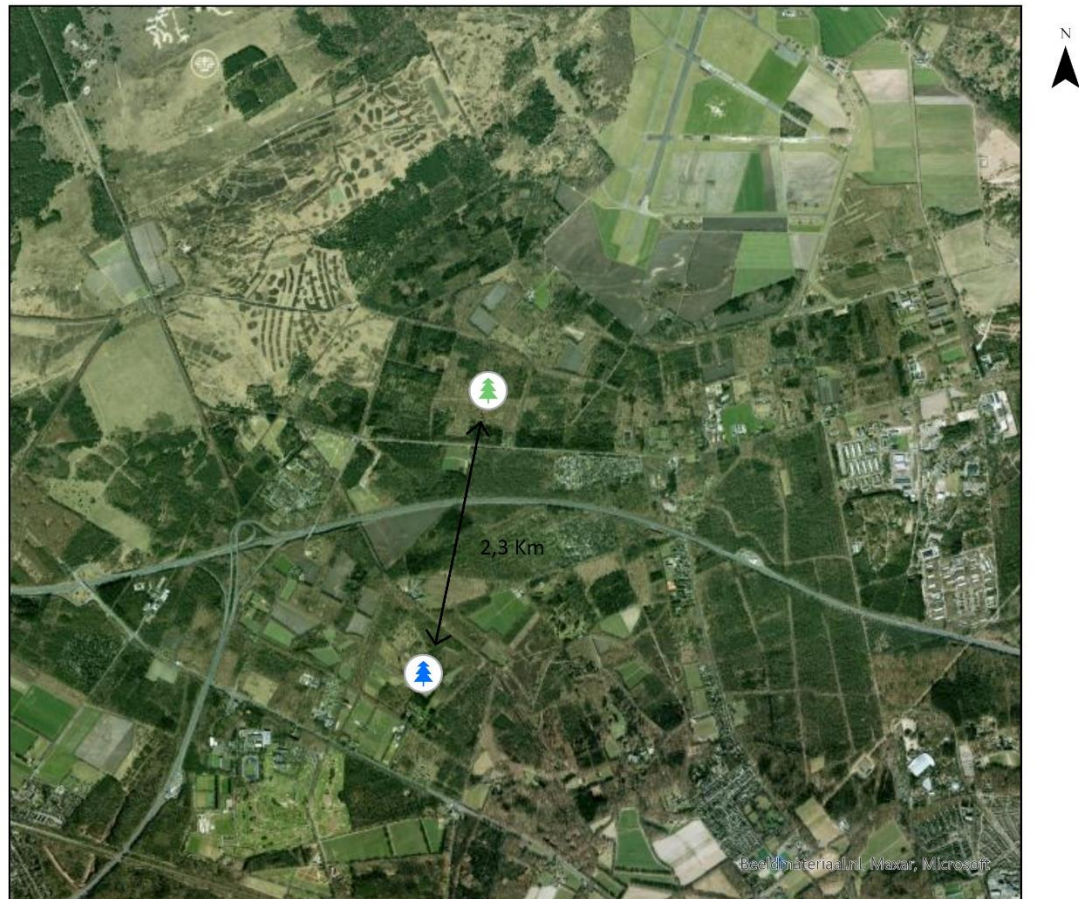
Opzet veldwerk



Titel: Opzet veldwerk
 Auteur: Marijn van Drongelen
 Datum: 3-4-2023

8.12 Onderzoekslocaties

Onderzoekslocaties



0 0.5 1 2 Kilometer

Legenda

-  Westerheide
-  Nationaal Park de Hoge Veluwe

Titel: Onderzoekslocaties
Auteur: Marijn van Drongelen
Datum: 26-7-2023

8.13 Protocol koolmees poepbemonstering

Protocol great tit feces:

1. During the handling of the 7 and day 10 old chicks, fresh feces are collected. This can be done by putting filter paper (Toyo filter paper 2) on the scale while weighing. Also feces dropped at another point in time during handling can be collected (good to keep birds above a clean, filter paper surface.).
2. Fecal samples can be scraped of the filter paper into 1.5ml screwcap tubes filled with 96% ethanol. This tool should be cleaned with paper and 70% ethanol in between rounds.
3. Tubes are shaken to open the fecal sacs and fully mix the fecal material with the ethanol.
4. Tubes are marked with date.samplelocation.boxID.chickID (ex. 220510.LH.3.a).
5. During fieldwork tubes are stored on ice.
6. Samples are stored at -20°, as soon as possible, until further processing.

8.14 Samenvatting modellen

Fisher's exact test verschil in proporties

Type:	Fisher's exact test
Methode:	Tweezijdig
Afhankelijke variabele(n)	total_total_count
Onafhankelijke variabele(n)	trap_type
P-waarde	$P = < 0.001$

ANOVA verschillen taxonomische groepen

Type:	Factoriële ANOVA
Formule:	Total_count ~ Latin + trap_type * Area
Afhankelijke variabele(n)	Total_count
Onafhankelijke variabele(n)	Latin Trap_type * Area
Significante componenten	Latin = $p < 0.001$ Trap_type = $p < 0.001$
R-squared/Adjusted R-squared	0.315/0.292

<i>total count</i>	
<i>Predictors</i>	<i>p</i>
Latin	<0.001
trap_type	<0.001
Area	0.887
trap_type:Area	0.247
Residuals	
Observations	622
R ² / R ² adjusted	0.315 / 0.292

Simpele lineaire regressie gemiddelde temperatuur

Type:	Simpele lineaire regressie
Formule:	$\text{total_count} \sim \text{trap_type} * \text{Area} + (\text{april_date} + \text{l}(\text{april_date}^2)) * \text{avg_temp} + \text{Latin}$, data = trap_totals)
Afhankelijke variabele(n)	Total_count
Onafhankelijke variabele(n)	Trap_type * Area (April_date + l(april_date^2)) * avg_temp Latin
Significante componenten	Trap_typemalaise = $p < 0.01$ LatinDiptera = $p < 0.001$ LatinHymenoptera = $p < 0.05$
R-squared/Adjusted R-squared	0.3312/0.3019
F-statistic	11.33
Degrees of freedom	595
P-waarde model	$p = < 0.001$

Characteristic	Beta	95% CI [†]	p-value	unknown	6.5	-20, 33	0.6
trap_type				trap_type * Area			
branch	—	—		malaise * 242	2.7	-7.1, 12	0.6
malaise	12	4.2, 20	0.002	sticky * 242	-3.8	-14, 6.2	0.5
sticky	2.4	-5.7, 11	0.6	malaise * 330	4.3	-6.3, 15	0.4
Area				sticky * 330	-6.5	-17, 4.0	0.2
48	—	—		april_date * avg_temp	0.08	-0.22, 0.38	0.6
242	0.31	-7.5, 8.1	>0.9	l(april_date^2) * avg_temp	0.00	0.00, 0.00	0.5
330	0.57	-7.8, 8.9	0.9	[†] CI = Confidence Interval			
april_date	-0.90	-4.6, 2.8	0.6				
l(april_date^2)	0.01	-0.03, 0.05	0.6				
avg_temp	-0.17	-7.2, 6.9	>0.9				
Latin							
Araneae	—	—					
Blattodea	-15	-41, 12	0.3				
Coleoptera	3.7	-2.5, 9.8	0.2				
Dermaptera	-14	-40, 13	0.3				
Diptera	29	24, 35	<0.001				
Hemiptera	4.9	-0.52, 10	0.076				
Hymenoptera	6.2	0.64, 12	0.029				
Ixodida	1.2	-13, 15	0.9				
Lepidoptera	-0.62	-6.8, 5.6	0.8				
Mecoptera	-3.7	-26, 18	0.7				
Orthoptera	-3.9	-19, 11	0.6				
Raphidioptera	-13	-34, 9.3	0.3				
Trombidiformes	-0.61	-11, 9.6	>0.9				

Simpele lineaire regressie maximum temperatuur

Type:	Simpele lineaire regressie
Formule:	total_count ~ trap_type * Area + (april_date + I(april_date^2)) * max_temp + Latin, data = trap_totals)
Afhankelijke variabele(n)	Total_count
Onafhankelijke variabele(n)	Trap_type * Area (April_date + I(april_date^2)) * max_temp Latin
Significante componenten	Trap_typemalaise = $p < 0.01$ LatinDiptera = $p < 0.001$ LatinHymenoptera = $p < 0.05$
R-squared/Adjusted R-squared	0.3256 / 0.2962
F-statistic	11.05
Degrees of freedom	595
P-waarde model	$p = < 0.001$

Characteristic	Beta	95% CI [†]	p-value	unknown	6.4	-20, 33	0.6
trap_type				trap_type * Area			
branch	—	—		malaise * 242	2.4	-7.5, 12	0.6
malaise	11	3.8, 19	0.004	sticky * 242	-4.0	-14, 6.0	0.4
sticky	2.2	-6.0, 10	0.6	malaise * 330	4.2	-6.4, 15	0.4
Area				sticky * 330	-6.3	-17, 4.2	0.2
48	—	—		april_date * max_temp	-0.02	-0.26, 0.22	0.9
242	0.54	-7.3, 8.4	0.9	I(april_date^2) * max_temp	0.00	0.00, 0.00	>0.9
330	0.47	-7.9, 8.9	>0.9	[†] CI = Confidence Interval			
april_date	0.30	-4.0, 4.6	0.9				
I(april_date^2)	0.00	-0.05, 0.04	>0.9				
max_temp	1.5	-4.4, 7.4	0.6				
Latin							
Araneae	—	—					
Blattodea	-14	-41, 13	0.3				
Coleoptera	3.7	-2.5, 9.8	0.2				
Dermaptera	-12	-39, 14	0.4				
Diptera	29	23, 35	<0.001				
Hemiptera	5.0	-0.48, 10	0.074				
Hymenoptera	6.2	0.58, 12	0.031				
Ixodida	1.3	-13, 15	0.9				
Lepidoptera	-0.66	-6.9, 5.6	0.8				
Mecoptera	-4.3	-26, 18	0.7				
Orthoptera	-3.5	-18, 11	0.6				
Raphidioptera	-13	-35, 9.4	0.3				
Trombidiformes	-0.73	-11, 9.5	0.9				

Simpele lineaire regressie minimum temperatuur

Type:	Simpele lineaire regressie
Formule:	total_count ~ trap_type * Area + (april_date + I(april_date^2)) * min_temp + Latin, data = trap_totals)
Afhankelijke variabele(n)	Total_count
Onafhankelijke variabele(n)	Trap_type * Area (April_date + I(april_date^2)) * min_temp Latin
Significante componenten	Trap_typemalaise = $p < 0.01$ LatinDiptera = $p < 0.001$ LatinHymenoptera = $p < 0.05$
R-squared/Adjusted R-squared	0.3321 / 0.303
F-statistic	11,38
Degrees of freedom	595
P-waarde model	$p = < 0.001$

Characteristic	Beta	95% CI [†]	p-value	unknown	6.3	-20, 33	0.6
trap_type				trap_type * Area			
branch	—	—		malaise * 242	2.9	-6.9, 13	0.6
malaise	12	4.3, 20	0.002	sticky * 242	-3.4	-13, 6.5	0.5
sticky	2.1	-6.0, 10	0.6	malaise * 330	4.8	-5.8, 15	0.4
Area				sticky * 330	-5.9	-16, 4.6	0.3
48	—	—		april_date * min_temp	0.10	-0.21, 0.40	0.5
242	0.05	-7.8, 7.9	>0.9	I(april_date^2) * min_temp	0.00	0.00, 0.00	0.5
330	0.02	-8.3, 8.4	>0.9	[†] CI = Confidence Interval			
april_date	-0.44	-3.5, 2.6	0.8				
I(april_date^2)	0.00	-0.03, 0.04	0.8				
min_temp	-1.1	-7.6, 5.3	0.7				
Latin							
Araneae	—	—					
Blattodea	-13	-40, 13	0.3				
Coleoptera	3.8	-2.3, 9.9	0.2				
Dermaptera	-15	-41, 12	0.3				
Diptera	29	24, 35	<0.001				
Hemiptera	5.0	-0.45, 10	0.072				
Hymenoptera	6.4	0.79, 12	0.025				
Ixodida	1.9	-12, 16	0.8				
Lepidoptera	-0.35	-6.6, 5.9	>0.9				
Mecoptera	-2.7	-25, 19	0.8				
Orthoptera	-3.6	-18, 11	0.6				
Raphidioptera	-12	-34, 9.8	0.3				
Trombidiformes	-0.06	-10, 10	>0.9				

Simpele lineaire regressie wolkenbedekking

Type:	Simpele lineaire regressie
Formule:	total_count ~ trap_type * Area + (april_date + I(april_date^2)) * clouds + Latin, data = trap_totals)
Afhankelijke variabele(n)	Total_count
Onafhankelijke variabele(n)	Trap_type * Area (April_date + I(april_date^2)) * clouds Latin
Significante componenten	Trap_typemalaise = $p < 0.01$ LatinDiptera = $p < 0.01$ LatinHymenoptera = $p < 0.05$
R-squared/Adjusted R-squared	0.3232/0.2936
F-statistic	10.93
Degrees of freedom	595
P-waarde model	$p = < 0.001$

Characteristic	Beta	95% CI [†]	p-value	unknown	5.9	-21, 33	0.7
trap_type				trap_type * Area			
branch	—	—		malaise * 242	2.5	-7.4, 12	0.6
malaise	12	4.5, 20	0.002	sticky * 242	-3.5	-14, 6.5	0.5
sticky	2.0	-6.2, 10	0.6	malaise * 330	4.4	-6.2, 15	0.4
Area				sticky * 330	-6.2	-17, 4.4	0.3
48	—	—		april_date * clouds	0.02	-0.08, 0.13	0.7
242	0.35	-7.5, 8.2	>0.9	I(april_date^2) * clouds	0.00	0.00, 0.00	0.5
330	0.29	-8.1, 8.7	>0.9	[†] CI = Confidence Interval			
april_date	-0.82	-8.3, 6.7	0.8				
I(april_date^2)	0.02	-0.06, 0.09	0.7				
clouds	-0.14	-2.7, 2.4	>0.9				
Latin							
Araneae	—	—					
Blattodea	-12	-39, 15	0.4				
Coleoptera	3.8	-2.3, 10	0.2				
Dermaptera	-14	-41, 12	0.3				
Diptera	29	23, 34	<0.001				
Hemiptera	5.1	-0.37, 11	0.068				
Hymenoptera	6.2	0.60, 12	0.030				
Ixodida	1.6	-13, 16	0.8				
Lepidoptera	-0.57	-6.8, 5.7	0.9				
Mecoptera	-4.8	-27, 17	0.7				
Orthoptera	-3.9	-19, 11	0.6				
Raphidioptera	-11	-33, 11	0.3				
Trombidiformes	-0.51	-11, 9.8	>0.9				

Simpele lineaire regressie gemiddelde luchtvochtigheid

Type:	Simpele lineaire regressie
Formule:	total_count ~ trap_type * Area + (april_date + I(april_date^2)) * avg_rh + Latin, data = trap_totals)
Afhankelijke variabele(n)	Total_count
Onafhankelijke variabele(n)	Trap_type * Area (April_date + I(april_date^2)) * avg_rh Latin
Significante componenten	Trap_typemalaise = P < 0.01 LatinDiptera = P < 0.01 LatinHymenoptera = P < 0.05
R-squared/Adjusted R-squared	0.322/0.2924
F-statistic	10.87
Degrees of freedom	595
P-waarde model	p = < 0.001

Characteristic	Beta	95% CI [†]	p-value	unknown	6.0	-21, 33	0.7
trap_type				trap_type * Area			
branch	—	—		malaise * 242	2.3	-7.5, 12	0.6
malaise	12	4.2, 20	0.002	sticky * 242	-3.7	-14, 6.3	0.5
sticky	1.9	-6.3, 10	0.6	malaise * 330	4.4	-6.2, 15	0.4
Area				sticky * 330	-6.2	-17, 4.4	0.3
48	—	—		april_date * avg_rh	0.07	-0.14, 0.29	0.5
242	0.55	-7.3, 8.4	0.9	I(april_date^2) * avg_rh	0.00	0.00, 0.00	0.4
330	0.31	-8.1, 8.7	>0.9	[†] CI = Confidence Interval			
april_date	-6.6	-27, 14	0.5				
I(april_date^2)	0.08	-0.12, 0.27	0.4				
avg_rh	-1.1	-6.3, 4.2	0.7				
Latin							
Araneae	—	—					
Blattodea	-13	-40, 14	0.3				
Coleoptera	3.9	-2.2, 10	0.2				
Dermaptera	-14	-40, 13	0.3				
Diptera	29	23, 34	<0.001				
Hemiptera	5.1	-0.38, 11	0.068				
Hymenoptera	6.2	0.54, 12	0.032				
Ixodida	1.5	-13, 16	0.8				
Lepidoptera	-0.67	-6.9, 5.6	0.8				
Mecoptera	-4.5	-27, 18	0.7				
Orthoptera	-4.2	-19, 11	0.6				
Raphidioptera	-9.8	-32, 12	0.4				
Trombidiformes	-0.39	-11, 9.9	>0.9				

Simpele lineaire regressie totale regen

Type:	Simpele lineaire regressie
Formule:	$\text{total_count} \sim \text{trap_type} * \text{Area} + (\text{april_date} + \text{l}(\text{april_date}^2)) * \text{sum_rain} + \text{Latin, data} = \text{trap_totals})$
Afhankelijke variabele(n)	Total_count
Onafhankelijke variabele(n)	Trap_type * Area (April_date + l(april_date^2)) * sum_rain Latin
Significante componenten	Trap_typemalaise = $P < 0.01$ LatinDiptera = $P < 0.01$ LatinHymenoptera = $P < 0.05$ l(april_date^2):sum_rain = $P < 0.05$
R-squared/Adjusted R-squared	0.3257/0.2963
F-statistic	11.05
Degrees of freedom	595
P-waarde model	$p = < 0.001$

Characteristic	Beta	95% CI [†]	p-value	unknown	6.8	-20, 34	0.6
trap_type				trap_type * Area			
branch	—	—		malaise * 242	2.6	-7.3, 12	0.6
malaise	12	4.5, 20	0.002	sticky * 242	-3.8	-14, 6.2	0.5
sticky	2.2	-6.0, 10	0.6	malaise * 330	4.9	-5.7, 16	0.4
Area				sticky * 330	-5.5	-16, 5.0	0.3
48	—	—		april_date * sum_rain	-2.2	-4.5, 0.12	0.063
242	0.37	-7.5, 8.2	>0.9	l(april_date^2) * sum_rain	0.04	0.00, 0.07	0.046
330	-0.16	-8.6, 8.3	>0.9	[†] CI = Confidence Interval			
april_date	0.04	-1.0, 1.1	>0.9				
l(april_date^2)	0.00	-0.01, 0.01	>0.9				
sum_rain	32	-5.0, 69	0.090				
Latin							
Arachnida	—	—					
Blattodea	-14	-41, 13	0.3				
Coleoptera	3.9	-2.2, 10	0.2				
Dermaptera	-12	-38, 15	0.4				
Diptera	29	23, 34	<0.001				
Hemiptera	5.2	-0.25, 11	0.062				
Hymenoptera	6.4	0.78, 12	0.026				
Ixodida	2.0	-12, 16	0.8				
Lepidoptera	-0.44	-6.7, 5.8	0.9				
Mecoptera	-3.8	-26, 18	0.7				
Orthoptera	-3.8	-19, 11	0.6				
Raphidioptera	-11	-33, 11	0.3				
Trombidiformes	-0.20	-10, 10	>0.9				

Simpele lineaire regressie duur regen

Type:	Simpele lineaire regressie
Formule:	$\text{total_count} \sim \text{trap_type} * \text{Area} + (\text{april_date} + \text{l}(\text{april_date}^2)) * \text{dur_rain} + \text{Latin}$, data = trap_totals)
Afhankelijke variabele(n)	Total_count
Onafhankelijke variabele(n)	Trap_type * Area (April_date + l(april_date^2)) * dur_rain Latin
Significante componenten	Trap_typemalaise = $P < 0.01$ LatinDiptera = $P < 0.01$ LatinHymenoptera = $P < 0.05$
R-squared/Adjusted R-squared	0.3289/0.2996
F-statistic	11.05
Degrees of freedom	595
P-waarde model	$p = < 0.001$

Characteristic	Beta	95% CI [†]	p-value	unknown	6.7	-20, 33	0.6
trap_type				trap_type * Area			
branch	—	—		malaise * 242	2.8	-7.0, 13	0.6
malaise	12	4.6, 20	0.002	sticky * 242	-3.7	-14, 6.3	0.5
sticky	2.3	-5.8, 10	0.6	malaise * 330	4.9	-5.7, 15	0.4
Area				sticky * 330	-5.7	-16, 4.8	0.3
48	—	—		april_date * dur_rain	-1.2	-3.9, 1.5	0.4
242	0.24	-7.6, 8.1	>0.9	l(april_date^2) * dur_rain	0.02	-0.02, 0.06	0.3
330	-0.01	-8.4, 8.4	>0.9	[†] CI = Confidence Interval			
april_date	0.05	-1.1, 1.2	>0.9				
l(april_date^2)	0.00	-0.01, 0.01	>0.9				
dur_rain	16	-28, 60	0.5				
Latin							
Arachnida	—	—					
Blattodea	-14	-41, 13	0.3				
Coleoptera	3.9	-2.2, 10	0.2				
Dermaptera	-12	-39, 15	0.4				
Diptera	29	23, 34	<0.001				
Hemiptera	5.1	-0.33, 11	0.066				
Hymenoptera	6.4	0.78, 12	0.026				
Ixodida	1.7	-12, 16	0.8				
Lepidoptera	-0.56	-6.8, 5.7	0.9				
Mecoptera	-3.7	-26, 18	0.7				
Orthoptera	-4.0	-19, 11	0.6				
Raphidioptera	-10	-32, 12	0.4				
Trombidiformes	-0.21	-10, 10	>0.9				

Simpele lineaire regressie gemiddeld gewicht

Type:	Simpele lineaire regressie
Formule:	Std_per_cap_weight ~ Location + (april_date) + I(april_date^2)) * Order
Afhankelijke variabele(n)	Std_per_cap_weight
Onafhankelijke variabele(n)	Location (april_date + I(april_date^2)) Order
Significante componenten	-
R-squared/Adjusted R-squared	0.2951/0.2172
F-statistic	3.791
Degrees of freedom	163
P-waarde model	$p = < 0.001$

Characteristic	Beta	95% CI [†]	p-value
Location	0.00	0.00, 0.00	>0.9
april_date	0.00	0.00, 0.00	0.6
I(april_date^2)	0.00	0.00, 0.00	0.6
Order			
Araneae	—	—	
Coleoptera	-0.02	-0.05, 0.02	0.4
Diptera	0.00	-0.04, 0.03	>0.9
Hemiptera	0.00	-0.03, 0.04	0.8
Hymenoptera	0.01	-0.03, 0.04	0.6
Lepidoptera	0.01	-0.03, 0.05	0.8
april_date * Order			
april_date * Coleoptera	0.00	0.00, 0.00	0.3
april_date * Diptera	0.00	0.00, 0.00	>0.9
april_date * Hemiptera	0.00	0.00, 0.00	0.7
april_date * Hymenoptera	0.00	0.00, 0.00	0.6
april_date * Lepidoptera	0.00	0.00, 0.00	0.7
I(april_date^2) * Order			
I(april_date^2) * Coleoptera	0.00	0.00, 0.00	0.2
I(april_date^2) * Diptera	0.00	0.00, 0.00	>0.9
I(april_date^2) * Hemiptera	0.00	0.00, 0.00	0.7
I(april_date^2) * Hymenoptera	0.00	0.00, 0.00	0.6
I(april_date^2) * Lepidoptera	0.00	0.00, 0.00	0.6

[†] CI = Confidence Interval

8.15 Detectiekans verschillende inventarisatiemethoden

Methode	Coleoptera	Hymenoptera	Diptera	Hemiptera	Lepidoptera	Araneae
Malaiseval					*1	
Beating sheet					*2	
Plakval						

*1 *Lepidoptera*; *Heterocera*

*2 *Lepidoptera*; larven

8.16 Benodigde metagegevens verschillende methodes

Locatie	Benodigde metagegevens	Malaiseval	Beating sheet	Plakval
	GPS coördinaten	x	x	x
	Beschrijving locatie	x	x	x
	Foto van val	x	x	x
Beschrijving van ligging	Habitat	x	x	x
	Foto's in vier richtingen	x	x	x
	Beschrijving van plantenfenologie		x	
	Lichtvervuiling	x	x	x
	Substraat (plantensoort)		x	x
Tijd	Datum val geplaatst	x	x	x
	Datum van dataverzameling	x	x	x
	Tijdsbestek dataverzameling	x	x	x
Omgeving	Windsterkte	x	x	
	Temperatuur	x	x	x
	Regen		x	x
	Luchtvochtigheid		x	
	Wolkenbedekking		x	
Val beschrijving en plaatsing	Type	x	x	x
	Foto	x	x	x
	Uitgever en model	x	x	x
	Grootte	x	x	x
	Grootte van gaas	x		
	Dodend middel	x		x
	Oriëntatie	x		x
	Hoogte vanaf de grond			x
	Kleur van val	x	x	x
	Aantal tikken per substraat (boomsoort)		x	
	Afmetingen object gebruikt voor tikken		x	

8.17 Planning veldwerk vaste locaties

Maand	Week	Ma	Di	Wo	Do	Vrij
April	17	1, 2, 7	6	3, 8		4, 6, 9
Mei	18	2, 7	6	3, 8		4, 6, 9
	19	2, 7	6	3, 8		4, 6, 9
	20	2, 7	6	3, 8		4, 6, 9
	21	2, 7	6	3, 8		4, 6, 9
Juni	22	2, 7	6	3, 8		4, 6, 9
	23	2, 7	6	3, 8		4, 5, 6, 9

Activiteit	Nummer
Malaisevallen plaatsen	1
Opvangbakken Malaisevallen ophangen	2
Opvangbakken Malaisevallen wisselen	3
Opvangbakken Malaisevallen ophalen	4
Malaisevallen opruimen	5
Beating sheet meting	6
Plakvallen ophangen	7
Plakvallen vervangen	8
Plakvallen ophalen	9

8.18 Planning veldwerk roterende locaties

Leeftijd (in dagen) kuikens	Activiteit
6	Camera's opzetten (DIOPSIS 2 en smart nest boxes), frass netten opzetten, plakvallen ophangen.
7	Gewicht 1 + poepmonsters 1, beating sheet
8	Plakvallen opruimen
9	-
10	Camera's naar nieuwe locatie (DIOPSIS 2 en smart nest box camera's), frass netten naar nieuw locatie. Gewicht 2 + poepmonsters 2