

De invloed van omgevingsfactoren op het detecteren van kadavers door gewervelde aaseters

Onderzoeksverslag Teun Mevius | 5999324

Universiteit Utrecht

Begeleiders: Melanie Pekel, ARK Natuurontwikkeling & Elke Wenting, Wageningen

University

28-06-2019



Samenvatting

Er zijn veel verschillende gewervelde dieren die als onderdeel van hun dieet aas eten. Om de reducenten voor te zijn moeten deze gewervelde aaseters kadavers door middel van zicht en geur snel kunnen detecteren. In verschillende natuurgebieden in Nederland worden deze aaseters vastgelegd door middel van cameravallen bij kadavers. In dit verslag is onderzocht of omgevingsfactoren de detectietijd van een kadaver door gewervelde aaseters kunnen beïnvloeden. Er is onder andere gekeken naar habitatype, vegetatie, seizoen en afstand tot menselijke bouwwerken. Uit de resultaten kwam dat geen enkele van de onderzochte omgevingsfactoren invloed heeft op de detectietijd. Mogelijk komt dit resultaat door het kleine aantal datapunten.

Inleiding

Kadavers komen in de natuur veel voor. Dieren sterven namelijk op allerlei manieren, zoals door predatie, ziekte, ongelukken of een gebrek aan voedsel. Als een dier doodgaat en zijn kadaver achterblijft wordt dit aas. De verschillende organismen die van zo'n kadaver eten worden aaseters genoemd. Een organisme behoort tot de aaseters als het van dood dierlijk weefsel eet wat hij niet zelf gevangen heeft.

Kadavers worden door mensen echter niet vaak waargenomen, omdat aaseters meestal snel en efficiënt een kadaver consumeren. Vooral voor kadavers van kleinere dieren geldt dit (DeVault et al. 2003).

Er zijn verschillende groepen organismen die aas consumeren. De reducenten bestaan uit bacteriën en schimmels die een kadaver langzaam afbreken en mineraliseren. Ook allerlei soorten insecten zoals vliegen en kevers eten van kadavers en leggen er eitjes in. De grootste en meest bekende groep aaseters zijn de gewervelde aaseters. Deze groep bestaat vooral uit vogels en zoogdieren en in mindere mate reptielen (Barton et al. 2013). Gemiddeld wordt het meeste weefsel van een kadaver door deze gewervelde aaseters opgegeten, zo'n 75% (DeVault et al. 2003).

Tussen de gewervelde aaseters en de reducenten is competitie om kadavers. Reducenten produceren giftige en stinkende stoffen in kadavers en laten ze sneller rotten. Op die manier kunnen gewervelde aaseters het kadaver niet meer te eten. De gewervelde aaseters daarentegen zijn geëvolueerd om aas snel te vinden en te consumeren voordat de reducenten het hebben gekoloniseerd (Janzen, 1977).

Voor het verloop van het afbraakproces van kadavers is het dus bepalend of een kadaver snel wordt gevonden door gewervelde aaseters. Daarom is het interessant om te onderzoeken welke factoren de detectietijd van een kadaver door gewervelde aaseters bepalen.

In het verleden is al aangetoond dat de samenstelling van gewervelde aaseters bij kadavers niet willekeurig en opportunistisch is, zoals eerst werd gedacht (Selva & Fortuna, 2007).

Verschuillende factoren kunnen invloed hebben op deze samenstelling. Zo is aangetoond dat het type kadaver kan bepalen welke soorten bij een kadaver aanwezig zijn (Olson et al. 2016). Ook verschuillende omgevingsfactoren zoals seizoen en vegetatie spelen een rol bij de soortensamenstelling (Selva et al. 2005).

Ook voor de detectietijd van kadavers is aangetoond dat habitat en seizoen invloed hebben (Turner et al. 2017). De omgeving lijkt dus een belangrijke factor te zijn die kan bepalen hoe snel een kadaver gevonden wordt door gewervelde aaseters.

Voor zover bekend is er in Nederland nog geen onderzoek gedaan naar de invloed van omgevingsfactoren op de detectietijd van kadavers. Kennis over deze omgevingsfactoren kan beheerders die aaseters terug willen hebben in de natuur helpen bij het inrichten van hun gebied. Daarom wil ik onderzoeken wat de invloed is van verschuillende omgevingsfactoren op de detectietijd van kadavers door gewervelde aaseters, en ben ik tot de volgende onderzoeksvraag gekomen:

Wat is de invloed van omgevingsfactoren op de detectie van een kadaver door gewervelde aaseters?

Hierbij ga ik zowel kijken naar de tijd tot de eerste aaseter aanwezig is bij een kadaver als de tijd tot er voor het eerst van een kadaver gegeten wordt.

De invloed van een aantal verschillende omgevingsfactoren wordt onderzocht. Voor iedere omgevingsfactor zal ik kort uitleggen wat de verwachte invloed op de detectietijd is.

Vegetatie

Het wordt verwacht dat de vegetatie een invloed heeft op de detectie van een kadaver. Kadavers in dichte en gesloten vegetatie zoals bos zijn namelijk minder goed te zien en waarschijnlijk ook minder goed te ruiken. Omdat de meeste zoogdieren aas lokaliseren op basis van zicht en geur (DeVault & Rhodes, 2002), is het dus waarschijnlijk dat kadavers minder snel gedetecteerd worden in dichte en gesloten vegetatie.

Bodemtype

Het wordt niet verwacht dat het bodemtype waarop een kadaver ligt invloed heeft op de detectietijd. Bodemtype kan wel bepalen hoe snel de decompositie van een kadaver gaat (Haslam & Tibbett, 2009), maar dat valt niet onder de onderzoeksvraag.

Habitatype

Zowel de omgevingsvariabelen landschapstype als bodemgebruik vallen in deze categorie (zie materiaal & methode).

Het wordt verwacht dat habitatype invloed heeft op de detectietijd. Eerder is dit al aangetoond (Turner et al. 2017). Doordat bepaalde habitats dichter en geslotener zijn, zijn kadavers mogelijk minder snel te vinden (hier is dus overlap met vegetatie). Ook is het mogelijk dat sommige soorten gewervelde aaseters minder voorkomen in bepaalde habitats en dat daardoor de detectietijd van een kadaver langer is.

Afstand tot wegen en bebouwing

In deze categorie vallen de afstanden van kadavers tot lokale en grote wegen en tot bebouwing en dorpskernen (zie materiaal & methode). Al deze factoren hebben te maken met verstoring door menselijke activiteit en dus wordt verwacht dat kadavers die hier verder vandaan liggen eerder gedetecteerd worden.

Afstand tot water

Water is ook voor aaseters een vereiste om te kunnen overleven en daarom zullen ze dagelijks bij plassen of meertjes komen om te drinken. Kadavers die hier dichter in de buurt liggen worden mogelijk sneller gedetecteerd.

Seizoen

Het wordt verwacht dat seizoen een invloed heeft op de detectietijd van kadavers. Als het warmer is, is er meer microbiële activiteit en komen er meer geuren van een kadaver af. Aaseters die op basis van geur kadavers lokaliseren zullen in de zomer dus sneller kadavers vinden (DeVault & Rhodes, 2002; Turner et al. 2017).

Aanwezigheid grote grazers

Het wordt niet direct verwacht dat de aanwezigheid van grote grazers invloed heeft op de detectietijd. Het is mogelijk dat aaseters groepen grote grazers volgen in de wetenschap dat het door sterfte of predatie aas kan opleveren (hoewel er geen toppredator is die erop jaagt) en dat kadavers in gebieden met grazers dus eerder gevonden worden, maar dit is niet waarschijnlijk.

Naast omgevingsfactoren kan de aan- of afwezigheid van bepaalde soorten aaseters ook bepalen hoe snel een kadaver gedetecteerd wordt (Hill et al. 2018). Daarom is het belangrijk dat de soort die een kadaver detecteert ook meegenomen wordt in de analyse.

Materiaal & Methode

De data die voor dit onderzoek is gebruikt, is afkomstig van het project 'Dood Doet Leven', een samenwerking van ARK natuurontwikkeling en Wageningen Universiteit. Hierbij worden kadavers van aangereden wild (voornamelijk Reeën) in verschillende natuurgebieden neergelegd. Vervolgens wordt met camera's die reageren op beweging en warmte de aanwezigheid en het gedrag van dieren die op het kadaver afkomen vastgelegd.

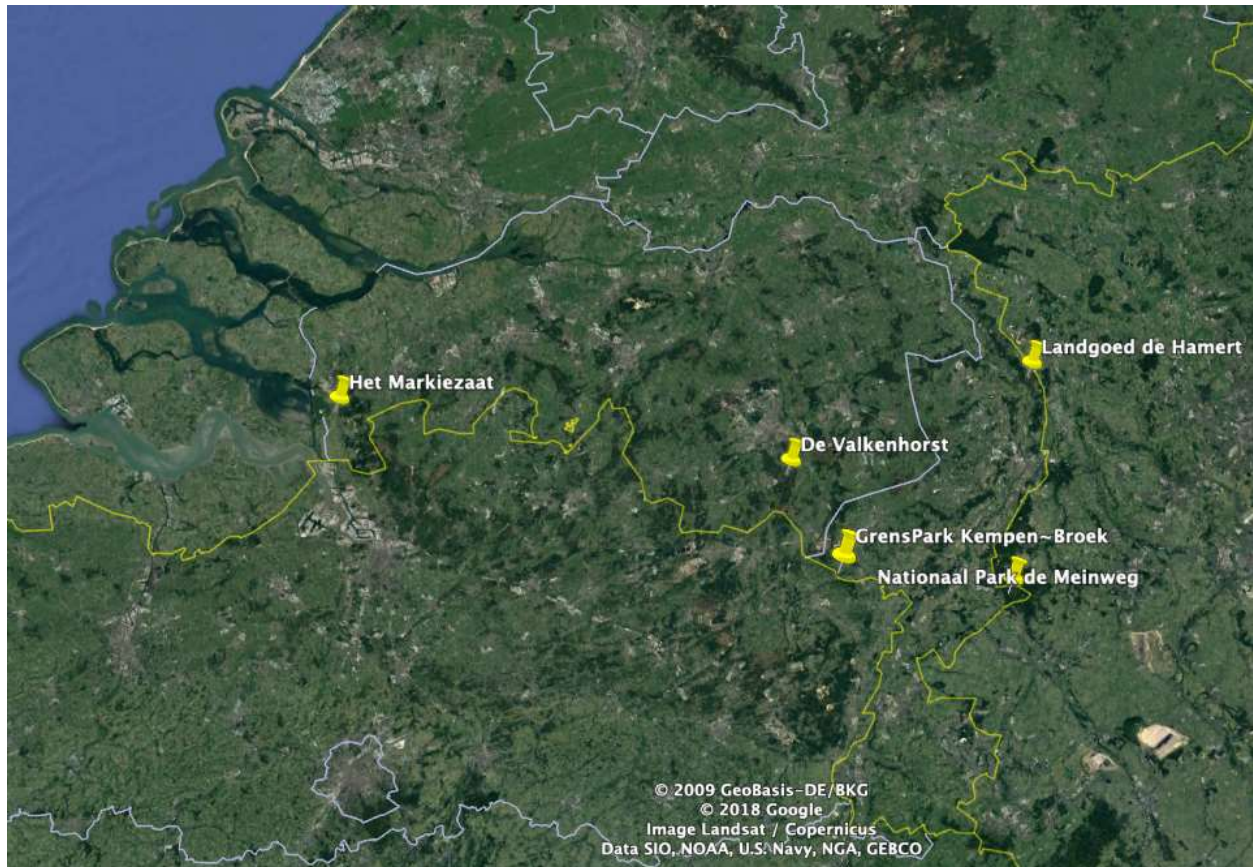
Per beeld (na een gedetecteerde beweging neemt de camera 60 seconden op) wordt de soort genoteerd, het aantal individuen, het gedrag (opgedeeld in 7 categorieën: passeren, interesse, eten, intraspecifieke interactie, interspecifieke interactie, staan op het karkas en materiaal verzamelen), de status van het karkas (opgeblazen fase, actieve ontbinding en verregaande ontbinding) en het weefsel waar van gegeten wordt (alleen als er daadwerkelijk van het kadaver gegeten wordt). Dit annoteren gebeurt in het programma Agouti (<https://www.agouti.eu>). Per beeld is er ook tijdswaarneming die de datum en tijd tot op secondes nauwkeurig aangeeft. Een voorbeeld van een camerabeeld dat het onderzoek oplevert is te zien in afbeelding 1.

De detectietijd is bepaald door het verschil in tijd te meten tussen het beeld waarop een kadaver neergelegd wordt en het beeld waarop voor het eerst een aaseter bij het kadaver aanwezig is. Hetzelfde geldt voor de tijd tot er voor het eerst van een kadaver gegeten worden. In het geval dat een dier direct op het eerste beeld dat hij aanwezig is begint met eten is de detectietijd dus gelijk aan de tijd tot eten. De tijden werden tot op de minuut nauwkeurig genoteerd.



Afbeelding 1. Een typisch camerabeeld van het project Dood Doet Leven. Op dit camerabeeld is het kadaver van een ree te zien en de aanwezigheid van twee aaseters: een vos en een zwarte kraai (Bron: <https://agouti.eu/#/project/76c23718-5cfc-eb70-e3b4-501d991b41a4/overview>).

In totaal zijn er vijf natuurgebieden in het Zuiden van Nederland waarin kadavers zijn geplaatst. Dit zijn Landgoed de Hamert (in het Nationaal park de Maasduinen), Nationaal Park De Meinweg, het Markiezaat, de Valkenhorst en Grenspark Kempen~Broek (zie afbeelding 2). Binnen deze gebieden zijn weer meerdere kadaverlocaties. De data is verzameld over een periode van juli 2015 tot en met maart 2019.



Afbeelding 2. De locaties van de vijf natuurgebieden waarin de kadavers zijn neergelegd en met cameravallen zijn geobserveerd (Bron: Google Earth)

Voor iedere kadaverlocatie zijn de coördinaten bekend. Op basis hiervan zijn de meeste omgevingsfactoren bepaald.

Vegetatie

De vegetatie is opgedeeld in de categorieën 'open', 'halfopen' en 'gesloten'. De keuze voor een categorie is bepaald op basis van de omgeving te zien op de camerabeelden en de omgeving van de kadaverlocaties op de laatste versie van Google Earth (<https://www.google.nl/earth/download/gep/agree.html>).

Habitatype

Het habitatype is op twee verschillende manieren bepaald. Ten eerste is met behulp van de coördinaten en de database SynBioSys (<https://www.wur.nl/nl/show/SynBioSys-Nederland.htm>) het landschapstype bepaald. In totaal waren er zes verschillende landschapstypen: 'kreek- en plaatranden', 'oude bouwlanden', 'vochtige dekzandlaagten', 'brongebieden', 'regenwatergevoede vennen' en 'landduinen'.

Daarnaast is het habitatype ook bepaald met het Bestand Bodemgebruik van het CBS (CBS Bestand Bodemgebruik 2015, beschikbaar in PDOK-Viewer: <https://www.pdok.nl/viewer/>). Op basis van de coördinaten werden de kadaverlocaties opgedeeld in vier categorieën: 'bos', 'natuurlijk terrein', 'droog natuurlijk terrein' en 'landbouw'.

Bodemtype

Het bodemtype is bepaald op basis van de coördinaten en de Bodemkaart van BRO (Basisregistratie Ondergrond, beschikbaar in PDOK-Viewer: <https://www.pdok.nl/viewer/>). In totaal waren er zeven verschillende bodemtypen: 'slikvaaggronden', 'veldpodzolgronden', 'gooreerdgronden', 'moerige podzolgronden', 'duinvaaggronden', 'haarpodzolgronden' en 'vorstvaaggronden'.

Grote grazers

De aanwezigheid van beheerde kuddes grote grazers zoals paarden, runderen en schapen is bepaald op basis van de online informatievoorziening van de verschillende natuurgebieden. Alleen in de Valkenhorst waren geen grote grazers aanwezig.

Seizoen

Deze omgevingsfactor is verdeeld in het koude en het warme seizoen. Eigenlijk was het de bedoeling om de temperatuur als omgevingsfactor mee te nemen, maar de temperatuurdata van de camera's was niet compleet. Daarnaast leek de temperatuurwaarneming ook op te lopen naarmate de camera lang achtereen aanstond. Om temperatuur alsnog enigszins mee te nemen is besloten de waarnemingen in twee seizoenen te verdelen. Het warme seizoen loopt van mei tot en met oktober, en het koude seizoen van november tot en met april (bepaald op basis van data van het KNMI, https://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/klimatologie/gegevens/maandgegevens/mndgeg_260_tg.txt).

Afstand tot wegen en bebouwing

Deze omgevingsfactor bestaat uit vier verschillende variabelen. De afstand van de kadavers tot vier verschillende objecten is gemeten. Deze afstanden zijn op basis van de spreiding in de waarnemingen in ongeveer even grote categorieën verdeeld.

Afstand tot bebouwing is de afstand tot de dichtstbijzijnde menselijke bewoning (dit kan dus ook een losse boerderij zijn). De afstanden zijn verdeeld in de categorieën minder dan 200 meter, tussen 200 en 400 meter en meer dan 400 meter.

Afstand tot een dorpskern is de afstand tot de bebouwde kom van de dichtstbijzijnde plaats. De afstanden zijn verdeeld in de categorieën minder dan 1 kilometer, tussen 1 en 2 kilometer en meer dan 2 kilometer.

Afstand tot een grote weg is de afstand tot de dichtstbijzijnde N-weg of snelweg. Ook hier zijn de afstanden verdeeld in de categorieën minder dan 1 kilometer, tussen 1 en 2 kilometer en meer dan 2 kilometer.

Afstand tot een lokale weg is de afstand tot de dichtstbijzijnde weg (dit kan ook een onverharde weg zijn). Deze afstanden zijn verdeeld in de categorieën minder dan 100 meter en meer dan 100 meter.

Al deze afstanden zijn hemelsbreed gemeten in Google Earth.

Afstand tot water

De afstand tot de dichtstbijzijnde plas of rivier is net als hierboven beschreven hemelsbreed gemeten in met Google Earth. De afstanden zijn verdeeld in de twee categorieën minder dan 100 meter en meer dan 100 meter.

Statistiek

De data van de kadaverlocaties is niet helemaal onafhankelijk. Sommige kadavers liggen namelijk dicht bij elkaar in hetzelfde gebied en daardoor zijn de waarnemingen niet helemaal onafhankelijk van elkaar. Daarom is gekozen voor een mixed model. Hierbij kunnen random factoren worden aangewezen waarbij de variatie per categorie van die factor door het model meegenomen wordt. Het gebied waar het kadavers ligt wordt als random factor meegenomen, net als de soort die het kadaver detecteert.

Eerst wordt nog bepaald welke statistische verdeling het best past bij de data en voor het mixed model gebruikt moet worden. Vervolgens is per omgevingsfactor afzonderlijk met het mixed model gekeken of er verschil is in detectietijd tussen de verschillende categorieën.

De methode is vervolgens herhaald voor de tijd tot er voor het eerst van een kadaver gegeten wordt.

Resultaten

Tot nu toe zijn er in totaal 45 verschillende kadavers neergelegd. Omdat bij een aantal het beeld van het neerleggen van het kadaver ontbreekt, kon van slechts 28 kadavers de detectietijd en tijd tot eten bepaald worden.

Er waren 8 soorten aaseters die kadavers detecteerden. De belangrijkste soorten waren de vos, het wilde zwijn en de buizerd. Er waren ook 8 soorten die als eerste van een kadaver aten. Ook hier waren dat vooral de vos, het wild zwijn en de buizerd (zie tabel 1). Van één kadaver werd niet gegeten. Bij sommige kadavers was de soort die het detecteerde niet hetzelfde als de soort die er het eerst van at. Dit is bijvoorbeeld het geval als een vos het kadaver als eerst detecteert, er alleen aan ruikt en vervolgens wegrent, en er later door bijvoorbeeld een buizerd als eerst van gegeten wordt.

De totale data die verzameld is bij het onderzoek is beschikbaar in bijlage 1. De data die uiteindelijk gebruikt is voor de statistiek is beschikbaar in bijlage 2. Het R-script met de statistiek is beschikbaar in bijlage 3.

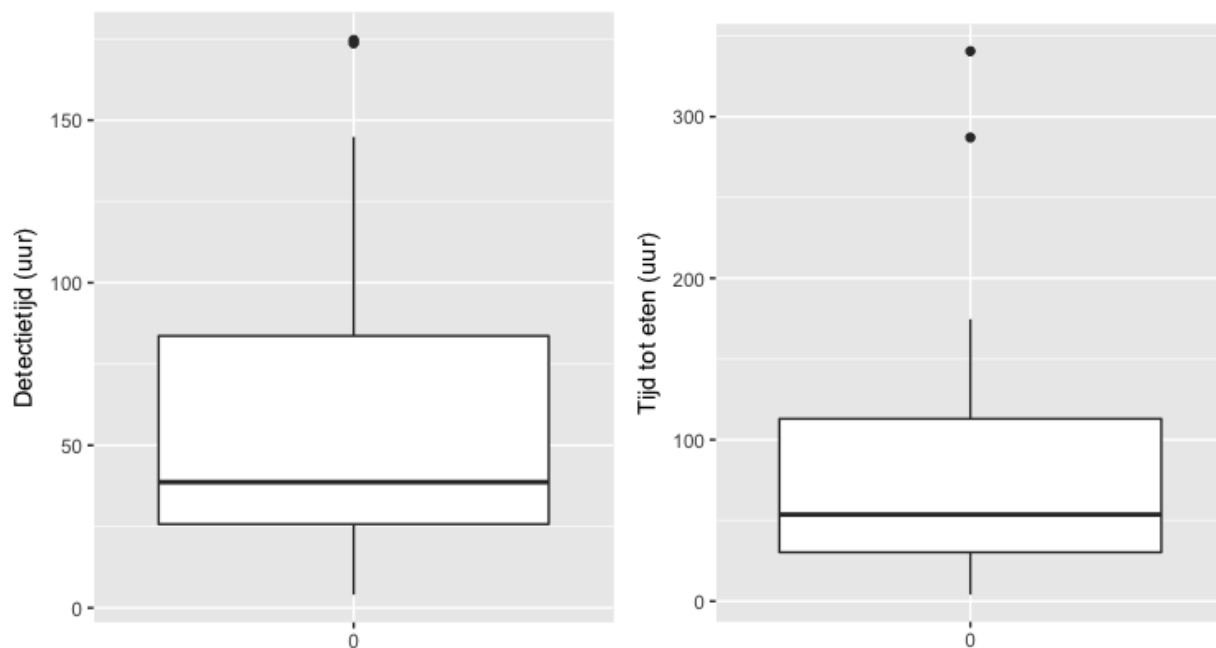
Soort	Aantal keer gedetecteerd	Aantal keer als eerste gegeten
Vos (<i>Vulpes vulpes</i>)	7	6
Wild zwijn (<i>Sus scrofa</i>)	7	6
Buizerd (<i>Buteo buteo</i>)	6	8
Zwarte kraai (<i>Corvus corone</i>)	2	2
Raaf (<i>Corvus corax</i>)	2	2
Huiskat (<i>Felis catus</i>)	2	1
Steenmarter (<i>Martes foina</i>)	1	1
Das (<i>Meles meles</i>)	1	0
Egel (<i>Erinaceus europaeus</i>)	0	1

Tabel 1. Overzicht van de verschillende soorten die kadavers detecteerden en er als eerste van aten. De soort die een kadaver detecteert hoeft niet per se dezelfde te zijn als de soort die er als eerste van eet omdat een dier na detecteren het kadaver weer kan verlaten zonder ervan gegeten te hebben.

De gemiddelde detectietijd was 60,43 uur. De gemiddelde tijd tot eten was 84,36 uur. De standaardfout was voor beide variabelen vrij groot (zie tabel 2). De boxplots van beide variabelen zijn te zien in figuur 1.

	Gemiddelde	Standaardfout	Mediaan
Detectietijd	60,43213	50,14929	38,675
Tijd tot eten	84,3642	80,56289	53,65

Tabel 2. Het gemiddelde, de standaardfout en de mediaan van beide onderzochte variabelen in uren.



Figuur 1. Boxplots van de detectietijd en de tijd tot er voor het eerst van een kadaver gegeten wordt. Let op het verschil tussen de y-assen.

Nu de data is beschreven, is het tijd om het mixed model te gebruiken en te testen of de omgevingsfactoren invloed hebben op de detectietijd en tijd tot eten. Eerst is gekeken welke verdeling het best past bij de detectietijd. De data van de detectietijd bleek het meest overeen te komen met een lognormale verdeling (voor de Q-Q plots, zie bijlage 4).

Dit is meegenomen in het model. Voor iedere omgevingsfactor is afzonderlijk met het mixed model gekeken of de verschillende categorieën invloed hebben op de detectietijd. De functie in R ziet er dan zo uit (voorbeeld met vegetatie):

```
Vegetatie <- glmmPQL(Detectietijd ~ Vegetatie, random = list(Gebied = ~1, Soort_detectie = ~1),  
family = gaussian(link = "log"), data = Dataset, verbose = FALSE)  
summary(Vegetatie)
```

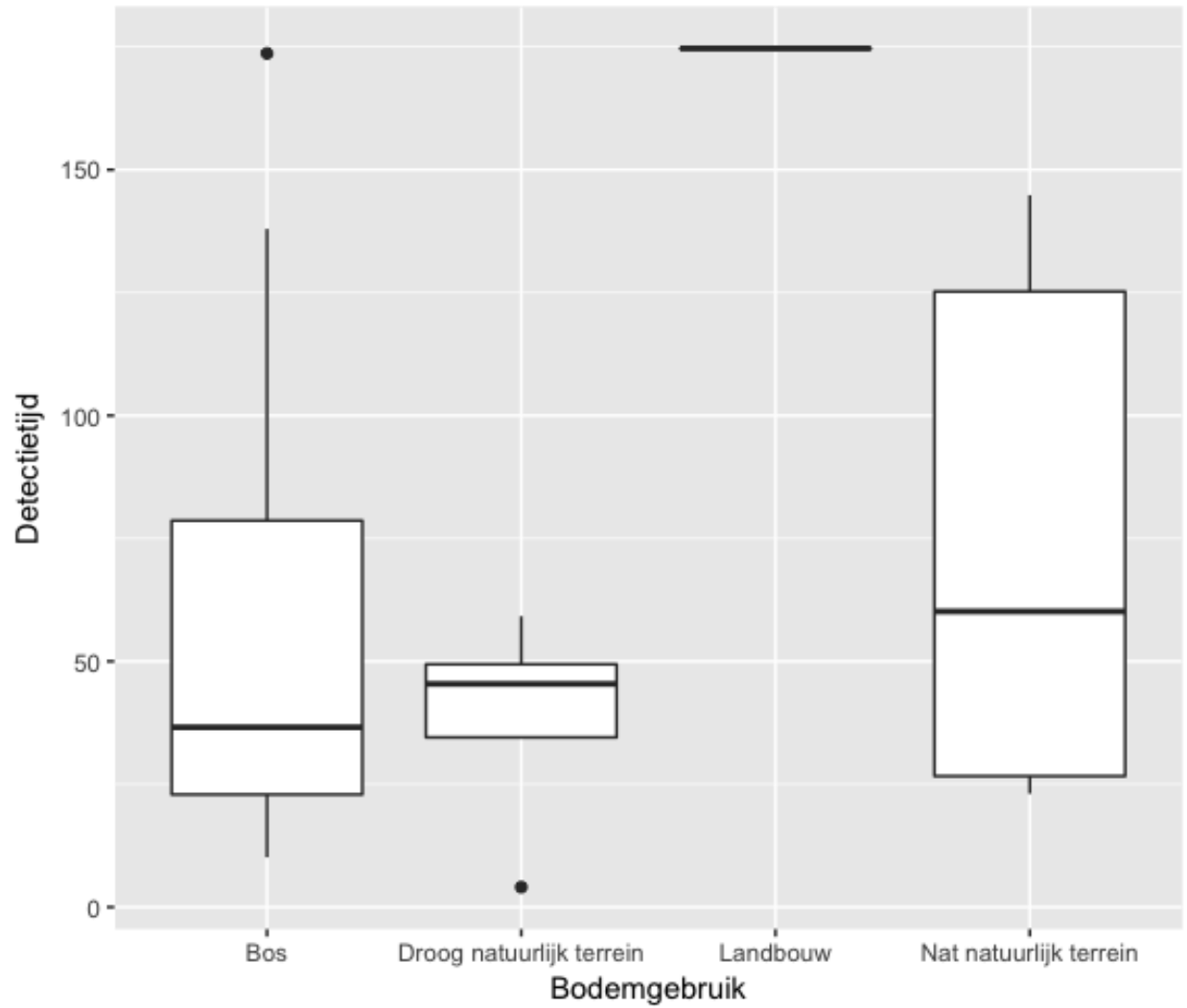
In de tabel 3 op de volgende pagina staat per omgevingsfactor wat de resultaten van het mixed model zijn. Per omgevingsfactor is aangegeven of er verschil is in detectietijd tussen de verschillende categorieën. Significantieniveau is $\alpha < 0,05$.

De output in R van de summary table van iedere omgevingsfactor staat in bijlage 4.

Omgevingsfactor	Resultaat
Vegetatie	Er is geen significant verschil gevonden. Voor 'Open' vegetatie is de p-waarde echter wel dicht in de buurt van het significantielevel ($p = 0,0547$).
Landschapstype	Er is geen significant verschil gevonden.
Bodemgebruik	'Landbouw' verschilt van de andere categorieën ($p = 0,0038$).
Bodemtype	Er is geen significant verschil gevonden.
Grote grazers	Er is geen significant verschil gevonden.
Seizoen	Er is geen significant verschil gevonden.
Afstand tot bebouwing	Er is geen significant verschil gevonden.
Afstand tot dorpskern	Er is geen significant verschil gevonden.
Afstand tot grote weg	Er is geen significant verschil gevonden.
Afstand tot lokale weg	Er is geen significant verschil gevonden.
Afstand tot water	Er is geen significant verschil gevonden.

Tabel 3. Resultaten van het mixed model voor iedere omgevingsfactor.

Alleen voor de omgevingsfactor bodemgebruik, die hoort bij het habitatype, is dus een significante waarde gevonden. In figuur 2 zijn de boxplots van iedere categorie van deze omgevingsfactor te zien. Hieruit blijkt dat de detectietijd bij landbouw hoger is dan bij de andere levels. Wat echter ook blijkt is dat landbouw maar uit één waarneming bestaat. Dit is ook in het databestand te zien (bijlage 2).



Figuur 2. Boxplots van de omgevingsfactor bodemgebruik. Voor landbouw is er een verschil gevonden met de andere categorieën ($p = 0,0038$). Deze categorie bestaat echter uit slechts één waarneming.

Ook voor de tijd tot er voor het eerst van een kadaver wordt gegeten is het mixed model gebruikt. Ook hier leek de data het meest overeen te komen met een lognormale verdeling (zie Q-Q plots in bijlage 4). De data komt sowieso redelijk overeen met de detectietijd. Bij de meeste kadavers begon het dier namelijk direct of vlak na het detecteren al met eten. Echter bij een paar kadavers werd er pas meerdere dagen na de detectie gegeten (zie de uitschieters in het boxplot in figuur 1 en de data in bijlage 2).

Opnieuw is iedere omgevingsfactor afzonderlijk getest. De functie in R ziet er hetzelfde uit als hierboven beschreven.

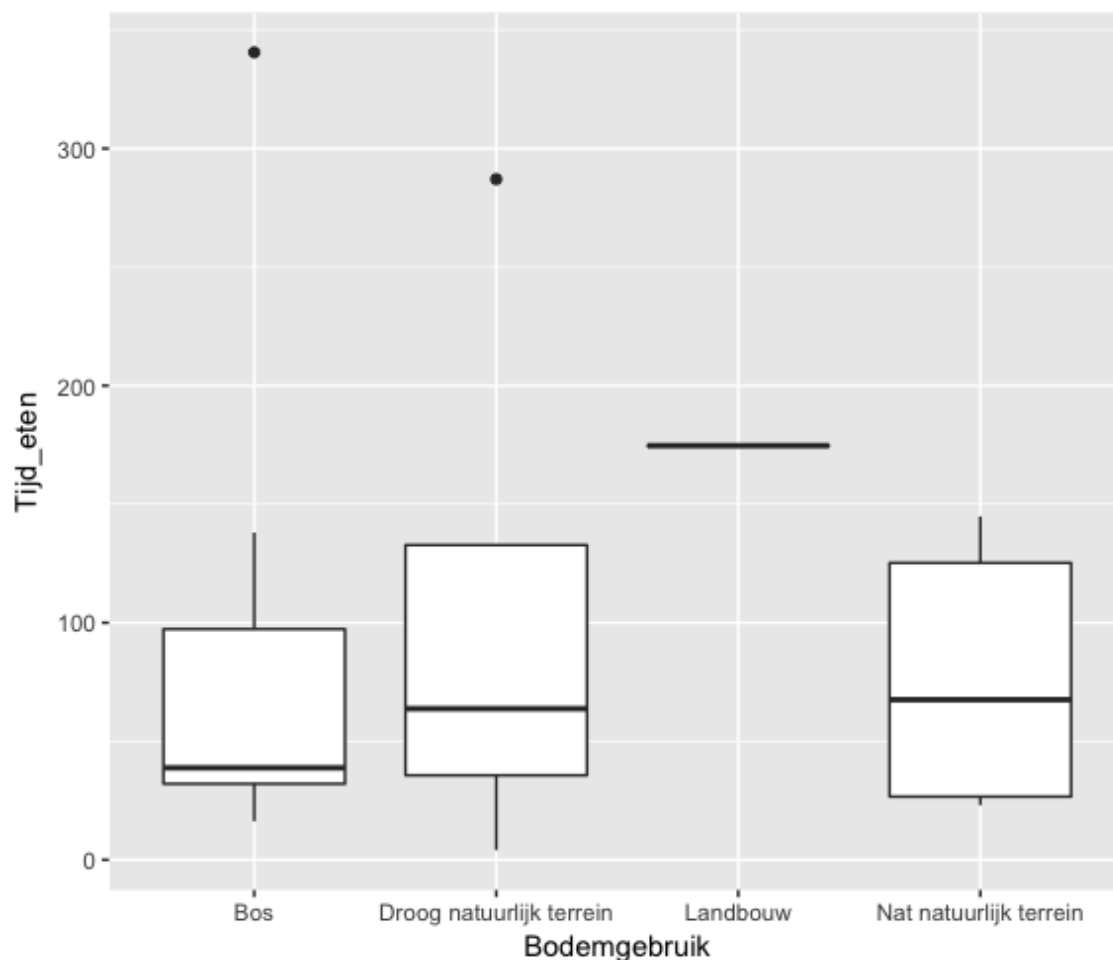
In de tabel 4 staat per omgevingsfactor wat de resultaten van het mixed model zijn. Het significantieniveau is ook hier $\alpha < 0,05$. Opnieuw staan de summary tables van iedere omgevingsfactor in bijlage 4.

Omgevingsfactor	Resultaat
Vegetatie	Er is geen significant verschil gevonden.
Landschapstype	Er is geen significant verschil gevonden. Voor de categorieën 'Landduinen' en 'Regenwatergevoede vennen' komt de p-waarde echter wel dicht in de buurt van het significantielevel ($p = 0,0551$ & $p = 0,0509$).
Bodemgebruik	'Landbouw' verschilt van de andere categorieën ($p = 0,0154$).
Bodemtype	Er is geen significant verschil gevonden.
Grote grazers	Er is geen significant verschil gevonden.
Seizoen	Er is geen significant verschil gevonden.
Afstand tot bebouwing	Er is geen significant verschil gevonden.
Afstand tot dorpskern	Er is geen significant verschil gevonden. Voor de categorie 'binnen 100 meter' is de p-waarde echter wel dicht in de buurt van het significantieniveau ($p = 0,1020$).
Afstand tot grote weg	Er is geen significant verschil gevonden.
Afstand tot lokale weg	Er is geen significant verschil gevonden.

Afstand tot water	Er is geen significant verschil gevonden. Het verschil tussen de twee categorieën komt echter wel in de buurt van het significantieniveau ($p = 0,0567$).
-------------------	---

Tabel 4. Resultaten van het mixed model per omgevingsfactor voor de tijd tot eten.

Net als bij de detectietijd is alleen een significante waarde gevonden voor de omgevingsfactor bodemgebruik. De tijd tot er voor het eerst van een kadaver gegeten wordt bij landbouw is hoger dan bij de andere categorieën (zie ook de boxplots in figuur 3). Ook hier moet genoteerd worden dat deze categorie slechts uit één waarneming bestaat.



Figuur 3. Boxplots van de omgevingsfactor bodemgebruik voor de tijd tot eten. Voor landbouw is er een verschil gevonden met de andere categorieën ($p = 0,0154$). Deze categorie bestaat echter uit slechts één waarneming.

Discussie

Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken of omgevingsfactoren invloed hebben op de detectietijd en de tijd tot er voor het eerst van kadavers gegeten wordt door gewervelde aaseters. Uit de resultaten kwam naar voren dat alleen voor het bodemgebruiktype landbouw, dat bij de omgevingsfactor habitatype hoort, zowel de detectietijd als de tijd tot eten langer was dan voor de andere bodemgebruiktypen ($p = 0,0038$ & $p = 0,0154$).

Echter bestaat deze categorie maar uit één waarneming. Daarnaast is deze waarneming een uitschieter (zie boxplot detectietijd in figuur 1). Daarom is het de vraag of dit resultaat wel relevant is. Op basis hiervan durf ik dan ook niet de conclusie te trekken dat bodemgebruik, en dus habitatype, invloed heeft op de detectietijd en tijd tot eten van een kadaver.

Omdat voor de andere omgevingsfactoren geen resultaat is gevonden (zie tabel 3 & 4), lijkt het erop dat omgevingsfactoren geen rol spelen bij de snelheid van detectie. De conclusie van dit onderzoek is dan ook dat omgevingsfactoren *geen* invloed hebben op de detectietijd en de tijd tot er voor het eerst van kadavers gegeten wordt.

Deze conclusie is niet in overeenstemming met de verwachtingen. Zo werd verwacht dat vegetatie en habitatype invloed zouden hebben op de detectietijd. In het onderzoek van Turner et al. (2017) had habitatype bijvoorbeeld wel een invloed op de detectietijd. Waarom dat in dit onderzoek niet het geval is, is niet duidelijk.

Ook was het de verwachting dat in het warme seizoen kadavers sneller gevonden zouden worden. Doordat de microbiële activiteit hoger is bij warmere temperaturen komen er dan ook meer geuren van het kadaver af (DeVault & Rhodes, 2002; Turner et al. 2017). Aan de andere kant hebben de meeste aaseters juist in de winter meer behoefte aan aas omdat andere voedselbronnen dan schaars zijn. Ze zullen dan actiever op zoek gaan naar kadavers. Een hogere activiteit van aaseters in de winter is ook al eerder waargenomen (Selva et al. 2005). Misschien is het zo dat in sommige gevallen deze twee factoren elkaar opheffen, en dat er daarom geen verschil in detectietijd tussen de seizoenen is gevonden in dit onderzoek. Natuurlijk kan er bij een kadaver ook weer niet te veel microbiële activiteit zijn, want dan produceren de reducenten te veel giftige stoffen en zijn de kadavers niet meer eetbaar voor gewervelde aaseters. Er was echter maar één kadaver waar niet van gegeten werd. Ook speelt luchtvochtigheid een rol bij de microbiële activiteit, maar dat is in dit onderzoek niet meegenomen.

Ook verstoringfactoren als de afstand tot een grote weg of bebouwing hadden geen invloed op de detectietijd. Mogelijk zijn dieren in de veelal gefragmenteerde Nederlandse natuurgebieden gewend aan de aanwezigheid van mensen en menselijke bouwwerken. Uit eerder onderzoek bleek al dat fragmentatie geen grote rol speelt bij het vinden van kadavers (Olson et al. 2016). Ook landbouwactiviteit zou nog als menselijke verstoring kunnen worden gezien, maar de afstanden hiertoe zijn in dit onderzoek niet gemeten.

In het onderzoek is informatie over het kadaver zelf niet meegenomen. Dit heeft mogelijk wel een rol gespeeld, omdat de grootte van een kadaver en het soort dier ook invloed heeft op hoe snel het gevonden wordt (Turner et al. 2017).

Mogelijk moet er nog gekeken worden naar de methode en statistiek van dit onderzoek. Er zijn veel omgevingsfactoren onderzocht, terwijl er niet heel veel datapunten zijn ($N = 28$). Hierdoor konden er niet meerdere omgevingsfactoren tegelijk in het mixed model meegenomen worden (omdat sommige verklarende variabelen dan uit te drukken waren als combinaties van andere verklarende variabelen). Er kon dus ook niet naar interacties tussen de omgevingsfactoren worden gekeken. Misschien is het beter om de keuze te maken voor twee of drie omgevingsfactoren en specifieker te onderzoeken wat de invloed van deze omgevingsfactoren is.

Daarnaast is het misschien nodig om de categorieën van sommige omgevingsfactoren aan te passen. Sommige categorieën bestaan nu uit slechts één waarneming, wat het interpreteren van de resultaten lastig maakt. Voor de categorie landbouw van de omgevingsfactor bodemgebruik is dat dus het geval, maar ook bij het landschapstype en het bodemtype waren er categorieën met één waarneming.

Ook over de omgevingsfactoren die betrekking hebben tot de afstanden tot bepaalde objecten is twijfel. Door deze numerieke data in categorieën te verdelen gaat er veel informatie verloren.

Het is dus mogelijk dat een herhaling van dit onderzoek met meer data en een herziening van de statistische methode andere resultaten oplevert.

Bronnenlijst:

- Barton, P. S., Cunningham, S. A., Lindenmayer, D. B., & Manning, A. D. (2013). The role of carrion in maintaining biodiversity and ecological processes in terrestrial ecosystems. *Oecologia*, 171(4), 761-772. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-012-2460-3>
- DeVault, T. L., & Rhodes, O. E. (2002). Identification of vertebrate scavengers of small mammal carcasses in a forested landscape. *Acta Theriologica*, 47(2), 185-192. https://www.researchgate.net/profile/Travis_Devault2/publication/225912965_DeVault_T_L_and_O_E_Rhodes_Jr_2002_Identification_of_vertеbrate_scavengers_of_small_mammal_carcasses_in_a_forested_landscape_Acta_Therologica/links/54a2c0d00cf267bdb90425ec.pdf
- DeVault, T. L., Rhodes, Jr, O. E., & Shivik, J. A. (2003). Scavenging by vertebrates: behavioral, ecological, and evolutionary perspectives on an important energy transfer pathway in terrestrial ecosystems. *Oikos*, 102(2), 225-234. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1034/j.1600-0706.2003.12378.x>
- Haslam, T. C., & Tibbett, M. (2009). Soils of contrasting pH affect the decomposition of buried mammalian (*Ovis aries*) skeletal muscle tissue. *Journal of forensic sciences*, 54(4), 900-904. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1556-4029.2009.01070.x>
- Hennekens, S.M., N.A.C. Smits & J.H.J. Schaminée (2010). SynBioSys Nederland versie 3.2.5. Alterra, Wageningen UR. <https://www.wur.nl/nl/show/SynBioSys-Nederland.htm>
- Hill, J. E., DeVault, T. L., Beasley, J. C., Rhodes Jr, O. E., & Belant, J. L. (2018). Effects of vulture exclusion on carrion consumption by facultative scavengers. *Ecology and evolution*, 8(5), 2518-2526. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.3840>
- Janzen, D. H. (1977). Why fruits rot, seeds mold, and meat spoils. *The American Naturalist*, 111(980), 691-713. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/283200>
- Olson, Z. H., Beasley, J. C., & Rhodes Jr, O. E. (2016). Carcass type affects local scavenger guilds more than habitat connectivity. *PloS one*, 11(2), e0147798. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0147798>
- Selva, N., & Fortuna, M. A. (2007). The nested structure of a scavenger community. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1613), 1101-1108. <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2006.0232>
- Selva, N., Jędrzejewska, B., Jędrzejewski, W., & Wajrak, A. (2005). Factors affecting carcass use by a guild of scavengers in European temperate woodland. *Canadian Journal of Zoology*, 83(12), 1590-1601. <https://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/z05-158#.XLdJDy2YNp8>
- Turner, K. L., Abernethy, E. F., Conner, L. M., Rhodes Jr, O. E., & Beasley, J. C. (2017). Abiotic and biotic factors modulate carrion fate and vertebrate scavenging communities. *Ecology*, 98(9), 2413-2424. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ecy.1930>