

Populatieonderzoek knoflookpadden in De Kaaistoep



12 JUNI 2023

Auteurs: Mélanie Bruger en Tim Duchatteau
In opdracht van: Natuurbalans-Limes Divergens BV

Populatieonderzoek knoflookpadden in De Kaaistoep

Omslagfoto: ARK, z.d.
Auteurs: M. Bruger en T. Duchateau

Onderzoeksrapport
Opleiding: Bos- en Natuurbeheer
Organisatie: Hogeschool Van Hall Larenstein (Velp)
Opdrachtgever: Natuurbalans-Limes Divergens BV
Begeleiders: Peter Kroon (Natuurbalans) en Michaël Steeghs (HVHL)
Nijmegen, 12 juni 2023

© Hogeschool VHL, juni 2023
Postbus 9001
6880 GB Velp
telefoon: 026 3695695 (receptie)
www.hogeschoolvhl.nl

Voorwoord

Wij, Mélanie Bruger en Tim Duchatteau, hebben data-onderzoek verricht naar de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 in De Kaaistoep, een natuurgebied nabij Tilburg. Dit onderzoek markeert het einde van onze vierjarige opleiding Bos- en Natuurbeheer aan de Hogeschool Van Hall Larenstein, te Velp. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van ecologisch adviesbureau Natuurbalans-Limes Divergens.

Natuurbalans-Limes Divergens is gevestigd in Nijmegen. Het houdt zich onder meer bezig met natuurwetgeving, inventarisatie en monitoring, inrichting en beheer en soortbescherming. De knoflookpad is een van de soorten waar dit ecologisch adviesbureau zich intensief mee bezighoudt. In 2013 is het adviesbureau gestart met de herintroductie van knoflookpadden in natuurgebied De Kaaistoep. Vanuit Natuurbalans-Limes Divergens is de opdracht uitgegeven onderzoek te doen naar de populatieontwikkeling van de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 in natuurgebied De Kaaistoep.

Ons doel was in eerste instantie om de populatieontwikkeling over de jaren 2016 tot en met 2022 in kaart te brengen. Tijdens het ordenen van de data kwamen wij tot de conclusie dat het binnen onze beschikbare tijd – het onderzoek liep van februari tot en met juni 2023 – helaas niet mogelijk was om de data uit alle jaren te ordenen. Daarom is in april in overleg met Peter Kroon besloten om het onderzoek te beperken tot de jaren 2016 tot en met 2021.

Doordat wij inmiddels vier jaar lang studiegenoten zijn, weten wij wat elkaars sterke en minder sterke punten zijn. Waar Mélanie erg precies is en de tijd neemt om processen tot in detail uit te leggen, gaat Tim liever meteen aan de slag, met als risico juist dingen over het hoofd te zien. Door deze verschillende persoonlijkheden is er tijdens het onderzoek en het schrijven van de scriptie sprake geweest van een goede balans.

Graag willen wij Peter Kroon, Pim Lemmers en Luc Pastoors van Natuurbalans-Limes Divergens bedanken voor hun goede begeleiding en feedback tijdens deze afstudeerstage. Daarnaast willen wij Michaël Steeghs en José Meijer, docenten aan de Hogeschool Van Hall Larenstein, bedanken voor het begeleiden van het afstuderen, het geven van waardevolle adviezen en het voorzien van feedback.

Het verslag is bestemd voor medewerkers van ecologisch adviesbureau Natuurbalans-Limes Divergens, alsmede voor ecologisch onderzoekers die zich bezighouden met het monitoren en beschermen van de knoflookpad.

Mélanie Bruger en Tim Duchatteau

Velp, 22 mei 2023

Samenvatting

De knoflookpad (*Pelobates fuscus*) heeft het moeilijk. Deze bedreigde amfibiesoort heeft sinds begin twintigste eeuw last van habitatverlies en terugloop van de habitatkwaliteit (Van Delft et al., 2007). Ook verzuuring, verzuring en verlanding van voortplantingswateren spelen een belangrijke rol in de achteruitgang van de soort (Crombaghs & Creemers, 2001). Ecologisch adviesbureau Natuurbalans-Limes Divergens is om die reden in 2010 gestart met een grootschalig kweek- en uitzetprogramma. In 2013 is gestart met het uitzetten van knoflookpadden in Poel 1 in natuurgebied De Kaaistoep, nabij Tilburg. Vanaf 2016 worden door middel van een vangscherm data verzameld over de knoflookpadden in Poel 1. Natuurbalans-Limes Divergens weet niet hoe de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 zich heeft ontwikkeld over de monitoringsperiode 2016 tot en met 2021.

Een van de doelen van het onderzoek is inzicht verkrijgen in de ecologie, de populatieontwikkeling en de populatiedynamiek van de knoflookpad in Poel 1. Ook het vergaren van kennis over resultaten en methodiek in populatieonderzoeken elders is een doel. De hoofdvraag luidt als volgt: Hoe ontwikkelt de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 in De Kaaistoep zich sinds 2016?

De hoofdvraag is beantwoord middels kwantitatief onderzoek en literatuurstudie. Kwantitatief onderzoek bestaat uit het ordenen en analyseren van de dataset. Uit de analyse zijn resultaten met betrekking tot aantallen, geslachtsverhouding, voortplantingsstrategie en leeftijd naar voren gekomen en middels verscheidene statistische berekeningen is aangetoond of de gevonden resultaten significant zijn. Tevens is met behulp van een populatiemodel de ontwikkeling van de populatie over de jaren 2022 tot en met 2027 bepaald. Tot slot is er literatuurstudie gedaan naar populatieonderzoeken elders in Europa. Hierbij is een vergelijking gemaakt tussen de resultaten en gebruikte methoden van het populatieonderzoek in Poel 1 ten opzichte van populatieonderzoeken elders in Europa.

Uit de resultaten is gebleken dat de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 over de jaren 2016 tot en met 2021 in aantal groeit en zal blijven groeien over de periode 2022 tot en met 2027. De groei van de populatiegrootte is significant. De geslachtsverhouding is gemiddeld één mannetje op 0,63 vrouwtje en dit komt vrijwel overeen met twee populatieonderzoeken elders in Europa. De overlevingskansen van knoflookpadden in Poel 1 is gemiddeld 54% en dit percentage is de afgelopen jaren gestabiliseerd. De voortplantingsstrategie van de knoflookpadden in Poel 1 laat zien dat de knoflookpadden geen jaar overslaan, vrouwen gemiddeld ouder worden en meer jaren deelnemen aan de voortplanting dan mannen en de knoflookpadden binnen een seizoen één keer naar het voortplantingswater komen om deel te nemen aan de voortplanting.

De conclusie is dat er sinds 2016 een positieve ontwikkeling binnen de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 plaatsvindt. De aantallen knoflookpadden stijgen en zullen dat blijven doen. De informatie over geslachtsverhouding, voortplantingsstrategie en leeftijd geven een compleet beeld over de ontwikkeling van de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1.

Er wordt aanbevolen om duidelijke foto's te maken van de knoflookpadden omdat de dataset foto's bevat van ontoereikende kwaliteit, die niet te matchen zijn. Op de foto's dient het unieke rugpatroon van de knoflookpadden duidelijk zichtbaar te zijn. Daarnaast wordt aanbevolen om te experimenteren met andere populatiemodellen dan het in dit onderzoek gebruikte Leslie-model. Redenen hiervoor zijn onder meer dat het Leslie-model uitsluitend van toepassing is op het vrouwelijk deel van de populatie, geen groeiplafond kent en uitgaat van ongelimiteerde (voedsel)bronnen. Tot slot is het aan te raden jaarlijks vervolgonderzoek te doen naar de populatieontwikkeling en hierin lengte, gewicht en lichamelijke conditie mee te nemen om een veranderende leefomgeving tijdig te constateren. Ook vervolgonderzoek naar de voortplantingstrek in relatie tot de weersomstandigheden wordt geadviseerd.

Inhoudsopgave

1	De knoflookpad in De Kaaistoep	7
1.1	Probleembeschrijving- en analyse	9
1.2	Doelstelling en duurzaamheid	10
1.3	Randvoorwaarden en afbakening	10
1.4	Theoretisch kader populatieonderzoek knoflookpadden	11
1.4.1	Definities	11
1.4.2	Onderzoeksmethoden en -modellen	12
1.4.3	Populatieonderzoeken naar knoflookpadden	13
2	Methodologie populatieonderzoek knoflookpadden	15
2.1	Wat is het aantal jaarlijks gevangen individuele knoflookpadden sinds 2016?	15
2.2	Hoe werkt de voortplantingsstrategie van een knoflookpad?	16
2.3	Hoe zal de knoflookpaddenpopulatie zich in de periode 2022-2027 ontwikkelen?	17
2.4	Hoe verhoudt de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep zich tot knoflookpaddenpopulaties elders in Europa?	19
2.5	Wat zijn de voor- en nadelen van methoden bij het populatieonderzoek in De Kaaistoep ten opzichte van methoden bij populatieonderzoeken naar knoflookpadden elders?	19
2.6	Schematische weergave methode	20
3	Resultaten	21
3.1	Wat is het aantal jaarlijks gevangen individuele knoflookpadden sinds 2016?	21
3.2	Hoe werkt de voortplantingsstrategie van een knoflookpad?	22
3.2.1	Wat is de geslachtsverhouding binnen de knoflookpaddenpopulatie?	23
3.2.2	Slaan knoflookpadden een voortplantingsjaar over?	23
3.2.3	Wat is de kans dat een knoflookpad in een volgend jaar nogmaals wordt gevangen?	23
3.2.4	Hoeveel jaren nemen knoflookpadden gemiddeld deel aan de voortplanting?	25
3.2.5	Hoe oud wordt een knoflookpad?	25
3.2.6	Worden knoflookpadden die in een voortplantingsseizoen als laatste ingaand zijn waargenomen in een volgend jaar nog gezien?	26
3.2.7	Hoe vaak per jaar begeven knoflookpadden zich richting het voortplantingswater?	27
3.3	Hoe zal de knoflookpaddenpopulatie zich in de periode 2022-2027 ontwikkelen?	28
3.4	Hoe verhoudt de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep zich tot knoflookpaddenpopulaties elders in Europa?	30
3.4.1	Onderzoek en resultaten populatieonderzoeken elders	31
3.4.2	Verschillen en overeenkomsten tussen de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep en knoflookpaddenpopulaties elders	33
3.5	Wat zijn de voor- en nadelen van methoden bij het populatieonderzoek in De Kaaistoep ten opzichte van methoden bij populatieonderzoeken naar knoflookpadden elders?	35
3.5.1	Voordelen onderzoeksmethoden in De Kaaistoep ten opzichte van methoden elders	35
3.5.2	Nadelen onderzoeksmethoden in De Kaaistoep ten opzichte van methoden elders	35
4	Conclusie	36

5	Discussie	37
6	Reflectie en aanbevelingen	40
6.1	Reflectie op duurzaamheid	40
6.2	Aanbevelingen	40
	Literatuurlijst	42
	Bijlagen	44
Bijlage 1	Gegevens met betrekking tot de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1	45
Bijlage 2	Gegevens met betrekking tot de mannelijke knoflookpaddenpopulatie in Poel 1	46
Bijlage 3	Gegevens met betrekking tot de vrouwelijke knoflookpaddenpopulatie in Poel 1	47

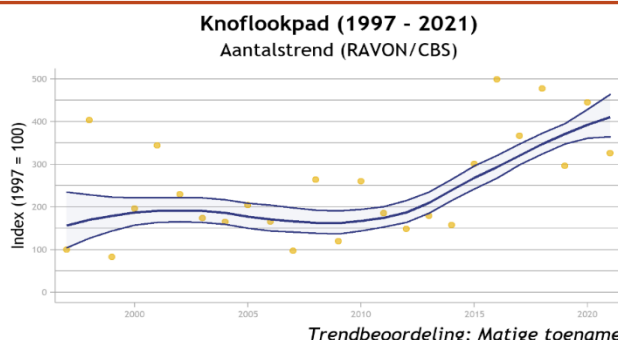
1 De knoflookpad in De Kaaistoep

De knoflookpad (*Pelobates fuscus*) is een bedreigde amfibiesoort en is ook als zodanig opgenomen op de Rode Lijst. Tussen 1950 en 2006 is het aantal bezette uurhokken met knoflookpadden in Nederland met 74% gedaald (Van Delft et al., 2007). Redenen voor de afname van de knoflookpad zijn terug te voeren tot begin twintigste eeuw. Destijds werd het oorspronkelijke en meest natuurlijke leefgebied van de knoflookpad, welke in de nabijheid van rivieren en grotere beken ligt, aangetast. Dit gebeurde door het normaliseren en kanaliseren van rivieren en beken, waardoor de favoriete landhabitats en laag-dynamische voortplantingswateren geen dynamiek meer kennen of zelfs überhaupt niet meer bestaan (Van Delft et al., 2007). Vanaf de twintigste eeuw is ook in toenemende mate leefgebied verloren gegaan door opkomende bebouwing en infrastructuur. Omdat de soort lange tijd nog wel een plek kon vinden in kleinschalig cultuurlandschap, leidde dat onder de streep nog niet tot grootschalig verlies van leefgebied. Pas vanaf de jaren zeventig heeft een enorme achteruitgang plaatsgevonden door de intensivering en schaalvergroting van de landbouw, waardoor habitats verdwenen en (potentiële) voortplantingswateren verzuurden, verlandden en vervuilden (Crombaghs & Creemers, 2001).

Ecologisch profiel knoflookpad

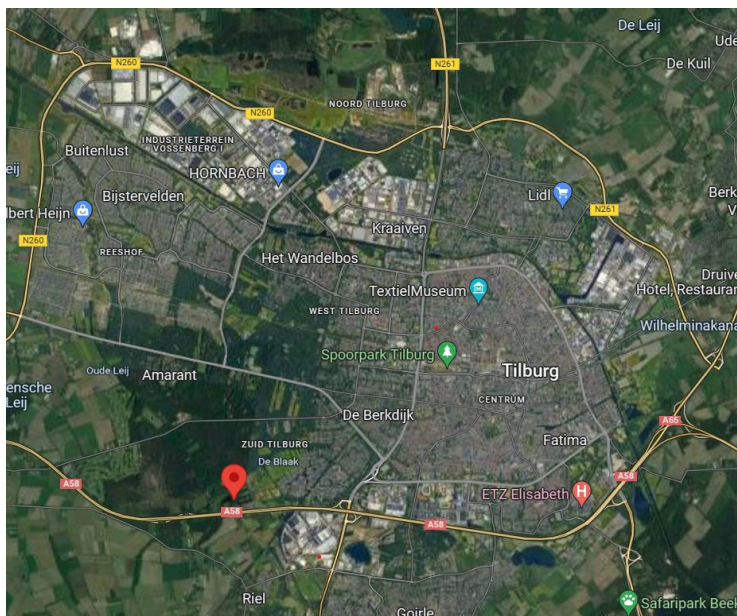
De knoflookpad is een nachtactieve padachtige kikker die zo'n 5 tot 7 centimeter groot kan worden (Onze Natuur, z.d.). De soort is lichtgeel tot bruin gekleurd en heeft een plomp lichaam en uitpuilende ogen met verticale pupillen. Verspreid over het lichaam bevinden zich zwarte of rode vlekjes. De rug bevat een voor elke knoflookpad uniek patroon, waardoor elk individu te herkennen is. Dit rugpatroon is al zichtbaar voordat de knoflookpadden als juvenielen het water verlaten (Crombaghs et al., 2009). De knoflookpad is gespecialiseerd in het ingraven van zichzelf. Hiervoor heeft de pad een speciale graafknobbel (ook wel metatarsusknobbel genaamd) aan elke achterpoot, waarmee deze zich gemakkelijk door loszandige bodems graaft. Hier verblijft de knoflookpad negen à tien maanden per jaar (Bosman et al., 2015). De knoflookpad graaft zichzelf overdag in om zich te beschermen tegen uitdroging (Crombaghs et al., 2009). Omdat de soort een losse bodemstructuur nodig heeft, is een vereiste van de soort de aanwezigheid van een open zandplek met daaromheen vegetatie. Daarnaast is de knoflookpad aan te treffen in rivierduinen, halfnatuurlijke graslanden, agrarisch gebied, ruderaal terreinen zoals volkstuinten, bossen, struwelen en de randen van heideterreinen (RAVON, z.d.). In Nederland kan de knoflookpad worden aangetroffen op de pleistocene zandgronden in Limburg, Gelderland, Drenthe, Overijssel en Noord-Brabant. De knoflookpad plant zich voort in vrij grote en diepe, voedselrijke poelen, met veel water- en oevervegetatie (RAVON, z.d.). De voortplanting vindt hoofdzakelijk plaats in april, maar kan afhankelijk van de weersomstandigheden ook daarvoor of daarna plaatsvinden (Natuurmonumenten, z.d.). Amfibieën zijn vaak zeer plaatstrouw en de knoflookpad keert daarom vaak terug naar hetzelfde voortplantingswater (RAVON, 2020).

Ondanks dat de knoflookpad een bedreigde soort is, is er ook goed nieuws. Sinds 1997 is er een matige toename in het aantal knoflookpadden in Nederland (Figuur 1). De belangrijkste reden van deze toename, is een grootschalig kweek- en uitzetprogramma waarmee gestart is in 2010. Dit programma loopt heden ten dage door in verschillende gebieden in Nederland (Crombaghs et al., 2015). Een van de gebieden



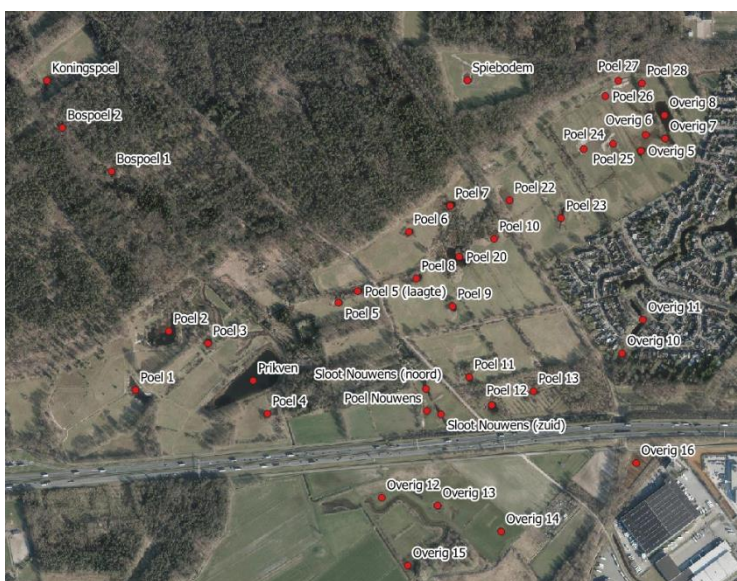
Figuur 1 Aantalstrend van de knoflookpad (1997-2021) (RAVON, z.d.)

waarin knoflookpadden zijn uitgezet, is natuurgebied De Kaaistoep, nabij Tilburg (Figuur 2). Hier is ecologisch adviesbureau Natuurbalans-Limes Divergens in 2013 gestart met het herintroduceren van knoflookpadden in diverse poelen, nadat in 2012 uit een haalbaarheidsstudie bleek dat De Kaaistoep ruimschoots aan de voorwaarden voor geschikt land- en waterhabitat van de knoflookpad voldeed (Felix et al., 2021). Sindsdien is er tot en met 2022 sprake geweest van het uitzetten van knoflookpadden in diverse poelen in het gebied. Afgezien van het jaar 2020, toen is er in het gehele gebied niet uitgezet. Poel 1 betreft een uitzondering, want hier is ook in de jaren 2016 en 2017 en na 2020 niet uitgezet. In deze poel zijn in totaal circa 2.300 larven en 100 juvenielen uitgezet over 2013 en 2014. Vervolgens zijn er in 2015, 2018 en 2019 nog eens in totaal circa 550 larven uitgezet.



Figuur 2 De Kaaistoep bevindt zich ten westen van Tilburg (zie rode pointer) (Google Maps, 2023)

De ontwikkeling van de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep wordt intensief gemonitord door in de verschillende poelen de koorgroottes en larvenaantallen te bepalen. Dit wordt onder meer gedaan door middel van luisteronderzoek. Bij twee van de poelen, te weten Poel 1 en Poel 11 (Figuur 3), is sinds 2016 een vangscherm met valemms ingezet tijdens het voortplantingsseizoen (Figuur 4). Een vangscherm maakt het mogelijk gedetailleerdere informatie te verkrijgen over de knoflookpaddenpopulatie. Met behulp van het vangscherm is het mogelijk de aantallen in de poelen nauwkeuriger te bepalen en is er de mogelijkheid individuen te onderscheiden aan de hand van het unieke rugpatroon. Met de komst van het vangscherm in 2016 zijn vrijwilligers ingezet die dagelijks de knoflookpadden in Poel 1 en Poel 11 systematisch monitoren. Echter, vanaf 2021 wordt er enkel nog bij Poel 1 gemonitord door middel van een vangscherm. De vrijwilligers wegen de knoflookpadden, bepalen het levensstadium en het geslacht, noteren in welke valemmer de knoflookpad is aangetroffen en maken een foto van het unieke rugpatroon van de knoflookpad.



Figuur 3 In De Kaaistoep bevinden zich meerdere poelen, welke bovenstaand zijn beschreven, zoals gehanteerd door Natuurbalans-Limes Divergens. Poel 1 bevindt zich in het westen (Google Maps, 2023) (bewerkt)

De gegevens die over de jaren verzameld zijn met behulp van het vangscherm bij Poel 1 (en Poel 11 tot en met 2020) krijgen pas echt waarde als de vangsten herleid zijn tot individuele knoflookpadden.

Op basis daarvan kunnen diverse analyses uitgevoerd worden die inzicht geven in de ontwikkeling van de knoflookpaddenpopulaties in Poel 1 en Poel 11 en de ecologie van de knoflookpad. In 2019 is er door Luc Pastoors – toenmalig student aan de Radboud Universiteit – een populatieonderzoek gedaan naar de knoflookpadden in Poel 1 en Poel 11 over de jaren 2016 tot en met 2019 (Pastoors et al., 2019). Binnen dit onderzoek is het aantal individuele knoflookpadden bepaald over de jaren 2016 tot en met 2019 en is op basis hiervan een populatiemodel opgesteld om te kunnen



Figuur 4 Vangscherm met vangemmer bij Poel 1 (eigen collectie)

voorspellen hoe de populatie zich in de toekomst zal ontwikkelen. Sindsdien zijn er bij Poel 1 nog steeds jaarlijks gegevens verzameld door middel van monitoring met het vangscherm. Na 2019 is de populatie verder gegroeid, maar zijn de gegevens nog niet geanalyseerd. Om deze reden heeft Natuurbalans-Limes Divergens de opdracht geformuleerd om onderzoek te doen naar de populatieontwikkeling van de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 over de jaren 2016 tot en met 2021. Poel 11 wordt in deze opdracht niet meegenomen, omdat de monitoring is gestopt na 2020. De focus van het onderzoek ligt op het compleet maken en ordenen van de dataset over alle jaren, om vervolgens middels data-analyse helder te krijgen hoe de knoflookpaddenpopulatie zich ontwikkelt. Daarnaast wil Natuurbalans-Limes Divergens weten hoe de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 zich over de jaren 2022 tot en met 2027 ontwikkelt. Tevens wil Natuurbalans-Limes Divergens weten hoe de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep zich verhoudt tot knoflookpaddenpopulaties elders in Europa. Daarbij dient ook gekeken te worden naar de manieren van onderzoek doen naar knoflookpadden elders in vergelijking met de manieren van onderzoek doen naar knoflookpadden in De Kaaistoep.

1.1 Probleembeschrijving- en analyse

Er is nog weinig bekend over de ecologie van de knoflookpad. De verborgen leefwijze zorgt ervoor dat er weinig tot niets bekend is over de voortplanting en leefwijze van de knoflookpad. Vooral kennis over de opbouw van een populatie en de populatiedynamiek is gering. Het gaat hierbij onder andere om kennis over leeftijd, mortaliteit en geslachtsverhouding. Natuurbalans-Limes Divergens tracht met de gegevens die verzameld zijn met het vangscherm bij Poel 1 over de jaren 2016 tot en met 2021 in De Kaaistoep, kennis op te doen over en inzicht te verkrijgen in deze facetten. Het is voor Natuurbalans-Limes Divergens interessant om juist nu over te gaan tot analyse van de dataset, omdat het een populatie in opbouw betreft. De gegevens over de jaren 2016 tot en met 2021 geven inzicht in de ontwikkeling van deze specifieke populatie, maar zijn ook bruikbaar voor het beter kunnen doorgronden van de populatiedynamiek bij knoflookpadden in het algemeen. Tevens zijn de verzamelde gegevens bij Poel 1 in De Kaaistoep uniek in Nederland, waardoor het voor Natuurbalans-Limes Divergens onduidelijk is hoe deze manier van gegevensverzameling en onderzoek doen zich verhoudt tot populatieonderzoeken elders. Om een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de voor- en nadelen van deze manier van gegevensverzameling en onderzoek doen, is het van belang na te gaan hoe gegevensverzameling en populatieonderzoek elders eruitziet. Om deze reden wordt er gekeken naar andere populatieonderzoeken in Europa. Daarnaast is het voor Natuurbalans-Limes Divergens onbekend hoe de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep zich verhoudt tot andere knoflookpaddenpopulaties. Voor het voortbestaan van de knoflookpad is het van belang een zo sterk mogelijke populatie op te bouwen die

duurzaam kan voortbestaan. Zodoende is het belangrijk de populatie in De Kaaistoep te vergelijken met populaties elders om een helder beeld te krijgen van de kenmerken van een gezonde populatie (P. Kroon, persoonlijke communicatie, 6 februari 2023).

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt:

Hoe ontwikkelt de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 in De Kaaistoep zich sinds 2016?

Om tot een antwoord op de hoofdvraag te komen, dienen ook vijf deelvragen beantwoord te worden. Deze luiden als volgt:

- Wat is het aantal jaarlijks gevangen individuele knoflookpadden sinds 2016?
- Hoe werkt de voortplantingsstrategie van een knoflookpad?
- Hoe zal de knoflookpaddenpopulatie zich in de periode 2022-2027 ontwikkelen?
- Hoe verhoudt de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep zich tot knoflookpaddenpopulaties elders in Europa?
- Wat zijn de voor- en nadelen van methoden bij het populatieonderzoek in De Kaaistoep ten opzichte van methoden bij populatieonderzoeken naar knoflookpadden elders?

1.2 Doelstelling en duurzaamheid

Natuurbalans Limes-Divergens heeft drie doelstellingen geformuleerd voor het onderzoek. Deze worden in deze paragraaf beschreven. Daarnaast wordt beschreven hoe het onderzoek bijdraagt aan duurzaamheid in bredere zin.

Doelstelling

Vanuit Natuurbalans-Limes Divergens is als doel gesteld om inzicht te verkrijgen in de ecologie van de knoflookpad, de populatieopbouw en de populatiedynamiek van de geherintroduceerde knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 in De Kaaistoep. Een ander doel is het vergaren van kennis en het verkrijgen van inzicht in de resultaten van populatieonderzoeken naar de knoflookpad elders in Europa, om een zo sterk en vitaal mogelijke geherintroduceerde knoflookpaddenpopulatie te verkrijgen in Poel 1. Ook is een doel kennis en inzicht opdoen over de toegepaste methoden binnen de populatieonderzoeken elders, om in de toekomst zo volledig en efficiënt mogelijk onderzoek te verrichten naar (geherintroduceerde) knoflookpaddenpopulaties.

Duurzaamheid

De resultaten van dit onderzoek leveren een bijdrage aan het duurzaam behoud van de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1. Deze bieden houvast voor verdere monitoring en onderzoek, waardoor kan worden geduid of en wanneer de populatie zichzelf kan handhaven. De bevindingen in dit onderzoek dragen bij aan een beter zicht op de populatieontwikkeling en populatiedynamiek van knoflookpaddenpopulaties. Hierdoor is bij toekomstige herintroducties van knoflookpadden elders voorafgaand al duidelijk welke methodiek moet worden gebruikt in populatieonderzoeken, om een compleet beeld te krijgen van de populatieontwikkeling aldaar.

1.3 Randvoorwaarden en afbakening

Er is één randvoorwaarde waar het onderzoek aan moet voldoen. Deze wordt hieronder weergegeven. Ook wordt het onderwerp in deze paragraaf afgebakend, zodat duidelijk is wat er wordt onderzocht.

Randvoorwaarde

In verband met de privacy van de vrijwilligers die meehelpen met het monitoren van de knoflookpadden in De Kaaistoep, worden hun namen niet gebruikt in het rapport.

Afbakening

Het onderzoek – welke plaatsvindt van begin februari 2023 tot en met begin juni 2023 – heeft betrekking op de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep, een natuurgebied nabij Tilburg. Er zijn meerdere poelen gesitueerd in De Kaaistoep. Het onderzoek naar de knoflookpaddenpopulatie is gericht op monitoringgegevens van Poel 1. Deze poel wordt vanaf 2016 door vrijwilligers gemonitord door middel van een vangscherm, waar bij de andere poelen slechts sprake is van monitoring middels koor- en larventelling. De data over de jaren 2016 tot en met 2021 worden geordend, geanalyseerd en geduid.

1.4 Theoretisch kader populatieonderzoek knoflookpadden

Binnen deze paragraaf worden relevante definities, modellen en theorieën aangaande dit onderzoek beschreven. Ook worden populatieonderzoeken naar knoflookpadden elders in Europa en het eerdere populatieonderzoek over de jaren 2016 tot en met 2019 aangehaald.

1.4.1 Definities

De **populatieontwikkeling** bij amfibieën verwijst naar de veranderingen in de grootte en samenstelling van de populatie van amfibieën in een bepaald gebied over een bepaalde periode. Dit omvat factoren als het aantal individuen in de populatie, de verhouding tussen mannelijke en vrouwelijke individuen, de geboorte- en sterftcijfers, de migratiepatronen en andere demografische trends die van invloed kunnen zijn op de populatiegrootte en de gezondheid van de populatie. Populatieontwikkeling biedt inzicht in de factoren die de overleving en het voortbestaan van een soort beïnvloeden en kan helpen bij het ontwikkelen van effectieve strategieën voor het beheer en behoud van amfibieën (Falaschi et al., 2019).

De **populatiedynamiek** beschrijft de veranderingen in omvang en samenstelling van een populatie over tijd. Dit omvat onder andere de geboorte en dood van individuen, immigratie en emigratie van individuen en veranderingen in de leeftijdsopbouw van de populatie. Populatiedynamiek wordt beïnvloed door een breed scala aan factoren, waaronder de beschikbaarheid van voedsel, de beschikbaarheid en kwaliteit van habitat, predatie, concurrentie tussen soorten, ziekte en klimaatverandering. Het bestuderen van de populatiedynamiek is belangrijk voor het begrijpen van de factoren die de overleving en het succes van een populatie beïnvloeden (Falaschi et al., 2019).

De **voortplantingsstrategie** van knoflookpadden verwijst naar de manier waarop deze amfibieën zich voortplanten en de verschillende strategieën die ze gebruiken om hun nakomelingen te produceren en te beschermen. Knoflookpadden hebben een 'explosieve' voortplantingsstrategie, wat betekent dat ze zich in een relatief korte periode massaal voortplanten. Hierbij worden zeer veel eitjes gelegd, waarvan een beperkt percentage het redt tot adulte knoflookpad. Het voortplanten gebeurt in de lente, wanneer de temperatuur stijgt en de dagen langer worden. De voortplantingsstrategie omvat een aantal stappen en gedragingen. In het voorjaar migreren de volwassen padden van hun overwinteringsgebieden naar de voortplantingspoelen, waar ze zich verzamelen. De mannetjes beginnen dan te roepen om vrouwtjes aan te trekken. Het roepen is een belangrijk onderdeel van de voortplantingsstrategie van knoflookpadden, omdat het vrouwtjes in staat stelt de mannetjes te lokaliseren en te beoordelen of ze geschikt zijn als partners. Als een vrouwtje een mannetje heeft gekozen, wordt het vrouwtje beklommen en omklemt het mannetje haar met zijn voorpoten. Dit wordt *amplexus* genoemd. Binnen enkele dagen legt het vrouwtje haar eieren in het water, die vervolgens worden bevrucht door het

zaad van het mannetje. Na de bevruchting ontwikkelen de eitjes zich tot dikkopjes, die zich voeden met algen en ander waterleven. De metamorfose naar adulte knoflookpadden vindt na enkele maanden plaats. Knoflookpadden hebben een vrij complexe voortplantingsstrategie die is aangepast aan de seizoensgebondenheid van hun habitat en het gedrag van hun prooidieren (Lenders, 1991).

1.4.2 Onderzoeksmethoden en -modellen

Door de jaren heen hebben er verscheidene populatieonderzoeken naar knoflookpadden plaatsgevonden, met elk hun eigen onderzoeksmethode of een combinatie van methoden. Methoden die gebruikt worden, zijn bijvoorbeeld visuele tellingen, geluidstellingen, vangstmarkeringen, DNA-analyse, habitatmodellering en ecologische modellering. Door het combineren van deze en andere methoden kunnen onderzoekers een uitgebreid beeld krijgen van de populatieontwikkeling en -dynamiek van knoflookpadden, evenals de factoren die van invloed zijn op hun overleving en voortplanting (Kenneth Dodd, Jr., 2009).

Methoden voor dataverzameling

- Visuele tellingen worden gedaan door middel van het observeren van de knoflookpadden in hun habitat en het tellen van de individuen.
- Bij geluidstellingen wordt het kenmerkende geluid van de knoflookpad in de paartijd opgenomen. Daaropvolgend wordt het aantal roepers geteld om zo een schatting van de populatiedichtheid te maken.
- Vangstmarkering is een methode waarbij knoflookpadden gevangen en gemarkeerd worden. De markering kan bijvoorbeeld geschieden door middel van kleine inkepingen in de tenen te maken. Daarvan kan door middel van de onderzoeksmethode sclerochronologie het weefsel worden onderzocht. De knoflookpadden worden daarna weer vrijgelaten. Door later opnieuw individuen te vangen en de aantallen gemerkte individuen te vergelijken met de ongemerkte individuen, kan een schatting worden gemaakt van de populatiegrootte en het migratiegedrag van de knoflookpadden (Kenneth Dodd, Jr., 2009).

Methoden en modellen voor data-analyse

- Door het analyseren van DNA-monsters van individuele knoflookpadden, kunnen onderzoekers informatie verkrijgen over de genetische diversiteit binnen een populatie, evenals over de verwantschap tussen individuen. Dit kan waardevolle informatie opleveren over de grootte en structuur van de populatie.
- Habitatmodellering vindt plaats door gebruik te maken van geografische informatiesystemen (GIS) en ruimtelijke analyses. Zo kunnen onderzoekers de habitat van knoflookpadden in kaart brengen en voorspellen waar nieuwe populaties zich kunnen ontwikkelen.
- Bij ecologische modellering wordt gebruikgemaakt van modellen om de groei en ontwikkeling van amfibieënpopulaties te voorspellen. Deze modellen werken op basis van factoren als de beschikbaarheid van habitat en voedsel, predatie en klimaatverandering. Enkele voorbeelden van dit soort modellen zijn het Leslie-model, demografische stochastische modellen en het levensgeschiedenismodel. Deze worden hieronder toegelicht.
 - Het Leslie-model maakt gebruik van matrixalgebra om de veranderingen in de grootte en de leeftijdsverdeling van een populatie over tijd te beschrijven. Het model houdt rekening met factoren als geboortecijfers, sterftcijfers en migratie om te voorspellen

hoe de populatie zich in de toekomst zal ontwikkelen. Het Leslie-model is gebaseerd op de levenscyclus van een knoflookpad.

- Demografische stochastische modellen nemen stochastische gebeurtenissen, zoals sterfte en geboorte, op in de populatiedynamiek. Hierbij wordt aangenomen dat individuen van dezelfde soort verschillende overlevings- en voortplantingskansen hebben, afhankelijk van de omgeving en individuele kenmerken.
- Het levensgeschiedenismodel is een model dat zich richt op de invloed van de levenscyclus van een organisme op de populatiedynamica. Het model gaat ervan uit dat de levenscyclus van een organisme bepaalt hoe de overleving, groei en reproductie zich ontwikkelen in verschillende stadia van de levenscyclus. Dit model kan worden toegepast op amfibieën, waarbij de verschillende stadia in de levenscyclus (zoals eieren, larven, juvenielen en adulten) worden beschouwd als verschillende subpopulaties met verschillende overlevingskansen en reproductieve output. Door de levenscyclus in het model op te nemen, kan worden onderzocht welke factoren de overleving en reproductie van de verschillende stadia beïnvloeden en hoe deze factoren de populatiedynamica als geheel beïnvloeden (Kenneth Dodd, Jr., 2009).

1.4.3 Populatieonderzoeken naar knoflookpadden

Denemarken

Een Deens populatieonderzoek heeft gebruikgemaakt van de methode vangstmarkering. In het onderzoek zijn ongeveer 1.000 knoflookpadden gevangen middels een vangscherm. De gevangen adulte knoflookpadden zijn gemarkeerd middels een inkeping in de teen en door middel van het plaatsen van een PIT-tag (zender). Op deze manier konden de knoflookpadden worden herkend wanneer deze nogmaals werden gevangen. De analyse van de knoflookpaddenpopulatie die daarop volgde, geeft informatie over de geslachtsverhouding en het habitatgebruik. Ook wordt er ingegaan op de veranderende leeftijdsopbouw aangaande de populatiedynamiek. Daarnaast komen resultaten betreffende de voortplantingsstrategie – specifiek benoemd de vruchtbaarheid van knoflookpadden – uit het populatieonderzoek naar voren (Hels, 2002).

Roemenië

Een populatieonderzoek uit Roemenië geeft weer of een door de mens gewijzigde gebiedsinrichting invloed heeft op de populatieontwikkeling van knoflookpadden in een nabijgelegen poel. Hierbij is gebruikgemaakt van de methode visuele waarnemingen en zijn knoflookpadden gevangen met de hand en een schepnet. Ook de methode waarbij gebruikt wordt gemaakt van vangstmarkering is toegepast door middel van een inkeping in een teen. Het onderzoek gaat in op de gemiddelde levensduur en lichamelijke conditie van individuen (Cogălniceanu et al., 2021).

Frankrijk

Uitgebreid Frans populatieonderzoek heeft gebruik gemaakt van een vangscherm om de individuen te vangen. Daarnaast zijn de individuen gemarkeerd met geïmplanteerde zenders en is er een inkeping in een teen gemaakt om de leeftijd van de knoflookpadden te kunnen bepalen. Tot slot is het landhabitatgebruik geanalyseerd door het aanbrengen van fluorescerende pigmenten op de knoflookpadden (Eggert & Guyétant, 2002).

Nederland

In een eerder onderzoek in De Kaaistoep uit 2019 zijn alle data over 2016 tot en met 2019 geanalyseerd. Hierbij is onderzocht in welke mate de herintroductie geleid heeft tot een zelfvoorzienende, levensvatbare knoflookpaddenpopulatie. Ook is er in dit onderzoek getracht vast te stellen hoe de knoflookpaddenpopulatie zich in de toekomst ontwikkelt. Dit is gedaan aan de hand van het Leslie-model. De eerdere analyse van de dataset over de jaren 2016 tot en met 2019 geeft het aantal gevangen intrekkende en uittrekkende individuen weer in Poel 1 en Poel 11 (Tabel 1). Ook komt uit de analyse naar voren hoe vaak dezelfde knoflookpad in meerdere jaren is gevangen en hoeveel knoflookpadden er per jaar niet eerder zijn gevangen. Elk jaar nam het aantal knoflookpadden dat in een voorgaand jaar is gezien toe, tot 14,8% in 2019. Er waren dus jaarlijks veel pas volwassen geworden knoflookpadden die voor het eerst deelnamen aan de voortplanting. Het percentage knoflookpadden dat het jaar erop opnieuw is gevangen fluctueert. Minimaal 10% tot maximaal 66,7% van de knoflookpadden is het jaar erop opnieuw aanwezig (Tabel 2). Daarnaast heeft het Leslie-model een positieve groeitrend van de populatie laten zien (Pastoors et al., 2019).

Tabel 1 Aantal gevangen individuele knoflookpadden in Poel 1 (Pastoors et al., 2019)

			2016	2017	2018	2019	2020	2021
Poel 1	Aantal vangsten	intrekkend	2	9	29	75	271	342
		uittrekkend	5	7	31	116	221	213
		TOTAAL	7	16	60	191	492	555
	Aantal individuen		7	9	32	119	-	-
Poel 11	Aantal vangsten	intrekkend	2	0	12	24	14	
		uittrekkend	3	0	7	5	6	
		TOTAAL	5	0	19	29	20	
	Aantal individuen		3	0	13	23	-	
TOTAAL	Aantal vangsten	intrekkend	4	9	41	99	285	342
		uittrekkend	8	7	38	121	227	213
		TOTAAL	12	16	79	220	512	555
	Aantal individuen		10	9	45	142	-	-

Tabel 2 Knoflookpadden die in meerdere jaren zijn waargenomen. De groene vlakken geven jaren aan waarin een knoflookpad is waargenomen. Links is aangegeven hoe vaak een dergelijke waarnemingsperiode is voorgekomen. Bijvoorbeeld: er is één keer een knoflookpad geweest die gevangen is in 2016 en 2019 maar niet in de tussenliggende jaren en er zijn drie knoflookpadden geweest die gevangen zijn in 2017, 2018 en 2019. Eronder worden in aantallen en percentages een aantal statistieken weergegeven (Pastoors et al., 2019)

Dubbelvangsten; dieren die in meerdere jaren zijn waargenomen

Aantal keer dat een reeks van waarnemingsjaren is vastgesteld	Waarnemingsjaar			
	2016	2017	2018	2019
1x				
1x				
2x				
3x				
17x				
Totaalaantal individuen per jaar	10	9	45	142
Aantal individuen per jaar dat al eerder gevangen is	0	1	6	21
Aantal individuen per jaar dat nog niet eerder gevangen is	10	8	39	121
Aantal individuen dat in volgend jaar opnieuw is waargenomen	1	6	20	
Percentage individuen dat in volgend jaar opnieuw is waargenomen	10,0%	66,7%	44,4%	
Percentage individuen al bekend uit eerder jaar	0,0%	11,1%	13,3%	14,8%
Percentage individuen nieuw in dat jaar	100,0%	88,9%	86,7%	85,2%

2 Methodologie populatieonderzoek knoflookpadden

In dit hoofdstuk zijn de onderzoeksmethoden per deelvraag weergegeven die gebruikt zijn om tot de resultaten te komen, welke uiteindelijk hebben geleid tot beantwoording van de hoofdvraag. In dit onderzoek is er kwantitatief onderzoek uitgevoerd in de vorm van database-onderzoek. Daarnaast is literatuurstudie verricht. Dit heeft plaatsgevonden om te kijken hoe de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 in De Kaaistoep zich sinds 2016 ontwikkelt.

2.1 Wat is het aantal jaarlijks gevangen individuele knoflookpadden sinds 2016?

Om de eerste deelvraag te beantwoorden, was het van belang eerst de dataset te ordenen. De dataset bestaat uit vangstgegevens van adulte knoflookpadden vanaf 2016 tot en met 2021. Het aantal individuen binnen 2016 tot en met 2019 is overgenomen uit het eerdere populatieonderzoek (Pastoors et al., 2019).

Stap 1. Nakijken of er van elke dag dat het vangscherm er stond, een Excelformulier aanwezig is. Het formulier dient ook aanwezig te zijn als er geen knoflookpad is gevangen die dag.

Stap 2. Kijken of alle benodigde gegevens zijn ingevuld en of de gegevens juist zijn ingevuld op het Excelformulier. Aantal individuen, datum, tijd, emmernummer, geslacht (onbekend, juveniel, subadult, man of vrouw), lengte, gewicht en naam vrijwilliger moeten zijn ingevuld. Door het emmernummer te noteren, valt af te leiden of een knoflookpad intrekkend of uittrekkend is waargenomen. Emmers aan de binnenzijde (poelzijde) hebben oneven nummers en emmers aan de buitenzijde hebben even nummers.

Stap 3. Elke knoflookpad heeft een uniek rugpatroon waaraan knoflookpadden individueel te herkennen zijn. De vrijwilligers hebben van elke gevangen knoflookpad foto's gemaakt en de fotonummers in het bijbehorende Excelformulier genoteerd. De foto's werden voor elk Excelformulier bij elkaar gezocht.

Stap 4. Nadat de foto's bij de Excelformulieren waren gezocht, werd er een begin gemaakt met het matchen van de knoflookpadden. Eerst is er binnen een jaar gekeken of een knoflookpad op meerdere dagen is gevangen in het desbetreffende jaar. Dit werd gedaan voor de jaren 2020 en 2021. In het eerdere populatieonderzoek is deze stap reeds uitgevoerd voor de jaren 2016 tot en met 2019 (Pastoors et al., 2019).

Het matchingsproces is gedaan met behulp van herkenningsoftware. Uit alle (gratis) beschikbare programma's werd door Natuurbalans-Limes Divergens het programma WildID gekozen om de foto's met elkaar te matchen. Het voordeel van dit programma is dat beeldherkenning onafhankelijk van de schaalgrootte en oriëntatie van de foto wordt toegepast. In dit programma werden de foto's ingeladen en zocht de software per foto of er een vergelijkbare foto aanwezig was binnen het ingeladen jaar. Hierbij berekent de software de best passende foto en gaf het nog negentien andere opties waarbij handmatig werd gekeken of de software het bij het juiste eind had (Wildlife, z.d.). Omdat de software werkt op basis van contrastverschillen was het van belang ruis uit de foto te verwijderen alvorens deze in te laden in het programma. Het bewerken is gedaan met het programma *Photos* van Microsoft (Microsoft, 2020).

Na gebruik van het softwareprogramma WildID is overgegaan op handmatige controle. Hierbij is elke niet-gematchte foto van een knoflookpad visueel vergeleken met elke andere foto in dat jaar, om zo alle matches die niet door WildID waren gevonden er alsnog uit te halen.

Stap 5. Nadat alle matches per jaar gevonden waren, is bepaald of een individuele knoflookpad gedurende meerdere jaren is waargenomen. De foto's van de jaren 2020 en 2021 zijn elk vergeleken met alle andere jaren vanaf 2016. In eerste instantie is het matches gedaan met WildID en vervolgens is dit handmatig gedaan om er zeker van te zijn dat alle matches zijn gevonden. De verschillende controlestappen en vergelijkingsstappen hebben ervoor gezorgd dat er geen Excelformulier en foto gemist is.

Stap 6. Uiteindelijk is duidelijk geworden hoeveel individuele knoflookpadden er per jaar aanwezig zijn in Poel 1. Met deze gegevens is te bepalen of de populatie een dalende, stijgende of stabiele trend kent. Dit is gedaan door de gegevens op te delen in het totaal aantal knoflookpadden, aantal mannelijke knoflookpadden en aantal vrouwelijke knoflookpadden per jaar en deze data weer te geven in scatterplots met trendlijnen. Vervolgens is er een statistische analyse in het statistisch programma Jamovi (2021) verricht, om te kijken of de trendlijnen statistisch bewezen konden worden. Dit is gedaan door te kijken of de data normaal verdeeld waren en als dit het geval was, een lineaire regressie toe te passen. Als de data niet normaal verdeeld waren, dan werd gebruikgemaakt van de correlatiematrix van Spearman. Vervolgens is gekeken of de p-waarde lager was dan 0.05. Als dit het geval was, is gesteld dat de trendlijnen niet berusten op toeval en statistisch bewezen kunnen worden.

2.2 Hoe werkt de voortplantingsstrategie van een knoflookpad?

De beantwoording van deelvraag twee is gedaan door gebruik te maken van de gegevens uit de dataset 2016 tot en met 2021. De gegevens over 2016 tot en met 2019 met betrekking tot het aantal individuen, hoeveel jaren achtereen een individu is waargenomen en in- en uittrekgedrag zijn overgenomen uit het eerdere populatieonderzoek (Pastoors et al., 2019). Door middel van (statistische) analyses is de voortplantingsstrategie van de knoflookpadden in Poel 1 bepaald.

Geslachtsverhouding

De geslachtsverhouding per jaar is vastgesteld door het aantal vrouwen in een jaar gedeeld door het aantal mannen in een jaar te doen. De geslachtsverhouding over alle jaren heen is vastgesteld door het totaal aantal individuele vrouwen over 2016 tot en met 2021 te delen door het totaal aantal individuele mannen over 2016 tot en met 2021. De knoflookpadden waarvan het geslacht niet kon worden vastgesteld, zijn niet meegenomen in de bepaling van de geslachtsverhouding.

Overslaan van de voortplantingstrek

Het wel of niet overslaan van de voortplantingstrek door knoflookpadden is vastgesteld door uit de dataset te halen hoeveel knoflookpadden er meerdere jaren achtereen meededen met de voortplanting. Tevens is er uit de dataset gehaald hoeveel knoflookpadden zich meerdere jaren voortplantten met een pauze van tenminste één jaar. Uit deze gegevens is op te maken of knoflookpadden een jaar overslaan.

Overlevingskans

Door uit de dataset te halen hoeveel knoflookpadden minstens een jaar later weer zijn gevangen is de overlevingskans berekend. De aantallen zijn onderverdeeld in mannen en vrouwen om de overlevingskans per geslacht te bepalen. De aantallen zijn uitgedrukt in percentages.

Deelname aan de voortplanting in jaren

Het totaal aantal voortplantingsjaren van alle knoflookpadden binnen de periode 2016 tot en met 2020 is bij elkaar opgeteld. Dit totale aantal is gedeeld door het totaal aantal knoflookpadden over 2016 tot en met 2020. Dit geeft het gemiddeld aantal voortplantingsjaren van een individu binnen de populatie weer. Om het gemiddelde aantal voortplantingsjaren voor mannen en vrouwen te berekenen, is deze rekensom eveneens uitgevoerd met de totale aantallen per geslacht.

Leeftijd

De start van de voortplanting begint voor een mannelijke knoflookpad op tweejarige leeftijd en voor een vrouwelijke knoflookpad op driejarige leeftijd (Eggert & Guyetant, 2002). De gemiddelde deelname aan de voortplanting per geslacht is hierbij opgeteld om de gemiddelde leeftijden te bepalen. Vervolgens wordt hier een jaar van afgehaald. Dit is gedaan omdat een mannelijke knoflookpad die zich eenmaal heeft voortgeplant nog steeds twee jaar is en een vrouwelijke knoflookpad nog steeds drie jaar is.

Intrekgedrag

Uit de dataset is gehaald wat het in- en uittrekgedrag van de knoflookpadden in Poel 1 is. Er is weergegeven hoeveel knoflookpadden als laatste ingaand gevangen zijn, hoeveel knoflookpadden een jaar later weer zijn gevangen en hoeveel knoflookpadden een jaar later ingaand zijn gevangen. Het in- en uittrekgedrag van de knoflookpadden wordt geïnterpreteerd en de oorzaken voor bepaald gedrag worden omschreven.

Deelname binnen voortplantingsseizoen

Uit de aantallen in- en uittrekkende knoflookpadden over 2016 tot en met 2021 is af te leiden hoe vaak knoflookpadden deelnemen aan de voortplanting binnen een voortplantingsseizoen. Hierbij is aangenomen dat het aantal ingaande waarnemingen gelijk is aan het aantal deelnames aan de voortplanting. Heeft een individu als eerste waarneming een uittrekkende waarneming dan is bepaald dat het individu het *aantal intrekkende waarnemingen +1* maal deelneemt aan de voortplanting. Het aantal in- en uittrekkende waarnemingen is uit de dataset gehaald.

2.3 Hoe zal de knoflookpaddenpopulatie zich in de periode 2022-2027 ontwikkelen?

De beantwoording van deelvraag drie geschied door gebruik te maken van het populatiemodel dat in het eerdere populatieonderzoek is gebruikt (Pastoors et al., 2019). Dit betreft een Leslie-model. Een Leslie-model is een leeftijdsafhankelijk model welke wordt gebruikt om zowel de populatiegroei als de leeftijdsverdeling van een populatie over een bepaalde tijd te bepalen.

Het Leslie-model is gebaseerd op de formule $N(t+1) = A * N(t)$ (Figuur 5).

- $N(t+1)$ is de populatievector in het volgende jaar
- A is de Leslie-matrix welke bestaat uit de overlevingskansen en het vruchtbaarheidscijfer (F)
- $N(t)$ is de populatievector die het aantal individuen per leeftijdsklasse vertegenwoordigt op tijdstip (t)

Levenscyclus

Het Leslie-model voor de knoflookpadden is gebaseerd op de levenscyclus van een knoflookpad (Figuur 6). De levenscyclus van een knoflookpad wordt weergegeven in fasen. Deze zijn als volgt omschreven: eieren, larven en juvenielen, subadult één jaar, subadult twee jaar en in het derde jaar over naar adult. Een knoflookpad produceert eieren vanaf de adulte levensfase. De pijlen tussen de verschillende fasen geven de overlevingskansen aan.

Overlevingskansen

De overlevingskansen binnen het model zijn gedefinieerd als de mogelijkheid van een individu, van een bepaalde leeftijd, om te overleven van jaar t naar jaar $t+1$ (Pastoors et al., 2019). De adulte (vrouwelijke) overlevingskans in het model is gehaald uit de dataset van 2016 tot en met 2021 van het vangscherm bij Poel 1. Omdat uitsluitend de adulte aantallen knoflookpadden bekend zijn, zijn de cijfers

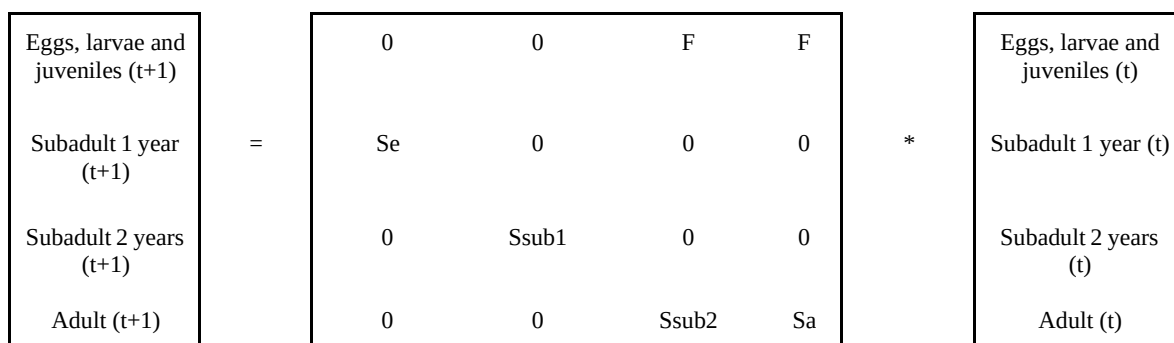
van de andere levensfasen berekend aan de hand van de overlevingswaarden uit de literatuur (Hels & Nachman, 2002; Schmidt et al., 2012).

Vruchtbaarheidscijfer en legfels

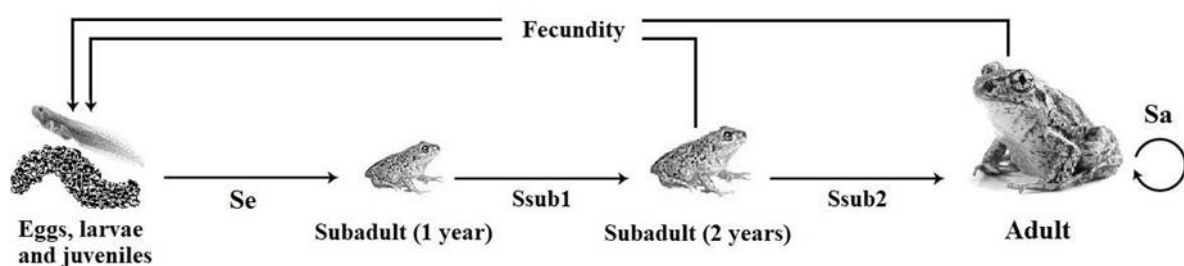
Het vruchtbaarheidscijfer (F) is berekend door het aantal eieren in een legsel maal het aandeel vrouwen in de populatie maal de overlevingskans van vrouwelijke adulten te doen. Het aandeel vrouwen in de populatie is afgeleid vanuit de geslachtsverhouding. De geslachtsverhouding is berekend vanuit de dataset van het vangscherm bij Poel 1. Het aantal legfels en het aantal eieren in een legsel is uit de literatuur gehaald (Van Gelder & Kalkhoven, 1971; Crombaghs et al., 2009).

Aannames

Het model kent enkele haken en ogen, te weten dat het model uitsluitend van toepassing is op het vrouwelijk deel van de populatie. Dit komt doordat in dit onderzoek het vruchtbaarheidscijfer (F) gedefinieerd is als 'het aantal nakomelingen per producerend vrouwtje', wat maakt dat het Leslie-model uitsluitend van toepassing is op het vrouwelijk deel van de populatie (Noon & Sauer, 1992). Dit betekent dat er gerekend wordt met de vrouwelijke overlevingskans. De overlevingskans en het vruchtbaarheidscijfer blijven in het model altijd gelijk, wat in de praktijk niet het geval is. In werkelijkheid veranderen deze als de populatie groeit en de draagkracht van het gebied bereikt wordt. Verder wordt aangenomen dat de populatie geen groeiplafond kent en dat voedselbronnen en andere bronnen ongelimiteerd zijn.



Figuur 5 Leslie-model (Pastoors et al., 2019)



Figuur 6 Levenscyclus knoflookpad. Se staat voor de overleving van de eieren, S_{sub1} staat voor de overleving van de eenjarige subadulten, S_{sub2} staat voor de overleving van de tweejarige subadulten en S_a staat voor de overleving van de adulten. De pijlen geven tijdstappen van één jaar aan (Pastoors et al., 2019)

2.4 Hoe verhoudt de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep zich tot knoflookpaddenpopulaties elders in Europa?

De vierde deelvraag betreft een literatuurstudie waarin onderzoeken naar knoflookpaddenpopulaties in Denemarken (Hels, 2002), Roemenië (Cogălniceanu et al., 2021) en Frankrijk (Eggert & Guyetant, 2002) zijn aangehaald. Er is beschreven welke onderzoeksmethoden binnen deze onderzoeken worden gebruikt om de populatiegrootte en de populatieontwikkeling te bepalen. De uitkomsten van deze onderzoeken met betrekking tot geslachtsverhouding, deelname aan de voortplanting in jaren en de leeftijd van knoflookpadden zijn vergeleken met het populatieonderzoek in Poel 1.

Geslachtsverhouding

Er is overwogen om het verschil in geslachtsverhouding tussen de populaties statistisch te bepalen. Echter, gezien de verschillende manieren van dataverzameling tussen de onderzoeken is besloten om dit niet te doen. De geslachtsverhouding is bepaald aan de hand van de aantallen individuele knoflookpadden over alle jaren en vervolgens beschrijvend vergeleken tussen de verschillende populatieonderzoeken.

Deelname aan de voortplanting

Middels een onafhankelijke t-toets is aangetoond of het verschil in de gemiddelde deelname aan de voortplanting tussen de populaties significant is.

Leeftijd

Er is een onafhankelijke t-toets gebruikt om aan tonen of het verschil in leeftijd tussen de populaties significant is.

2.5 Wat zijn de voor- en nadelen van methoden bij het populatieonderzoek in De Kaaistoep ten opzichte van methoden bij populatieonderzoeken naar knoflookpadden elders?

In deelvraag vijf is middels literatuurstudie ingegaan op de methoden van onderzoek doen bij populatieonderzoeken van knoflookpadden in Denemarken (Hels, 2002), Roemenië (Cogălniceanu et al., 2021) en Frankrijk (Eggert & Guyetant, 2002) en bij het populatieonderzoek in Poel 1.

De voor- en nadelen van de verschillende onderzoeksmethoden die zijn gebruikt in de verschillende populatieonderzoeken en in het populatieonderzoek in Poel 1 zijn belicht. De voor- en nadelen geven kennis over de effectiviteit van onderzoeksmethoden met betrekking tot populatieonderzoek naar de knoflookpad.

2.6 Schematische weergave methode

In onderstaande Tabel 3 is weergegeven in welke volgorde de methodische stappen in het onderzoeksproces zijn uitgevoerd.

Tabel 3 Schema methode

Deelvraag ↓ Stap →	1	2	3	4	5	6
Wat is het aantal jaarlijks gevangen individuele knoflookpadden sinds 2016?	Excelformulieren nakijken 2016 tot en met 2021	Foto's koppelen aan Excelformulieren 2020 en 2021	Foto's knoflookpadden matchen binnen 2020 en 2021	Foto's knoflookpadden matchen 2016 tot en met 2021	Populatiegrootte per jaar bepalen	Statistische analyse populatiegrootte uitvoeren
Hoe werkt de voortplantingsstrategie van een knoflookpad?	De geslachtsverhouding bepalen	Bepalen of individuen de voortplantings trek hebben overgeslagen	De kans berekenen dat een individu in een volgend jaar nogmaals wordt gevangen en de overlevingskans per jaar berekenen	Beschrijven hoeveel jaren knoflookpadden gemiddeld deelnemen aan de voortplanting	Leeftijd individuen bepalen	Bepalen individuen als laatste in- of uittrekend
Hoe zal de knoflookpaddenpopulatie zich in de periode 2022-2027 ontwikkelen?	Adulte overlevingskansen invullen	Cijfers levensfasen uit literatuur halen	Gegevens invoeren in Leslie-model	Uitkomsten Leslie-model weergeven	Ontwikkeling 2022-2027 beschrijven	
Hoe verhoudt de knoflookpaddenpopulatie in De Kaai- stoep zich tot knoflookpaddenpopulaties elders in Europa?	Onderzoeksmethoden populatieonderzoeken beschrijven	Uitkomsten populatieonderzoeken elders beschrijven	Uitkomsten populatieonderzoeken elders vergelijken met onderzoek Poel 1	Situatie in Poel 1 duiden		
Wat zijn de voor- en nadelen van methoden bij het populatieonderzoek in De Kaai- stoep ten opzichte van methoden bij populatieonderzoeken naar knoflookpadden elders?	Onderzoeksmethoden uiteenzetten van populatieonderzoeken elders en Poel 1	Overeenkomsten en verschillen in onderzoeksmethoden elders en Poel 1 beschrijven	Voor- en nadelen onderzoeksmethoden beschrijven			

3 Resultaten

In het hoofdstuk 'Resultaten' wordt per paragraaf een deelvraag van het onderzoek behandeld. De antwoorden op de deelvragen leiden samen tot een antwoord op de hoofdvraag. Deze hoofdvraag wordt in Hoofdstuk 4 behandeld.

3.1 Wat is het aantal jaarlijks gevangen individuele knoflookpadden sinds 2016?

De aantallen gevangen individuele knoflookpadden over de jaren 2016 tot en met 2021, geven de populatiegrootte van de adulte knoflookpadden per jaar weer. De aantallen zijn onderverdeeld in mannen, vrouwen, geslacht onbekend en totaal aantal per jaar (Tabel 4). Gedurende de ordening van de data is er ook een aantal foto's van knoflookpadden naar voren gekomen, die van ontoereikende kwaliteit zijn om deze te kunnen matchen (Tabel 5). In onderstaande Figuur 7 is een voorbeeld weergegeven van een onbruikbare foto in vergelijking met een foto van goede kwaliteit. De onbruikbare foto's zijn wel meegenomen in de data-analyse als zijnde individuele knoflookpadden, waardoor er mogelijk meer knoflookpadden zijn meegerekend dan dat er zijn. Ook ontbreekt er een aantal foto's in 2020 en 2021 (Tabel 5). Het ontbreken van foto's kan komen doordat de vrijwilligers de foto's zijn kwijtgeraakt of doordat een knoflookpad ontsnapt is alvorens de foto gemaakt kon worden. Door het ontbreken van foto's kan het zijn dat een aantal knoflookpadden niet gematcht is of dat een aantal individuen mist.

Tabel 4 Populatiegrootte in Poel 1

Jaartal	Man	Vrouw	Geslacht onbekend	Totaal
2016	6	1	0	7
2017	5	4	0	9
2018	17	8	2	27
2019	72	18	30	120
2020	197	88	2	287
2021	218	179	5	402

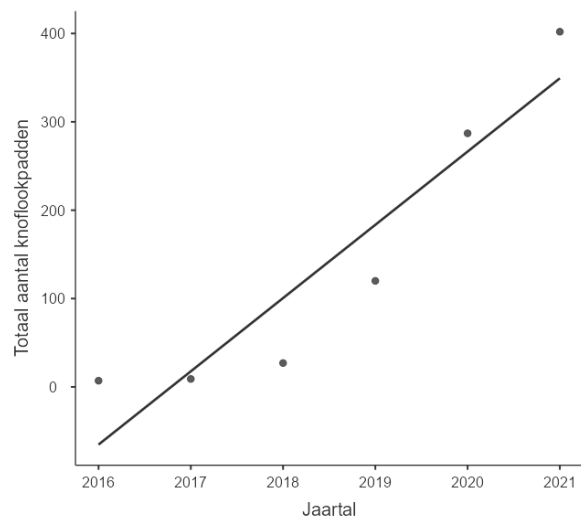


Figuur 7 Links een onbruikbare foto, rechts een bruikbare foto (eigen collectie Natuurbalans-Limes Divergens)

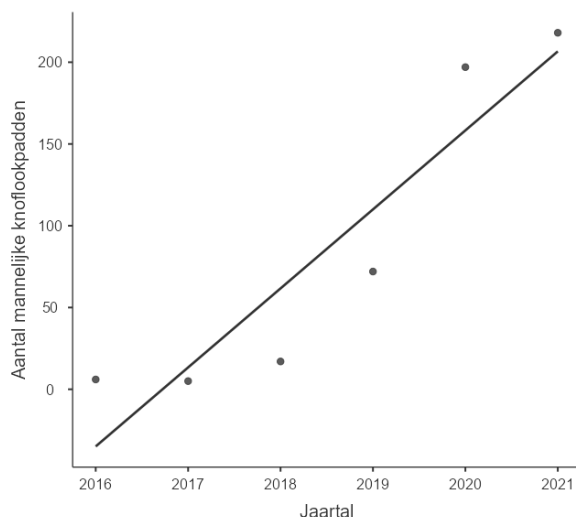
Tabel 5 Aantal bruikbare, onbruikbare en ontbrekende foto's van individuele knoflookpadden in Poel 1

Jaartal	Aantal bruikbare foto's	Aantal onbruikbare foto's	Aantal ontbrekende foto's
2016	5	2	-
2017	9	0	-
2018	25	2	-
2019	117	3	-
2020	284	3	9
2021	391	11	1

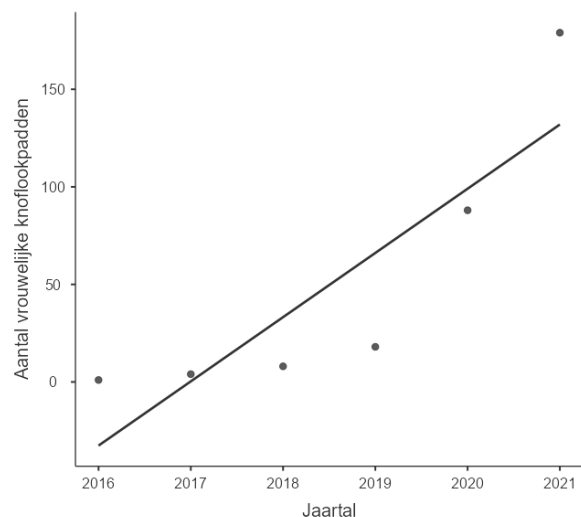
In statistisch programma Jamovi (2021) is onderzocht of de groei van de populatiegrootte statistisch bewezen kan worden. Uit de analyse blijkt dat de data over het totaal en over het aantal mannen normaal verdeeld zijn. Daaropvolgend is een lineaire regressie toegepast. De lineaire regressie tussen jaartal en totaal geeft de p-waarde 0.007 en de lineaire regressie tussen jaartal en aantal mannen geeft de p-waarde 0.008. Beide waarden zijn kleiner dan de grenswaarde van 0.05. Dit betekent dat de stijging van de trendlijn in beide gevallen significant is, oftewel: de stijging berust niet op toeval en de stijging is statistisch bewezen (Figuur 8 en Figuur 9). Bij het aantal vrouwen ligt dit anders. Uit de analyse blijkt dat deze data niet normaal verdeeld zijn. Daaropvolgend is de correlatiematrix van Spearman toegepast. De correlatiematrix laat zien dat hoe meer de waarde van nul afwijkt, des te sterker het verband is tussen het aantal vrouwen en het aantal jaren. De waarde bedraagt 1.000, wat dus een relatief sterk verband tussen het aantal vrouwen en het aantal jaren weergeeft. De p-waarde bedraagt 0.003, dit is kleiner dan 0.05. Dit betekent dat de uitslag van de correlatiematrix significant is, oftewel: het verband berust niet op toeval en het verband is statistisch bewezen (Figuur 10).



Figuur 8 Totaal aantal knoflookpadden in Poel 1, inclusief scatterplot en trendlijn (Jamovi, 2021)



Figuur 9 Aantal mannelijke knoflookpadden in Poel 1, inclusief scatterplot en trendlijn (Jamovi, 2021)



Figuur 10 Aantal vrouwelijke knoflookpadden in Poel 1, inclusief scatterplot en trendlijn (Jamovi, 2021)

3.2 Hoe werkt de voortplantingsstrategie van een knoflookpad?

Om te weten hoe de voortplantingsstrategie van een knoflookpad werkt, is gekeken naar meerdere facetten. Zo is het van belang om te weten wat de geslachtsverhouding is, hoe het voortplantingsgedrag in elkaar steekt en wat de gemiddelde leeftijd van knoflookpaden is.

3.2.1 Wat is de geslachtsverhouding binnen de knoflookpadpopulatie?

In de voorgaande deelvraag is het aantal mannelijke en vrouwelijke knoflookpaden per jaar bepaald. In onderstaande Tabel 6 staat hierbij de geslachtsverhouding per jaar vermeld en de geslachtsverhouding over alle jaren heen. In de kolom met 'geslachtsverhouding' staat vermeld hoeveel vrouwen er zijn in vergelijking met één man. Hierbij zijn de knoflookpaden waarvan het geslacht onbekend is niet meegerekend.

Tabel 6 Geslachtsverhouding knoflookpaden in Poel 1

Jaartal	Man	Vrouw	Geslachtsverhouding (m/v)
2016	6	1	0,17
2017	5	4	0,80
2018	17	8	0,47
2019	72	18	0,25
2020	197	88	0,45
2021	218	179	0,82
Totaal aantal individuele knoflookpaden 2016 tot en met 2021	354	222	0,63

Uit de tabel blijkt dat de man-vrouwverhouding over de jaren 2016 tot en met 2021 1 : 0,63 bedraagt. Vanaf 2019 lijkt er wel sprake te zijn van een veranderende geslachtsverhouding. Het aantal vrouwen is sindsdien bijna vertienvoudigd, waar het aantal mannen iets meer dan verdrievoudigd is.

3.2.2 Slaan knoflookpaden een voortplantingsjaar over?

Uit Bijlage 1 valt op te maken dat er 208 knoflookpaden zijn die meerdere jaren naar Poel 1 zijn getrokken. Dit betreft de som van de kolom 'aantal keer dat een reeks van waarnemingsjaren is vastgesteld (totaal)'. Wanneer een knoflookpad een of meerdere voortplantingsjaren niet is waargenomen, is dit aangegeven middels een rood vlak. Dit maakt dat er in totaal acht individuele exemplaren zijn die in tenminste één jaar niet zijn gevangen tussen twee of meer voortplantingsjaren in. Daarmee zijn er dus 200 knoflookpaden die wél enkel in achtereenvolgende jaren in valemers zijn beland. Er zijn dus weliswaar knoflookpaden die tenminste één voortplantingsjaar niet worden waargenomen, maar dit aantal blijkt gering te zijn. Daarom wordt de aanname gedaan dat een knoflookpad geen voortplantingsjaar overslaat, maar is overleden wanneer deze zich in een voortplantingsjaar niet meer bij Poel 1 meldt.

3.2.3 Wat is de kans dat een knoflookpad in een volgend jaar nogmaals wordt gevangen?

De kans dat een knoflookpad in een volgend jaar nogmaals wordt gevangen, is in theorie gelijk aan de overlevingskans van een knoflookpad. Immers, wanneer een knoflookpad niet meer wordt gevangen, mag men de aanname doen dat deze zich niet meer voortplant en is komen te overlijden. Uit Bijlage

1, rij 6 en rij 10, blijkt echter dat de percentages in 2018 en 2019 niet overeenkomen. Dat komt doordat er acht knoflookpadden zijn geweest die in één of meerdere jaren niet zijn gevangen tussen tenminste twee voortplantingsjaren in (zie ook 3.2.2).

Om te bepalen wat de overlevingskans per jaar en over alle jaren heen is, is gekeken hoeveel knoflookpadden een volgend jaar nogmaals zijn gezien. De uitkomst hiervan is terug te vinden in Bijlage 1, rij 10. Daaruit valt te concluderen dat de overlevingskans in de jaren 2016 en 2017 – toen er nog sprake was van kleine aantallen – zeer verschillend was. In de jaren daarna – toen de aantallen steeds verder opliepen – stabiliseerde dit percentage.

In 2021 is een duidelijke opleving te zien in het aantal knoflookpadden dat al in een eerder jaar is gevangen. Dit kan een teken zijn van naderende stabilisatie in de aanwas. Immers, hoe hoger het percentage knoflookpadden dat al eens is gevangen, hoe lager het percentage knoflookpadden dat nieuw is in dat jaar. Deze samenhang valt goed terug te zien in Bijlage 1 in rij 7 en rij 8.

Uit Bijlage 1 blijkt dat over de jaren 2016 tot en met 2021 243 van de 450 gevangen knoflookpadden ook in een eerder jaar zijn gevangen (54%). Dit betreft de som van rij 2 van 2017 tot en met 2021 en de som van rij 1 van 2016 tot en met 2020. Dit is dus inclusief knoflookpadden die een of meerdere voortplantingsjaren niet zijn aangetroffen, om vervolgens toch weer in een valemmer te belanden. Doordat 54% van de knoflookpadden jaarlijks overleeft, betekent dat dus dat de mortaliteit 46% per jaar bedraagt.

In onderstaande Tabel 7 staan de overlevingskansen van respectievelijk mannelijke en vrouwelijke knoflookpadden over de jaren heen vermeld.

Tabel 7 Overlevingskansen mannelijke en vrouwelijke knoflookpadden in Poel 1

	Man	Vrouw
Aantal individuen dat al eerder is gevangen (2017 tot en met 2021)	163	79
Totaal aantal individuen (2016 tot en met 2020)	297	119
Overlevingskans (gemiddeld)	54,88%	66,39%

Wat hierbij opvalt, is dat beide percentages boven het gemiddelde van 54% liggen die voor de gehele populatie geldt. Dit komt doordat er over de desbetreffende jaren 34 knoflookpadden zijn waarbij niet kon worden beoordeeld of het een man of een vrouw is. 33 van deze knoflookpadden zijn eenmaal gevangen en dus slechts één 'onbekende' knoflookpad heeft een jaar overleefd (een overlevingskans van 2,94%). Hierdoor ligt het gemiddelde op 54%, maar komen de percentages voor het mannelijke en vrouwelijke geslacht hoger uit.

De oorzaak voor de lage overlevingskans van de 'onbekende' knoflookpadden, is dat deze vaak als 'onbekend' zijn aangemerkt, juist doordat zij niet ook in een ander jaar zijn gevangen. Indien dan een foto van een knoflookpad te onduidelijk was voor geslachtsbepaling, kon deze ook niet met een foto uit een ander jaar worden vergeleken, hetgeen bij knoflookpadden waarbij dat wél kon in veel gevallen de doorslag gaf voor een correcte geslachtsbepaling. Hierdoor is het aantal knoflookpadden waarbij geslachtsbepaling niet mogelijk was in vrijwel alle gevallen beperkt gebleven tot knoflookpadden die in slechts één jaar zijn waargenomen. De berekende overlevingskansen per geslacht zouden dus lager uit zijn gevallen, indien van alle knoflookpadden het geslacht kon worden vastgesteld.

3.2.4 Hoeveel jaren nemen knoflookpadden gemiddeld deel aan de voortplanting?

Uit Bijlage 1 valt op te maken dat er 38 knoflookpadden twee jaren hebben deelgenomen aan de voortplanting, vijf knoflookpadden drie jaren aangetroffen zijn en één knoflookpad in vier jaren is gevangen, alvorens zij niet meer zijn waargenomen. Daarnaast zijn er ook 163 knoflookpadden die één keer hebben deelgenomen aan de voortplanting. Van knoflookpadden die in 2021 nog hebben deelgenomen aan de voortplanting, is het onduidelijk of zij in 2022 ook nog hebben deelgenomen. Daarom kan van deze groep knoflookpadden niet worden gezegd in hoeveel opeenvolgende jaren zij zich melden in Poel 1 en daardoor kan dus niet worden gezegd hoelang zij deelnemen aan de voortplanting.

Om te bepalen hoeveel jaren knoflookpadden gemiddeld deelnemen aan de voortplanting, vindt de volgende berekening plaats: de som van het aantal reeksen maal de duur van de reeksen gedeeld door het aantal knoflookpadden. Wanneer er wordt gekeken naar de knoflookpadden die voor het laatst in 2020 of eerder bij Poel 1 zijn aangetroffen, blijkt dat zij zich gemiddeld 1,28 maal bij de poel hebben gemeld, verspreid over de jaren. 44 knoflookpadden hebben zich in meerdere jaren laten zien en 137 knoflookpadden zijn één jaar waargenomen.

In onderstaande Tabel 8 is het verschil in het aantal voortplantingsjaren te zien tussen mannelijke en vrouwelijke knoflookpadden. Wanneer van alle knoflookpadden die momenteel als 'onbekend' zijn bestempeld duidelijk was geweest welke respectievelijk man en vrouw waren, dan had dit invloed gehad op het gemiddelde aantal voortplantingsjaren per geslacht.

Tabel 8 Aantal voortplantingsjaren per geslacht in Poel 1

Aantal unieke jaren waarin de knoflookpad is waargenomen	Man	Vrouw
1	104	27
2	28	9
3	1	4
4	1	0
Gemiddeld	1,28	1,47

3.2.5 Hoe oud wordt een knoflookpad?

Om te bepalen hoe oud de knoflookpadden in Poel 1 kunnen worden, is gekeken naar knoflookpadden die in 2021 niet meer zijn geregistreerd. Uit paragraaf 3.2.2 bleek namelijk dat er weliswaar knoflookpadden zijn die een of meerdere voortplantingsjaren overslaan alvorens zich weer in de poel te melden, maar dat dit aantal gering is. Daarom wordt ervan uitgegaan dat een knoflookpad is overleden indien deze niet meer is waargenomen. Daarnaast zijn er ook knoflookpadden die één keer deelnemen aan de voortplanting. Deze zijn in Bijlage 1, Bijlage 2 en Bijlage 3 terug te vinden in rij 5. Uit paragraaf 3.2.4 is gebleken dat knoflookpadden gemiddeld 1,28 maal deelnemen aan de voortplanting, waarbij mannen 1,28 keer waargenomen worden over de jaren heen en vrouwen 1,47 keer. Aangezien mannelijke knoflookpadden zich gemiddeld voor het eerst voortplanten wanneer ze twee jaar zijn en vrouwelijke knoflookpadden op driejarige leeftijd (Eggert & Guyetant, 2002), worden de knoflookpadden die in Poel 1 worden gemonitord gemiddeld 2,28 (man) tot 3,47 (vrouw) jaar oud. Als een knoflookpad zich één keer voortplant, dan gebeurt dat tijdens zijn eerste voortplantingsjaar. Vandaar dat de gemiddelde leeftijd niet respectievelijk 2 (begin voortplanting) + 1,28 jaar voor de mannetjes en 3 (begin voortplanting) + 1,47 jaar voor de vrouwtjes is, maar 2 + 0,28 en 3 + 0,47 jaar.

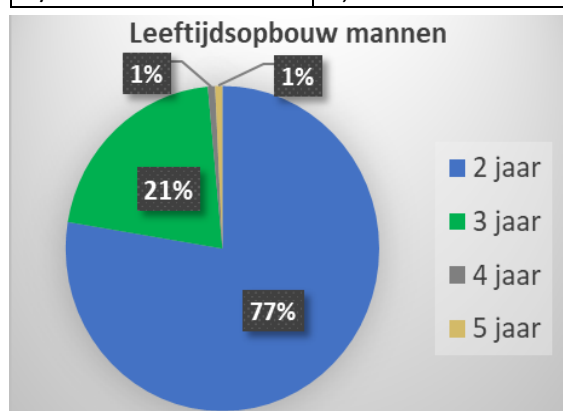
Wanneer van alle knoflookpadden die momenteel als 'onbekend' zijn bestempeld duidelijk was geweest welke respectievelijk man en vrouw waren, dan had dit invloed gehad op deze gemiddelde leeftijden. Nu zijn deze knoflookpadden niet meegenomen in de gegevens, omdat het vanwege hun

onbekende geslacht ook niet duidelijk is of ze na twee of drie jaar zijn begonnen met voortplanten. Daardoor is het onduidelijk wat de gemiddelde leeftijd van deze groep knoflookpadden is.

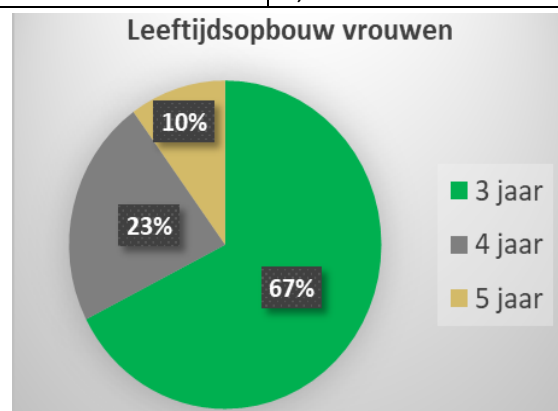
In onderstaande Tabel 9 staan de belangrijkste gegevens omtrent de leeftijd van de knoflookpad. De minimumleeftijd is gelijk aan het moment waarop de knoflookpad zich voor het eerst voortplant – respectievelijk twee jaar voor mannen en drie jaar voor vrouwen (Eggert & Guyetant, 2002). De maximumleeftijd is berekend door de minimumleeftijd plus het hoogst aantal voortplantingsjaren per geslacht minus één te doen (zie ook de eerdere uitleg in deze paragraaf). In Figuur 11 en Figuur 12 is de leeftijdsopbouw weergegeven van respectievelijk mannen en vrouwen in Poel 1.

Tabel 9 Minimale, maximale en gemiddelde leeftijd van mannelijke en vrouwelijke knoflookpadden in Poel 1

Man		Vrouw	
Min./max. leeftijd	Gemiddeld	Min./max. leeftijd	Gemiddeld
2/5	2,28	3/6	3,47



Figuur 11 Leeftijdsopbouw mannen in Poel 1



Figuur 12 Leeftijdsopbouw vrouwen in Poel 1

3.2.6 Worden knoflookpadden die in een voortplantingsseizoen als laatste ingaand zijn waargenomen in een volgend jaar nog gezien?

Het is van belang om te weten of een knoflookpad in Poel 1 verblijft nadat de monitoring in een jaar is gestopt, zodat kan worden bepaald of een knoflookpad daar is gestrand. Echter, dat een knoflookpad nog in Poel 1 zit na de monitoring (dus wanneer de laatste vangst intrekend is geweest), kan meerdere oorzaken hebben. Zo kan het zijn dat een knoflookpad ná de monitoringsperiode pas de poel verlaat. Dit kan worden achterhaald door te kijken of een exemplaar dat als laatst binnen een bepaald jaar intrekend is waargenomen, het jaar erop als eerst intrekend is waargenomen. Dat kan erop duiden dat de monitoring tot later in het jaar door moet gaan, zodat 'late vertrekkers' ook worden gevangen. Ook kan het zijn dat een intrekend exemplaar zich ingraaft binnen het vangscherm. Dat kan worden gecontroleerd door de uittrekkende waarnemingen van het jaar erop te bekijken. Indien een knoflookpad in het volgende jaar als eerst uittrekend wordt waargenomen, betekent dat dus dat deze zich had ingegraven binnen het scherm.

Factoren omtrent het vastleggen van knoflookpadden kunnen ook een oorzaak zijn voor een laatste 'ingande' waarneming. Het kan namelijk zo zijn dat deze exemplaren niet zijn geregistreerd, doordat zij het vangscherm en de valemers door bijvoorbeeld een doorgang in het scherm hebben weten te omzeilen. Ook is het mogelijk dat zij wel zijn gevangen, maar dat de foto's van hen van dusdanig slechte kwaliteit zijn, dat het niet mogelijk is hen te matchen met de ingaande waarneming. Tot slot is het plausibel dat zij wel zijn gevangen en gefotografeerd, maar dat de foto's zijn kwijtgeraakt, waardoor het onmogelijk is vast te stellen welke knoflookpad gevangen is. Deze factoren omtrent het vastleggen van de knoflookpadden vormen ook een mogelijke verklaring voor 'missende' waarnemingen van knoflookpadden tussen twee of meerdere voortplantingsjaren (zie ook paragraaf 3.2.2).

Mocht een exemplaar, nadat deze voor het laatst intrekking is waargenomen in een bepaald jaar, niet zijn waargenomen in het jaar erop, dan kan worden gesteld dat deze is komen te overlijden. Zelfs dan is het nog niet met zekerheid te zeggen dat deze in de poel is gestrand, omdat de knoflookpad ook de poel kan hebben verlaten nadat het vangscherm was weggehaald en tussen twee voortplantingsseizoenen in is overleden.

In onderstaande Tabel 10 staat beschreven hoeveel knoflookpadden als laatste ingaand zijn waargenomen, hoeveel van hen een jaar later wederom zijn gevangen en of deze nieuwe vangst in- of uitgaand is. De gegevens zijn van de periode 2016 tot en met 2020, omdat het over het jaar 2021 nog niet duidelijk is hoeveel knoflookpadden een jaar later weer zijn waargenomen.

Tabel 10 Het aantal knoflookpadden dat als laatste ingaand is gevangen in Poel 1

	Man	Vrouw	Onbekend	Totaal
Laatste vangst ingaand	91	29	4	124
Jaar later niet gevangen	54	12	4	70
Jaar later weer gevangen	37	17*	0	54
Volgende vangst ingaand	33	16*	0	49
Volgende vangst uitgaand	4	1	0	5

*één exemplaar werd twee jaar later weer gevangen

Uit de gegevens blijkt dat 54 van de 124 knoflookpadden die als laatste ingaand zijn gevangen in een voortplantingsseizoen, een jaar later weer zijn waargenomen. 49 van de 54 knoflookpadden hebben een jaar later als eerste waarneming 'ingaand'. Uit paragraaf 3.2.2 is gebleken dat een knoflookpad zelden niet (goed) wordt waargenomen. Echter, wanneer in twee opeenvolgende jaren twee ingaande waarnemingen elkaar opvolgen, mist er dus (minstens) één uitgaande waarneming. Dit kan erop duiden dat het vangscherm en de valemers al worden weggehaald terwijl het voortplantingsseizoen nog bezig is.

3.2.7 Hoe vaak per jaar begeven knoflookpadden zich richting het voortplantingswater?

In onderstaande Tabel 11 staat vermeld hoeveel vangsten respectievelijk in- en uittrekking waren en hoeveel individuen het elk jaar betrof.

Tabel 11 Aantal in- en uittrekkende knoflookpadden in Poel 1

		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Aantal vangsten	Waarnemingen in-trekkend	2	9	25	74	270	350
	Waarnemingen uit-trekkend	5	7	32	116	223	202
	Totaal	7	16	57	190	493	552
	Individuele intrekking	2	9	21	72	254	338
	Individuele uittrekking	5	4	21	103	209	200
	Totaal	7	13	42	175	463	538
Aantal individuen		7	9	27	120	287	402

Tot en met 2019 zetten vrijwilligers knoflookpadden af en toe bewust aan de verkeerde kant van het scherm uit (P. Kroon, persoonlijke communicatie, 20 februari 2023). Wanneer de vrijwilligers meenden dat het een uitgaand vrouwtje betrof die nog eisnoeren moest afzetten in Poel 1, werd deze niet aan de buitenkant, maar aan de binnenkant vrijgelaten. Zo is in 2019 een knoflookpad vijfmaal uitgaand gevangen, maar geen enkele keer ingaand. Normaliter wordt een knoflookpad die aan de binnenkant van het vangscherm wordt gevangen, aan de buitenkant uitgezet. Daardoor zijn de aantallen over de totale in- en uittrek over de jaren 2016 tot en met 2019 niet betrouwbaar en dus niet bruikbaar.

Wanneer enkel wordt gekeken naar knoflookpadden die hebben deelgenomen aan de voortplanting in 2020 en 2021, ontstaat onderstaande Tabel 12. Hoe vaak een knoflookpad heeft deelgenomen, is als volgt bepaald: het aantal ingaande waarnemingen is hetzelfde als het aantal deelnames aan de voortplanting, tenzij de eerste waarneming een uitgaande waarneming betreft. In dat geval heeft de knoflookpad *aantal ingaande waarnemingen + 1* maal deelgenomen aan de voortplanting, omdat deze zich al binnen het scherm begaf voordat deze werd gevangen. Wanneer een knoflookpad meer dan eenmaal aan de ene kant van het scherm in een valemmer is beland, maar tussendoor geen enkele keer aan de andere kant, dan wordt dit als één deelname gerekend. Het kan namelijk zijn dat een vrijwilliger – al dan niet per ongeluk – een knoflookpad aan de verkeerde kant van het scherm heeft uitgezet of dat er op een ander vlak een fout is gemaakt. Uit Tabel 12 blijkt dat mannelijke en vrouwelijke knoflookpadden zich praktisch even vaak binnen een voortplantingsseizoen naar Poel 1 begeven.

Tabel 12 Aantal keer dat een knoflookpad in één jaar is gevangen in Poel 1

Jaartal	Aantal keer deelgenomen	Man	Vrouw	Onbekend	Totaal
2020	1	186	81	2	269
	2	11	6	0	17
	3	0	1	0	1
2021	1	216	177	5	398
	2	2	2	0	4
Gemiddeld		1,03	1,04	1,00	1,03

3.3 Hoe zal de knoflookpaddenpopulatie zich in de periode 2022-2027 ontwikkelen?

In het Leslie-model zijn de verschillende waarden ingevuld. De waarden van de overlevingskansen die zijn ingevuld is het Leslie-model voor de eieren, larven, juvenielen en subadulten één en twee jaar, zijn uit de literatuur gehaald (Tabel 13). De waarde van de overlevingskans van adulte vrouwelijke knoflookpadden is 0,66 en is uit de eigen dataset 2016 tot en met 2021 gehaald (Tabel 7, paragraaf 3.2.3). De geslachtsverhouding is berekend aan de hand van de gegevens uit de dataset van het vangscherm bij Poel 1. De geslachtsverhouding is 1 : 0,63, dit wil zeggen voor één mannetje is er 0,63 vrouwtje. Het vruchtbaarheidscijfer is het aantal eieren in een legsel maal het aandeel vrouwen in de populatie maal de overlevingskans van adulte vrouwelijke knoflookpadden. Dit geeft $2.000 \cdot 0,385 \cdot 0,66 = 508,2$. De populatievector $N(t)$ begint op $t = 2020$. Uit verschillende invullingen in het model blijkt namelijk dat het jaartal 2020 het meest overeenkomt met de werkelijke aantallen in 2020 en 2021. De verwachting is daarom dat dit jaartal het meest representatief de populatieontwikkeling voor de jaren 2022 tot en met 2027 weergeeft. De gegeven aantallen (N) zijn de aantallen eieren, larven, juvenielen en subadulten één en twee jaar en adulten in 2020. Het aantal adulte vrouwelijke knoflookpadden in 2020 is 88. De aantallen van de andere levensfasen zijn berekend aan de hand van de waarden uit de literatuur. Dit geeft voor het jaar 2020 een aantal van 38.297 eieren, larven en juvenielen, 302 subadulten één jaar en 163 subadulten twee jaar. Het gaat bij alle gegevens om het vrouwelijk deel van de populatie.

Tabel 13 Parameters en gebruikte waarden in het Leslie-model

Parameter	Waarde	Range	Literatuur
Overlevingskans eieren, larven en juvenielen	0,00788	0,00003-0,0376	Hels & Nachman, 2002
Overlevingskans subadult één jaar	0,54	0,39-0,72	Hels & Nachman, 2002; Schmidt et al., 2012
Overlevingskans subadult twee jaar	0,54	0,39-0,72	Hels & Nachman, 2002; Schmidt et al., 2012
Overlevingskans adulten (vrouwen)	0,66	-	Tabel 7, paragraaf 3.2.3
Vruchtbaarheidscijfer (adulten)	484	-	-
Geslachtsverhouding	1 : 0,63	-	Tabel 6, paragraaf 3.2.1
Aantal eieren legsel	2.000	700-3.400	Van Gelder & Kalkhoven, 1971
Aantal legsels	1	0-1	Crombaghs et al., 2009

In onderstaande Figuur 13 zijn de waarden uit bovenstaande tabel en de aantallen (N) uit het jaar $t = 2020$ ingevuld.

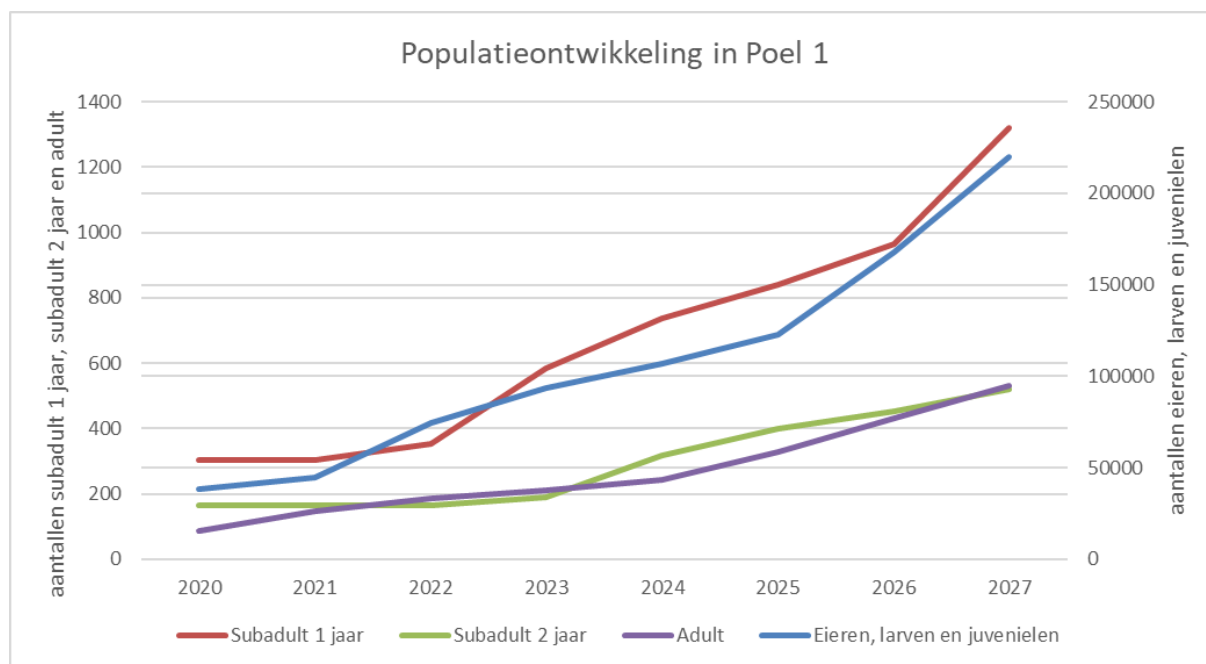
Eieren, larven, juvenielen ($t+1$)	0	0	0	508,2	38.297 (2020)
Subadult 1 jaar ($t+1$)	0,00788	0	0	0	302 (2020)
Subadult 2 jaar ($t+1$)	0	0,54	0	0	163 (2020)
Adult ($t+1$)	0	0	0,54	0,66	88 (2020)

Figuur 13 Invulling van het Leslie-model

Uit de invulling van het Leslie-model volgt de uitslag weergegeven in Tabel 14 en Figuur 14. De uitslag geeft de populatiegrootte per levensfase weer over de jaren 2020 tot en met 2027. Let op: dit betreffen de vrouwelijke knoflookpadden. Het Leslie-model is uitsluitend geschikt voor het berekenen van het vrouwelijk deel van de populatie. Het aantal vrouwelijke adulten in het jaar 2021 komt bij benadering overeen met het aantal uit de dataset 2016 tot en met 2021 van Poel 1. Wat opvalt is dat in de jaren 2020 en 2021 het aantal subadulten één jaar stagneert en in de jaren 2020 tot en met 2022 het aantal subadulten twee jaar stagneert. Vervolgens stijgen in 2022 het aantal subadulten één jaar en in 2023 het aantal subadulten twee jaar. Het Leslie-model geeft bij alle levensfasen een stijgende trend weer, wat betekent dat de populatie zich verder zal ontwikkelen in aantallen over de jaren 2022 tot en met 2027. Echter, het Leslie-model houdt geen rekening met het groeiplafond van de populatie. Ook met de beschikbaarheid van voedsel, predatie, veranderingen in het klimaat en andere invloeden van buitenaf houdt het Leslie-model geen rekening.

Tabel 14 Populatiegrootte per levensfase per jaar in Poel 1

Populatie- grootte levensfase ↓	Jaar- tal →	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Eieren, larven en juvenielen		38.297	44.722	74.238	93.719	106.576	122.564	167.583	220.044
Subadult één jaar		302	302	352	585	739	840	966	1.321
Subadult twee jaar		163	163	163	190	316	399	454	522
Adult		88	146	184	210	241	330	433	531



Figuur 14 Weergave populatieontwikkeling in Poel 1

3.4 Hoe verhoudt de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep zich tot knoflookpadpopulaties elders in Europa?

In verschillende delen van Europa is, net als in De Kaaistoep, populatieonderzoek gedaan naar de knoflookpad. Drie van deze onderzoeken zijn hieronder uiteengezet. Op die manier kunnen het resultaat en de methoden van het populatieonderzoek in Poel 1 vergeleken worden met resultaten en onderzoeksmethoden van andere populatieonderzoeken. Hierbij moet worden vermeld dat de aangehaalde onderzoeken waren gericht op natuurlijke knoflookpaddenpopulaties, waar het in De Kaaistoep een geïntroduceerde knoflookpaddenpopulatie betreft. Zo kan middels de resultaten van de onderzoeken elders worden bekeken hoe een natuurlijke knoflookpaddenpopulatie zich verhoudt tot een geïntroduceerde knoflookpaddenpopulatie. Vervolgens worden in paragraaf 3.5 de voor- en nadelen van de onderzoeksmethoden in De Kaaistoep besproken ten opzichte van de onderzoeksmethoden elders.

3.4.1 Onderzoek en resultaten populatieonderzoeken elders

Land: Denemarken

Soort onderzoek: Vangschermonderzoek

Op het schiereiland Djursland (Denemarken) is van 1994 tot en met 1997 een populatie ter grootte van ongeveer 1.000 knoflookpadden onderzocht – 340 vrouwtjes en 589 mannetjes – verdeeld over vijf vijvers (Hels, 2002). De vijvers hadden een grootte variërend van 500m² tot 2.500m² en de afstand tussen de vijvers varieerde van 175 meter tot 575 meter. Gemeten vanaf de meest dichtstbijzijnde vijver, lag er op 50 meter afstand een autoweg. De vijvers werden omheind met een vangscherm en de gevangen knoflookpadden werden gemarkeerd middels PIT-tagging, zodat ze bij elke terugvangst konden worden herkend. Daarnaast werd bij elke adult middels een inkeping in een teen en sclero-chronologie de leeftijd bepaald en – in het geval van een juveniel exemplaar – gekeken uit welke vijver de knoflookpad kwam. Ook werden volwassen vrouwen gewogen. Door de vrouwelijke knoflookpadden te wegen, kon worden bepaald of deze eieren hadden afgezet of niet. Hels concludeerde dat een vrouwelijke knoflookpad gemiddeld 4,18% van haar lichaamsgewicht in het water verloor door metabolisme en beargumenteerde daarom dat elke afname bovenop deze 4,18% een teken moest zijn van afgezette eieren.

Uit het onderzoek bleek dat in de desbetreffende populatie de geslachtsverhouding 1,70 mannetje : 1 vrouw is. Verder is gebleken dat vrouwelijke knoflookpadden tijdens hun vijfde levensjaar het vruchtbaarst zijn; zij zetten dan de meeste eieren af. Uit de gegevens valt ook op te maken dat de knoflookpadden erg plaatstrouw zijn: 1,09% van de knoflookpadden die nogmaals werden gevangen, werden in een andere vijver gevangen dan waar deze eerder gevangen waren. Drie individuen werden 250 meter van hun eerste vangplaats nogmaals gevangen; één vrouw binnen hetzelfde paarseizoen en twee mannen een paarseizoen later. Een vrouw en een man werden een paarseizoen later bij een vijver 500 meter van hun vorige vangst nogmaals gevangen. Hels waarschuwt dat door deze plaatsrouwheid van metapopulaties inteeltdepressies kunnen optreden. Door het gegeven dat de knoflookpadden vrijwel altijd terugkeren naar hun geboortewater, werd de aanname gedaan dat een juveniele knoflookpad die later niet terugkeerde om zich voort te planten, was overleden. Gedurende het onderzoek bleek dat het vangscherm – welke 50 centimeter boven de grond uitstak en 20 centimeter diep zat – goed werkt, aangezien er “slechts acht individuen (allen man) tweemaal aan dezelfde zijde van het scherm zijn gevangen, wat erop duidt dat ze erlangs zijn geglipt”. Tijdens het onderzoek zijn 46 knoflookpadden in drie of meer opeenvolgende jaren gevangen (26 mannen, twintig vrouwen). Vier van hen sloegen een paarseizoen over en geen enkele knoflookpad sloeg twee jaar achtereen een paarseizoen over (Hels, 2002).

Land: Roemenië

Soort onderzoek: Invloed van verstedelijking op de habitat

In dit onderzoek, uitgevoerd in Sălicea (Roemenië), is gekeken of verstedelijking invloed heeft op de grootte, lichamelijke conditie en leeftijd van de knoflookpad (Cogălniceanu et al., 2021). In het onderzoek zijn onderzoeksresultaten uit begin 2000 vergeleken met onderzoeksresultaten uit de periode 2012-2014. Het onderzoeksgebied betrof een permanente poel van circa 2.700m², welke oorspronkelijk werd omringd door steppegasland en bos, maar over de jaren heen veranderde de omgeving (zie Figuur 15). Nabij de poel lag een provinciale weg. Het onderzoek werd uitgevoerd middels *Visual Encounter Surveys* gedurende paarseizoenen in de periode 2000-2004 en 2012-2014. Tijdens deze *Visual Encounter Surveys* ving twee onderzoekers tussen 19:00 uur en 02:00 uur knoflookpadden in en bij de poel met de hand en met een schepnet. Alleen volwassen exemplaren werden meegenomen in het onderzoek.



Figuur 15 Verandering van de omgeving tussen 2004 en 2014 (Székely, z.d., overgenomen uit Cogălniceanu et al., 2021)

Gedurende het onderzoek in 2000-2004 zijn 279 individuele knoflookpadden gevangen – 120 vrouwen en 159 mannen. In de periode 2012-2014 zijn 94 individuele exemplaren gevangen – 42 vrouwen en 52 mannen. Uit het onderzoek is gebleken dat de gemiddelde levensduur van de knoflookpad door de verstedelijking is afgenomen van 3,5 jaar tot 3 jaar, maar dit was niet significant. Deze leeftijdsbepaling werd gedaan middels een inkeping in een teen en sclerochronologie. In tegenstelling tot de leeftijd waren de lichaamslengte, lichamelijke conditie en het gewicht wel significant afgenomen. Hierom stelden de onderzoekers dat leeftijd geen goede parameter is om te bekijken hoe de knoflookpad reageert op een veranderende leefomgeving, waar lichaamslengte, lichamelijke conditie en gewicht dat wél zijn (Cogălniceanu et al., 2021).

Land: Frankrijk

Soort onderzoek: Vangschermonderzoek

Een van de laatste knoflookpaddenpopulaties van Frankrijk is gedurende vier jaar geobserveerd. Tijdens het onderzoek zijn 489 knoflookpadden (301 mannen en 188 vrouwen) voorzien van transponders. Om de populatie te onderzoeken zijn de knoflookpadden middels een vangscherm en valemers gevangen en vervolgens kon middels zenderonderzoek en fluorescerende kleurstoffen op de knoflookpadden worden onderzocht welk microhabitat zij prefereren. Ook is de leeftijd van de knoflookpadden onderzocht; dit gebeurde door middel van een inkeping in een teen en sclerochronologie (Eggert & Guyétant, 2002).

Het onderzoek vond plaats in Lorraine, tussen 1996 en 1999. In 1985 werd hier een geïsoleerde knoflookpaddenpopulatie herontdekt, welke zich bevond in een 350 hectare groot beschermd gebied. In het gebied waren vier poelen aanwezig waarin de knoflookpadden zich voortplantten.

Uit het onderzoek is gebleken dat gebieden met een lage vegetatiestructuur het meest gebruikt werden door de knoflookpadden. Wanneer diverse nieuwe poelen werden gecreëerd voor de knoflookpad, werden deze haast direct bezet.

Middels sclerochronologie kwamen de onderzoekers tot minimale, maximale en gemiddelde leeftijden binnen elk jaar (Tabel 15).

Tabel 15 Jaarlijkse minimale, maximale en gemiddelde leeftijd van de knoflookpaddenpopulatie in Frankrijk (Eggert & Guyetant, 2002)

Year	Age range, Mean age (SD,N)	
	Males	Females
1996	2-7, 2.83 (0.84, N=18)	2-10, 5.00 (1.70, N=26)
1997	2-6, 3.25 (1.01, N=89)	2-11, 4.14 (1.71, N=56)
1998	2-7, 3.93 (0.96, N=76)	2-12, 4.64 (1.76, N=51)
1999	2-6, 4.39 (1.08, N=59)	2-8, 4.38 (1.08, N=59)

Uit deze gegevens blijkt dat de knoflookpadden minimaal twee jaar oud zijn wanneer zij voor het eerst meedoen aan de voortplanting. De onderzoekers concluderen echter dat mannelijke knoflookpadden vanaf hun tweede levensjaar meedoen aan de voortplanting, waar vrouwelijke knoflookpadden zich pas melden wanneer zij drie jaar oud zijn (Eggert & Guyetant, 2002).

In onderstaande Tabel 16 zijn middels de bovenstaande gegevens de gemiddelde leeftijden over de jaren heen en de gemiddelde aantallen jaren van voortplanting berekend. Hierbij is de gemiddelde leeftijd berekend door jaarlijks het aantal knoflookpadden (N) maal de gemiddelde leeftijd (*Mean age*) te doen, waarna per geslacht de gemiddelde leeftijd is bepaald. Het aantal voortplantingsjaren betreft de gemiddelde leeftijd minus de leeftijd waarop de knoflookpadden beginnen met voortplanten + 1 (+ 1, omdat een knoflookpad zich al voortplant op het moment dat deze voor het eerst bij de poel wordt waargenomen). Het is hierbij belangrijk te vermelden dat bij dit onderzoek de leeftijd is berekend aan de hand van nog levende knoflookpadden, waardoor de gemiddelde leeftijd in de onderstaande tabel dus de gemiddelde leeftijd is van de toen nog levende knoflookpadden.

Tabel 16 Minimale, maximale en gemiddelde leeftijd van de knoflookpaddenpopulatie in Frankrijk (naar Eggert & Guyetant, 2002)

	Min./max. leeftijd	Gemiddelde leeftijd	Gemiddeld aantal jaar voortplanting
Man	2/7	3,71	2,71
Vrouw	2/12	4,46	2,46
Totaal	2/12	4,04	2,60

3.4.2 Verschillen en overeenkomsten tussen de knoflookpaddenpopulatie in De Kaaistoep en knoflookpaddenpopulaties elders

Er zijn twee aspecten die zowel in De Kaaistoep als elders zijn onderzocht. Zo is binnen alle onderzoeken duidelijk geworden wat de geslachtsverhouding is binnen de populaties en is in Frankrijk onderzocht hoe oud een knoflookpad gemiddeld wordt. Een derde aspect – het gemiddeld aantal jaren dat een knoflookpad zich voortplant – kon aan de hand van de gegevens uit Frankrijk ook worden bepaald. In deze paragraaf worden deze drie aspecten behandeld, waarbij wordt gekeken of er verschillen zijn tussen de populatie in Poel 1 en de populaties elders.

Wat is de geslachtsverhouding binnen de knoflookpaddenpopulaties?

Uit Tabel 6, paragraaf 3.2.1, is gebleken dat de geslachtsverhouding in Poel 1 één man op 0,63 vrouw bedraagt. In Denemarken, Roemenië en Frankrijk ligt deze verhouding op respectievelijk 1 : 0,58, 1 : 0,81 en 1 : 0,62 (Hels, 2002; Cogălniceanu et al., 2021; Eggert & Guyetant, 2002) (Tabel 17). Hierbij valt

op dat er in Roemenië beduidend meer vrouwen per man zijn dan bij de andere onderzoeken. Dit kan komen door de grootte van de verschillende populaties. In Poel 1, Denemarken en Frankrijk zijn populaties onderzocht ter grootte van circa 400 tot circa 1.000 exemplaren, waar in Roemenië een populatie is onderzocht van minder dan 100 individuen. Ook is er in Roemenië over minder jaren onderzoek verricht, namelijk drie, dan in Poel 1 (zes jaar), Denemarken (vier jaar) en Frankrijk (vier jaar). Deze factoren kunnen ertoe leiden dat de uitkomsten van het onderzoek in Roemenië minder betrouwbaar zijn dan de uitkomsten van de overige onderzoeken.

Tabel 17 Geslachtsverhouding, vergeleken tussen de onderzoeken

Locatie	Aantal mannen	Aantal vrouwen	Geslachtsverhouding (m/v)
Poel 1	354	222	0,63
Denemarken	589	340	0,58
Roemenië	52	42	0,81
Frankrijk	301	188	0,62

Hoeveel jaren nemen knoflookpadden gemiddeld deel aan de voortplanting?

In paragraaf 3.2.4 valt te lezen dat mannen gemiddeld 1,28 voortplantingsjaar naar Poel 1 komen en vrouwen gemiddeld 1,47 jaar. Het gemiddelde van de populatie in Poel 1 bedraagt 1,28 jaar. Uit het onderzoek in Frankrijk blijkt dat de knoflookpadden in Lorraine gemiddeld 2,60 jaar deelnemen aan de voortplanting. Ook tussen de mannen onderling en de vrouwen onderling is het verschil tussen de onderzoeken groot. Bij beide geslachten en over de totale populaties is er sprake van een significant verschil in het gemiddeld aantal jaren voortplanting tussen Poel 1 en Frankrijk (Tabel 18).

Tabel 18 Gemiddeld aantal jaren voortplanting, vergeleken tussen de onderzoeken

	Man	Vrouw	Totaal
Poel 1	1,28	1,47	1,28
Frankrijk	2,71	2,46	2,60
Significant verschil?	Ja, onafhankelijke t-toets geeft $p < 0.001$	Ja, onafhankelijke t-toets geeft $p < 0.001$	Ja, onafhankelijke t-toets geeft $p < 0.001$

Hoe oud wordt een knoflookpad?

Voortbordurend op het gemiddeld aantal jaren voortplanting volgt dat zowel mannetjesknoflookpadden als vrouwtjesknoflookpadden in Frankrijk significant ouder worden dan de mannetjes- en vrouwtjesknoflookpadden in Poel 1. Ook blijkt bij beide geslachten de geconstateerde maximale leeftijd in Frankrijk hoger te liggen dan in Poel 1 (Tabel 19).

Tabel 19 Minimale, maximale en gemiddelde leeftijd, vergeleken tussen de onderzoeken

	Man (min./max./gem.)	Vrouw (min./max./gem.)
Poel 1	2/5/2,28	3/6/3,47
Frankrijk	2/7/3,71	2/12/4,46
Significant verschil (tussen gemiddelde leeftijden)?	Ja, onafhankelijke t-toets geeft $p < 0.001$	Ja, onafhankelijke t-toets geeft $p < 0.001$

3.5 Wat zijn de voor- en nadelen van methoden bij het populatieonderzoek in De Kaaistoep ten opzichte van methoden bij populatieonderzoeken naar knoflookpadden elders?

Door onderzoeksmethoden omtrent het monitoren van knoflookpaddenpopulaties op verschillende plekken met elkaar te vergelijken, wordt duidelijk of de momenteel gehanteerde onderzoeksmethoden in De Kaaistoep toereikend zijn voor een compleet beeld van de populatieontwikkeling aldaar. Aan de hand daarvan is gekeken of er verbeteringen mogelijk zijn in deze methoden, welke zich vertalen naar de aanbevelingen die in paragraaf 6.2 worden behandeld.

3.5.1 Voordelen onderzoeksmethoden in De Kaaistoep ten opzichte van methoden elders

In De Kaaistoep is onderzocht wat de mortaliteit is binnen de knoflookpaddenpopulatie, waardoor kan worden bepaald hoe groot de jaarlijkse aanwas moet zijn om voor een levensvatbare populatie te zorgen. De mortaliteit is berekend door de overlevingskans te berekenen. Hierdoor kan ook worden berekend hoeveel knoflookpadden jaarlijks niet weten te overleven. Dit is niet gebeurd in de onderzoeken elders.

In tegenstelling tot de onderzoeken in Denemarken, Frankrijk en Roemenië, is in De Kaaistoep onderzocht hoe vaak een knoflookpad zich binnen een voortplantingsseizoen naar het voortplantingswater begeeft. Dit geeft meer inzicht in de voortplantingsstrategie van de knoflookpad.

Middels het Leslie-model is bepaald hoe de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 zich ontwikkelt in de komende zes jaar. In de buitenlandse onderzoeken is niet gekeken naar populatieveranderingen in de toekomst.

Waar in Roemenië de knoflookpadden per schepnet zijn gevangen, worden er bij Poel 1 knoflookpadden middels een vangscherm gevangen. Hierdoor wordt de kans op het missen van knoflookpadden verkleind.

3.5.2 Nadelen onderzoeksmethoden in De Kaaistoep ten opzichte van methoden elders

Er wordt geen gebruik gemaakt van sclerochronologie. Dit is wel gedaan bij de onderzoeken in Denemarken, Roemenië en Frankrijk, waardoor een nauwkeurige leeftijdsbepaling kon worden gedaan. In De Kaaistoep is het onduidelijk hoe oud een knoflookpad precies is; dit wordt bepaald aan de hand van het aantal waarnemingen en het geslacht.

In Denemarken wordt het gewicht gebruikt om te bepalen of vrouwen eieren hebben afgezet. In De Kaaistoep wordt het gewicht van elke knoflookpad weliswaar genoteerd, maar er is geen onderzoek verricht naar de samenhang tussen gewichtsverlies en eiafzet.

In De Kaaistoep wordt middels foto's bepaald of een individu al eerder is gevangen. In Denemarken worden hiervoor PIT-tags gebruikt. PIT-tagging zorgt voor minder hiaten in de data, omdat bij foto's de kans bestaat dat deze zoekraken of onduidelijk zijn, waardoor niet kan worden bepaald om welke knoflookpad het gaat. Daardoor gaat essentiële informatie verloren.

In De Kaaistoep wordt geen onderzoek verricht naar de leefomgeving van de knoflookpadden. Uit onderzoek in Roemenië blijkt dat door het vergelijken van data over de lengte, het gewicht en de lichamelijke conditie kan worden bepaald of de leefomgeving negatief dan wel positief veranderd is.

4 Conclusie

Aan de hand van de resultaten wordt er in de conclusie antwoord gegeven op de hoofdvraag. In dit onderzoek is getracht de volgende hoofdvraag te beantwoorden: Hoe ontwikkelt de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 in De Kaaistoep zich sinds 2016?

Uit de resultaten komt naar voren dat sinds 2016 de aantallen gevangen knoflookpadden in Poel 1 significant zijn gestegen. De geslachtsverhouding in Poel 1 is gemiddeld één mannetje op 0,63 vrouwtje. Er is duidelijk geworden dat knoflookpadden geen voortplantingsjaar overslaan. De overlevingskans van een knoflookpad is over 2016 en 2017 zeer verschillend. In 2018 tot en met 2021 is de overlevingskans gestabiliseerd. De gemiddelde overlevingskans van een mannelijke knoflookpad is 54,88% en van een vrouwelijke knoflookpad 66,39%. De gemiddelde overlevingskans voor de gehele populatie is 54%, hierin zijn ook de knoflookpadden met onbekend geslacht opgenomen. Doordat het aantal voortplantingsjaren voor een mannelijke knoflookpad gemiddeld 1,28 bedraagt en voor een vrouwelijke knoflookpad gemiddeld 1,47, kan geconcludeerd worden dat vrouwelijke knoflookpadden gemiddeld meer jaren deelnemen aan de voortplanting dan mannelijke knoflookpadden. Binnen een voortplantingsseizoen komen de knoflookpadden gemiddeld 1,03 keer naar Poel 1. De gemiddelde leeftijd van mannelijke knoflookpadden is 2,28 jaar en de gemiddelde leeftijd van vrouwelijke knoflookpadden is 3,47 jaar. Tot slot is duidelijk geworden dat 54 van de 124 knoflookpadden die als laatste ingaand zijn gevangen in een voortplantingsseizoen, het jaar erop weer zijn gevangen. Van deze knoflookpadden hebben er 49 een jaar later als eerste waarneming 'ingaaand'.

Uit het Leslie-model blijkt dat de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 over de jaren 2022 tot en met 2027 een stijgende trend kent in alle levensfasen. Dit betekent dat de aantallen knoflookpadden over deze jaren zullen stijgen, met in achtneming van de gebreken van het Leslie-model.

Zoals uit literatuurstudie is gebleken, komt de geslachtsverhouding in Poel 1 vrijwel overeen met de geslachtsverhouding uit twee populatieonderzoeken elders, met één populatieonderzoek is een verschil in geslachtsverhouding. De gemiddelde deelname aan de voortplanting in jaren in Poel 1, verschilt significant van de gemiddelde deelname aan de voortplanting in jaren binnen een knoflookpaddenpopulatie in Frankrijk. Ook de leeftijd van de knoflookpadden in Poel 1 verschilt significant met de leeftijd van de knoflookpaddenpopulatie in Frankrijk.

De resultaten hebben tot slot uitgewezen dat het gebruik van een vangscherm een voordeel is bij Poel 1 ten opzichte van visuele tellingen bij onderzoeken elders. Het maken van foto's van de knoflookpadden is een nadeel ten opzichte van het gebruikmaken van PIT-tagging. Ook is gebleken dat het gebruik van sclerochronologie een voordeel is voor het bepalen van de leeftijd in vergelijking met de methode gebruikt in dit populatieonderzoek.

Uit dit onderzoek is gebleken dat de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 zich sinds 2016 in positieve zin ontwikkelt. De knoflookpaddenpopulatie is gestegen in aantal en de vooruitzichten met betrekking tot stijging van de aantallen zijn de komende jaren gunstig. De geslachtsverhouding in Poel 1 komt vrijwel overeen met twee populatieonderzoeken elders in Europa. De overlevingskans van de knoflookpadden in de populatie is gestabiliseerd. Met betrekking tot de voortplantingsstrategie is bekend geworden dat knoflookpadden geen voortplantingsjaar overslaan en dat vrouwen gemiddeld meer jaren deelnemen aan de voortplanting dan mannen. Beide geslachten nemen binnen een voortplantingsperiode één keer deel aan de voortplanting. Verder is bekend geworden dat vrouwen ouder worden dan mannen in de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1.

5 Discussie

De discussie belicht de validiteit van het populatieonderzoek. Ook wordt er dieper ingegaan op de resultaten en de beperkingen van het onderzoek. Verder wordt er aangegeven wat de implicaties zijn van het onderzoek en worden er suggesties voor vervolgonderzoek gegeven.

Methodologie en validiteit

Kwantitatieve data-analyse over de gegevens van 2016 tot en met 2021 van de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 in De Kaaistoep heeft veel nieuwe inzichten opgeleverd. Het ordenen van de dataset en vervolgens de analyse van deze data, heeft informatie opgeleverd over de populatieontwikkeling en de populatiedynamiek. Er is ingegaan op de aantallen knoflookpadden binnen de populatie, de geslachtsverhouding, de voortplantingsstrategie en de leeftijd. Tevens is een populatiemodel toegepast om de ontwikkeling van de populatie over de jaren 2022 tot en met 2027 weer te geven. Ook is middels literatuurstudie gekeken naar hoe het populatieonderzoek in Poel 1 zich in resultaten en methoden verhoudt tot populatieonderzoeken naar knoflookpaddenpopulaties elders.

Gebruikte methoden zijn betrouwbaar en reproduceerbaar. De methode is valide te noemen. Op verschillende wijzen zijn statistische berekeningen gedaan om aan te tonen of gevonden resultaten significant blijken. Zo is er aangetoond of de data wel of niet normaal verdeeld zijn, is er een lineaire regressie of een correlatiematrix toegepast en de stijging van de trendlijn is niet-significant of significant verklaard. Verder is er gebruik gemaakt van een onafhankelijke t-toets om significantie van de data aan te tonen dan wel te weerleggen. Bij herhaling van dit onderzoek zijn de uitkomsten van de statistische analyses hetzelfde en daarmee zijn de uitkomsten valide.

Interpretatie resultaten

De resultaten uit het onderzoek geven zoals verwacht een compleet beeld van de populatieontwikkeling over de jaren 2016 tot en met 2021 in Poel 1. De resultaten sluiten aan op het eerdere populatieonderzoek in Poel 1 over de jaren 2016 tot en met 2019. Het gebruikte populatiemodel geeft in het eerdere onderzoek een stijgende trend weer. Geheel in lijn der verwachting geeft het populatiemodel ook in dit onderzoek een stijgende trend weer. Ook geven de resultaten zoals verwacht nieuwe inzichten in de aantallen knoflookpadden en is de groei van de populatiegrootte over de jaren 2016 tot en met 2021 significant. Tevens geven de resultaten nieuwe inzichten met betrekking tot de geslachtsverhouding, de voortplantingsstrategie, de overlevingskans en de leeftijd binnen de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1. Vanaf 2019 is een verandering in de geslachtsverhouding waarneembaar; het aantal vrouwen is vertienvoudigd terwijl het aantal mannen verdrievoudigd is. Dit betreft een onverwacht resultaat. Hier is ook geen verklaring voor gevonden. Ook wat betreft leeftijd in relatie tot voortplantingstrekk zijn er onverwachte bevindingen. Het lijkt erop dat de trek naar het voortplantingswater op een latere leeftijd begint dan in de literatuur wordt genoemd (mannen op tweejarige leeftijd en vrouwen op driejarige leeftijd (Eggert & Guyetant, 2002)), aangezien in 2013 en 2014 grote aantallen zijn uitgezet, maar er uit het onderzoek blijkt dat de bulk van knoflookpadden pas in 2019 naar het voortplantingswater komt. Ook was de verwachting dat knoflookpadden meerdere jaren deelnemen aan de voortplanting, maar uit dit onderzoek blijkt dat knoflookpadden veelal één jaar deelnemen aan de voortplanting. Verder tonen de resultaten aan dat er een significant verschil zit tussen de leeftijd en het aantal voortplantingsjaren tussen Poel 1 en de knoflookpaddenpopulatie in Frankrijk. Tot slot komt een opvallend verschil in onderzoeksmethode tussen het populatieonderzoek in Poel 1 en populatieonderzoeken elders naar voren. Bij de andere populatieonderzoeken wordt gebruikgemaakt van de methode sclerochronologie om de leeftijd van de knoflookpadden te bepalen. Deze methode wordt niet toegepast binnen het populatieonderzoek in Poel 1.

Beperkingen populatieonderzoek

Een aantal beperkingen heeft invloed gehad op de resultaten van het onderzoek. Tijdens het ordenen van de dataset is er een aantal foto's van knoflookpadden naar voren gekomen die door hun slechte kwaliteit niet te matchen waren. Deze foto's zijn wel meegenomen in het onderzoek als zijnde geen match, maar hebben mogelijk wel een match. Het gevolg hiervan is dat er wellicht meer individuen zijn 'meegeteld' dan dat er zijn. Tevens ontbreekt er een aantal foto's. Hierdoor kan het zijn dat een aantal knoflookpadden niet gematcht is of een aantal individuen mist. Ook is het bij een aantal knoflookpadden niet mogelijk het geslacht te bepalen door het ontbreken van informatie hierover in de dataset en door onduidelijke foto's. Deze knoflookpadden zijn als geslacht 'onbekend' meegenomen in het onderzoek. Het niet weten van het geslacht van een aantal knoflookpadden heeft invloed op de resultaten van de geslachtsverhouding, de overlevingskans, het gemiddeld aantal voortplantingsjaren per geslacht en de gemiddelde leeftijd van de knoflookpadden. Verder kent het Leslie-model, welke gebruikt is om de populatieontwikkeling over 2022 tot en met 2027 te voorspellen, enkele beperkingen. Zo is het Leslie-model uitsluitend van toepassing op het vrouwelijk deel van de populatie, gaat het model ervan uit dat de populatie geen groeiplafond kent en dat voedsel onbeperkt aanwezig is.

De genoemde beperkingen kunnen op verscheidene manieren worden voorkomen. Dit is mogelijk door het maken van duidelijke foto's waar het unieke rugpatroon duidelijk zichtbaar op staat of door gebruik te maken van PIT-tagging. Verdere oplossingen zijn het bij de vangst juist vaststellen en noteren van het geslacht en het gebruikmaken van een ander populatiemodel dan het Leslie-model.

Implicaties

De resultaten uit dit populatieonderzoek geven relevante informatie over de ontwikkeling van de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1. De resultaten aangaande aantallen, toekomstige ontwikkeling, geslachtsverhouding, hoe vaak knoflookpadden naar de poel komen in een voortplantingsseizoen en hoeveel knoflookpadden als laatste ingaand in een jaar en als eerste weer ingaand in een volgend jaar zijn gevangen dienen de komende jaren gebruikt te worden om vrijwilligers richting te geven in hoe om te gaan met de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1. Als deze informatie niet wordt gebruikt, kan het zijn dat knoflookpadden gemist worden doordat bijvoorbeeld het vangscherm niet lang genoeg blijft staan. Tevens is het van belang de komende jaren in te blijven zetten op het jaarlijks verzamelen van data door de vrijwilligers en het doen van data-analyse over de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1. Wanneer dit niet gebeurt, heeft dat als gevolg dat er geen zicht is op de ontwikkeling van de populatie, waardoor er niet tijdig ingegrepen kan worden als er zaken misgaan. Zicht op de populatieontwikkeling en populatiedynamiek is dus van belang voor het voortbestaan van de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1. Een ander gevolg is dat de data zich opstapelen en daarmee het matchen van de foto's wordt bemoeilijkt als er niet jaarlijks populatieonderzoek wordt verricht.

Daarnaast geven de resultaten uit dit populatieonderzoek fundamentele kennis over populatieontwikkeling en populatiedynamiek van knoflookpadden. Resultaten over hoeveel jaar knoflookpadden deelnemen aan de voortplanting, op welke leeftijd de trek naar het voortplantingswater plaatsvindt, of knoflookpadden een voortplantingsjaar overslaan, de overlevingskansen en de gemiddelde leeftijd van een knoflookpad dragen bij aan fundamentele kennis over de knoflookpad. Deze kennis kan gebruikt worden in populatieonderzoeken bij herintroductie. De Kaaistoep fungeert als bakermat voor populatieonderzoek naar de knoflookpad. De Kaaistoep en Poel 1 blijven ook de komende jaren als onderzoeksgebied van groot belang voor het opdoen van fundamentele kennis over de populatieontwikkeling en populatiedynamiek van de knoflookpad. Een gevolg van het niet gebruiken van Poel 1 als onderzoeksgebied voor populatieonderzoek is dat er geen verdere kennis wordt opgedaan over de populatieontwikkeling en populatiedynamiek van de knoflookpad, terwijl beschikbare kennis over de knoflookpad als soort momenteel gering is.

Vervolgonderzoek

Voor vervolgonderzoek is het raadzaam jaarlijks populatieonderzoek te blijven doen naar de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1. Dit is van belang om te weten hoe de knoflookpaddenpopulatie ervoor staat en tijdig te kunnen ingrijpen als dat nodig is. Een toevoeging aan het populatieonderzoek kan zijn om lengte, gewicht en lichamelijke conditie van de knoflookpadden mee te nemen in het populatieonderzoek. Veranderingen in lengte, gewicht en lichamelijke conditie duiden namelijk op veranderingen in de leefomgeving. Door deze parameters mee te nemen in het onderzoek kunnen mogelijk schadelijke veranderingen in de leefomgeving tijdig worden opgespoord en verholpen. Verder wordt vervolgonderzoek naar de connectie tussen de voortplantingstrek van knoflookpadden en de weersomstandigheden geadviseerd. Het kan namelijk zijn dat veranderende weersomstandigheden door bijvoorbeeld klimaatverandering effect hebben op de voortplantingstrek.

6 Reflectie en aanbevelingen

6.1 Reflectie op duurzaamheid

De resultaten van dit onderzoek dragen bij aan een duurzame instandhouding van de knoflookpadpopulatie in Poel 1, doordat inzichtelijk is gemaakt hoe deze populatie zich ontwikkeld heeft sinds 2016 en zal ontwikkelen tot en met 2027. Deze uitkomsten bieden houvast voor verdere monitoring en onderzoeken, zodat kan worden bepaald of en wanneer de populatie zichzelf kan handhaven. Tevens bieden onderzoeksresultaten uit Denemarken, Roemenië en Frankrijk kansen om ook andere aspecten van de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1 te onderzoeken.

De bevindingen die zijn beschreven in dit onderzoek, dragen bij aan fundamentele kennis over de leefwijze en ecologie van de knoflookpad en dragen daarmee bij aan het beter begrijpen van de werking van knoflookpaddenpopulaties. Zodoende is bij toekomstige herintroducties van knoflookpadden elders al bij voorbaat duidelijk welke aspecten moeten worden gemonitord om een compleet beeld te krijgen van de populatieontwikkeling.

6.2 Aanbevelingen

Uit het onderzoek zijn enkele knelpunten en mogelijke toevoegingen omtrent het monitoren van de knoflookpaddenpopulatie naar voren gekomen. Deze worden hieronder behandeld, waarbij ook een mogelijke aanbeveling en daarmee verbetering vermeld wordt.

Knelpunten met betrekking tot methoden

Foto's zijn soms van onvoldoende kwaliteit, waardoor deze onbruikbaar zijn

Aanbevelingen

Er moet een protocol worden opgesteld waarmee voor iedereen duidelijk is hoe de knoflookpadden moeten worden gefotografeerd. Op deze foto's dient het unieke rugpatroon duidelijk zichtbaar te zijn

Soms zijn monitoringsgegevens, zoals het geslacht, het gewicht, de lengte en de valemmer, incorrect of missend

Tijdens het monitoren moeten de vrijwilligers altijd in het veld de gegevens al noteren, zodat er meer controle is en de kans op fouten kleiner wordt. De gegevens moeten dus niet achteraf middels foto's worden bepaald

Knoflookpadden die als laatst in een jaar een ingaande waarneming hebben, worden het jaar erop als eerste waarneming weer ingaand gevangen. Deze worden dus uitgaand gemist

Het vangscherm moet langer blijven staan. Het is zaak om deze de hele zomer te laten staan, zodat duidelijk wordt wanneer de uittrek van de knoflookpadden stopt

Knelpunten met betrekking tot het onderzoek

Wanneer de dataset niet jaarlijks wordt onderzocht, stapelen de data zich op en wordt het onderzoeksproces bemoeilijkt, voornamelijk met betrekking tot het matchingproces

Aanbevelingen

Jaarlijks moet de populatieontwikkeling worden bijgehouden. Dit voorkomt niet alleen dat het werk zich opstapelt, het zorgt er ook voor dat het jaarlijks duidelijk is hoe het met de populatie gaat. Daarmee kan er sneller worden opgetreden bij mogelijke (positieve dan wel negatieve) veranderingen

Het gehanteerde populatiemodel kent hiaten

Er moet worden gezocht naar een populatiemodel waarin minder aannames gedaan worden, waardoor het model betrouwbaardere resultaten weergeeft

Lering trekken uit onderzoeken elders

Door sclerochronologie kon in Denemarken, Roemenië en Frankrijk de leeftijd van de knoflookpadden nauwkeurig worden bepaald. Dit is nu niet het geval in Poel 1. Daar wordt middels het aantal vangsten van een individu de leeftijd bepaald. Het wordt aanbevolen om ook in Poel 1 gebruik te maken van sclerochronologie, waardoor de onderzoeksuitkomsten betrouwbaarder zijn.

In Denemarken zijn de gewichten van vrouwelijke knoflookpadden vergeleken van voordat ze zich naar het water begaven met nadat ze uit het water terugkwamen. Hiermee kon worden bepaald of deze eieren hadden afgezet of niet. Deze kennis is ook van belang in Poel 1, zodat kan worden bepaald hoeveel knoflookpadden eieren afzetten en hoeveel procent van deze eieren uiteindelijk adulte knoflookpadden worden. Daarom moet in een volgend onderzoek ook het gewicht worden geanalyseerd.

In Roemenië is uit onderzoek gebleken dat lichaamslengte, lichamelijke conditie en het gewicht goede parameters zijn om te kijken of de leefomgeving van een knoflookpad aan veranderingen onderhevig is. Dit moet ook in Poel 1 in kaart worden gebracht, zodat duidelijk wordt hoe de habitat zich ontwikkelt. Door dit jaarlijks bij te houden, kan adequaat worden gereageerd bij een verslechtering van de kwaliteit van de leefomgeving.

PIT-tagging wordt niet aanbevolen

Ondanks dat PIT-tagging in het onderzoek in Denemarken ertoe leidde dat knoflookpadden makkelijk konden worden herkend wanneer deze nogmaals werden gevangen, wordt deze methode niet aanbevolen voor De Kaaistoep. In De Kaaistoep is in het verleden geëxperimenteerd met PIT-tags, maar de ervaring daar is dat tot de helft van de knoflookpadden deze PIT-tags al binnen enkele weken verliezen. Daarnaast mag het taggen van de knoflookpadden enkel gebeuren door gecertificeerde personen en met de juiste vergunningen, wat het bemoeilijkt om elke dag iemand beschikbaar te hebben om de gevangen knoflookpadden te taggen (P. Kroon, persoonlijke communicatie, 2 juni 2023). Daarom is ervoor gekozen om in te zetten op het verbeteren van de kwaliteit van de foto's, in plaats van het aanbevelen van PIT-tagging.

Literatuurlijst

ARK. (z.d.). *Knoflookpad [Foto]*. Geraadpleegd op 4 februari 2023, van <https://www.ark.eu/natuurontwikkeling/dieren/knoflookpad>

Bosman, W., Struijk, R., Zekhuis, M., Ottburg, F., Crombaghs, B., Schut, D. & Van Hoof, P. (2015). *De Knoflookpad in Nederland: ondergang of 'slechts' een bottleneck*. In *De Levende Natuur*, 116(1). (p2).

Cogălniceanu, D., Stănescu, F., Székely, D., Topliceanu, T.S., Iosif, R. & Székely P. (2021). *Age, size and body condition do not equally reflect population response to habitat change in the common spadefoot toad Pelobates fuscus*. PeerJ 9:e11678. Geraadpleegd op 12 april 2023, van <https://doi.org/10.7717/peerj.11678>

Crombaghs, B.H.J.M. & Creemers, R.C.M. (2001). *Beschermingsplan knoflookpad*. Geraadpleegd op 8 maart 2023, van <https://edepot.wur.nl/118086>

Crombaghs, B.H.J.M., Schut, D., Van Hoof, P., Van Bebber, I., Van Der Zee, J., Zekhuis, M., Van Der Weele, J., Zollinger, R., Janse, J., Ottburg, F.G.W.A. & Jansman, H.A.H. (2015). *Kweek- en uitzetprogramma van knoflookpaddenlarven*. In *De Levende Natuur*, 116 (1). (p7-13).

Crombaghs, B.H.J.M., Van Eijk, J. & Creemers, R.C.M. (2009). *Knoflookpad Pelobates fuscus*. In Creemers, R. & Van Delft, J., *De amfibieën en reptielen van Nederland*. (p154-158). Utrecht: KNNV Uitgeverij

Eggert, C., & Guyétant, R. (2002). *Safeguard of a spadefoot toad (Pelobates fuscus) population: a French experience*. Conferentie "Salvaguardia Anfibi", Lugano, 23-24 juni 2000 - Cogecstre Ediz., Penne, 2002: 47-52.

Falaschi, M., Manenti, R., Thuiller, W. & Ficetola Francesco, G. (2019). *Continental-scale determinants of population trends in European amphibians and reptiles*. In *Global Change Biology*, 25(10)

Felix, R., Crombaghs, B.H.J.M. & Kroon, P. (2021). *De knoflookpad terug in het Tilburgse*. In Zekhuis, M., Van Oort, L. & Hoogenstein, L., *Gewilde Dieren*. (p149-162). Utrecht: KNNV Uitgeverij

Google Maps. (2023). *De Kaaistoep*. Geraadpleegd op 4 maart 2023, van <https://www.google.com/maps/place/51%C2%B032'29.4%22N+5%C2%B001'13.9%22E/@51.5680992,5.0436546,12375m/data=!3m1!1e3!4m4!3m3!8m2!3d51.5415!4d5.0205278>

Hels, T. (2002). *Population Dynamics in a Danish Metapopulation of Spadefoot Toads Pelobates fuscus*. *Ecography*, 25(3), (p303-313).

Hels, T., & Nachman, G. (2002). *Simulating viability of a spadefoot toad Pelobates fuscus metapopulation in a landscape fragmented by a road*. *Ecography*, 25(6), (p730-744).

Jamovi. (2021). *Jamovi versie 2.0 Statistische computersoftware*. Geraadpleegd op 10 mei 2023, van <https://www.jamovi.org>

Kenneth Dodd, Jr. C. (2009). *Amphibian Ecology and Conservation. A Handbook of Techniques*. (p219-477). Oxford University Press

Lenders, T. (1991). *Voortplanting van de Knoflookpad Pelobates fuscus in Nederland*. In *De Levende Natuur*, 92(5)

Microsoft Photos. (2020). *Photo app*. Microsoft Corporation

Natuurmonumenten. (z.d.). *Knoflookpadden op liefdespad*. Geraadpleegd op 9 februari 2023, van <https://www.natuurmonumenten.nl/natuurgebieden/voorstanden/nieuws/knoflookpadden-op-liefdespad#:~:text=De%20voortplantingsactiviteit%20vind%20plaats%20in,de%20bo-dem%20van%20de%20poel>.

Noon, B.R.; Sauer, J.R. 1992. *Population models for passerine birds: structure, parameterization, and analysis*. (p441-464) in: McCullough, D.R.; Barrett, R.H., eds., *Wildlife 2001: Populations*. London, England. Elsevier Applied Science

Onze Natuur. (z.d.). *Knoflookpad*. Geraadpleegd op 8 februari 2023, van <https://www.onzenatuur.be/soortenbank/knoflookpad>

Pastors, L.R., Jongejans, E., & Kroon, P. (2019). *Pelobates fuscus in Noord-Brabant and Limburg - a monitoring and modelling study*. Nijmegen: Natuurbalans-Limes Divergens BV

RAVON. (2020). *Balans. Hoe gaat het met de amfibieën, reptielen en vissen in Nederland?* Geraadpleegd op 8 maart 2023, van <https://www.ravon.nl/Portals/2/Bestanden/Publicaties/Nieuwsbrieven/SchubbenEnSlijm/RAVONBalans2020.pdf>

RAVON. (z.d.). *Knoflookpad*. Geraadpleegd op 8 februari 2023, van <https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/knoflookpad>

Schmidt, B. R., Hödl, W., & Schaub, M. (2012). *From metamorphosis to maturity in complex life cycles: equal performance of different juvenile life history pathways*. *Ecology*, 93(3), (p657-667).

Van Delft, J.J.C.W., Creemers, R.C.M., & Spitzen-van der Sluijs, A.M. (2007). *Basisrapport Rode Lijst amfibieën en reptielen volgens Nederlandse en IUCN-criteria*. Geraadpleegd op 8 februari 2023, van <https://www.ravon.nl/Portals/2/Bestanden/Publicaties/Rapporten/2007.016.pdf>

Van Gelder, J.J., & Kalkhoven, J.T.R. (1971). *Eieren van de knoflookpad (Pelobates fuscus Laur.) in de Hatertse en Overasseltse vennen*. *Natuurhistorisch Maandblad*, 60(3), (p39–44).

Wildlife. (z.d.). *ID Software – A review*. Geraadpleegd op 16 februari 2023, van <https://www.wildlife.ai/id-software-a-review/>

Bijlagen

Bijlage 1 Gegevens met betrekking tot de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1

Bijlage 2 Gegevens met betrekking tot de mannelijke knoflookpaddenpopulatie in Poel 1

Bijlage 3 Gegevens met betrekking tot de vrouwelijke knoflookpaddenpopulatie in Poel 1

Bijlage 1 Gegevens met betrekking tot de knoflookpaddenpopulatie in Poel 1

Aantal keer dat een reeks van waarnemingsjaren is vastgesteld (totaal)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Gemiddeld %
1							
1							
3							
1							
1							
6							
3							
1							
2							
28							
3							
24							
134							
1 Totaal aantal individuen per jaar	7	9	27	120	287	402	
2 Aantal individuen per jaar dat al eerder is gevangen	0	1	7	12	59	164	
3 Aantal individuen per jaar dat nog niet eerder is gevangen	7	8	20	108	228	238	
4 Aantal individuen dat in het volgend jaar weer is waargenomen	1	7	12	55	160		
5 Aantal individuen dat enkel in het desbetreffende jaar is waargenomen	6	2	8	53	94		
6 Percentage individuen dat in het volgend jaar weer is waargenomen	14,29%	77,78%	44,44%	45,83%	55,75%		52,22%
7 Percentage individuen dat een vorig jaar is waargenomen	0,00%	11,11%	25,93%	10,00%	20,56%	40,80%	28,52%
8 Percentage individuen dat nieuw is in het jaar	100,00%	88,89%	74,07%	90,00%	79,44%	59,20%	71,48%
9 Mortaliteit	85,71%	22,22%	37,04%	51,67%	44,25%		46,00%
10 Overlevingskans	14,29%	77,78%	62,96%	48,33%	55,75%		54,00%

Bijlage 2 Gegevens met betrekking tot de mannelijke knoflookpaddenpopulatie in Poel 1

Aantal keer dat een reeks van waarnemingsjaren is vastgesteld (man)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Gemiddeld %
1							
1							
1							
5							
2							
1							
1							
20							
3							
19							
85							
1 Totaal aantal individuen per jaar	6	5	17	72	197	218	
2 Aantal individuen per jaar dat al eerder is gevangen	0	0	3	8	43	109	
3 Aantal individuen per jaar dat nog niet eerder is gevangen	6	5	14	64	154	109	
4 Aantal individuen dat in het volgend jaar weer is waargenomen	0	3	8	41	105		
5 Aantal individuen dat enkel in het desbetreffende jaar is waargenomen	6	2	5	22	69		
6 Percentage individuen dat in het volgend jaar weer is waargenomen	0,00%	60,00%	47,06%	56,94%	53,30%		52,86%
7 Percentage individuen dat een vorig jaar is waargenomen	0,00%	0,00%	17,65%	11,11%	21,83%	50,00%	31,65%
8 Percentage individuen dat nieuw is in het jaar	100,00%	100,00%	82,35%	88,89%	78,17%	50,00%	68,35%
9 Mortaliteit	100,00%	40,00%	35,29%	38,89%	46,70%		45,12%
10 Overlevingskans	0,00%	60,00%	64,71%	61,11%	53,30%		54,88%

Bijlage 3 Gegevens met betrekking tot de vrouwelijke knoflookpaddenpopulatie in Poel 1

Aantal keer dat een reeks van waarnemingsjaren is vastgesteld (vrouw)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Gemiddeld %
1							
2							
1							
1							
1							
7							
5							
49							
1 Totaal aantal individuen per jaar	1	4	8	18	88	179	
2 Aantal individuen per jaar dat al eerder is gevangen	0	1	4	4	15	55	
3 Aantal individuen per jaar dat nog niet eerder is gevangen	1	3	4	14	73	124	
4 Aantal individuen dat in het volgend jaar weer is waargenomen	1	4	4	13	55		
5 Aantal individuen dat enkel in het desbetreffende jaar is waargenomen	0	0	1	2	24		
6 Percentage individuen dat in het volgend jaar weer is waargenomen	100,00%	100,00%	50,00%	72,22%	62,50%		64,71%
7 Percentage individuen dat een vorig jaar is waargenomen	0,00%	25,00%	50,00%	22,22%	17,05%	30,73%	26,51%
8 Percentage individuen dat nieuw is in het jaar	100,00%	75,00%	50,00%	77,78%	82,95%	69,27%	73,49%
9 Mortaliteit	0,00%	0,00%	25,00%	27,78%	37,50%		33,61%
10 Overlevingskans	100,00%	100,00%	75,00%	72,22%	62,50%		66,39%