

De mysterieuze gladde slang

Literatuuronderzoek naar welke maatregelen genomen moeten worden voor het voortbestaan van de gladde slang (*Coronella austriaca*) in Nederland



Angelo Grievink

7-6-2021

De mysterieuze gladde slang

Literatuuronderzoek naar welke maatregelen genomen moeten worden voor het voortbestaan van de gladde slang (*Coronella austriaca*) in Nederland

Colofon

Arnhem, 7 juni 2021

Auteur: Angelo Grievink

Studentnummer: 3023102

Contact: 3023102@aeres.nl

Afstudeerwerkstuk HBO Toegepaste Biologie

In opdracht van: Aeres Hogeschool Almere

Supervisor: Linda Nol

Omslagfoto: Jelger Herder, bron: <https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/gladde-slang>



Disclaimer: De inhoud van dit rapport is alleen bestemd als afstudeerwerkstuk voor Aeres Hogeschool. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport

Voorwoord

Om te laten zien dat ik een deskundige Bachelor ben, heb ik tijdens mijn studie Toegepaste Biologie moeten werken aan verschillende competenties. Om aan te tonen dat ik mijn competenties op niveau 3 goed beheers en aan de eindkwalificatie van de Bachelor Toegepaste Biologie voldoe, dien ik een afstudeerwerkstuk te maken. Tijdens mijn studie ben ik mij gaan specialiseren in herpetologie. Om op te komen voor de kwetsbare reptielen en amfibieën in Nederland, heb ik besloten om mijn afstudeerwerkstuk te richten op de mysterieuze gladde slang. Veel terreinbeheerders weten niet hoe ze om moeten gaan m.b.t. het beheren van reptielen. Om hier meer inzicht in te krijgen wordt er in dit afstudeerwerkstuk ingegaan op deze vraagstukken in de hoop terreinbeheerders te enthousiasmeren over de gladde slang, zodat ze een bijdrage kunnen leveren in een duurzame instandhouding van deze soort en de leefgebieden waarin ze voorkomt.

Dit afstudeerwerkstuk heeft niet tot stand kunnen komen zonder mijn bedrijfsopdracht bij Staatsbosbeheer. Ik wil daarom Thijmen van Heerde bedanken voor de kans om bij hen stage te lopen en mij meer inzichten te geven hoe zij te werk gaan en welke knelpunten er in het huidige beheer liggen. Ook wil ik mijn afstudeercoach Linda Nol bedanken voor het geduld en het geven van feedback. Ook wil ik de mensen in mijn directe omgeving bedanken voor de steun en mij te motiveren om de afstudeerwerkstuk tot een goed einde te leiden.

Angelo Grievink,
Arnhem, 7 juni 2021

N.B.: In de Inleiding en Materiaal & Methode zijn enkele punten aangepast op basis van de geleverde feedback.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
Abstract	6
1. Inleiding	7
2. Materiaal & Methode.....	11
2.1. Zoekwoorden per deelvraag	11
2.2. Selecteren van literatuur.....	12
2.3. Sneeuwbal- en citatiemethode	13
3. Resultaten.....	14
3.1 Deelvraag 1 - leefgebied.....	14
3.1.1 Habitat.....	14
3.1.2 Jaarritmiek.....	16
3.1.3 Dagritmiek	17
3.1.4 Voedsel	18
3.2 Deelvraag 2 - Corridor	19
3.3 Deelvraag 3 - Knelpunten	21
3.3.1 Klimaatverandering	21
3.3.2 Versnippering	21
3.3.3 Verdroging.....	22
3.3.4 Atmosferische deposities	22
3.3.5 Onzorgvuldig beheer	23
3.3.6 Verstoring	23
4. Discussie	24
4.1 Bronnenmatrix.....	24
4.2 Analyse deelvraag 1 - leefgebied.....	24
4.3 Analyse deelvraag 2 - corridor.....	25
4.4 Analyse deelvraag 3 - knelpunten	26
5. Conclusie & aanbevelingen	27
5.1 Beantwoording deelvraag 1 - leefgebied	27
5.2 Beantwoording deelvraag 2 - corridor	27
5.3 Beantwoording deelvraag 3 - knelpunten.....	28
5.4 Beantwoording hoofdvraag.....	28
5.5 Aanbevelingen.....	29
5.5.1 Heidebeheer.....	29
5.5.2 Hoogveenbeheer	31
5.5.3 Bos- en bosrandbeheer	32

5.5.4 Wegen, fietspaden en faunapassages.....	32
5.5.5 Prooiaanbod stimuleren.....	33
Literatuurlijst	34
Bijlage	39
Bijlage I: Habitatype H2310.....	39
Bijlage II: Habitatype H4010_A	40
Bijlage III: Habitatype H4030.....	41
Bijlage IV: Habitatype H6230	42
Bijlage V: Bronnenmatrix.....	43

Samenvatting

In dit literatuuronderzoek werd een antwoord gezocht op de vraag “*Welke maatregelen moeten er genomen worden om een levensvatbare populatie van de gladde slang in Nederland te waarborgen?*”. Hierbij werd er gekeken naar de voorwaarden waaraan het leefgebied van de gladde slang moet voldoen. Ook werd er gekeken naar de voorwaarden waaraan een corridor moet voldoen om genetische uitwisseling tussen populaties mogelijk te maken. Tot slot werden de knelpunten in het huidige beheer, die invloed hebben op de verspreiding en duurzame instandhouding van de gladde slang, in kaart gebracht.

Natuurgebieden in Nederland worden steeds verder onder druk gezet. Door klimaatverandering en atmosferische depositie is de vegetatie in heidevelden en hoogveenrestanten de afgelopen decennia sterk veranderd. In combinatie met de ver-thema's versnippering, verstoring en onzorgvuldig beheer hebben ertoe geleid dat de gladde slang, maar ook tal van andere kwetsbare dier- en plantsoorten sterk achteruit zijn gegaan. Terreinbeheerders zetten verschillende beheersmaatregelen in om deze knelpunten te verhelpen. Echter weten veel terreinbeheerders niet hoe ze om moeten gaan m.b.t. het beheren van reptielen. A.d.h.v. literatuuronderzoek is aangetoond dat de gladde slang zeer afhankelijk is van structuurrijke variatie op zowel macro- meso- en microniveau. Echter is de soort niet het hele jaar aanwezig in het gehele habitat. Binnen de habitat kiezen ze de plekken uit met de meest optimale voorwaarden. Deze plekken kunnen alleen worden bepaald na een gedetailleerde populatiestudie, waarbij de ligging van de zomer- en winterhabitat als de homerange worden vastgesteld.

Er is in de literatuur nog maar weinig bekend over het koloniseren van de gladde slang in nieuwe leefgebieden, maar het is een gegeven dat genetische variatie binnen een populatie een cruciale rol speelt in het voortbestaan van de soort. Om genetische uitwisseling tussen populaties te realiseren dienen geïsoleerde gebieden met elkaar verbonden te worden. Daarbij is het van belang dat er voordat een corridor wordt aangelegd een terugkoppeling plaatsvindt a.d.h.v. de vierfasenstrategie. Een terugkoppeling met de vierfasenstrategie voorkomt dat corridors worden aangelegd, terwijl kernpopulaties nog in te kleine aantallen voorkomen en daarmee dus het verlies van genetische variatie binnen die populatie plaatsvindt. Elke individu die dan wegtrekt is er één te veel. Alleen als de totale habitat aanwezig is, inclusief corridors, kan er sprake zijn van een levensvatbare voortbestaan van de gladde slang. Beheersmaatregelen moeten daarom altijd in lijn staan met de leefwijze van de gladde slang.

Abstract

In this literature study, the question “*What measures must be taken to guarantee a resilient and sustainable population of the smooth snake in the Netherlands?*” was answered. To answer this question, the conditions that the smooth snake’s habitat must need were described, as well as the conditions that a corridor must have to enable genetic exchange between populations. Finally, the bottlenecks in current management that affect the distribution and sustainable conservation of the smooth snake were investigated.

Nature reserves in the Netherlands are increasingly under pressure. Due to climate change and atmospheric deposition, the vegetation in heathlands and bog remnants has changed significantly in recent decades. A combination of fragmentation, disruption and careless management have led to a significant decline of the smooth snake, as well as many other vulnerable animal and plant species. Conservationists use various management measures to address these bottlenecks. However, many conservationists in the Netherlands do not know how to manage reptiles. A literature review has shown that the smooth snake is highly dependent on structural variation on both macro- meso and micro levels. However, the species is not present throughout the year in the entire habitat. Within the habitat they select the spots with the most optimal conditions. These spots can only be determined after a detailed population study, in which the location of the summer- and winter habitats as well as the homerange are determined.

Little is known about the colonization of new areas by the smooth snake, but it is a given that genetic variation within a population plays a crucial role in the survival of the species. To achieve genetic exchange between populations, isolated areas must be connected to each other. It is important that before a corridor is created, feedback is given on the four-phase strategy. A feedback with the four-phase strategy prevents corridors from being created, while core populations still exist in too small numbers and thus the loss of genetic variation within that population will occur. Any individual who then migrates away is one too many. Only if the total habitat is present, including corridors, the smooth snake can survive in a resilient and sustainable manner. Therefore, management measures should always be in line with the ecology of the smooth snake.

1. Inleiding

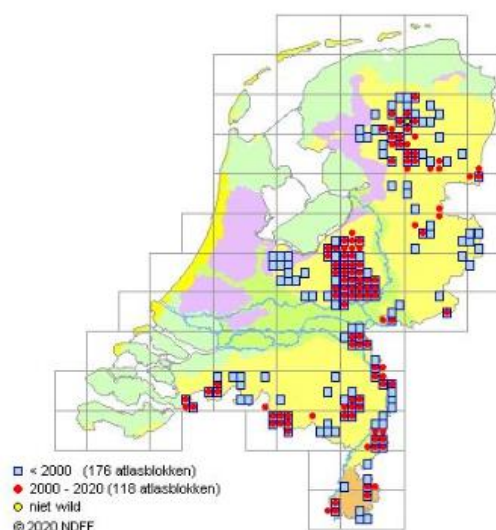
Versnippering van natuurgebieden is één van de grootste problemen met betrekking tot natuurbescherming in Nederland (van Oostenbrugge et al., 2002). De ruimte in ons land wordt steeds schaarser doordat er meer wegen en bebouwing bij komt. Natuurgebieden komen daardoor steeds geïsoleerder te liggen en de overlevingskans van soorten neemt aanzienlijk af. Voor veel soorten zijn de afzonderlijke leefgebieden te klein geworden om een levensvatbare populatie mogelijk te maken (Keijzers & Lenders, 2005). Naarmate een gebied in oppervlakte afneemt, neemt ook de omvang van een populatie die daar voor kan komen af. Hoe kleiner de populatie wordt, des te groter de kans dat de soort daar uitsterft (Dick & Mebert, 2017). Dit hoeft echter geen problemen te veroorzaken wanneer een leeggeraakt leefgebied opnieuw gekoloniseerd wordt door omliggende leefgebieden (van Oostenbrugge et al., 2002). Diverse soorten kunnen in Nederland slechts overleven dankzij het feit dat de overgebleven, geschikte leefgebieden als een ecologisch netwerk aan elkaar verbonden zijn, ook wel het Natuurnetwerk Nederland genaamd (NNN). Het NNN bestaat uit een netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen natuurgebieden. Ondanks dat elk leefgebied afzonderlijk te klein is voor de soort om duurzaam voort te bestaan, is het met een NNN als geheel dat wel. Populaties die in soortgelijke ecologische netwerken leven worden ook wel metapopulaties genaamd. Dit fenomeen is gebaseerd op de metapopulatietheorie (Park, 2012). De metapopulatietheorie richt zich op de levensvatbaarheid van de metapopulatie die is verdeeld in subpopulaties. Tussen de subpopulaties vindt genetische uitwisseling van individuen plaats, waardoor de overlevingskans van de soort toeneemt. Binnen een metapopulatie ontstaat er een evenwicht tussen extinctie en kolonisatie van lege leefgebieden vanuit andere deelgebieden (Zhang et al., 2020). Een subpopulatie kan in een deelgebied uitsterven ten gevolge van toevallige extreme omstandigheden die in andere deelgebieden niet voorkwamen, of doordat er in een subpopulatie door homozygotie een letaal allel gefixeerd wordt (Zhang et al., 2020). Herkolonisatie is volgens de metapopulatietheorie afhankelijk van de grootte van de leefgebieden en de afstand ertussen. Bij deze theorie worden daar echter ook nog de remmende werking van dispersie, aantal dispersers en de dispersiecapaciteit aan toegevoegd (Park, 2012). Daarnaast spelen verbindingszones een belangrijke positieve rol om de levensvatbaarheid van een metapopulatie te verbeteren (Dick & Mebert, 2017).

Uit onderzoek is gebleken dat de mate van versnippering van een soort zeer afhankelijk is van soortspecifieke factoren (van Oostenbrugge et al., 2002). Of een soort gevoelig is voor versnippering van hun leefgebied hangt af van verschillende factoren:

- **De afstanden tussen leefgebieden.** Als het leefgebied versnippert raakt, leidt dit vaak tot veranderingen in populaties. Soorten zullen zich moeten verplaatsen over de resterende leefgebieden, waardoor kernpopulaties worden opgesplitst in ruimtelijk gescheiden subpopulaties. Dit heeft als gevolg dat er verstoringen in dispersie ontstaan (verplaatsingen van individuen van soort, met als doel voortplanting). Met name soorten die een beperkt migratiecapaciteit hebben, zoals kleine zoogdieren, reptielen, amfibieën en vele insecten ondervinden de grootste problemen.
- **Het landschap tussen leefgebieden.** Soorten die door het water of over het land bewegen, wordt genetische uitwisseling belemmerd door barrières, zoals spoorwegen, wegen, stuwen etc. Ook kan het landgebruik, zoals intensieve agrarische gebieden of bebouwing, de uitwisseling tussen soorten bemoeilijken. Hierdoor neemt de genenuitwisseling met individuen van de buiten de populatie af, waardoor de soort minder bestand is tegen extreme omstandigheden.
- **De omvang van de leefgebieden.** Ook verschillen soorten in de hoeveelheid ruimte die ze nodig hebben om bijvoorbeeld te foerageren. Versnippering zorgt er in de meeste gevallen voor dat de overlevingskansen van een soort zowel op korte als lange termijn afnemen.

Met name reptielen en amfibieën zijn, door hun beperkte mobiliteit, plaatstrouw aan een bepaalde locatie en zijn door hun voorkeur voor voedsel en habitat, zeer gevoelig voor de effecten van versnippering van hun biotoop (van Strien et al., 2010). Reptielen en amfibieën hebben in vergelijking met andere soortgroepen dan ook de meeste negatieve effecten te ondervinden als gevolg van versnippering. Dit onderzoek zal zich gaan richten op de gladde slang (*Coronella austriaca*; Laurenti 1768, Colubridae). De gladde slang is een eierlevendbarende (ovoviviparie) slang. De soort is, op de muurhagedis na, de sterkst bedreigde reptielensoort van Nederland en staat aangemerkt als bedreigd op de Nederlandse rode lijst (van Delft et al., 2007). De gladde slang is volgens de Wet Natuurbescherming beschermd en heeft ook een beschermingsstatus in de Conventie van Bern en in de Europese Habitatrichtlijn (Ministerie van LNV, z.d.). De gladde slang komt voor in grote delen van het westelijke Palearctische regio, inclusief enkele oostelijke delen (Jablonski et al., 2019). Het verspreidingsgebied van de soort ligt van Zuid-Engeland tot West-Azië en van het zuidelijke deel van Scandinavië tot in Zuid-Europa (Galarza et al., 2015). In de berggebieden van Zuid-Europa komt de gladde slang voor tot op een hoogte van 2200 meter en in Noordwest-Europa wordt de soort op ongeveer zeeniveau waargenomen (Galarza et al., 2015). De gladde slang is een algemene voorkomende soort van steenachtige, droge en bergachtige terreinen in grote delen van Europa. In Noordwest-Europa is de gladde slang daarentegen een zeldzamere soort van voornamelijk droge heideterreinen, maar ook natte heideterreinen worden bewoond (Lunghi et al., 2015). In tegenstelling tot veel andere reptielen uit dezelfde regio, zijn, naast de nominaatvorm *Coronella austriaca austriaca*, tot nu toe slechts twee andere ondersoorten met een zeer beperkte verspreiding beschreven. In Noordwest-Spanje en Noord-Portugal is *C. a. acutirostris* waargenomen en in Zuid-Italië en Sicilië is *C. a. fitzingeri* waargenomen (Jablonski et al., 2019).

Het verspreidingsgebied van de gladde slang bestond in Nederland ooit grotendeels uit hogere zandgronden (met uitzondering van de duinen). Veel hoogveengebieden en heideterreinen werden door de soort bezet (Keijzers & Lenders, 2005). Grootschalige ontginningen van hoogveen en heideterreinen in de eerste helft van de twintigste eeuw hebben ervoor gezorgd dat de populatie in hoog tempo achteruit is gegaan (van Delft & Keijzers, 2009). Tussen 1971 en 1995 waren de Veluwe en een aanzienlijk deel van Drenthe-Friesland de twee grootste kerngebieden, maar de populatie gaat sterk achteruit. Door het verdwijnen van heidevelden en versnippering zijn verschillende (sub)populaties verdwenen of geïsoleerd geraakt. Tot op heden vormt de Veluwe nog steeds de belangrijkste kernpopulatie voor de soort (van Delft & Keijzers, 2009). Het Fochteloërveen en het Dwingelderveld vormen de andere grote kerngebieden (zie fig. 1) (Feenstra, 2001).



Figuur 1: Actuele verspreidingskaart van de gladde slang in atlasblokken.

(Bron: RAVON, 2020). Geraadpleegd van <https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/gladde-slang>

Er is nog maar weinig bekend over het koloniseren van nieuwe gebieden door de gladde slang. Dit komt mede doordat de soort tamelijk honkvast is en jaarrond gebruik maakt van dezelfde plekken tussen de winter- en zomerhabitat (Keijzers & Lenders, 2005; Čeirāns & Nikolajeva, 2014). Gladde slangen kunnen afstanden van 25 tot 35 meter per dag afleggen. Als maximale afstand worden binnen het zomerhabitat tot 480 meter bij mannetjes, 460 meter bij vrouwtjes en 60 meter voor drachtige vrouwtjes afgelegd (Strijbosch & van Gelder, 1993). Hiermee wordt aangetoond dat gladde slangen tamelijk honkvast zijn, maar dat er binnen een populatie zeker individuen aanwezig zijn die nieuwe leefgebieden kunnen koloniseren. Met name zullen subadulte gladde slangen dispersie vertonen. Pas wanneer de populatiedichtheid groot genoeg is, wordt er verwacht dat met name subadulte slangen nieuwe leefgebieden gaan koloniseren (R. Creemers, persoonlijke communicatie, 11 juni 2019). Uit eerder onderzoek is gebleken dat er gemiddeld één tot drie gladde slangen per hectare kunnen voorkomen, mits de habitat voldoet aan de eisen (Völkl & Käsewiter, 2003). Echter kunnen er grote verschillen per leefgebied zijn. De omvang van een levensvatbare populatie gladde slangen is daarom nog onbekend (van Delft & van Rijsewijk, 2006). De minimale oppervlakte en kwaliteit van leefgebieden zijn ook moeilijk te kwantificeren. Om een zelfstandige duurzame populatie te handhaven houdt RAVON als ondergrens 50 geslachtsrijpe dieren aan met als norm 150 hectare geschikt leefgebied (dichte bossen, landbouwgronden, bebouwing, onontwikkelde jonge heide en wateren niet meegerekend) (van Delft & van Rijsewijk, 2006). De geringe migratiecapaciteiten en de lage populatiedichtheden van de gladde slang zorgen er waarschijnlijk voor dat ze zeer gevoelig zijn voor versnippering van het leefgebied.

Om ervoor te zorgen dat de populatie van de gladde slang niet verder achteruit zal gaan dienen niet alleen de verspreidingskernen zorgvuldig beheerd te worden, maar dienen verspreidingskernen ook met elkaar verbonden te worden (waar mogelijk) om genetische uitwisseling mogelijk te maken voor een levensvatbare populatie. Echter weten veel terreinbeheerders niet hoe ze hier mee om moeten gaan (R. Creemers, persoonlijke communicatie, 11 juni 2019). Om hier meer inzicht in te krijgen worden de knelpunten m.b.t. het beheren van de gladde slang in beeld gebracht. Een belangrijke referentie voor dit onderzoek is de bedrijfsopdracht (Grievink, 2019) die in 2019 is uitgevoerd op De Mulderskop in opdracht van Staatsbosbeheer. De bedrijfsopdracht was een vervolg op het onderzoek: *“Heiderijk in beeld: Piekjaar en Evaluatie 2010 – 2018”* (Krekels et al., 2018). Het doel van dit project was en is het verbeteren van de omvang en kwaliteit van de deelgebieden tussen Nijmegen en Mook en het realiseren van verbindingen tussen deze gebieden. Uit dit onderzoek is gebleken dat de ontwikkeling van heide en heischrale vegetaties in de deelgebieden goed op gang kwamen. Echter functioneerde de verbindingszone nog niet naar behoren waardoor er geen uitwisseling tussen de kerngebieden kon plaatsvinden. De verbindingszones dienen een doorlopend geheel te vormen met daarin alle biotoopelementen die de reptielen gedurende z’n levenscyclus nodig hebben. Deze visie is omgezet in een concreet inrichtings- en beheerplan als onderdeel van de bedrijfsopdracht. De resultaten die tijdens de bedrijfsopdracht zijn verzameld zullen worden vertaald met de knelpunten die in andere verspreidingskernen kunnen liggen om een duurzame en draagkrachtige populatie van de gladde slang in stand te houden. Om terreinbeheerders een beter beeld te geven over hoe ze om moeten gaan met reptielenbeheer is er een centrale onderzoeksvraag opgesteld. De onderzoeksvraag luidt: *Welke maatregelen moeten er genomen worden om een levensvatbare populatie van de gladde slang in Nederland te waarborgen?*

De centrale onderzoeksvraag is opgesplitst in drie deelvragen;

1. *Aan welke voorwaarden moet het leefgebied van de gladde slang voldoen?*
2. *Aan welke voorwaarden moet een corridor voldoen?*
3. *Welke knelpunten liggen er in het huidige beheer voor de verspreiding en duurzame instandhouding van de gladde slang?*

De algemene doelstelling van dit afstudeerwerkstuk is om terreinbeheerders meer duidelijkheid te bieden hoe ze natuurgebieden beter kunnen beheren om het duurzaam voortbestaan van de gladde slang te waarborgen. De maatregelen die nodig zijn in het kader van dit plan dienen teruggekoppeld te worden a.d.h.v. een viertal fasen. Het is een reeks aan logische stappen die helpen om op het juiste moment de juiste prioriteiten te stellen op het gebied van instandhouding, herstel en ontwikkeling van nieuwe leefgebieden. In figuur 2 wordt de vierfasenstrategie schematisch weergegeven (Lenders, 1996). Het volgen van de vierfasenstrategie voorkomt dat verbindingzones worden aangelegd, terwijl kernpopulaties nog in te kleine aantallen voorkomen. Elk individu die naar een ander gebied trekt is een verlies voor de kernpopulatie om duurzaam voor te kunnen bestaan. Het wegtrekken van individuen is een minder groot risico als eerst de kernpopulatie wordt versterkt tot een grotere omvang waardoor de genenpool toeneemt (Pernetta et al., 2011).

- **Fase 1: Veiligstellen**

In de eerste fase worden bestaande populaties veiliggesteld. Zonder eerst een gezonde kernpopulatie te handhaven is uitbreiding naar nieuwe leefgebieden niet mogelijk.

Doel: Optimaliseren van het huidige leefgebied.

- **Fase 2: Versterken**

De fase van versterken heeft betrekking op het uitbreiden van het leefgebied door mogelijkheden uit de directe omgeving aan te pakken.

Doel: Huidige populatie versterken waaruit dispersie plaatsvindt.

- **Fase 3: Verbinden**

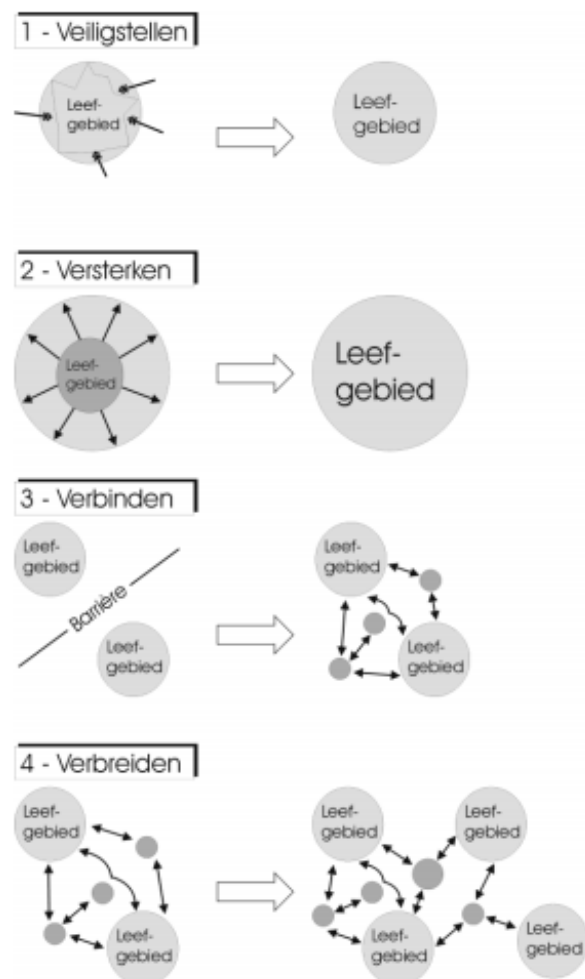
Tijdens de fase van verbinden dienen geïsoleerde gebieden weer met elkaar verbonden te worden door de aanleg van corridors.

Doel: Kolonisatie van onbezette gebieden en genetische uitwisseling mogelijk maken.

- **Fase 4: Verbreiden**

In de laatste fase, verbreiden, worden nieuwe potentiële leefgebieden door middel corridors verbonden aan bestaande complexen van leefgebieden.

Doel: Creëren van nieuwe kerngebieden.



Figuur 2: Schematische weergave van de vierfasenstrategie (Bron: Lenders, 1996)

2. Materiaal & Methode

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van het onderzoek beschreven. Per deelvraag zal er aangegeven worden met welke methode deze is beantwoord. Om meer te weten te komen over de gladde slang en de mogelijke oorzaken van de landelijke dalende trend werd er een literatuurstudie uitgevoerd. Hierin werden zoveel mogelijk peer-review wetenschappelijke artikelen en rapporten bestudeerd tussen de jaren 2010 en 2020, maar ook werden oudere artikelen geraadpleegd om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden. Deze artikelen zijn gerelateerd aan de invloed van begrazing op herpetofauna, versnippering van gebieden, ecologie van de gladde slang etc. Deze gegevens werden aangevuld met de resultaten die tijdens de bedrijfsopdracht zijn verzameld. Hierdoor konden eventuele opvallende waarnemingen teruggekoppeld worden aan de literatuur en biedt het mogelijk de kans om verbanden te leggen tussen verschillende factoren. De literatuur werd via de volgende zoekmachines verzameld: Google Scholar, ResearchGate en ScienceDirect. Daarnaast werd er literatuur uit de referenties van peer-reviewed bronnen gehaald. Voor het breder kader werden o.a. websites en nieuwsartikelen geraadpleegd.

2.1. Zoekwoorden per deelvraag

1. Aan welke voorwaarden moet het leefgebied van de gladde slang voldoen?

Voor de beantwoording van deze deelvraag werd er een literatuuronderzoek gedaan. Om meer te weten te komen over het leefgebied van de gladde slang werd er in de literatuur gekeken naar de voorkeurs habitat van de gladde slang in Nederland. Daarnaast werd er ook naar de prooidieren gekeken.

Via de zoekmachines Google Scholar, ScienceDirect en ResearchGate werden de zoektermen voor deelvraag 1 ingevoerd. Hiervoor werden de Nederlandse zoektermen “leefgebied gladde slang”, “habitat gladde slang”, “ecologie gladde slang”, “biologie gladde slang” en “prooidieren gladde slang” gebruikt. Engelse zoektermen hierbij waren: “habitat smooth snake”, “habitat coronella austriaca”, “ecology smooth snake”, “ecology coronella austriaca”, “biology smooth snake”, “biology coronella austriaca”, “prey smooth snake” and “prey coronella austriaca”.

2. Aan welke voorwaarden moet een corridor voldoen?

Voor de beantwoording van deze deelvraag werd literatuuronderzoek gedaan. Om meer te weten te komen waaraan de corridors moeten voldoen werd er in de literatuur gekeken aan welke eisen de verbinding zones moeten voldoen om genetische uitwisseling tussen anders gescheiden populaties mogelijk te maken. Ook vond er een terugkoppeling plaats met de vierfasenstrategie.

Via de zoekmachines Google Scholar, ScienceDirect en ResearchGate werden de zoektermen voor deelvraag 3 ingevoerd. Hiervoor werden de Nederlandse zoektermen “corridor reptielen”, “verbinding zone reptielen”, “corridor gladde slang”, “stapstenen reptielen” en “stapstenen gladde slang” gebruikt. Engelse zoektermen hierbij waren: “corridor smooth snake”, “corridor Coronella austriaca”, “stepping stones reptiles” en “stepping stones Coronella austriaca”.

3. Welke knelpunten liggen er in het huidige beheer voor de verspreiding en duurzame instandhouding van de gladde slang?

Voor de beantwoording van deze deelvraag werd er een literatuuronderzoek gedaan en vond er een terugkoppeling plaats met de resultaten die tijdens de bedrijfsopdracht zijn waargenomen. In de literatuuronderzoek werden de belangrijkste bedreigingen in kaart gebracht en wat het streefbeeld is om de populatie van de gladde slang te versterken. De belangrijkste bedreigingen zijn: versnippering, verstoringen, verdroging, klimaatverandering, atmosferische depositie en onzorgvuldig beheer.

Via de zoekmachines Google Scholar, ScienceDirect en ResearchGate werden de zoektermen voor deelvraag 2 ingevoerd. Hiervoor werden de Nederlandse zoektermen “migratie gladde slang”, “dispersie gladde slang”, “versnippering gladde slang”, “begrazing gladde slang”, “atmosferische depositie”, “klimaatverandering” en “beheer gladde slang” gebruikt. Engelse zoektermen hierbij waren: “migration smooth snake”, “migration coronella austriaca”, “dispersion smooth snake”, “dispersion coronella austriaca”, “grazing smooth snake”, “grazing coronella austriaca”, “fragmentation smooth snake”, “fragmentation coronella austriaca”, “atmospheric deposition”, “climate change”, “management smooth snake”, “management coronella austriaca” en “snake fungal disease”.

Deze drie deelvragen gaven een antwoord op de hoofdvraag:

Welke maatregelen moeten er genomen worden om een levensvatbare populatie van de gladde slang in Nederland te waarborgen?

2.2. Selecteren van literatuur

Tijdens het zoeken van relevante artikelen werd een voorselectie gemaakt door de samenvatting/abstract te lezen. Door het lezen van de samenvatting kon er beoordeeld worden of een artikel mogelijk relevante informatie bevat. Artikelen die bij de voorselectie zijn aangemerkt als mogelijk relevant, werden vervolgens nog een keer beoordeeld aan de hand van een aantal criteria (zie tab. 1). Door deze methode toe te passen bleef de meest relevante literatuur over.

Tabel 1: Beoordelingscriteria voor artikelen

*Criterium	Uitleg
Voorkeur peer-review artikel	Dit is geen hard criterium, maar omdat peer-review artikelen vaak kritisch beoordeeld zijn, biedt het betrouwbare informatie en hebben deze artikelen daardoor de voorkeur ter onderbouwing voor dit onderzoek.
Actualiteit (minder dan 10 jaar)	Om te voorkomen dat informatie achterhaald is dienen de meeste bronnen actueel zijn.
Autoriteit van de bron	Om de landelijke dalende trend van de gladde slang in kaart te brengen is er relevante informatie nodig van gerespecteerde, erkende organisaties. Een publicatie van een erkende organisatie biedt over het algemeen betrouwbare informatie i.p.v. een organisatie met commerciële belangen.
Inhoud	Alle niet eigen beweringen uit een wetenschappelijk artikel moeten ten minste door 1 ander artikel onderbouwd worden.

*De beoordelingscriteria zijn wel belangrijk, maar niet bindend.

Om de rang van een bron te bepalen werd de relevantie als volgt gerangschikt:

- Voldoet aan 1 punt uit de beoordelingscriteria rang *
- Voldoet aan minimaal 2 punten uit de beoordelingscriteria rang **
- Voldoet aan 3 punten of meer uit de beoordelingscriteria rang ***

2.3. Sneeuwbal- en citatiemethode

Wanneer er relevante literatuur werd gevonden, werden er meer relevante artikelen via de zogeheten sneeuwbalmethode gezocht. De referenties in de gevonden artikel werden doorgenomen om verder te zoeken naar relevante artikelen. Echter een nadeel van deze methode was dat de informatie die je op deze manier wist te vergaren steeds minder actueel werd. Daarom werd er ook gebruikgemaakt van de zogeheten citatiemethode. Bij de zoekmachine Google Scholar werd er gekeken door welke artikelen het huidige artikel was geciteerd. Door de citatiemethode toe te passen werden de artikelen dus steeds actueler.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van literatuuronderzoek, in combinatie met de bevindingen uit mijn bedrijfsopdracht (Grievink, 2019), een antwoord gegeven op de drie deelvragen. Per deelvraag zullen de resultaten uitgewerkt worden.

3.1 Deelvraag 1 - leefgebied

Aan welke voorwaarden moet het leefgebied van de gladde slang voldoen?

Het leefgebied van de gladde slang is onder te verdelen in drie habitatsniveaus (van Delft & Keijsers, 2009):

1. Macroniveau: Op macroniveau is er sprake van een hellend landschap;
2. Mesoniveau: Op mesoniveau is er vaak sprake van hellingen, taluds en dergelijke;
3. Microniveau: Op microniveau is er bijna altijd sprake van veel bulten, gaten en kuilen.

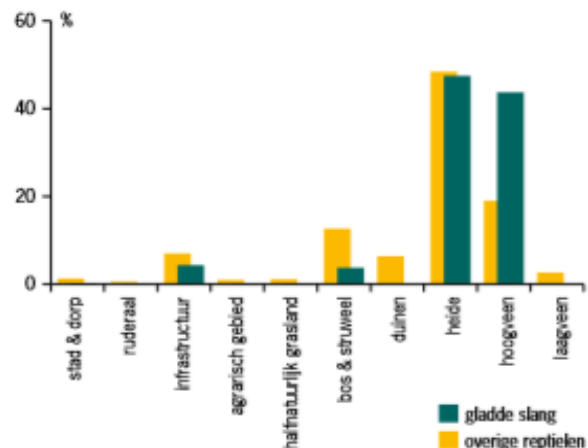
Haar biotoop kan worden samengevat in de volgende punten (van Delft & Rijsewijk, 2006):

- Voorkeur voor een glooiend leefgebied;
- Open leefgebieden met voldoende zoninstraling;
- Kleinschalige variatie in vegetatiestructuur;
- Taluds, hellingen, steilkantjes of maaisel- en plagselhopen met oneffen bodem;
- Goed ontwikkelde strooisellaag.

3.1.1 Habitat

De gladde slang is een ectotherm (koudbloedig) dier en stelt daarom specifieke eisen aan de habitat. Het gedrag van een ectotherm dier wordt grotendeels bepaald door de omgevingswarmte, waar het zo afhankelijk van is, om actief te zijn. Dit zorgt ervoor dat de gladde slang een bepaald dag-, seizoens- en jaarritme hanteert. Voor deze levenswijze moet het habitat alle onderdelen bevatten voor een levensvatbare populatie (Bont et al., 1986). De gladde slang kan in Noordwest-Europa in een breed scala aan habitattypen aangetroffen worden (zie fig. 3). Met name zullen droge, zonnige habitats, waaronder heidevelden, door de soort gekoloniseerd worden (zie bijlage

Bijlage I: Habitattypen H2310, Bijlage II: Habitattypen H4010_A & Bijlage IV: Habitattypen H6230) (van Delft & Keijsers, 2009). Naast deze droge habitats kan de gladde slang waargenomen worden in drooggevalen hoogveenrestanten (zie bijlage Bijlage III: Habitattypen H4030). Daarnaast wordt de gladde slang ook waargenomen langs infrastructuur zoals in weg- en spoorbermen, bermen langs paden en langs bosranden. Haar biotoop wordt gekenmerkt door kleinschalige variatie en structuurrijke vegetatie met voldoende zoninstraling (Reading & Jofré, 2005). Vaak zijn hogere droge structuren zoals begroeide stuifduintjes, verscheidene taluds en maaisel- en plagselhopen aanwezig waar de gladde slang zonnend aangetroffen kan worden. Sporadische begroeiing, waaronder bomen en struiken, kunnen in de habitat van de soort aanwezig zijn. Deze structuren zorgen voor extra beschutting, koelte en schuilplaatsen. Echter wordt massale bosopslag niet verdragen (Stumpel & van der Werf, 2012). Ook kan de gladde slang aangetroffen worden bij liggende boomstammen en takkenbossen (van Delft & Keijsers, 2009).



Figuur 3: Voorkeurshabitat gladde slang (n = 691).
(Bron: van Delft & Keijsers, 2009)

Fraaie voorbeelden van een geschikte habitat voor de gladde slang, waar tevens ook grote aantallen van de prooidieren zijn waargenomen, zijn tijdens de bedrijfsopdracht in kaart gebracht (zie fig. 4a t/m 4d) (Grievink, 2019).



*Figuur 4a: Goed ontwikkeld, reliëfrijk deel met struikheide en wat pijpenstrootje. Vindplaats gladde slang.
(Bron: Grievink, 2019)*



*Figuur 4b: Oude struikheide in het vervalstadium. Op het oog niet aantrekkelijk, maar voor reptielen van grote waarde. Vindplaats zandhagedis.
(Bron: Grievink, 2019)*



*Figuur 4c: Overgang van struikheide naar pijpenstrootje. Vindplaats gladde slang.
(Bron: Grievink, 2019)*



*Figuur 4d: Takkenhopen vormen een goede schuil- overwinteringsplaats voor de gladde slang. Vindplaats gladde slang.
(Bron: Grievink, 2019)*

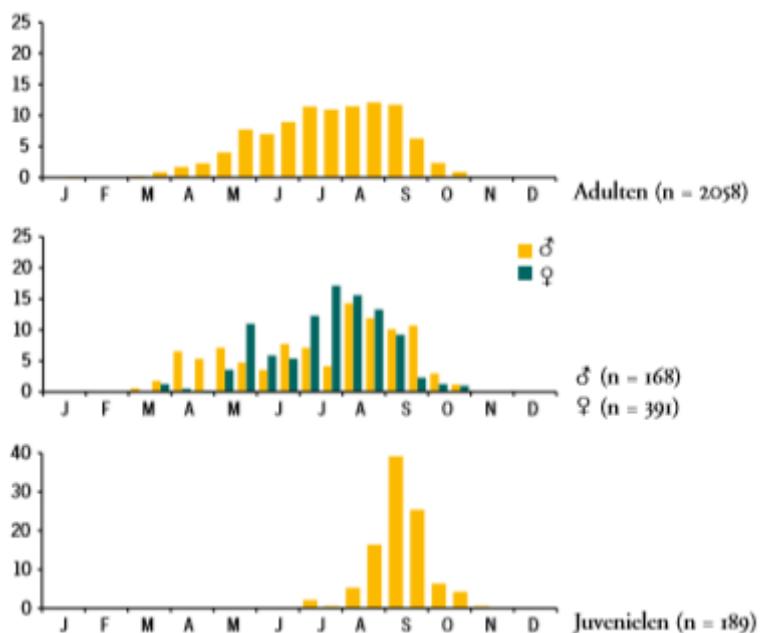
De ondergroei kenmerkt zich door structuurrijke oude struikhei (*Calluna vulgaris*), maar ook vergraste delen, waaronder dikke matten van bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) of volgroeide horsten van pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) vormen een geschikt leefgebied. Er is bijna altijd structuurrijke vegetatie aanwezig, ook al lijkt die structuur niet altijd zichtbaar. Ongelijke bodems met bulten en laagtes in vergraste vegetatie leveren voldoende voedselaanbod, structuur en substraat waarin de gladde slang zich goed in kan verschuilen of opwarmen (zie fig. 5). De strooisellaag is vaak zeer goed ontwikkeld en kan bestaan uit een laag van losse grond met daarin halfverteerde plantresten, maar ook uit een moslaag, houtresten of bladeren (Stumpel & van der Werf, 2012).



Figuur 5: Deze gladde slang ligt half verscholen tussen het pijpenstrootje te zonnen.
(Bron: Grievink, 2019)

3.1.2 Jaarritmiek

De gladde slang houdt een winterrust, omdat de luchttemperatuur en zoninstraling te laag is om voldoende energie te genereren. Van alle inheemse reptielen komt de gladde slang als laatste uit haar winterslaap (van Delft & Keijsers, 2009). De meeste exemplaren zullen pas vanaf april waar te nemen zijn, maar er zijn enkele waarnemingen bekend waar de eerste exemplaren al in maart zijn gevonden (zie fig. 6).



Figuur 6: Overzicht waarnemingen van de gladde slang per maand.
(Bron: van Delft & Keijsers, 2009)

Het tijdstip wanneer de gladde slang uit haar winterslaap ontwaakt wordt, behalve door de daglengte, ook beïnvloed door de weersomstandigheden (Dick & Mebert, 2017). De gladde slang is in Nederland ongeveer 7 maanden per jaar actief. In de loop van oktober, en in warmere periodes pas in november, zoeken ze hun winterverblijven (hibernacula) weer op. Ook het moment wanneer ze in winterslaap gaan wordt bepaald door abiotische omstandigheden (Strijbosch & van Gelder, 1993). Het is niet bekend of de gladde slang elk jaar gebruik maakt van dezelfde overwinteringsplekken en of die overwinteringsplekken door meerdere individuen gebruikt worden (van Delft & Keijsers, 2009). De hibernacula liggen meestal relatief hoog en worden veelal door dichte vegetaties beschermd

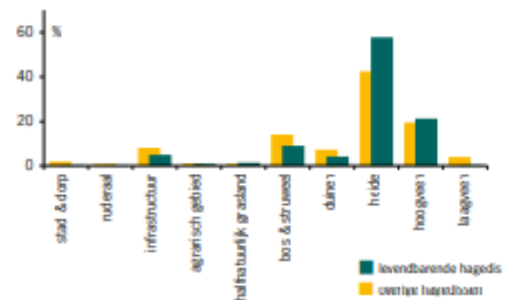
tegen extreme weersinvloeden. Er zit echter weinig verschil tussen de zomer- en winterhabitat van de soort wat betreft vegetatie en structuur (Strijbosch & van Gelder, 1993). De dieren overwinteren zo'n 30 tot 40 centimeter onder de grond, waar de temperaturen niet onder het vriespunt zullen komen. Bij strengere winters zullen de slangen zelfs nog dieper onder de grond weg kruipen (van Delft & Keijsers, 2009). Na de overwinteringsperiode blijven de dieren in de buurt van hun hibernacula, waar ze zullen zonnen. Aansluitend vinden de eerste paringen plaats in de buurt van de hibernacula (Keijsers & Lenders, 2005). De paartijd loopt over een periode van april tot mei. Er zijn enkele gevallen bekend waarbij er paringen in het najaar hebben plaatsgevonden (Keijsers & Lenders, 2005). Voor zover bekend heeft de gladde slang in Nederland een tweejarige voortplantingscyclus, waarbij vrouwtjes alleen deelnemen aan de voortplanting als ze het jaar daarvoor nog geen jongen hebben gehad (Dalessi et al., 2020). Na de paringsperiode verplaatsen de slangen zich van hun winterhabitat naar hun zomerhabitat. De zomerhabitat ligt soms binnen de overwinteringsplekken (van Delft & Keijsers, 2009). In het zomerhabitat verblijven ze zich de rest van het jaar totdat ze weer in winterslaap gaan. Daar zullen de slangen gaan foerageren, zonnen, vinden de vervellingen plaats, wordt de embryonale ontwikkeling voltooid en zullen de jongen worden afgezet (van Delft & Keijsers, 2009). Met name in de maanden juli en augustus vind je zonnende vrouwtjes. De meeste jongen worden, afhankelijk van hoe snel de embryonale ontwikkeling plaatsvindt, afgezet in de maanden augustus en september. De gladde slang kan in Nederland tussen de 2 en 13 jongen krijgen, maar gemiddeld worden er zo'n 6 tot 8 jongen geboren (Keijsers & Lenders, 2005). In september tot oktober vinden er grote migraties van de zomerhabitat naar de winterhabitat plaats, waar ze weer zullen overwinteren (van Delft & Keijsers, 2009). Kort voordat de gladde slang weer in winterrust gaat, zullen ze alleen nog maar gaan zonnen en zullen ze niet meer foerageren (Wang et al., 2003).

3.1.3 Dagritmiek

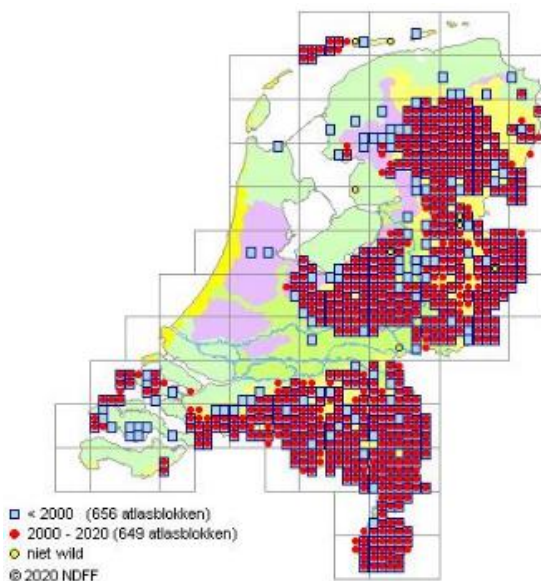
De dagritmiek van de soort is sterk seizoensafhankelijk. Het moment waarop en de mate waarin een gladde slang gedurende de dag actief is, zoals opwarmen, foerageren of verplaatsen, is afhankelijk van de weersomstandigheden en de interne behoefte van de slang (de Bont et al., 1986). De gladde slang lijkt te streven naar een constante lichaamstemperatuur tussen de 29 en 33 °C. De soort wordt, in tegenstelling tot de adder en ringslang (*Natrix helvetica*), veelal waargenomen bij veel bewolking en weinig zon met temperaturen tussen de 15 en 22°C (de Bont et al., 1986). De meeste gladde slangen worden in de ochtenduren waargenomen. Een gladde slang kiest zonplekken uit waar er dichte begroeiing, holen of gaten aanwezig zijn (Čeirāns & Nikolajeva, 2014). De soort zal nooit op een groot, open en kaal oppervlakte gaan zonnen. Naast het bereiken en in stand houden van de gewenste lichaamstemperatuur om actief te kunnen zijn, is de lichaamstemperatuur ook belangrijk voor allerlei interne processen. Een drachtig vrouwtje heeft extra warmte nodig voor de embryonale ontwikkeling. Ook voor de vertering van prooien, hormoonhuishouding en de rijping van ei- en spermacellen is warmte nodig (Brown et al., 2014). De voorkeur van zonplekken gaat uit naar plekken waar de zonnestralen loodrecht op de bodem kunnen schijnen, waardoor de oppervlaktetemperatuur van de strooisellaag tot wel 80 °C kan oplopen (Castilla et al., 1999). Hellingen en taluds gelegen op het zuiden hebben de voorkeur. Dit kunnen o.a. ook schuine kanten van maaisel- of plagselhopen, stenen, een wal of een greppelkant zijn. Daarnaast verhogen opgaande begroeiing, of andere structuren die ervoor zorgen dat de zonplek in een plaats met weinig wind ligt, de geschiktheid (van Delft & Keijsers, 2009).

3.1.4 Voedsel

Een ander belangrijk aspect waar een habitat aan moet voldoen voor een gladde slang is de aanwezigheid van voldoende prooidieren in haar leefgebied (Reading & Jofré, 2020). De soort is, in tegenstelling tot de adder, een actieve jager. Het dieet van de gladde slang bestaat uit alle in Nederland voorkomende hagedissen (zandhagedis *Lacerta agilis*, levendbarende hagedis *Zootoca vivipara*, muurhagedis *Podarcis muralis* en hazelworm *Anguis fragilis*). Daarnaast vallen jongen van muizen ook ten prooi, vooral in hoogvenen waar de populatie van hagedissen vaak relatief schaars zijn. Zelfs worden andere slangensoorten, waaronder de adder, gegeten en sporadisch ook soortgenoten. Hier en daar worden soms nestjongen van vogels gegeten. Uitzonderlijk is dat amfibieën soms ook deel uitmaken van het dieet van de gladde slang (van Delft & Keijsers, 2009). Adulte gladde slangen zijn minder selectief in hun prooi keuze dan juveniele/subadulte gladde slangen (Käsewiter & Völkl, 2003). Juveniele/sub-adulte gladde slangen beperken zich vrijwel uitsluitend tot het eten van hagedissen (Käsewiter, 2002). In Nederland is de levendbarende hagedis in veel leefgebieden van de gladde slang de meest voorkomende hagedis (zie fig. 7a). Echter gaat de levendbarende hagedis in de loop der jaren steeds verder achteruit (zie fig. 7b).



Figuur 7a: Voorkeurs habitat levendbarende hagedis (n = 5078). (Bron: Strijbosch, 2002)



Figuur 7b: Actuele verspreidingskaart van de levendbarende hagedis in atlasblokken.

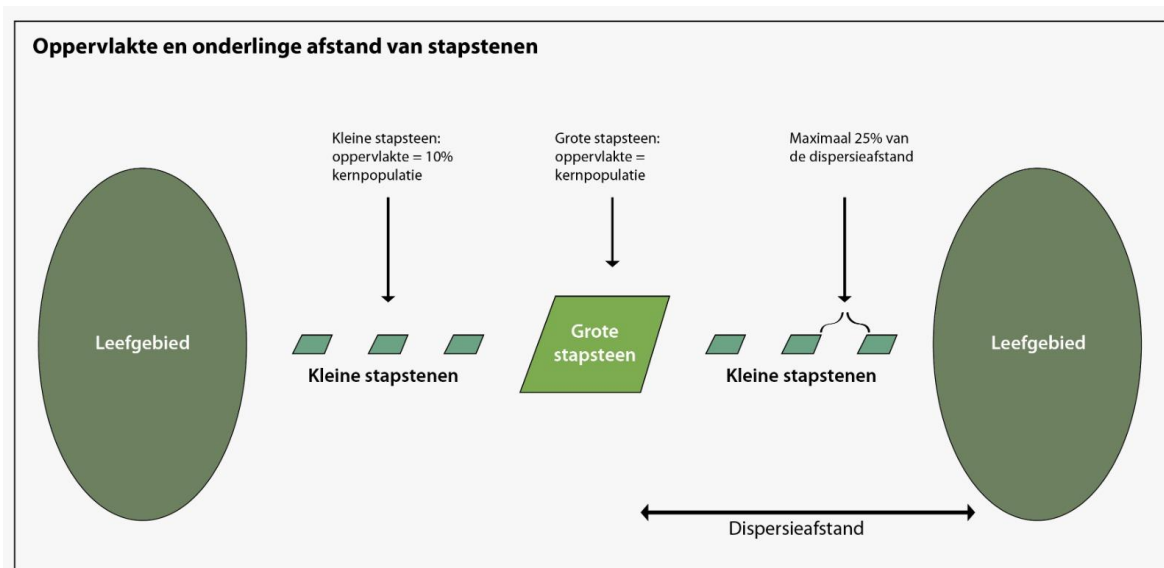
(Bron; RAVON, 2020). Geraadpleegd van: <https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/levendbarende-hagedis>

3.2 Deelvraag 2 - Corridor

Aan welke voorwaarden moet een corridor voldoen?

In de literatuur is er nog maar weinig bekend over het koloniseren van nieuwe leefgebieden door de gladde slang. Dit komt mede doordat de soort dikwijls wordt beschreven als een honkvast en weinig mobiel dier dat jaarrond gebruikt maakt van dezelfde plekken tussen de winter- en zomerhabitat (Keijzers & Lenders, 2005, Čeirāns & Nikolajeva, 2014). Uit een onderzoek door Strijbosch & van Gelder (1993) is aangetoond dat de soort afstanden van zo'n 25 tot 35 meter per dag afleggen. Binnen het zomerhabitat kunnen afstanden van maximaal 480 meter bij mannetjes, 460 meter bij vrouwtjes en 60 meter bij drachtige vrouwtjes worden afgelegd. De soort staat beschreven als tamelijk honkvast, maar binnen een populatie zijn er zeker individuen die verder wegtrekken en nieuwe gebieden kunnen koloniseren. Met name zullen sub-adulte gladde slangen dispersie vertonen (R. Creemers, persoonlijke communicatie, 11 juni 2019). Uit een onderzoek door Völkl & Kasewieter (2003) is gebleken dat er gemiddeld één á drie gladde slangen per hectare geschikt leefgebied kunnen voortkomen. Er kunnen echter grote verschillen per leefgebied zijn. De omvang voor een levensvatbare populatie van de gladde slang is nog niet bekend (van Delft & van Rijsewijk, 2006). Echter heeft een groter populatie een sterker genenpool waardoor de kans op het verlies van genetische variatie kleiner wordt. Dit toevalsproces van het verlies van genetische variatie wordt ook wel genetische drift genoemd. Bij een hoger genetische diversiteit (alleldiversiteit) kunnen soorten zich makkelijker aanpassen aan (a)biotische factoren (Dick & Mebert, 2017). Zodra er een afname in de genetische diversiteit binnen een populatie optreedt, zal dit vaak gaan leiden tot meer inteelt, wat gepaard gaat met een verlaagde aanpassingsvermogen. In veel gevallen zal dit resulteren in meer ziektes, genetische afwijkingen en produceren ze minder nakomelingen (Jablonski et al., 2019). Vooral bij kleine (deel)populaties is genetische uitwisseling noodzakelijk om de effecten van genetische drift op te kunnen vangen (Dick & Mebert, 2017). Migratie van individuen speelt een levensbelangrijk aspect bij het verkrijgen van een levensvatbare (meta)populatie (Park, 2012). Om een succesvolle dispersie op gang te brengen, speelt de populatiedichtheid een cruciale rol. Verplaatsingsgedrag wordt pas bij hoge dichtheden veroorzaakt (Paradis et al., 2002). In kleine populaties zijn individuen veel minder geneigd om te migreren. Echter geldt dat bij kleinere populaties meer genetische variatie nodig is om een levensvatbare populatie te verkrijgen (Mergeay, 2012).

Gladde slangen worden zelden buiten hun favoriete habitattypes aangetroffen (Dick & Mebert, 2017). Een robuuste corridor, bestaande uit de habitateisen zoals omschreven in paragraaf 3.1, speelt een belangrijke rol om genetische uitwisseling mogelijk te maken tussen (meta)populaties. Wanneer de afstanden te groot worden om in één keer van het ene gebied naar het andere gebied te overbruggen (dispersieafstand), dienen stapstenen in de corridor worden aangelegd (zie fig. 8).



Figuur 8: Overzicht corridor met stapstenen
(Bron: Reijnen & Koolstra, 1998)

De oppervlakte van zo'n stapsteen zal ongeveer 10% van de oppervlakte van een kernpopulatie moeten bedragen. De onderlinge afstand tussen elke stapsteen bedraagt 25% van de migratiecapaciteit van de gladde slang (Reijnen & Koolstra, 1998). Echter functioneert deze methode niet op grote afstanden. Om een dispersiestroom op gang te houden dienen er ook grote stapstenen aangelegd te worden die een oppervlakte hebben wat gelijk is aan de oppervlakte van een kernpopulatie (zie fig. 7) (Reijnen & Koolstra, 1998). De minimale oppervlakte en kwaliteit van een kernpopulatie zijn moeilijk te kwantificeren. RAVON acht echter 50 geslachtsrijpe dieren als ondergrens en houden als norm 150 hectare geschikt leefgebied (barrières als dichte bossen, landbouwgronden en wateren worden niet meegerekend) aan voor een levensvatbare populatie (van Delft & van Rijsewijk, 2006). Voor de inrichting van een corridor met stapstenen moet er rekening gehouden worden met de volgende punten zoals omschreven in tabel 2.

Tabel 2: Richtlijnen corridor met stapstenen voor de gladde slang (Bron: Reijnen & Koolstra, 1998)

Soort		Gladde slang
Begroeiing corridor		Heide of structuurrijke struweel met ruigte, zoomvegetaties en schraal grasland
Minimale breedte corridor		30 – 50 meter
Maximale onderbreking corridor		50 meter
Begroeiing stapstenen		Heide en schrale vegetatie met struweel, met op het zuiden geëxposeerde hellingen
Minimum oppervlakte stapstenen	groot	10 hectare
	klein	1 hectare
Onderlinge afstand stapstenen	groot	1000 meter
	klein	250 meter
Barrières		Verkeerswegen, dichte bossen, agrarisch gebied

3.3 Deelvraag 3 - Knelpunten

Welke knelpunten liggen er in het huidige beheer voor de verspreiding en duurzame instandhouding van de gladde slang?

Sinds 1950 is de gladde slang met maar liefst 68% achteruitgegaan (van Delft et al., 2007). Menselijk handelen zijn de belangrijkste oorzaken voor de achteruitgang van de aanwezige herpetofauna in Nederland. De belangrijkste bedreigen voor de gladde slang in Nederland zijn:

- Klimaatverandering
- Versnippering
- Verdroging
- Atmosferische deposities
- Onzorgvuldig beheer
- Verstoring

3.3.1 Klimaatverandering

Er is nog relatief weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar het effect van klimaatverandering op reptielen. Een mogelijke scenario dat volgens verschillende modellen zou kunnen optreden, is dat karakteristieke heidesoorten zich niet snel genoeg kunnen aanpassen aan de veranderde klimatologische omstandigheden (Minnen et al., 2012). Met name wanneer leefgebieden versnipperd zijn geraakt, zijn soorten niet in staat om de afstanden naar een geschikt leefgebied te overbruggen. Hierdoor kan uiteindelijk het hele ecosysteem binnen dit habitattypen instorten (Wallis et al., 2018). In de lange hete zomers van 2018 en 2019 hebben we kunnen zien wat voor schade dit met zich meebrengt. Grote velden van struik- en dopheide verdorde. Ook kwamen er steeds meer grote ongecontroleerde heidebranden voor. De impact op reptielenpopulaties laten zich pas naar jaren onderzoek kwantificeren (van Delft & Rijsewijk, 2006). Het herstel van heidevegetaties en daarmee de meest belangrijke habitat van de gladde slang in Nederland kan vele jaren in beslag gaan nemen. Bovendien bestaat er ook een verhoogde kans op predatie, het voedselaanbod zal minder zijn en mogelijk zijn de hibernacula niet meer geschikt (van Delft & Rijsewijk, 2006).

Daarnaast kunnen mildere winters nadelig zijn voor overwinterende reptielen. De slangen verbruiken meer energie bij hogere temperaturen en komen daardoor in minder goede conditie uit hun winterrust. Dit maakt ze kwetsbaarder voor Snake Fungal Disease (SFD). Deze schimmelinfectie is besmettelijk voor slangen en wordt veroorzaakt door de schimmel *Ophidiomyces ophiodiicola* (Lorch et al., 2015). De schimmel is actief in een breed spectrum van temperaturen en pH, kan zich makkelijk reproduceren en heeft een lang levensstadia (Allender et al., 2015). De schimmel is in 2006 voor het eerst bij wilde slangen in Noord-Amerika aangetroffen en heeft daar inmiddels al onder tientallen slangensoorten tot grote sterfte geleid (Lorch et al., 2015). *O. ophiodiicola* is inmiddels ook recentelijk aangetroffen in Europa bij ringslangen en één adder in Engeland (Franklinos et al., 2017) en bij een dobbelsteenslang (*Natrix tessellata*) in Tsjechië (Meier et al., 2018). In Nederland is de schimmel nog niet waargenomen. Wereldwijd laten aandoeningen veroorzaakt door schimmels zich in een alarmerend tempo van zich horen en richten grote schade aan op de biodiversiteit (Franklinos et al., 2017).

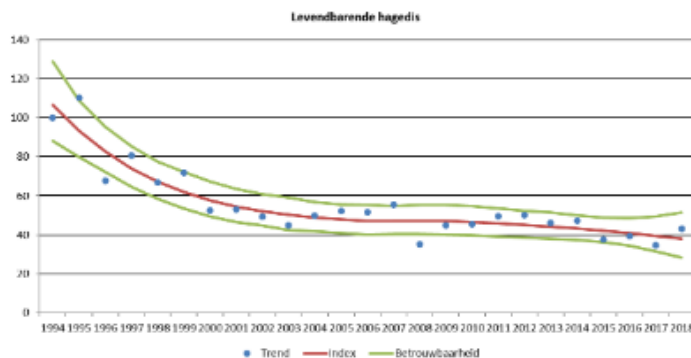
3.3.2 Versnippering

In Nederland zijn veel natuurgebieden, waar de gladde slang in voorkomt, van elkaar geïsoleerd geraakt door o.a. het aanleggen van infrastructuur, grootschalige landbouw, bebouwing, bebossing en grote wateroppervlaktes. Daardoor zijn afstanden tussen leefgebieden zo groot geworden dat er geen genetische uitwisseling tussen populaties van de gladde slang plaatsvindt (Dick & Mebert,

2017). De soort is, vanwege haar geringe migratiecapaciteit en lage populatiedichtheden, zeer gevoelig voor versnippering (Völkl & Kasewieter, 2003). Zoals omschreven in paragraaf 3.2 acht RAVON 50 geslachtsrijpe dieren als ondergrens en houden daarom als norm 150 hectare geschikt leefgebied aan. Veel natuurgebieden zijn afzonderlijk niet groot genoeg om een duurzaam behoud van de gladde slang te garanderen (van Delft & van Rijsewijk, 2006). Isolatie van natuurgebieden kan in kleine populaties leiden tot het verlies van genetische variatie en tot inteelt. De conditie van individuen kunnen daardoor sterk achteruit, wat kan resulteren dat ze kwetsbaarder zijn voor allerlei ziekte waaronder Snake Fungal Disease. Deze processen kunnen ervoor zorgen dat hele populaties in gevaar komen te staan (Dick & Mebert, 2017). Ook brengt versnippering kleine populaties op een andere manier in gevaar. Verkeerd beheer of toevalseffecten, zoals brand, kunnen geïsoleerde populaties zodanig treffen dat herstel niet meer mogelijk is (van Delft & Rijsewijk, 2006).

3.3.3 Verdroging

Door de daling van het grondwaterniveau de afgelopen jaren als gevolg van neerslagtekort, waterwinning en drainage ten behoeve van de landbouw, hebben veel natuurgebieden te kampen met verdroging. Verdroging in een natuurgebied kan ertoe leiden dat eutrofiëring sneller in gang gezet wordt doordat organische stof sneller kan worden afgebroken (T. van Heerde, persoonlijke communicatie, 28 juni 2019). Zoals in paragraaf 3.1 wordt omschreven is de gladde slang een specialist als het gaat om relatief droge habitats. De soort heeft een hoge resistentie voor een zogenaamd “pulmo-cutaan waterverlies”. Dit houdt in dat de soort bij droge en hoge omgevingstemperaturen weinig vocht via de longen en huid verliest en daarmee een lage “verdampingswaarde” heeft (van Strien et al., 2007). De gladde slang wordt dan ook in deze droge habitats van droge heide en in droge randzones van vochtige heideterreinen en hoogvenen waargenomen (van Delft & Keijzers, 2009). In extreem droge condities kan de gladde slang echter ook niet overleven. Bovendien zullen door verdroging structuurgevende plantensoorten, en daarmee kleinschalige variaties, in het leefgebied verloren gaan. Uiteindelijk kan dit resulteren in het verlies van het hele habitat (Minnen et al., 2012).



Figuur 9: Langjarige monitoringstrend van de levendbarende hagedis.

(Bron: RAVON, 2020). Geraadpleegd van:

<https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/levendbarende-hagedis>

groeisnelheid en een verminderde activiteit als gevolg van verdroging (Lorenzon et al., 1999). Sinds 1994 is de levendbarende hagedis met maar liefst 60% achteruitgegaan (zie fig. 9).

Zoals in paragraaf 3.1.3 wordt omschreven is de levendbarende hagedis een belangrijk prooidier voor de gladde slang. Met name is de levendbarende hagedis zeer gevoelig voor verdroging, mede omdat de soort de hoogste verdampingswaarde van alle inheemse reptielensoorten heeft (van Strien et al., 2007). De levendbarende hagedis ondervindt onder meer een langere reproductiesnelheid, worden later geslachtsrijp, afname in

3.3.4 Atmosferische deposities

Veel natuurgebieden in Nederland hebben de afgelopen decennia sterke veranderingen in de vegetatie ondergaan als gevolg van atmosferische depositie in de vorm van stikstof- (N) en zwavelemissies (S). De belangrijkste bronnen die een bijdrage leveren aan verzurende stoffen zijn landbouw, verkeer en industrie. Naast een verzurende werking, hebben deze stoffen ook een vermistend effect (Minnen et al., 2012). Dit heeft zich in de leefgebieden van de gladde slang geuit in de vorm van sterke vergrassing van de heide met pijpenstrootje (van Delft & Rijsewijk, 2006). Vergrassing zorgt ervoor dat er sterke veranderingen in het microklimaat plaatsvinden waardoor

soorten als de zand- en levendbarende hagedis minder effectief de thermoregulatie kunnen handhaven (Groenveld, 2009; Strijbosch, 2009). Vaak wordt er een te intensieve begrazing ingezet om het sneller dichtgroeien van grassen tegen te gaan waardoor er juist schade wordt toegebracht aan de habitat van de gladde slang (Reading et al., 2015). Dit geldt ook voor andere diersoorten, waaronder de levendbarende hagedis en zandhagedis, die in hetzelfde habitat voorkomen (Strijbosch, 2009).

3.3.5 Onzorgvuldig beheer

Onzorgvuldig uitgevoerde beheersmaatregelen of achterstallig beheer vormen een grote bedreiging voor reptielen. Zoals omschreven in paragraaf 3.1 bestaat een optimale heidestructuur uit een afwisseling van hoge en lage dwergstruiken, open en dichtbegroeide plekken en heeft een dikke strooisellaag. Zo'n afwisseling in de vegetatie van hoge en lage planten ontstaan, doordat er uit het hart van bovengrondse afgestorven heideplanten weer nieuwe heideplanten ontstaan. Dit proces varieert in ruimte en tijd en zo'n ontwikkeling duurt minimaal 30 jaar (Stumpel, 2005). Strijbosch (2002) heeft in Limburg een onderzoek gedaan naar de effecten van begrazing op de levendbarende hagedis. Uit dit onderzoek is gebleken dat in een onbegraasd gebied drie tot vijf maal zoveel levendbarende hagedissen voorkomen ten opzichte van een begraasd gebied. In een begraasd gebied worden vaak de oudste en hoogste heideplanten afgebroken waardoor de heideplanten niet hoger worden dan zo'n 50 centimeter en vergraste stukken worden volledig opengebrokeu waardoor ook hier sterke veranderingen in het microklimaat ontstaan (zie fig. 10).



*Figuur 10: Begraasde heidevlakte.
(Bron: Grievink, 2009)*

Ook grootschalig plaggen vormt een serieuze bedreiging voor reptielen. Plagplekken mogen nooit meer dan 10% van de totale oppervlakte geschikt leefgebied per drie jaar en een maximale oppervlakte van 200m² bedragen (van Delft & Rijsewijk, 2006). Alleen door kleinschalig te plaggen en de methode over enkele jaren te verspreiden kunnen de gewenste structuren behaald worden, daarna kan het zeer lang (tenminste 20 jaar) achterwege blijven (van Delft & Rijsewijk, 2006).

3.3.6 Verstoring

Het aantal recreanten in natuurgebieden is de laatste jaren aan het toenemen. Veel fietsers en mountainbikers zoeken natuurgebieden op om even tot rust te komen of hun hobby uit te oefenen. Door de toename van elektrische fietsen neemt de vraag naar uitbreiding en verbreding van fietspaden alsmaar toe (T. van Heerde, persoonlijke communicatie, 28 juni 2019). Barrières als verharde fietspaden (beton en asfalt) en mountainbikeroutes zorgen ervoor dat gebieden verder versnipperd raken (Vandeman, 2008). Het is dan ook geen verrassing dat er frequent doodgereden gladde slangen en andere reptielen op de fietspaden/mountainbikeroutes worden aangetroffen. Ook amfibieën eindigen massaal als verkeersslachtoffer (R. Creemers, persoonlijke communicatie, 11 juni 2019). Bij een toename van recreatie en daarmee het fietsverkeer, toename van het aantal verharde fietspaden en verbreding van de fietspaden, zal het aantal slachtoffers nog verder doen oplopen. Vooral bij kleine populaties in geïsoleerde gebieden kan dit op termijn gevolgen hebben op het voortbestaan van de soort (R. Creemers, persoonlijke communicatie, 11 juni 2019).

4. Discussie

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van de resultaten en de bevindingen uit mijn bedrijfsopdracht (Grievink, 2019), in combinatie met het literatuuronderzoek, kritisch overdacht.

4.1 Bronnenmatrix

Voor dit literatuuronderzoek is gekozen om de wetenschappelijke theorie binnen het kader van de gladde slang te toetsen op welke maatregelen genomen moeten worden om een levensvatbare populatie van de soort in Nederland te waarborgen. De bevindingen van het onderzoek functioneren als een basis voor terreinbeheerders om een beter beheer toe te passen m.b.t. de gladde slang. Om de kwaliteit van het literatuuronderzoek te waarborgen was het uitgangspunt om zoveel mogelijk peer-review artikelen en rapporten te bestuderen tussen de jaren 2010 en 2020, maar ook oudere artikelen om de onderzoeksvraag te beantwoorden (zie bijlage Bijlage V: Bronnenmatrix). Om de kwaliteit van de literatuur te waarborgen werd het aan de hand van het beoordelingscriteria (zie tab 1, paragraaf 2.2) getoetst. In de praktijk bleek dat er zowel op internationaal niveau als op nationaal niveau de afgelopen 10 jaar nog niet heel veel onderzoek was gedaan naar de gladde slang. Een mogelijke verklaring is dat de gladde slang een moeilijk te onderzoeken soort is, mede doordat de gladde slang een zeer verborgen leefwijze heeft. Daarnaast hebben de wetenschappelijke bronnen een SJR (Scientific Journal Rankings) codering toegewezen gekregen. De SJR codering is een maat die het belang, relevantie en aanzien van het desbetreffende tijdschrift weergeeft. Echter bleek de literatuur met betrekking tot de relevantie van het artikel een relatief laag SJR codering te hebben. Een mogelijke verklaring is dat veel tijdschriften die gaan over herpetologie zich focussen op een gespecialiseerd werkveld binnen de biologie. Hierdoor blijft het aantal citaties beperkt in vergelijking met grotere tijdschriften zoals "Nature".

4.2 Analyse deelvraag 1 - leefgebied

Om te kijken aan welke voorwaarden het leefgebied van de gladde slang moet voldoen is er gekeken naar drie habitatsniveaus, namelijk op macro- meso- en microniveau. Omdat de soort ectotherm is hebben ze veel warmte nodig voor verschillende interne processen zoals groei, hormoonhuishouding, embryonale ontwikkeling en zijn ze eerder geslachtsrijp. Reading & Jofré (2005), van Delft & Rijsewijk (2006) en van Delft & Keijzers (2009) hebben in hun onderzoeken aangetoond dat de gladde slang specifieke eisen stelt aan haar habitat. Hieruit komt naar voren dat de gladde slang juist de net iets afwijkende structuren opzoekt, zoals begroeide stuifduinen, verscheidene taluds, overgangen van pijpenstrootje naar struikhei, langs wandelpaden en dus niet zozeer de open vlakte die kenmerkend is voor grote heideterreinen. Daarnaast hebben Käsiewieter & Völkl (2003), Stumpel (2005) en Reading & Jofré (2015) aangetoond dat een structuurrijke variatie voor reptielen van groot belang zijn. Variatie in structuur op zowel macro- meso- en microniveau lijkt dus een essentieel onderdeel te vormen in haar leefgebied.

Echter zit er weinig verschil tussen de zomer- en winterhabitat van de gladde slang wat betreft vegetatie en structuur. Ook ligt de zomerhabitat soms binnen de overwinteringsplekken en is er dus bijna geen ruimtelijke scheiding. Wel zal de slangenpopulatie zich in de winterhabitat ten opzichte van zomerhabitat slechts op een zeer klein gedeelte van het leefgebied concentreren. Door op dergelijke plekken ingrijpende beheersmaatregelen uit te voeren kan dan een grote impact hebben op de hele populatie in het gebied. Of gladde slangen voortdurend dezelfde overwinteringsplekken gebruiken en of die overwinteringsplekken door dezelfde individuen worden gebruikt is niet bekend. Een gedetailleerde populatiestudie, waarbij zowel de ligging van de zomer- en winterhabitat als de homerange van de gladde slang worden vastgesteld is voor terreinbeheerders dus heel waardevol om beheersmaatregelen op een juiste manier in te zetten.

Daarnaast speelt het voedselaanbod ook een grote rol in het voortbestaan van de gladde slang. Van Delft & Keijsers (2009) geven aan dat het dieet van de adulte gladde slang voornamelijk bestaat uit hagedissen, maar dat andere slangensoorten ook sporadisch worden gegeten.

Waarschijnlijk kunnen adulte gladde slangen hierdoor een periode van een gering aanbod aan gangbare prooidieren veel makkelijker doorstaan dan de sub-adulte exemplaren. Echter is uit de database van RAVON (2020) te zien dat de prooidieren van de gladde slang achteruitgaan. Een geschikt leefgebied, verdroging, versnippering en waarschijnlijk de afname van voedseldieren (geleedpotigen) zijn mogelijk hier de oorzaak van. Of de afname van voedseldieren voor de hagedissen ook in verbinding staan met de ver-thema's is in dit onderzoek niet meegenomen en zouden nader onderzocht kunnen worden.

4.3 Analyse deelvraag 2 - corridor

Versnippering van leefgebieden van de gladde slang zorgen ervoor dat migratie tussen (meta)populaties alsmaar moeilijker wordt. Ecologische verbindingzones zijn van cruciaal belang om genetische uitwisseling tussen populaties mogelijk te maken, zodat de effecten van genetische drift worden opgevangen. Echter is er in de literatuur nog veel onbekend over het koloniseren van nieuwe gebieden door de gladde slang. Strijbosch & van Gelder (1993) hebben aangetoond dat mannetjes maximaal 480 meter en vrouwtjes maximaal 460 meter afleggen. Vooralsnog lijken deze resultaten leidend te zijn in meerdere onderzoeken. Reijnen & Koolstra (1998) geven in een overzicht weer hoe een corridor moet worden ingedeeld en geven een dispersieafstand van 1000 meter aan. Dit lijkt de resultaten van Strijbosch & van Gelder tegen te spreken. Echter wordt er in het overzicht van Reijnen & Koolstra wel rekening gehouden met de dispersiestroom door kleine- en grote stapstenen toe te passen. Dit resulteert dat deze methode in theorie wel toepasbaar is. Hoe effectief corridors zijn voor de gladde slang zou verder onderzocht moeten worden.

Dick & Mebert (2017) en Jablonski (2019) hebben in hun onderzoeken aangetoond dat een hogere genetische diversiteit leidt tot een levensvatbare populatie. Daarom is het van belang dat er voordat er een corridor wordt aangelegd een terugkoppeling plaatsvindt a.d.h.v. de vierfasenstrategie. Een terugkoppeling met de vierfasenstrategie voorkomt dat corridors worden aangelegd, terwijl kernpopulaties nog in te kleine aantallen voorkomen. Elke individu die dan wegtrekt resulteert in het verlies van genetische variatie binnen de bestaande populatie. Op lange termijn zal dit kunnen leiden tot een verhoogd risico op uitsterven.

Een andere mogelijke oplossing waar dit onderzoek zich niet op heeft gericht is het introduceren van gladde slangen in bestaande populaties om genetische variatie te vergroten. Mogelijk zou dit een voordelig effect kunnen hebben om inteelt te verkleinen en dispersie op gang te brengen.

4.4 Analyse deelvraag 3 - knelpunten

In paragraaf 3.3 worden de belangrijkste knelpunten voor de gladde slang in Nederland behandeld. Hoe deze knelpunten zich in de toekomst gaan ontwikkelen is nog onzeker. Echter spelen deze thema's steeds meer een rol in de samenleving en zijn verschillende instituten bezig met het creëren van oplossingen. Verschillende onderzoeken (Pernetta et al., 2011; van Strien et al., 2007;) laten zien dat versnippering voor de reptielen één van de belangrijkste knelpunt vormt. De gladde slang is door haar beperkte migratiecapaciteit en lage populatiedichtheden extra gevoelig voor fragmentatie van haar leefgebied. In combinatie met de andere knelpunten die behandeld zijn in dit afstudeerwerkstuk maakt het dat de gladde slang zeer gevoelig is voor beheersmaatregelen.

De literatuur laat duidelijk zien dat beheersmaatregelen anders moeten voor de gladde slang en dat daar voor terreinbeheerders zeker nog winst valt te behalen. Eén van de meest besproken thema's onder reptielenbeheer is begrazing. Stumpel (2005) heeft in zijn onderzoek aangetoond dat heidevelden zo'n 30 jaar nodig hebben om zich te ontwikkelen tot een optimale heidevegetatie in zowel horizontale richting als verticale richting. In Nederland zijn deze structuren nagenoeg niet aanwezig, waardoor terreinbeheerders een belangrijk referentiebeeld missen bij een kwaliteitsbeoordeling. Reptielendeskundigen zijn dan ook zeer sceptisch over het adviseren van begrazing. Een fraai voorbeeld van te intensieve begrazing is tijdens de bedrijfsopdracht waargenomen (zie fig. 10). Bij te intensieve begrazing worden de oudste en hoogste heideplanten afgebroken, de heideplanten worden vaker niet hoger dan zo'n 50 cm en stukken worden volledig kaal gevreten waardoor er sterke veranderingen ontstaan in het microklimaat. De gladde slang heeft dan ook waarschijnlijk meer last van beheersmaatregelen tegen ver-thema's dan van de ver-thema's zelf. Beheersmaatregelen moeten daarom altijd in lijn staan met de leefwijze van de gladde slang.

Daarnaast weerhoud terreinbeheerder door een gebrek aan capaciteit en geld van een stelselmatige monitoring. Een belangrijk aandachtspunt waar dit onderzoek zich niet op heeft gericht is om te kijken hoe inventarisatie of monitoring door vrijwilligers kan worden georganiseerd. Met extra maatwerk kan bij de uitvoering van beheersmaatregelen niet alleen de gladde slang van profiteren, maar ook andere zeldzame en karakteristieke soorten van het leefgebied.

5. Conclusie & aanbevelingen

In dit literatuuronderzoek werd er naar een antwoord gezocht op de onderzoeksvraag “Welke maatregelen moeten er genomen worden om een levensvatbare populatie van de gladde slang in Nederland te waarborgen?”. Hierbij werden de volgende deelvragen onderscheiden:

- 1. Aan welke voorwaarden moet het leefgebied van de gladde slang voldoen?*
- 2. Aan welke voorwaarden moet een corridor voldoen?*
- 3. Welke knelpunten liggen er in het huidige beheer voor de verspreiding en duurzame instandhouding van de gladde slang?*

5.1 Beantwoording deelvraag 1 - leefgebied

Het leefgebied van de gladde slang kan onderverdeeld worden in drie habitatsniveaus, namelijk op macro- meso- en microniveau. Op macroniveau heeft een heuvelachtig landschap de voorkeur. Op mesoniveau is er sprake van hellingen, taluds en op microniveau is er bijna altijd sprake van veel bulten, gaten en kuilen. Hierbij kan de biotoop van de gladde slang samengevat worden in de volgende punten:

- Voorkeur voor een glooiend leefgebied;
- Open leefgebieden met voldoende zoninstraling;
- Kleinschalige variatie in vegetatiestructuur;
- Taluds, hellingen, steilkantjes of maaisel- en plagselhopen met oneffen bodem;
- Goed ontwikkelde strooisellaag.

Gladde slangen zijn niet het hele jaar aanwezig in het gehele habitat. Binnen de habitat kiezen ze de plekken uit met de meest optimale voorwaarden. Denk hierbij aan de plaatsen waar ze overwinteren, paren, hun jongen krijgen, schuilen, foerageren en hun thermo- en vochtregulatie handhaven. Een habitat van de gladde slang bestaat dus uit het totaal van al deze plekken en kan alleen worden bepaald na een gedetailleerde populatiestudie, waarbij zowel de ligging van de zomer- en winterhabitat als de homerange worden vastgesteld. Alleen als de totale habitat aanwezig is, inclusief corridors, kan er sprake zijn van een levensvatbare voortbestaan van de gladde slang.

5.2 Beantwoording deelvraag 2 - corridor

Er is nog maar weinig bekend over het koloniseren van nieuwe gebieden door de gladde slang. Echter is het een gegeven dat genetische variatie binnen een populatie een cruciale rol speelt in het voortbestaan van de soort. Om genetische uitwisseling tussen populaties te realiseren dienen gebieden met elkaar verbonden te worden. Daarbij is het van belang dat er voordat een corridor wordt aangelegd een terugkoppeling plaatsvindt a.d.h.v. de vierfasenstrategie. Een terugkoppeling met de vierfasenstrategie voorkomt dat corridors worden aangelegd, terwijl kernpopulaties nog in te kleine aantallen voorkomen een daarmee dus het verlies van genetische variatie binnen die populatie plaatsvindt. Elke individu die dan wegtrekt is er één te veel.

Wanneer de kernpopulaties groot genoeg zijn dient er een robuuste corridor aangelegd te worden, bestaande uit heide, structuurrijke struweel met ruigte, zoomvegetaties en/of schraal grasland. Wanneer de afstanden te groot worden om in één keer te overbruggen (maximaal 480 meter) dienen er stapstenen in de corridor aangelegd te worden. Zo'n stapsteen dient ongeveer 10% van de oppervlakte van een kernpopulatie te bedragen met een minimale oppervlakte van 1 hectare. De onderlinge afstand tussen elke stapsteen bedraagt ongeveer 25% van de migratiecapaciteit van de gladde slang. Zo worden er verbindingen gerealiseerd waarlangs de soort in etappes van het ene gebied naar het andere kan migreren. Echter op grote afstanden voldoet deze methode niet. Om de

dispersiestroom op gang te houden dienen er ook grote stapstenen gerealiseerd te worden die een oppervlakte hebben wat gelijk is aan de kernpopulatie met een minimale oppervlakte van 10 hectare. Een stapsteen fungeert als een habitatplek waar de gladde slang jaarrond kan verblijven en voortplanten. Het is daarom ook van belang dat het voldoet aan de habitatseisen van de soort. Dit betekent dus dat de begroeiing van zo'n stapsteen bestaat uit heide, schrale vegetatie met struweel en met het op het zuiden geëxposeerde hellingen.

5.3 Beantwoording deelvraag 3 - knelpunten

Bij het beheer van reptielhabitats is veel aandacht nodig voor de structuur van de vegetatie en bodem. Echter spelen klimaatverandering, versnippering, verdroging, atmosferische depositie, onzorgvuldig beheer en verstoring de belangrijkste knelpunten in het beheer van de gladde slang. Een grote variatie in zowel verticale als horizontale richting, biedt voor de gladde slang volop kansen voor het zoeken van voedsel, schuilen, de regulatie van lichaamstemperatuur en vochthuishouding. In paragraaf 5.5 wordt er dieper op ingegaan hoe deze knelpunten kunnen worden verholpen.

5.4 Beantwoording hoofdvraag

Om tot een goed reptielenbeheer te komen, dient men de maatregelen te volgen die een bijdrage leveren aan het in stand houden, verbeteren, vergroten en verbinden van de habitat van de gladde slang. De gladde slang stelt hoge eisen aan hun leefgebied en zijn daardoor niet eenvoudig te vervangen. Het is daarom van belang dat er voorzichtig wordt omgegaan met belangrijke vindplaatsen. De dichtheid van de soort is doorgaans laag. Enkele onderzoeken komen uit op dichtheden van één tot vijf dieren per hectare. Dit betekent dat voor een duurzaam levensvatbare populatie een groter oppervlakte nodig is. Een exacte oppervlakte voor een duurzaam levensvatbare populatie is moeilijk te geven. Dit hangt mede af van de habitatstructuur en het voedselaanbod. Ook de mate waarin deelgebieden met elkaar verbonden zijn, speelt een rol. Om een zelfstandige duurzame populatie te handhaven houdt RAVON als ondergrens 50 geslachtsrijpe dieren aan met als norm 150 hectare geschikt leefgebied (dichte bossen, landbouwgronden, bebouwing, onontwikkelde jonge heide en wateren niet meegerekend). Van de overwintering is nog weinig bekend, maar wel dat het een belangrijke en kwetsbare periode voor de soort is. Met name in vochtige en natte gebieden overwinteren de slangen in de relatief schaarse hogere terreindelen. De slangenpopulatie zal zich in de winter concentreren op slechts een zeer klein gedeelte van het leefgebied. Door op dergelijke plekken ingrijpende beheersmaatregelen uit te voeren, kan dan een grote impact hebben op de hele populatie in het gebied. Het is voor terreinbeheerders dus heel waardevol om kennis te hebben over de ligging van overwinteringsplekken. Waarnemingen die vroeg (maart) of laat in het jaar (oktober) gedaan worden zijn een eerste indicatie van de mogelijke overwinteringsplekken. Bij reptielenbeheer is veel aandacht nodig voor de structuur van de vegetatie en bodem. Een grote variatie in zowel verticale als horizontale richting, biedt voor reptielen en ook de gladde slang volop kansen voor foerageren, schuilen, de regulatie van thermo- en vochthuishouding. Samengevat zijn er in het beheer voor de gladde slang enkele algemeen geldende uitgangspunten:

- Werk gefaseerd en/of kleinschalig en vraag je altijd af welk probleem je met een maatregel wilt oplossen en wat eventuele negatieve gevolgen kunnen zijn.
- Bij het herstellen van leefgebieden is het belangrijk om rekening te houden met de vierfasenstrategie. Het is een reeks logische stappen, die bijdragen om op het juiste moment de juiste prioriteiten te stellen. In de eerste fase “veiligstellen”, worden huidige leefgebieden veiliggesteld door directe bedreigingen weg te nemen. In de tweede fase “versterken”, wordt het leefgebied versterkt door bijvoorbeeld het oppervlakte te vergroten. In de derde fase “verbinden”, worden geïsoleerde gebieden weer met elkaar verbonden door de aanleg van corridors. In de vierde fase “verbreiden”, worden potentiële leefgebieden d.m.v. corridors

aan bestaande complexen van leefgebieden verbonden. Een terugkoppeling met de vierfasenstrategie voorkomt dat corridors worden aangelegd, terwijl kernpopulaties nog in te kleine aantallen voorkomen.

- Vergaar kennis over de aanwezige populatie, zoals NDFF, waarneming.nl of externe expertise. Met name belangrijke terreindelen dienen naar voren te komen, zoals overwinteringsplekken en zonplekken van drachtige vrouwtjes. Vooral in het voor- en najaar kan daar een groot deel van de aanwezige populatie op een klein oppervlakte worden waargenomen.
- Houd rekening met de aanwezige geschikte habitatslementen op micro- en mesoniveau. Herstel of behoud zonnig gelegen steilkantjes, greppelkanten, kuilen en maai of plag oude stukken heide niet.
- Het toepassen van zwaar en grof materieel kan voor de gladde slang al te snel te rigoreus zijn. Overweeg daarom om zoveel mogelijk met handkracht te werken. Hierdoor wordt de schade in het leefgebied zoveel mogelijk beperkt.
- Zorg voor ecologische begeleiding bij werkzaamheden en geef voldoende instructies en informatie over de ecologie van de gladde slang voor de uitvoerenden.

Het is dan ook van cruciaal belang dat beheersmaatregelen altijd in lijn staan met de leefwijze van de gladde slang.

5.5 Aanbevelingen

De habitat van de gladde slang in Nederland ligt voor een groot deel op de hogere zandgronden en hoogveenbodems. De voorkeurshabitats van de gladde slang zijn heide en hoogveen, deze zullen in onderstaande subparagrafen centraal staan.

5.5.1 Heidebeheer

Een optimale habitat voor de gladde slang kent veel reliëf en heeft een goed ontwikkelde vegetatie. Naarmate heide ouder wordt, neemt de variatie in zowel verticale en horizontale richting toe en ontwikkelt zich op de bodem een strooisellaag. In meerdere onderzoeken (Käsewiter & Völkl, 2003; Stumpel, 2005; Reading & Jofré, 2015) is het belang van een structuurrijke strooisellaag voor reptielen aangetoond. Karakteristieke vindplaatsen van de gladde slang kennen op een kleine oppervlakte een ruime afwisseling van enigszins kale en begroeide bodem, door de zon beschenen maar ook beschaduwde delen, lage en hoge begroeiing, dichte en opengevallen vegetatie. Zo'n structuurrijke variatie ontstaat alleen in oude heide waarin niet voortdurend wordt ingegrepen. Heidevegetatie doorloopt een ontwikkelingstijd van zo'n 30 jaar de groeifasen pionier, opbouw, volgroeid en aftakelend waarbij de verticale structuur- en ruimtelijke variatie toenemen (Bijlsma et al., 2020). Een afwisseling in de vegetatie in zowel verticale als horizontale richting ontstaan doordat er uit het hart van bovengrondse afgestorven heideplanten weer nieuwe heideplanten opkomen en dwergstruwelen kunnen dan een hoogte van 1,5 meter bereiken. Bij intensieve begrazing kan zo'n vegetatiemozaïek zich niet ontwikkelen. Daarnaast kiemen veel boom- en struiksoorten slecht in een goed ontwikkelde heidevegetatie met een flinke strooisellaag. Een beheertype waarbij er vrijwel niet wordt ingegrepen is dus een heel goede keuze (Stumpel, 2005; van Delft, 2009). In ongestoorde gebieden kan de structuur in stand blijven, of zich ontwikkelen mits overmatig opslag handmatig wordt verwijderd. Voor bijna alle reptielensoorten is dit de meest ideale situatie en voor beheerders goedkoop. Als er in het landschap wel beheerproblemen voordoen door bijvoorbeeld atmosferische depositie, of successie te ver is ontwikkeld dan zijn er diverse kleinschalige beheermaatregelen die in heide- en veenlandschappen gangbaar zijn en worden in de volgende paragrafen verder besproken.

Voor de thermoregulatie van de gladde slang moet er voldoende zonlicht op de bodem komen. Het verwijderen van een teveel aan opslag en bomen en struiken, om sterke beschaduwning tegen te gaan, is vaak al voldoende. Deze maatregelen dienen het liefst met handkracht uitgevoerd te worden om de aanwezige structuren, zoals hellingen, taluds en dergelijke, intact te laten. Enige opslag van struiken en bomen kunnen hier en daar blijven staan voor meer variatie in het landschap en tal van andere diersoorten profiteren hiervan. Om meer structuurvariatie te creëren kan de verwijderde opslag op wallen tegen de bosrand of langs eenvormige heidevegetatie worden gelegd. Plekken waar kwetsbare vegetatie groeit moeten vermeden worden, omdat de uitspoeling van voedingsstoffen uit het verterende hout lokaal zorgt voor extra verrijking. Dit soort houtwallen moeten echter niet op onbegroeide plekken worden neergelegd. Daardoor is er geen aangrenzend geschikte vegetatie aanwezig waarlangs de gladde slang makkelijk bij de houtwallen kan komen. Bij gekapte bomen is het belangrijk dat er rekening wordt gehouden dat ze niet over de aanwezige oude heidevegetatie worden gesleept. Hierdoor ontstaat veel schade aan de oude heidestruiken, terwijl die juist bijzonder waardevol zijn voor de gladde slang. Voordat er ingrepen worden verricht is het dan ook aan te raden om in het bestek verplichte rijroutes op te nemen, opslagplaats voor het materieel en plekken waar het hout in depot mag. Jonge opslag kan eens in de 5 jaar, door vrijwilligers met de hand, verwijderd worden.

Vooralsnog is begrazing een veel toegepaste beheermethode om landschappen voldoende open te houden. In het begin kan o.a. schapenbegrazing een bijzondere rol spelen in het ontwikkelen van leefgebieden. De zaden van verschillende planten, waaronder struikheide, liften met de schapen mee naar nieuwe leefgebieden om te kiemen. Een doorlopende schapenbegrazing onder toezicht van een schaapsherder zou veel natuurvriendelijk werk kunnen verrichten. Echter pakt begrazing vaak te ongunstig uit voor reptielen. De hoofdreden is dat met begrazingsbeheer op voedselarme bodems geen rekening wordt gehouden met de rijke structuur op meso- en microniveau (van Delft, 2009; Jofré & Reading, 2012; Stumpel & van der Werf, 2012). Deze structuurrijkdom is van cruciaal belang voor het schuilen, foerageren, thermo- en vochtregulatie en wordt in begraasde gebieden vaak sterk aangetast door het afvreten en vertrapping van oude heidevegetatie. Reading en Jofré (2015) hebben een meerjarig onderzoek gedaan naar de effecten van begrazing op de gladde slang. Gedurende vier jaar, tussen 2010 en 2013, werd begrazing uitgerasterd uit een 6 hectare groot heideveld. Dit stuk lag in een groter heideterrein waar begrazingsbeheer wordt toegepast. Sinds 1997 tot en met 2009 werden de reptielen jaarlijks gemonitord. Na het plaatsen van de raster, zijn de gladde slangen jaarlijks gemonitord in het begraasde deel en in het onbegraasde deel. Het aantal individuele gladde slangen en het totaal aantal vangsten van de gladde slang was in het onbegraasde deel significant groter. Deze hogere waarnemingen waren gekoppeld aan een betere vegetatiestructuur in zowel, horizontale richting als verticale richting. De resultaten uit dit onderzoek tonen aan dat het gebruik van begrazing op de gladde slang schadelijk is en dat het jaren duurt voordat een populatie zich kan herstellen nadat begrazing is gestopt. Dezelfde resultaten zijn behaald uit een onderzoek naar een populatie van de levendbarende hagedis (Strijbosch, 2002). Met name in geïsoleerde leefgebieden kan begrazingsbeheer al snel te intensief uitpakken en moet begrazing geheel achterwege blijven, maar kan handmatig aanvullend beheer worden toegepast, zoals het verwijderen van opslag. Indien er toch begrazingbeheer wordt toegepast, dan dient nadrukkelijk rekening gehouden te worden met de habitatslementen van de soort. In grotere heideterreinen wordt geadviseerd om stukken uit te rasteren waar kernpopulaties van de gladde slang aanwezig zijn. Hierdoor blijven er altijd geschikte habitatslementen in het leefgebied van de soort aanwezig voor het geval de begrazing toch te intensief blijkt te zijn.

Voor de gladde slang vormt een vergraste heide een prima habitat en plaggen is voor deze soort zelden noodzakelijk (Stumpel, 2005). Plaggen is een beheersmaatregel om te verschrallen en/of het terrein voldoende open te houden als doel. Recentelijk is er veel onderzoek gedaan naar de effecten

van plaggen (Bijlsma et al., 2020) Met name wordt er in droge heide terreinen kritisch gekeken naar deze beheersmaatregel. Het is een ingrijpende methode die ook negatieve effecten met zich mee brengt. Na het plaggen wordt de oppervlakte volledig teruggezet naar een pioniersstadium. Daarnaast worden noodzakelijke voedingsstoffen en mineralen uit de bodem afgevoerd, de vochtinhouding veranderd, de strooisellaag, het bestaande bodemleven en microreliëf verdwijnen (Bijlsma et al., 2020). Het terreindeel waar plagwerkzaamheden hebben plaatsgevonden zijn voor een langere tijd ongeschikt voor reptielen. Alle structuren waar de gladde slang afhankelijk van is zijn immers verdwenen en er blijft daardoor geen gelegenheid meer om te schuilen en de vocht- en temperatuurhuishouding te reguleren. Het kan vele jaren tot zelfs enkele decennia duren voordat geschikte vegetatiestructuren op zulke voedselarme bodems voor reptielen en tal van andere diersoorten zijn hersteld. Het is daarom ook van uiterst belang dat deze beheersmaatregelen met uiterste zorg worden uitgevoerd, omdat het een grote impact op de habitat van de gladde slang kan hebben en pas naar zeer lange tijd weer een geschikte habitat oplevert. Alleen door kleinschalig te plaggen en de beheersmaatregelen over enkele jaren te verspreiden, kan de gewenste structuur behaald worden als de vergrassing begint te overwoekeren. In een onderzoek van Smits & Noordijk (2013) wordt voor een te plaggen oppervlakte maximaal 0,5% van het terrein per jaar genoemd als richtlijn. Door dit, in combinatie met een visgraatmodel, wordt een grote variatie met veel overgangen op een relatief kleine oppervlakte gerealiseerd (Smits & Noordijk, 2013). Plaggen kan na het ontwikkelen van nieuwe terreindelen zeer lang (>20 jaar) achterwege gelaten worden. Tussentijds verwijderen van opslag blijft echter wel noodzakelijk om successie tegen te gaan (Stumpel, 2005).

5.5.2 Hoogveenbeheer

Hoogveenbeheer heeft veel overeenkomsten met de maatregelen die bij heidebeheer beschreven zijn (van Delft & van Rijsewijk, 2006). Echter wordt er bij het hoogveenbeheer alleen ingegaan op de relevante structuren die van toepassing zijn voor de gladde slang en niet op het beheer van zeldzame hoogveenvegetaties. Beide ecosystemen zijn voedselarm en worden vaak gedomineerd door pijpenstrootje en heidesoorten (struikheide en dopheide) (van Delft & van Rijsewijk, 2006). Verbossing en vergrassing speelt ook in hoogveen een groot probleem (Bijlsma et al., 2011). Om dit tegen te gaan wordt ook in hoogveenrestanten plaggen, begrazen en opslag verwijderen als beheersmaatregel ingezet. Voor hoogveenbeheer gelden dezelfde vuistregels als voor heidebeheer, namelijk: werk gefaseerd en kleinschalig en houd daarbij rekening met de habitatselementen van de gladde slang. In hoogveenrestanten is de gladde slang voornamelijk afhankelijk van de droge landschapselementen in dit ecosysteem. In hoogveenrestanten zijn met name dijkes, greppelkanten, zandruggen en dergelijke van grote waarde voor de gladde slang (Feenstra, 2001). Beheersmaatregelen dienen grotendeels gericht te worden op het vrij houden van opslag op deze landschapselementen. Niet alleen ontstaat er voor de gladde slang zo een geschikte leefgebied, maar deze open stukken kunnen ook dienen als een corridor (van Delft & van Rijsewijk, 2006). Net zoals in heidebeheer kunnen takken, stammen en plagsel sporadisch in het terrein achtergelaten worden voor extra droge landschapselementen.

5.5.3 Bos- en bosrandbeheer

Gevarieerde, structuur- en struweelrijke bosranden vormen vaak een zeer rijk reptielenbiotoop, veel rijker dan open stukken in bijvoorbeeld heidevelden (van Delft & van Rijsewijk, 2006). Ze gebruiken de bosranden als leefgebied, migratieroute en overwinteringsplek. Bosranden bieden dan ook goede kansen om nieuwe leefgebieden en corridors te realiseren, mits het voedselarme gronden zijn. De aanpak begint met het in kaart brengen van de verspreiding van de gladde slang met bestaande data en eventuele veldwerk. Dit gebeurt op het niveau van de totale metapopulatie in het gebied. Daarnaast kan verspreidingsinformatie van andere zeldzame en karakteristieke soorten worden verzameld. Deze informatie geeft een goede eerste indruk op waar de kansen en mogelijkheden liggen. Via contacten met soortexperts kunnen optimale verbindingen worden bepaald, kan gericht reliëfrijke terrein worden uitgekozen en blijven waardevolle stukken gespaard. Kapvlaktes en corridors dienen ruim opgezet te worden. Grotere kapvlaktes en corridors groeien minder snel volledig dicht en blijven dus veel langer (deels) geschikt voor de gladde slang en de meeprofiterende soorten. Kapvlaktes kunnen het beste enkele hectares omvatten of in een netwerk van kleinere stapstenen om de circa 300 meter tot maximaal 1000 meter liggen (zie paragraaf 3.2). Om te voorkomen dat corridors worden overschaduwd door slagschaduw van aangrenzende bomen, moeten deze minimaal 30 meter breed zijn. Kapvlaktes hoeven geen strakke lijnen te hebben. Golvende randen in de kapvlaktes, met variatie in de diepte van de inhammen, zorgen voor extra variatie. Hier en daar kunnen bomen ook omgedrukt worden, om zo nog meer variatie in het leefgebied te creëren door zowel de aanwezigheid van dood hout en bodemvariatie op microniveau. Daarnaast is het waardevol om sporadisch bomen te ringen of op borsthoogte af te zagen ten behoeve van sommige vogels en insecten. Een klein deel van de takken en stammen kunnen gebruikt worden om takkenhopen langs bosranden te plaatsen. Om deze kapvlaktes duurzaam te laten voortbestaan moeten ze beheerd worden als een heideterrein zoals omschreven in hoofdstuk 4.2

5.5.4 Wegen, fietspaden en faunapassages

Fietspaden en wegen kunnen veel verkeersslachtoffers veroorzaken onder reptielen. Jaarlijks worden er tientallen dode juvenielen van de gladde slang gevonden (R. Creemers, persoonlijke communicatie, 11 juni 2019). Door de opkomst van recreatie worden steeds meer fietspaden aangelegd en worden bestaande halfverharde paden vervangen door asfalt of betonplaten (zie fig. 11). Wegen en fietspaden zorgen niet alleen voor veel verkeersslachtoffers, maar zorgen ook voor versnippering van leefgebieden. Individuen kunnen niet meer migreren en dit kan ongunstige gevolgen hebben op genetische uitwisseling tussen populatie, met meer inteelt als gevolg. Deze barrières kunnen opgelost worden door de aanleg van ecoducten, herpetoducten of faunagoten. In diverse onderzoeken naar de effectiviteit van ecoducten, wordt ook de gladde slangen waargenomen (Lambrechts et al., 2014; Emond et al., 2016). Bij de aanleg van passagesystemen wordt er vaak te weinig aandacht besteed aan de geleiding (Struijk, 2011). Geleidingsschermen spelen een grote rol in de effectiviteit van faunapassages. Zonder geleidingsschermen is de kans een stuk kleiner dat een faunapassage gebruikt wordt door reptielen, zelfs wanneer er natuurlijke geleiding aanwezig is zoals houtwallen, greppels en wallen. Daarnaast voorkomen geleideschermen ook verkeersslachtoffers. Een goed voorbeeld van een goed werkende faunapassage is het zogenaamde herpetoduct Elspeetsche Heide onder de provinciale weg N310 (Struijk et al., 2015). Vijf reptielensoorten, waaronder de gladde slang,



*Figuur 11: Verharde fietspad doorkruist het habitat van de gladde slang.
(Bron: Grievink, 2019)*

gebruiken de tunnel om in te schuilen, zonnen, foerageren en er zijn jongen geboren (Struijk et al., 2015). De aanwezigheid van alle habitatslementen van de gladde slang op en rond de passages zijn cruciaal. Het toeloopgebied moet direct verbonden zijn met nabijgelegen leefgebieden van de soort. Bij onderdoorgangen is het belangrijk dat er voldoende zonlichtinval is. Betonnen goten onder wegen of fietspaden die zijn afgeschermd met een rooster, zijn ideaal. Ruime brede tunnels hebben sterk de voorkeur boven smalle. Daarnaast zijn stobbelwallen onmisbaar op eco- herpetoducten en in toeloopgebieden. Ze zorgen direct voor extra structuur wat een sterke aantrekkingskracht op reptielen uitoefent en de kans op het gebruik van de passages vergroot. Cruciaal is ook een regelmatig beheer. Opgaande vegetatie langs de schermen dienen verwijderd te worden en het periodiek aanvullen van de stobbelwallen is wel noodzakelijk. Ook moeten de geleideschermen gecontroleerd worden op mankementen, met name niet duurzame schermen zoals kunstofschermen zijn zeer gevoelig voor beschadiging. Karakteristieken van goede, duurzame geleidingschermen zijn:

- Metaal of glad beton
- Overstekende rand aan de bovenzijde (minimaal 10 centimeter)
- Aan de voet een horizontale rand van 50 centimeter breed, om te voorkomen dat vegetatie tegen het scherm groeit.
- Minimaal 50-60 centimeter boven maaiveld en 10-20 centimeter onder maaiveld
- Positie in toeloopgebied (trechtersvormig naar de faunapassage toe)

5.5.5 Prooiaanbod stimuleren

Gladde slangen eten, zoals in paragraaf 3.1.3. is omschreven, vooral reptielen en muizen. Door rekening te houden met de prooidieren, kan het voedselaanbod voor de gladde slang worden vergroot (Reading & Jofré, 2020). Heide- en bosrandbeheer is ook van groot belang voor hagedissen. Net zoals de gladde slang hebben hagedissen eveneens een behoefte aan structuurrijke leefgebieden met voldoende lichtinval. De levendbarende hagedis en de hazelworm hebben de voorkeur op wat vochtigere omstandigheden. In de droge leefgebieden zoeken ze dan ook de wat schaarser vochtigere delen op. Het kan hierbij dan gaan om venoevers, maar ook dichte begroeiing van bochtige smele of pijpenstrootje, waarin veel vochtig strooisel aanwezig is (Strijbosch, 2009). Ook liggend dood hout en takkenhopen worden veel gebruikt, waarin de hazelworm zich schuil houdt en de levendbarende hagedis op zont. De zandhagedis heeft, net als de gladde slang, de voorkeur op droge habitats en hetzelfde beheer kan worden toegepast. Echter is de zandhagedis een eierleggende (oviparie) reptiel en heeft de soort voor de ontwikkeling van de eieren een substraat nodig dat voldoende kan opwarmen bij de embryonale ontwikkeling (Groenveld, 2009). Goede ei-afzet locaties moeten voldoen aan de volgende criteria (BIJ12, 2017):

- Gelegen op een droge, niet te humeuze zandige plaats;
- Drie á vier ei-afzet locaties per hectare;
- De ei-afzetlocaties dienen één tot twee vierkante meter te zijn op hellingen en twee tot acht vierkante meter op vlakke terreinen;
- Voldoende zoninstraling en droge delen, gericht op het zuiden of zuidwesten, zonder struik- of boomgroei in de directe omgeving die kunnen zorgen voor schaduwrijke plekken;
- Niet in de buurt van actief bezochte plekken zoals paden, wegen en bankjes.

Literatuurlijst

- Allender, M.C., Raudabaugh, D.B., Gleason, F.H. & Miller, A.N. (2015).** The natural history, ecology, and epidemiology of *Ophidiomyces ophiodiicola* and its potential impact on free-ranging snake populations. *Fungal Ecology*, 17, 187-196.
- BIJ12 (2017).** Zandhagedis, *Lacerta agilis*. Geraadpleegd op 27 juni 2019, van <https://www.bij12.nl/assets/BIJ12-2017-021-Kennisdocument-Zandhagedis-1.0.pdf>
- Bijlsma, R.J., Jansen, A.J.M., Limpens, J., de Vries, M.W. & Witte, J.P.M. (2011).** Hoogveen en klimaatverandering in Nederland (No. 2225). Alterra, Wageningen-UR.
- Bijlsma, R.J., van Delft, S.P.J., Loeb, R., & Bobbink, R. (2020).** Kansen voor oude droge heide in het heidelandschap. Rapport nummer 2020/OBN240-DZ, VBNE, Driebergen.
- Brown, D.S., Ebenezer, K.L. & Symondson, W.O. (2014).** Molecular analysis of the diets of snakes: changes in prey exploitation during development of the rare smooth snake *Coronella austriaca*. *Molecular Ecology*, 23(15), 3734-3743.
- Castilla, A.M., Van Damme, R. & Bauwens, D. (1999).** Field body temperatures, mechanisms of thermoregulation and evolution of thermal characteristics in lacertid lizards. *Natura croatica*, 8(3), 253
- Čeirāns, A. & Nikolajeva, L. (2014).** Study of Smooth Snake (*Coronella austriaca*) Population in the Slokas Bog, Latvia. *Herpetological Facts Journal*, 1, 22-32.
- Dalessi, D., Bolle, H., Jongejans, E., Sørensen, P. & Siepel, H. (2020).** Reproduction probabilities and size distributions of the smooth snake *Coronella austriaca* in the Netherlands and Norway. *Amphibia-Reptilia*, 1-12.
- de Bont, R.G., van Gelder, J.J. & Olders, J.H.J. (1986).** Thermal ecology of the smooth snake, *Coronella austriaca* Laurenti, during spring. *Oecologia*, 69(1), 72-87.
- Dick, D.C. & Mebert, K. (2017).** Between housing and deep forest: Long-term population biology and dispersal of suburban Smooth snakes (*Coronella austriaca*). *Zoologischer Anzeiger*, 270, 98-106.
- Emond, D., van Gogh, I., Driessen, F.M.F. & Brandjes, G.J. (2016).** Het gebruik van ecoducten op de Veluwe. Monitoring, onderzoeken en interviews uit de periode 1989 – 2016. Rapportnr. 16-117. Bureau Waardenborg, Culemborg.
- Feenstra, H. (2001).** De Gladde slang in het Fochteloërveen. *Twirre* 12(3): 89-93.
- Franklinos, L.H.V., Lorch, J.M., Bohuski, E., Fernandez, J.R.R., Wright, O.N., Fitzpatrick, L. & Cunningham, A.A. (2017).** Emerging fungal pathogen *Ophidiomyces ophiodiicola* in wild European snakes. *Scientific reports*, 7(1), 1-7.

- Galarza, J. A., Mappes, J., & Valkonen, J. K. (2015).** Biogeography of the smooth snake (*Coronella austriaca*): origin and conservation of the northernmost population. *Biological journal of the Linnean Society*, 114(2), 426-435.
- Grievink, A.A. (2019).** Inrichtings- en beheerplan. Verbindingszone tussen Mulderskop en 't Grüske. Aeres University of Applied Sciences, Almere.
- Groenveld, A. (2009).** Zandhagedis, *Lacerta agilis*. In: Creemers, R.C.M., & van Delft, J.J.C.W. (2009). *De amfibieën en reptielen van Nederland - Nederlandse Fauna 9*. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden. Blz. 257-269
- Jablonski, D., Nagy, Z.T., Avci, A., Olgun, K., Kukushkin, O.V., Safaei-Mahroo, B. & Jandzik, D. (2019).** Cryptic diversity in the smooth snake (*Coronella austriaca*). *Amphibia-Reptilia*, 40(2), 179-192.
- Jofré, G.M. & Reading, C.J. (2012).** An assessment of the impact of conservation grazing on reptile populations. *Amphibian and Reptile Conservation*, Bournemouth. ARC Research Report 12/0, Bournemouth
- Käsewieter, D. (2002).** Ökologische Untersuchungen an der Schlingnatter (*Coronella austriaca Laurenti 1768*). Dissertation Universität Bayreuth.
- Käsewieter, D. & Völkl, W. (2003).** Makro-und Mikrohabitatnutzung der Schlingnatter (*Coronella austriaca*) im Lechtal. *Zeitschrift für Feldherpetologie*, 10(2), 159-173.
- Keijsers, P.L.G. & Lenders, A.J.W. (2005).** Het voortplantingsgedrag van de gladde slang. Een ecologische studie in het noordelijk Peelgebied. *Natuurhistorisch Maandblad* 94(12): 263-268.
- Krekels, R.F.M., Heijkers, D., Hoppenbrouwers, P., de Goeij, S., Aukema, R. & Felix, R. (2018).** HEIDERIJK in beeld Piekjaar 2018 en evaluatie 2010 – 2018. *Natuurbalans - Limes Divergens* BV, Nijmegen.
- Lambrechts, J., Verlinde, R., van Der Wijden, B. & Hendrickx, P. (2014).** Monitoring ecoduct Kikbeek over de E314 in Maasmechelen. *Rapport Natuurpunt*. Studie 2014/4, Mechelen.
- Lenders, H.J.R. (1996).** Poelenplannen: RAVON en de pragmatische soortbescherming in Nederland. *De Levende Natuur*, 97(5), 199-204.
- Lorch, J.M., Lankton, J., Werner, K., Falendysz, E.A., McCurley, K. & Blehert, D.S. (2015).** Experimental infection of snakes with *Ophidiomyces ophiodiicola* causes pathological changes that typify snake fungal disease. *MBio*, 6(6), e01534-15.

- Lorenzon, P., Clobert, J., Oppliger, A. & John-Alder, H. (1999).** Effect of water constraint on growth rate, activity and body temperature of yearling common lizard (*Lacerta vivipara*). *Oecologia*, 118(4), 423-430.
- Lunghi, E., Corti, C. & Cencetti T. (2015).** Oophagy in the Smooth snake (*Coronella austriaca*). *The Herpetological Bulletin*, 134, 35-36.
- Mergeay, J. (2012).** Afwegingskader voor de versterking van populaties van Europees beschermde soorten. Advies van het Instituut voor Natuur en Bosonderzoek, Rapport INBO.A.2012.141
- Meier, G., Notomista, T., Marini, D. & Ferri, V. (2018).** First case of Snake Fungal Disease affecting a free-ranging *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) in Ticino Canton, Switzerland. *Herpetology Notes*, 11, 885-891.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (z.d.).** Beschermde natuur in Nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid. Gladde slang (*Coronella austriaca* ssp. *austriaca*). Geraadpleegd van: <https://minez.nederlandsesoorten.nl/content/gladde-slang-coronella-austriaca-ssp-austriaca>
- Minnen, J.V., Ligtoet, W., Bree, L.V., Hollander, G.D., Visser, H., Schrier, G. & Klein Tank, A.M.G. (2012).** Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012. *Beleidsstudies*, 1-125.
- Paradis, E., Baillie, S.R. & Sutherland, W.J. (2002).** Modeling large-scale dispersal distances. *Ecological Modelling*, 151(2-3), 279-292.
- Park, A.W. (2012).** Infectious disease in animal metapopulations: the importance of environmental transmission. *Ecology and Evolution*, 2(7), 1398-1407.
- Pernetta, A.P., Allen, J.A., Beebee, T.J.C. & Reading, C.J. (2011).** Fine-scale population genetic structure and sex-biased dispersal in the smooth snake (*Coronella austriaca*) in southern England. *Heredity*, 107(3), 231-238.
- Reading, C.J. & Jofré, G.M. (2015).** Habitat use by smooth snakes on lowland heath managed using “conservation grazing”. *The Herpetological Journal*, 25(4), 225-231.
- Reading, C.J. & Jofré, G.M. (2020).** Smooth snake population decline and its link with prey availability. *Amphibia-Reptilia*, 41: 43-48.
- Reijnen, R., & Koolstra, B. (1998).** Evaluatie van de ecologische verbindingzones in de provincie Gelderland. IBN-rapport nr. 372. DLO-Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek. Wageningen.
- Smits, J., & Noordijk, J. (2013).** Heidebeheer. Moderne methoden in een eeuwenoud landschap. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- Strijbosch, H. (2002).** Kolonisatie van nieuw aangelegde kapvlakten door de levendbarende hagedis. *RAVON*, 5(1), 1-5.

- Strijbosch, H. (2009).** Levendbarende hagedis, *Zootoca vivipara*. In: Creemers, R.C.M. & van Delft, J.J.C.W. (2009). De amfibieën en reptielen van Nederland - Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden. Blz. 270-279
- Strijbosch, H. & van Gelder JJ, (1993).** Ökologie und Biologie der Schlingnatter *Coronella austriaca* in den Niederlanden. Mertensiella 3: 39-57.
- Struijk, R.P.J.H., (2011).** Het gebruik van faunapassages door reptielen. De Levende Natuur, 112(3), 108-113.
- Struijk, R.P.J.H., Jansen, S. & van de Veer, O.D. (2015).** Herpetoduct Elspeetsche Heide: de nieuwe standaard voor herpetofauna? RAVON 17(1), 9-13.
- Stumpel, A.H.P. (2005).** Heidebeheer moet anders voor reptielen!. De Levende Natuur, 106(5), 229-231.
- Stumpel, A.H.P. & van der werf D.C. (2012).** Reptile habitat preference in heathland: implications for heathland management. The Herpetological Journal, 22(3), 179-182.
- 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. Stichting RAVON, Nijmegen, in opdracht van Directie Kennis, Ministerie van LNV.
- van Delft, J.J.C.W. & Keijzers, P.L.G. (2009).** Gladde slang, *Coronella austriaca*. In: Creemers, R.C.M. & van Delft, J.J.C.W. (2009). De amfibieën en reptielen van Nederland - Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden. Blz. 291-300
- van Delft, J.J.C.W. & van Rijsewijk A.C. (2006).** Wie is er bang voor de gladde slang?
Beschermingsplan voor de gladde slang in Noord-Brabant. RAVON, Nijmegen, Nederland. 94p.
- Vandeman, M.J. (2008).** The impacts of mountain biking on amphibians and reptiles. In: Mitchell, J.C., Brown, R.E. & Bartholomew, B. (ed.). Urban Herpetology. Herpetological conservation series, nr. 3. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 155-156.
- van Oostenbrugge, R., Opdam, P. F. M., & Pouwels, R. (2002).** Versnippering en natuurbeleid. R. Van Oostenbrugge; Grift, EA van der; Nijhof, BSJ and Reijnen, MJSM (red.)(2002). Levensvatbaarheid populaties. Achtergrond document bij de Natuurbalans, 11-18.
- van Strien, A., Zuiderwijk, A., Daemen, B., Janssen, I. & Straver, M. (2007).** Adder en Levendbarende hagedis hebben last van versnippering en verdroging. De Levende Natuur, 108(2), 44-48.
- Völk, W. & Käsewiter, D. (2003).** Die Schlingnatter, ein heimlicher Jägerin. Zeitschrift für Feldherpetologie 6. Laurenti Verlag, Beilefeld.

- Wallis de Vries, M.F., Noordijk, J., Smit, J., Lambrixx, N., van Rijsewijk, A. & Zollinger, R. (2018).** Naar een klimaatbestendige heidefauna in Noord-Brabant: Rapportage Fase 2. Rapport VS2018.021, De Vlinderstichting/Stichting RAVON/EIS-Kenniscentrum Insecten, Wageningen.
- Wang, T., Zaar, M., Arvedsen, S., Vedel-Smith, C. en Overgaard, J. (2003).** Effects of temperature on the metabolic response to feeding in *Python molurus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 133: 519-527.
- Zhang, B., De Angelis, D., Ni, W.M., Wang, Y., Zhai, L., Kula, A. & Dyken, D.V. (2020).** Effect of stressors on the carrying capacity of spatially distributed metapopulations. *The American Naturalist* 196(2).

Bijlage

Bijlage I: Habitattype H2310

H2310 Stuijzandheiden met struikheide

Code vegetatie-type	Nederlandse naam vegetatietype	wetenschappelijke naam vegetatietype	Goed / Matig	Beperkende criteria	alleen in mozaïek
19-RG2- [19/20]	Rompgemeenschap met Bochtige smeie van de Klasse der heischrale graslanden/de Klasse der droge heiden	<i>RG Deschampsia flexuosa</i> - [<i>Nardetea/CallunoUlicetea</i>]	M		alleen in mozaïek met goede zelfstandige vegetaties van H2310; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitattype uit en zijn maximaal 1 ha groot
20Aa1	Associatie van Struikheide en Stekelbrem	<i>Genisto anglicaeCallunetum</i>	G	mits op vaaggronden en niet in het kustgebied en kraaiheide niet dominant	
20Aa2	Associatie van Struikheide en Bosbes	<i>Vaccinio-Callunetum</i>	G	mits op vaaggronden en kraaiheide niet dominant	
20-RG1- [20/19]	Rompgemeenschap met Brem van de Klasse der droge heiden/de Klasse der heischrale graslanden	<i>RG Cytisus scoparius</i> - [<i>CallunoUlicetea/Nardetea</i>]	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H2310
28Aa4	Grondster-associatie	<i>Digitario-Illecebreum</i>	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H2310
SBB-19A-d	RG Bochtige smeiePilzegge-Liggend walstro- [Verbond der heischrale graslanden/Verbond van Struikheide en Kruipbrem]	<i>RG Deschampsia flexuosa</i> , <i>Carex pilulifera</i> en <i>Galium saxatile</i> -[<i>Nardo-Galion saxatilis/Calluno-Genistion pilosae</i>]	M		alleen in mozaïek met goede zelfstandige vegetaties van H2310; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitattype uit en zijn maximaal 1 ha groot
SBB-20/a	DG Gaspeldoorn-[Klasse der droge heiden]	<i>DG Ulex europaeus</i> - [<i>Calluno-Ulicetea</i>]	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H2310
SBB-20A-a	RG Bochtige smeiePilzegge-Liggend walstro- [Verbond der heischrale graslanden/Verbond van Struikheide en Kruipbrem]	<i>RG Deschampsia flexuosa</i> , <i>Carex pilulifera</i> en <i>Galium saxatile</i> -[<i>Nardo-Galion saxatilis/Calluno-Genistion pilosae</i>]	M		alleen in mozaïek met goede zelfstandige vegetaties van H2310; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitattype uit en zijn maximaal 1 ha groot
	Vegetatieloos		M		alleen in mozaïek met zelfstandige en mozaïekvegetaties van H2310

Bijlage II: Habitatype H4010_A

H4010_A Vochtige Heiden (hogere zandgronden)

Code vegetatie-type	Nederlandse naam vegetatietype	wetenschappelijke naam vegetatietype	Goed / Matig	Beperkende criteria	alleen in mozaïek
10-RG4-[10]	Rompgemeenschap met Pijpenstrootje en Veenmos van de Klasse der hoogveenslenken	RG Molinia caerulea-Sphagnum-[Scheuchzerietea]	M		Alleen in mozaïek met goede zelfstandige vegetaties van H4010_A; alle matige vegetaties tezamen maken maximaal 20% van het habitatype uit én afzonderlijke vegetaties zijn maximaal 1 aaneengesloten ha groot
11Aa2	Associatie van Gewone dophei	Ericetum tetralicis	G	mits in FGR Hogere zandgronden zonder hoogveen	
11-RG2-[11]	Rompgemeenschap met Pijpenstrootje van de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	RG Molinia caerulea-[OxycoccoSphagnetea]	M		alleen in mozaïek met goede zelfstandige vegetaties van H4010_A; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitatype uit én zijn maximaal 1 ha groot
11-RG3-[11]	Rompgemeenschap met Wilde gael van de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	RG Myrica gale-[OxycoccoSphagnetea]	M		alleen in mozaïek met goede zelfstandige vegetaties van H4010_A; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitatype uit én zijn maximaal 1 ha groot
28Aa1	Draadgentiaanassociatie	Cicendietum filiformis	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H4010_A
28Aa4	Grondster-associatie	Digitario-Illecebreum	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H4010_A
SBB-11A-b	RG Zygnematales-[Dophei-verbond]	RG Zygnematales-[Ericion tetralicis]	M		alleen in mozaïek met goede zelfstandige vegetaties van H4010_A; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitatype uit én zijn maximaal 1 ha groot
SBB-11-j	RG Geelgroene zeggeDwergzegge-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden/Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje]	RG Carex oederi-[OxycoccoSphagnetea/JuncoMolinion]	G	mits in FGR Hogere zandgronden zonder hoogveen	
SBB-11-k	RG Beenbreek-[Klasse der hoogveenbulten en natte heiden]	RG Narthecium ossifragum-[OxycoccoSphagnetea]	G	mits in FGR Hogere zandgronden zonder hoogveen	
	Vegetatieloos		M		alleen in mozaïek met zelfstandige en mozaïekvegetaties van H4010_A

Bijlage III: Habitatype H4030

H4030 Droge Heiden

Code vegetatie-type	Nederlandse naam vegetatietype	wetenschappelijke naam vegetatietype	Goed / Matig	Beperkende criteria	alleen in mozaïek
11-RG2-[11	Rompgemeenschap met Pijpestrootje van de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden	<i>RG Molinia caerulea-[OxycoccoSphagneteta]</i>	M		alleen in mozaïek met goede zelfstandige vegetaties van H4030; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitatype uit en zijn maximaal 1 aaneengesloten ha groot
19-RG2-[19/20]	Rompgemeenschap met Bochtige smeie van de Klasse der heischrale graslanden/de Klasse der droge heiden	<i>RG Deschampsia flexuosa-[Nardetea/CallunoUlicetea]</i>	M		alleen in mozaïek met goede vegetaties van H4030; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitatype uit en zijn maximaal 1 ha groot
20Aa1	Associatie van Struikhei en Stekelbrem	<i>Genisto anglicaeCallunetum</i>	G	mits niet op vaaggronden en niet in het kustgebied en kraaihei niet dominant	
20Aa2	Associatie van Struikhei en Bosbes	<i>Vaccinio-Callunetum</i>	G	mits kraaihei niet dominant	alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H4030
20-RG1-[20/19]	Rompgemeenschap met Brem van de Klasse der droge heiden/de Klasse der heischrale graslanden	<i>RG Cytisus scoparius-[CallunoUlicetea/Nardetea]</i>	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H4030
28Aa4	Grondster-associatie	<i>Digitario-Illecebreum</i>	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H4030
SBB-19A-d	RG Bochtige smeiePilzegge-Liggend walstro-[Verbond der heischrale graslanden/Verbond van Struikhei en Kruipbrem]	<i>RG Deschampsia flexuosa, Carex pilulifera en Galium saxatile-[Nardo-Galion saxatilis/CallunoGenistion pilosae]</i>	M		alleen in mozaïek met goede vegetaties van H4030; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitatype uit en zijn maximaal 1 ha groot
SBB-20/a	DG Gaspeldoorn-[Klasse der droge heiden]	<i>DG Ulex europaeus-[Calluno-Ulicetea]</i>	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H4030
SBB-20A-a	RG Bochtige smeiePilzegge-Liggend walstro-[Verbond der heischrale graslanden/Verbond van Struikhei en Kruipbrem]	<i>RG Deschampsia flexuosa, Carex pilulifera en Galium saxatile-[Nardo-Galion saxatilis/CallunoGenistion pilosae]</i>	M		alleen in mozaïek met goede vegetaties van H4030; alle matige vegetaties maken maximaal 20% van het habitatype uit en zijn maximaal 1 ha groot
	Vegetatieloos		M		alleen in mozaïek met zelfstandige en mozaïekvegetaties van H4030

Bijlage IV: Habitattype H6230

H6230 Heischrale graslanden

Code vegetatie-type	Nederlandse naam vegetatietype	wetenschappelijke naam vegetatietype	Goed / Matig	Beperkende criteria	alleen in mozaïek
19Aa1	Associatie van Liggend walstro en Schapegras	Galio hercyniciFestucetum ovinae	G	mits bochtige smele minder dan 25%	
19Aa2	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras	Gentiano pneumonanthesNardetum	G		
19Aa3	Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem	Botrychio-Polygaletum	G	mits niet in het kustgebied	
19Aa4	Associatie van Betonie en Gevinde kortsteel	BetonicoBrachypodietum	G		
19-RG1-[19	Rompgemeenschap met Borstelgras van de Klasse der heischrale graslanden	RG Nardus stricta-[Nardetea]	M		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H6230
28Aa4	Grondster-associatie	Digitario-Illecebretum	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H6230
SBB-19A-b	RG Welriekende nachtorchis-Reukgras-[Verbond der heischrale graslanden]	RG Platanthera bifoliaAnthoxanthum odoratum-[NardoGalion saxatilis]	M		
SBB-19A-c	RG HondsviooltjeTandjesgras-[Verbond der heischrale graslanden]	RG Viola caninaDanthonia decumbens-[Nardo-Galion saxatilis]	M	mits niet in het kustgebied	

Bijlage V: Bronnenmatrix

Keywords	Literatuurverwijzing	Bron	SJR	Rang
Snake fungal disease	Allender, M.C., Raudabaugh, D.B., Gleason, F.H. & Miller, A.N. (2015). The natural history, ecology, and epidemiology of <i>Ophidiomyces ophiodiicola</i> and its potential impact on free-ranging snake populations. <i>Fungal Ecology</i> , 17, 187-196.	https://sciencedirect.com	1.29	*
Prooidieren gladde slang	BIJ12 (2017). Zandhagedis, <i>Lacerta agilis</i> .	https://bij12.nl	-	**
Klimaatverandering, Habitat gladde slang	Bijlsma, R.J., Jansen, A.J.M., Limpens, J., de Vries, M.W. & Witte, J.P.M. (2011). Hoogveen en klimaatverandering in Nederland (No. 2225). Alterra, Wageningen-UR.	https://researchgate.net	-	**
Habitat gladde slang	Bijlsma, R.J., van Delft, S.P.J., Loeb, R., & Bobbink, R. (2020). Kansen voor oude droge heide in het heidelandschap. Rapport nummer 2020/OBN240-DZ, VBNE, Driebergen.	https://library.wur.nl	-	***
Prey smooth snake	Brown, D.S., Ebenezer, K.L. & Symondson, W.O. (2014). Molecular analysis of the diets of snakes: changes in prey exploitation during development of the rare smooth snake <i>Coronella austriaca</i> . <i>Molecular Ecology</i> , 23(15), 3734-3743.	https://sciencedirect.com	3.43	**
Prey smooth snake	Castilla, A.M., Van Damme, R. & Bauwens, D. (1999). Field body temperatures, mechanisms of thermoregulation and evolution of thermal characteristics in lacertid lizards. <i>Natura croatica</i> , 8(3), 253	https://researchgate.net	0.146	*
Ecology smooth snake	Čeirāns, A. & Nikolajeva, L. (2014). Study of Smooth Snake (<i>Coronella austriaca</i>) Population in the Slokas Bog, Latvia. <i>Herpetological Facts Journal</i> , 1, 22-32.	https://researchgate.net	0.511	**
Biology smooth snake	Dalessi, D., Bolle, H., Jongejans, E., Sørensen, P. & Siepel, H. (2020). Reproduction probabilities and size distributions of the smooth snake <i>Coronella austriaca</i> in the Netherlands and Norway. <i>Amphibia-Reptilia</i> , 1-12.	https://researchgate.net	0.528	**
Ecology smooth snake	de Bont, R.G., van Gelder, J.J. & Olders, J.H.J. (1986). Thermal ecology of the smooth snake, <i>Coronella austriaca</i> Laurenti, during spring. <i>Oecologia</i> , 69(1), 72-87.	https://researchgate.net	2.185	*
Migration smooth snake, Dispersion smooth snake	Dick, D.C. & Mebert, K. (2017). Between housing and deep forest: Long-term population biology and dispersal of suburban Smooth snakes (<i>Coronella austriaca</i>). <i>Zoologischer Anzeiger</i> , 270, 98-106.	https://sciencedirect.com	0.623	**
Migratie gladde slang, versnippering gladde slang	Emond, D., van Gogh, I., Driessen, F.M.F. & Brandjes, G.J. (2016). Het gebruik van ecoducten op de Veluwe. Monitoring, onderzoeken en interviews uit de periode 1989 – 2016. Rapportnr. 16-117. Bureau Waardenborg, Culemborg.	https://mipo.nl	-	*
Habitat gladde slang, ecologie gladde slang	Feenstra, H. (2001). De Gladde slang in het Fochteloërveen. <i>Twirre</i> 12(3): 89-93.	https://natuurtijdschriften.nl/	-	*

Snake fungal disease	Franklinos, L.H.V., Lorch, J.M., Bohuski, E., Fernandez, J.R.R., Wright, O.N., Fitzpatrick, L. & Cunningham, A.A. (2017). Emerging fungal pathogen <i>Ophidiomyces ophiodiicola</i> in wild European snakes. Scientific reports, 7(1), 1-7.	https://researchgate.net	1.533	**
Ecology smooth snake	Galarza, J. A., Mappes, J., & Valkonen, J. K. (2015). Biogeography of the smooth snake (<i>Coronella austriaca</i>): origin and conservation of the northernmost population. Biological journal of the Linnean Society, 114(2), 426-435.	https://researchgate.net	1.192	**
Ecologie gladde slang	Grievink, A.A. (2019). Inrichtings- en beheerplan. Verbindingszone tussen Mulderskop en 't Grüske. Aeres University of Applied Sciences, Almere.	-	-	***
Prooidieren gladde slang	Groenveld, A. (2009). Zandhagedis, <i>Lacerta agilis</i> . In: Creemers, R.C.M., & van Delft, J.J.C.W. (2009). De amfibieën en reptielen van Nederland - Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden. Blz. 257-269	https://researchgate.net	-	*
Ecology smooth snake	Jablonski, D., Nagy, Z.T., Avci, A., Olgun, K., Kukushkin, O.V., Safaei-Mahroo, B. & Jandzik, D. (2019). Cryptic diversity in the smooth snake (<i>Coronella austriaca</i>). Amphibia-Reptilia, 40(2), 179-192.	https://researchgate.net	0.528	**
Begrazing gladde slang, grazing smooth snake	Jofré, G.M. & Reading, C.J. (2012). An assessment of the impact of conservation grazing on reptile populations. Amphibian and Reptile Conservation, Bournemouth. ARC Research Report 12/0, Bournemouth	https://researchgate.net	0.425	**
Ecologie gladde slang, Ecology smooth snake	Käsewiter, D. (2002). Ökologische Untersuchungen an der Schlingnatter (<i>Coronella austriaca</i> Laurenti 1768). Dissertation Universität Bayreuth.	https://researchgate.net	-	*
Habitat gladde slang, habitat smooth snake	Käsewiter, D. & Völkl, W. (2003). Makro- und Mikrohabitatnutzung der Schlingnatter (<i>Coronella austriaca</i>) im Lechtal. Zeitschrift für Feldherpetologie, 10(2), 159-173.	https://shop.laurenti.de	0.145	*
Biologie gladde slang	Keijzers, P.L.G. & Lenders, A.J.W. (2005). Het voortplantingsgedrag van de gladde slang. Een ecologische studie in het noordelijk Peelgebied. Natuurhistorisch Maandblad 94(12): 263-268.	-	-	*
Migratie gladde slang, migration smooth snake	Lambrechts, J., Verlinde, R., van Der Wijden, B. & Hendrickx, P. (2014). Monitoring ecoduct Kikbeek over de E314 in Maasmechelen. Rapport Natuurpunt. Studie 2014/4, Mechelen.	https://researchgate.net	-	**
Versnippering gladde slang, fragmentation smooth snake	Lenders, H.J.R. (1996). Poelenplannen: RAVON en de pragmatische soortbescherming in Nederland. De Levende Natuur, 97(5), 199-204.	https://natuurtijdschriften.nl	-	*
Snake fungal disease	Lorch, J.M., Lankton, J., Werner, K., Falendysz, E.A., McCurley, K. & Blehert, D.S. (2015). Experimental infection of snakes with	https://researchgate.net	4.028	**

	<i>Ophidiomyces ophiodiicola</i> causes pathological changes that typify snake fungal disease. MBio, 6(6), e01534-15.			
Biologie gladde slang, biology smooth snake	Lorenzon, P., Clobert, J., Oppliger, A. & John-Alder, H. (1999). Effect of water constraint on growth rate, activity and body temperature of yearling common lizard (<i>Lacerta vivipara</i>). Oecologia, 118(4), 423-430.	https://researchgate.net	2.185	*
Ecologie gladde slang, ecology smooth snake	Lunghi, E., Corti, C. & Cencetti T. (2015). Oophagy in the Smooth snake (<i>Coronella austriaca</i>). The Herpetological Bulletin, 134, 35-36.	https://researchgate.net	0.171	**
Migratie gladde slang, migration smooth snake	Mergeay, J. (2012). Afwegingskader voor de versterking van populaties van Europees beschermde soorten. Advies van het Instituut voor Natuur en Bosonderzoek, Rapport INBO.A.2012.141	https://purews.inbo.be	-	**
Snake fungal disease	Meier, G., Notomista, T., Marini, D. & Ferri, V. (2018). First case of Snake Fungal Disease affecting a free-ranging <i>Natrix natrix</i> (Linnaeus, 1758) in Ticino Canton, Switzerland. Herpetology Notes, 11, 885-891.	https://researchgate.net	0.274	**
Ecologie gladde slang	Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (z.d.). Beschermde natuur in Nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid. Gladde slang (<i>Coronella austriaca</i> ssp. <i>austriaca</i>).	https://minez.nederlandsesoorten.nl	-	*
Klimaatverandering	Minnen, J.V., Ligtoet, W., Bree, L.V., Hollander, G.D., Visser, H., Schrier, G. & Klein Tank, A.M.G. (2012). Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012. Beleidsstudies, 1-125.	https://dspace.library.uu.nl	-	*
Dispersion smooth snake	Paradis, E., Baillie, S.R. & Sutherland, W.J. (2002). Modeling large-scale dispersal distances. Ecological Modelling, 151(2-3), 279-292.	https://sciencedirect.com	0.872	*
Dispersion smooth snake	Pernetta, A.P., Allen, J.A., Beebee, T.J.C. & Reading, C.J. (2011). Fine-scale population genetic structure and sex-biased dispersal in the smooth snake (<i>Coronella austriaca</i>) in southern England. Heredity, 107(3), 231-238.	https://researchgate.net	2.315	**
Habitat smooth snake, grazing smooth snake	Reading, C.J. & Jofré, G.M. (2015). Habitat use by smooth snakes on lowland heath managed using "conservation grazing". The Herpetological Journal, 25(4), 225-231.	https://researchgate.net	0.5	**
Prey smooth snake	Reading, C.J. & Jofré, G.M. (2020). Smooth snake population decline and its link with prey availability. Amphibia-Reptilia 41: 43-48.	https://researchgate.net	0.528	**
Versnippering gladde slang, stapstenen gladde slang.	Reijnen, R., & Koolstra, B. (1998). Evaluatie van de ecologische verbindingzones in de provincie Gelderland. IBN-rapport nr. 372. DLO-Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek. Wageningen.	https://researchgate.net	-	*
Habitat gladde slang	Smits, J., & Noordijk, J. (2013). Heidebeheer. Moderne methoden in een eeuwenoud landschap.	https://library.wur.nl	-	**

	KNNV Uitgeverij, Zeist.			
Prooidieren gladde slang	Strijbosch, H. (2002). Kolonisatie van nieuw aangelegde kapvlakten door de levendbarende hagedis. RAVON, 5(1), 1-5.	https://natuurtijdschriften.nl	-	*
Prooidieren gladde slang	Strijbosch, H. (2009). Levendbarende hagedis, <i>Zootoca vivipara</i> . In: Creemers, R.C.M. & van Delft, J.J.C.W. (2009). De amfibieën en reptielen van Nederland - Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden. Blz. 270-279	https://researchgate.net	-	*
Ecologie gladde slang, biologie gladde slang	Strijbosch, H. & van Gelder JJ, (1993). Ökologie und Biologie der Schlingnatter <i>Coronella austriaca</i> in den Niederlanden. Mertensiella 3: 39-57.	https://researchgate.net	-	*
Migratie reptielen	Struijk, R.P.J.H., (2011). Het gebruik van faunapassages door reptielen. De Levende Natuur, 112(3), 108-113.	https://natuurtijdschriften.nl	-	**
Migratie reptielen	Struijk, R.P.J.H., Jansen, S. & van de Veer, O.D. (2015). Herpetoduct Elspeetsche Heide: de nieuwe standaard voor herpetofauna? RAVON 17(1), 9-13.	https://researchgate.net	-	**
Beheer reptielen	Stumpel, A.H.P. (2005). Heidebeheer moet anders voor reptielen!. De Levende Natuur, 106(5), 229-231.	https://researchgate.net	-	*
Habitat gladde slang	Stumpel, A.H.P. & van der werf D.C. (2012). Reptile habitat preference in heathland: implications for heathland management. The Herpetological Journal, 22(3), 179-182.	https://researchgate.net	0.483	**
Ecologie gladde slang	van Delft, J.J.C.W. & Keijzers, P.L.G. (2009). Gladde slang, <i>Coronella austriaca</i> . In: Creemers, R.C.M. & van Delft, J.J.C.W. (2009). De amfibieën en reptielen van Nederland - Nederlandse Fauna 9. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, European Invertebrate Survey, Leiden. Blz. 291-300	https://researchgate.net	-	***
Beheer gladde slang	van Delft, J.J.C.W. & van Rijsewijk A.C. (2006). Wie is er bang voor de gladde slang? Beschermingsplan voor de gladde slang in Noord-Brabant. RAVON, Nijmegen, Nederland. 94p.	https://ravon.nl	-	***
Management smooth snake	Vandeman, M.J. (2008). The impacts of mountain biking on amphibians and reptiles. In: Mitchell, J.C., Brown, R.E. & Bartholomew, B. (ed.). Urban Herpetology. Herpetological conservation series, nr. 3. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 155-156.	https://researchgate.net	0.22	*
Versnippering gladde slang	van Strien, A., Zuiderwijk, A., Daemen, B., Janssen, I. & Straver, M. (2007). Adder en Levendbarende hagedis hebben last van versnippering en verdroging. De Levende Natuur, 108(2), 44-48.	https://researchgate.net	-	*
Ecologie gladde slang	Völk, W. & Käsewieter, D. (2003). Die Schlingnatter, ein heimlicher Jägerin. Zeitschrift für Feldherpetologie 6. Laurenti Verlag, Beilefeld.	https://researchgate.net	0.145	*
Beheer gladde slang	Wallis de Vries, M.F., Noordijk, J., Smit, J., Lambriks, N., van Rijsewijk,	https://natuurtijdschriften.nl	-	**

	A. & Zollinger, R. (2018). Naar een klimaatbestendige heidefauna in Noord-Brabant: Rapportage Fase 2. Rapport VS2018.021, De Vlinderstichting/Stichting RAVON/EIS-Kenniscentrum Insecten, Wageningen.			
Biology smooth snake	Wang, T., Zaar, M., Arvedsen, S., Vedel-Smith, C. en Overgaard, J. (2003). Effects of temperature on the metabolic response to feeding in Python molurus. Comparative Biochemistry and Physiology, 133: 519-527.	https://sciencedirect.com	0.618	*