



Foto 1 / Picture 1
Gladde slang / Smooth snake.



Foto 2 / Picture 2
Gezenderd mannetje in habitat.
Tagged male in habitat.

HET MYSTERIE OPGEHELDERD? RADIOTELEMETRIE BIJ GLADDE SLANGEN

THE MYSTERY UNRAVELED? RADIO-TELEMETRY OF SMOOTH SNAKES

Loïc van Doorn

Samenvatting

De gladde slang (*Coronella austriaca*) is een van de minst gekende slangensoorten in Noordwest-Europa. Om resterende vragen over de ecologie van deze soort op te helderen in het Grenspark Kalmthoutse Heide, een groot grensoverschrijdend natuurreservaat in België en Nederland, werd in 2016 een radiotelemetrisch onderzoek uitgevoerd. Het woongebied (homerange), de bewegingspatronen en de zichtbaarheid van de slangen voor menselijke waarnemers, varieerden met de klimatologische omstandigheden en verschilden aanzienlijk tussen de geslachten. Binnen het reservaat vertoonden gladde slangen een duidelijke voorkeur voor structureel diverse, hooggelegen gebieden. De resultaten van deze studie kunnen nuttig zijn voor het beheer van deze in Europa beschermde soort.

Introductie

De gladde slang (*Coronella austriaca* Laurenti 1768) (zie foto 1), heeft een groot verspreidingsgebied in Europa. De habitats verschillen aanzienlijk, maar over het algemeen leven de individuen in het zuidelijke deel van het gebied op grote hoogte, terwijl de individuen in het noordelijke deel een voorkeur hebben voor warme laaglandhabitats. Daarom komt deze soort in Noordwest-Europa meestal voor in veenmoerassen en heidevelden (Van Delft en Van Rijsewijk, 2006; Speybroeck *et al.*, 2016).

Gladde slangen worden beschermd door de

Loïc van Doorn

Abstract

The smooth snake (*Coronella austriaca*) is one of the most elusive snake species in Northwestern Europe. To solve remaining questions regarding its ecology in the Grenspark Kalmthoutse Heide, a large cross-border nature reserve in Belgium and the Netherlands, a radio-telemetry study was carried out in 2016. The snakes' home range, movement patterns and visibility to human observers varied with climatic conditions and differed substantially between sexes. Within the reserve, smooth snakes exhibited a clear preference for structurally diverse upland areas. The results of this study could be useful for the management of this European protected species.

Introduction

The smooth snake (*Coronella austriaca* Laurenti 1768) (see picture 1), is wide-ranging in Europe. Habitats differ substantially, but generally the individuals in the southern part of the range inhabit high-altitude regions, while the individuals in the northern part have a preference for warm lowland habitats. Consequently, in northwestern Europe this species typically occurs in moorland- and heathland areas (Van Delft and Van Rijsewijk, 2006; Speybroeck *et al.*, 2016).

Smooth snakes are protected under European law (Annex IV of the habitats directive) (Habitats Directive, 1992) and on appendix II of the convention of Bern. In Flanders (Belgium) and the province of Noord-Brabant (the Netherlands)



Foto 3 / Picture 3
Aangebrachte zender op het eerste individu in de studie.
Applied tag on the first individual in the study.

Europese wetgeving (Bijlage IV van de habitatrichtlijn) (Habitat directive, 1992) en op Bijlage II van het Verdrag van Bern. In Vlaanderen (België) en de provincie Noord-Brabant (Nederland) zijn specifieke beschermingsplannen voor deze soort voorgesteld (Van Delft en Van Rijsewijk, 2006; ANB, 2016).

Een diepgaand begrip van de ecologie van de gladde slang is een voorwaarde voor elk beheer- en beschermingsplan. Deze kleine soort is echter vaak moeilijk te vinden in de typische heidehabitats die hij bewoont (zie foto 2) (Gent en Spellerberg, 1993). Dit omdat deze slang meestal niet op een opvallende plek zonnebaadt, in tegenstelling tot de in dezelfde soort habitat levende adder (*Vipera berus*). Dit resulteert in schaarse kwantitatieve gegevens en het is aannemelijk dat de soort in sommige gebieden onopgemerkt blijft (Van Delft en Van Rijsewijk, 2006). Bovendien is in slechts een beperkt aantal onderzoeken gekeken naar de ruimtelijke ecologie van gladde slangen

specific species protection plans have been proposed (Van Delft and Van Rijsewijk, 2006, ANB, 2016).

An in-depth understanding of the smooth snake's ecology is a prerequisite for any management and conservation plan. However, this small species is often hard to find in the typical heathland habitats it inhabits (see picture 2) (Gent and Spellerberg, 1993), as it usually does not bask in a conspicuous manner, contrary to the sympatric adder (*Vipera berus*). This results in scarce quantitative data and it is likely that the species remains undetected in some areas (Van Delft and Van Rijsewijk, 2006). Moreover, only a limited number of studies have looked into the spatial ecology of smooth snakes (Spellerberg and Phelps, 1977; De Bont, 1983; Strijbosch and Van Gelder, 1993; Käsewieter and Völkl, 2001), often with disparate results. This is unfortunate, because information on variables such as home range, movements and dispersal are

(Spellerberg en Phelps, 1977; De Bont, 1983; Stribosch en Van Gelder, 1993; Käsewiter en Völkl, 2001), vaak met uiteenlopende resultaten. Dit is jammer, want informatie over variabelen zoals woongebied, verplaatsingen en verspreiding, zijn van het grootste belang bij het ontwikkelen van beheers- en beschermingsplannen.

Capture Mark Recapture (CMR), een techniek om individuen te herkennen, in dit geval met behulp van natuurlijke markeringen in het nekgebied, onthulde dat een grote populatie gladde slangen aanwezig is in het Grenspark De Kalmthoutse Heide. Dit natuureservaat (6000 hectare) maakt deel uit van zowel de provincie Antwerpen (België) als de provincie Noord-Brabant. Veel toegewijde vrijwilligers hebben veel van hun tijd besteed aan het bestuderen van deze populatie (Van Hecke en Bonte, 2013). Het is niet verwonderlijk dat deze onderzoeken nog veel vragen oproepen. Een daarvan concentreerde zich op de schijnbare discrepantie tussen geregistreerde mannelijke en vrouwelijke gladde slangen. Het totale aantal observaties (1120) was sterk verschoven naar volwassen vrouwtjes (61%), terwijl volwassen mannetjes slechts sporadisch werden geregistreerd (6%). Bovendien waren de gegevens over verplaatsing, woongebied en habitatgebruik van gladde slangen in het park gebaseerd op opportunistische waarnemingen en niet op een kwantitatieve beoordeling van deze belangrijke kenmerken van hun levenswijze.

Materiaal en methoden

In 2016 is een radiotelemetrisch onderzoek uitgevoerd naar gladde slangen in het Belgische deel van het Grenspark De Kalmthoutse Heide (zie kaart 1). Alle benodigde vergunningen werden verkregen van de relevante autoriteiten. Nadat een volwassen slang in het veld was gevonden, werd deze extern gemerkt met een 1,5 g Biotrack Picopix AG 392 label met behulp van chirurgische tape. Deze labels zenden signalen uit op een vooraf ingestelde frequentie; de batterij gaat ongeveer 120 dagen mee, bepaald door de instellingen van het label. Het detectiebereik is sterk afhankelijk

of utmost importance when developing management and conservation plans.

Capture Mark Recapture (CMR), a research method to study populations, relying on the recognition of individuals, in this case using natural markings on the neck region, revealed that a large population of smooth snakes is present in the Grenspark De Kalmthoutse Heide. This nature reserve (6000 hectares) is part of both the province of Antwerp (Belgium) and the province of Noord-Brabant. Many dedicated volunteers have spent a lot of their time studying this population (Van Hecke and Bonte, 2013). Unsurprisingly these studies raised a lot of further questions. One of these centered on the apparent discrepancy between male and female smooth snakes recorded. The total number of observations (1120) was highly skewed towards adult females (61%), while adult males were recorded only sporadically (6%). Furthermore, the data on movement, home range and habitat use of smooth snakes within the park was based on opportunistic observations and not on a quantitative assessment of these important life-history traits.

Material and methods

A radio-telemetric study was carried out in 2016 on smooth snakes in the Belgian part of the Grenspark De Kalmthoutse Heide (see map 1). All necessary permits were obtained from the relevant authorities. After an adult snake was found in the field it was tagged externally with a 1.5g Biotrack Picopix AG 392 tag using surgical tape. These tags emit signals at a preset frequency; the battery lasts around 120 days determined by the settings of the tag. The detection range is highly dependent on habitat and equipment, but generally confined to 50-100m. The tag was positioned laterally, above the cloaca (see picture 3). Localization of the snake was done using an antenna and receiver set at the frequency of the tag.

After tagging, the snake was released at the exact position of capture and the position,



Foto 4 / Picture 4
De zender komt mee met de vervelling.
The tag comes off with the slough.

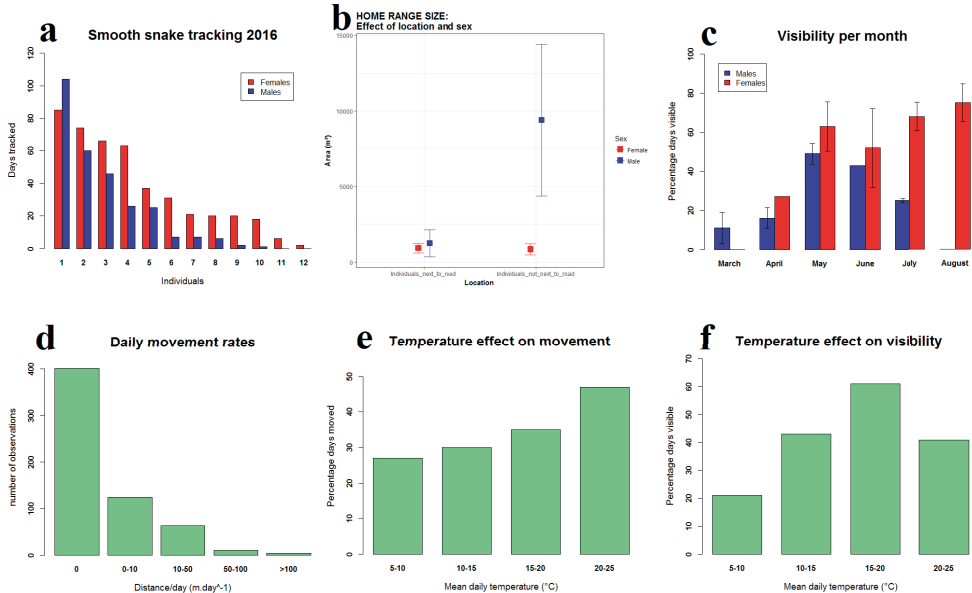
van habitat en apparatuur, maar is over het algemeen beperkt tot 50-100 meter. Het label werd zijdelings geplaatst, boven de cloaca (zie foto 3). Lokalisatie van de slang werd gedaan met behulp van een antenne en ontvanger, ingesteld op de frequentie van het label.

Na het merken werd de slang losgelaten op de exacte vangstplaats en de plaats, zichtbaarheid voor de waarnemer, het weer, leefgebied en gedrag werden eenmaal per dag geregistreerd door de hoofdonderzoeker, of een van de vele gewaardeerde vrijwilligers. De labels kwamen vanzelf los bij het vervellen van de slang (zie foto 4). De veldgegevens werden aangevuld met gegevens van de Biologische Waarderingskaart (BWK), een gestandaardiseerde vegetatiekaart (Vriens *et al.*, 2011) en meteorologische gegevens van een lokaal weerstation. Analyses werden uitgevoerd in ArcMap (ESRI, 2011) en RStudio (RstudioTeam, 2015).

visibility to the observer, weather, habitat and behaviour were recorded once per day by the principal investigator or one of the many valued volunteers. The tags naturally came off when the snake shed (see picture 4). The field data was complemented with data from the Biologische Waarderingskaart (BWK), a standardized vegetation map (Vriens *et al.*, 2011) and meteorological data from a local weather station. Analyses were performed in ArcMap (ESRI, 2011) and RStudio (RstudioTeam, 2015).

Resultaten en discussie

Results and Discussion

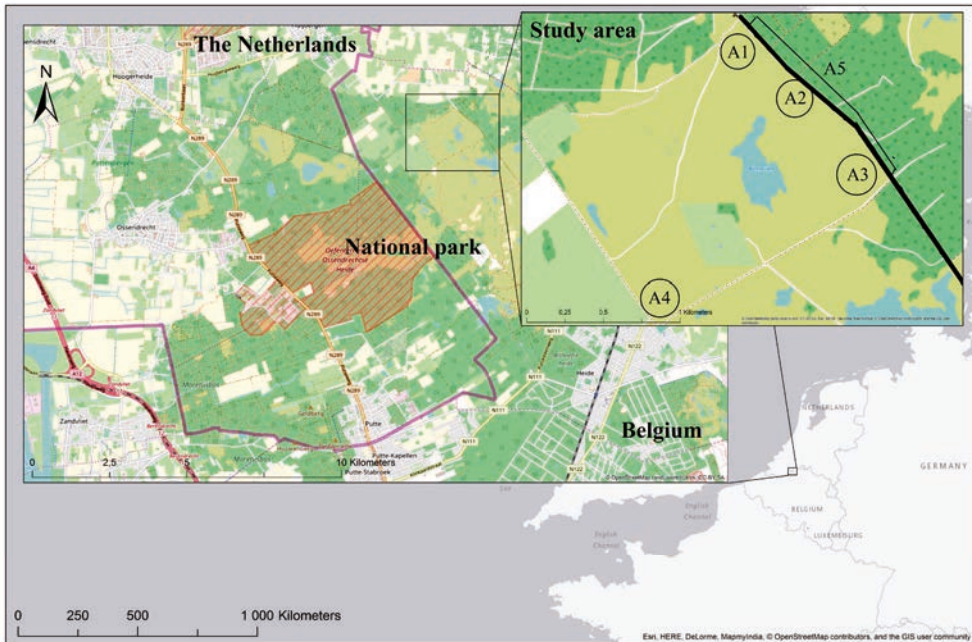


Grafiek 1 (Figuur X: A: Totaal aantal volgdagen van 22 individuen. Zeven slangen met minder dan twintig volgdagen werden niet opgenomen in de daaropvolgende analyses. B: Grootte van het thuisbereik van individuen die werden gevolgd naast de weg vergeleken met die in het heidegebied. Let op het grote verschil in grootte van het thuisbereik van de mannetjes. C: Er is een duidelijk verschil in de zichtbaarheid van mannen en vrouwen gedurende het hele jaar, mannen worden steeds minder vaak gezien dan vrouwen. Mannetjes worden minder vaak gezien in de zomer, in tegenstelling tot vrouwtjes die vaker worden waargenomen bij het vorderen van de zomer. D: Totale tellingen van de dagelijkse bewegingen van de slangen. Gladde slangen verplaatsen zich niet vaak of over grote afstanden. E: Hogere gemiddelde dagtemperaturen hebben een positieve invloed op het aantal bewegingen van de gevolgde individuen. F: De gemiddelde dagtemperatuur is een aanstuurder van zonnebaden, met waarnemingen die toenemen met het stijgen van de temperatuur, voordat deze weer daalt tot temperaturen van een waarde waarbij het zonnen niet langer een noodzaak is. De marges in figuren B en C geven de standaardafwijkingen van het gemiddelde weer.)

Chart 1 (Figure X: A: Total tracking days of 22 individuals. Seven snakes with less than 20 tracking days were not included in subsequent analyses. B: Home range size compared between individuals tracked next to the road and in the heathland area. Note the large difference in male home range size. C: There is a clear difference in visibility between sexes throughout the year, with males less visible than females at all times. Male sightings lower during summer, contrary to females who are sighted more frequently as summer progressed. D: Total counts of the daily movement rates of the snakes. Smooth snakes do not move often or over large distances. E: Higher mean daily temperatures positively influence the counts of movement of the tracked individuals. F: Mean daily temperature is a driver in basking behavior, with sightings increasing with an increase in temperature, before dropping again when temperatures reach a value where exposed basking is no longer a necessity. Error bars in figure B and C depict standard errors of the mean.)

Van maart tot oktober werden vijftien slangen gevolgd gedurende een totaal van 603 volg-dagen. Zeven individuen werden gevolgd in een klein grensgebied tussen een weg en een dennenplantage (*Pinus sylvestris*), acht andere werden gevolgd in de heidevelden aan de andere kant van de weg. Interessant is dat geen van de gemerkte individuen deze geasfalteerde weg overstak tijdens het onderzoek, hoewel doodgereden volwassen gladde slangen eerder

From March until October, 15 snakes were tracked for a total of 603 tracking days. Seven individuals were tracked in a small border area between a road and a pine plantation (*Pinus sylvestris*), 8 others were tracked in the heathland at the other side of the road. Interestingly, none of the tagged individuals crossed this tar-mac road for the duration of the study, though road-killed adult smooth snakes have been recorded before (Van Delft and Van Rijsewijk



Kaart 1 / Chart 1

Onderzoeksgebied. De slangen werden gevolgd in zones A1-A5. A5 is het gebied waar de slangen tussen de weg en het bos zaten. / Research area. The snakes were followed in zones A1-A5. A5 is the area where the snakes were located between the road and the forest.

zijn geregistreerd (Van Delft en Van Rijsewijk, 2006; Van Hecke en Bonte, 2013). Wegen kunnen ernstige gevolgen hebben voor populaties, zelfs als ze de sterfte niet rechtstreeks beïnvloeden (Clark *et al.*, 2010). In het geval van de gladde slangenpopulatie uit dit onderzoek staken pasgeboren slangetjes vaak de weg over, wat resulteerde in een verhoogde sterfte, maar anderzijds in het voorkomen van genetische isolatie van de subpopulaties (Van Hecke en Bonte, 2013). Pasgeboren gladde slangen zijn waarschijnlijk een belangrijk levensfase voor de kolonisatie van nieuwe gebieden, omdat (sub) volwassenen over het algemeen niet ver van de gevestigde woongebieden gaan (Van Rijsewijk, 2013). Wegen hebben niet alleen invloed op slangen. Op de eerder genoemde weg zijn in één nacht tot 374 amfibieën dood gevonden (Van Hecke en Bonte, 2013). Beperking van de sterfte op (delen van) wegen met een hoge mortaliteit is mogelijk met schermen, eco-

2006; Van Hecke and Bonte, 2013). Roads can have serious implications for populations, even when not directly influencing mortality (Clark *et al.*, 2010). In the case of the smooth snake population in this study, neonates do cross the road frequently, resulting in an elevated mortality but on the other hand preventing genetic isolation of the subpopulations (Van Hecke and Bonte, 2013). Neonate smooth snakes are probably an important life-stage for the colonization of new areas, as (sub)adults generally do not move far from established home ranges (Van Rijsewijk 2013). Roads do not solely impact snakes; up to 374 amphibians have been recorded dead on a single night on the road previously mentioned (Van Hecke and Bonte, 2013). Mitigation of mortality on (parts of) roads with high mortality is possible with fencing, ecoducts and tunnels, but their efficacy for smooth snakes is unknown (Van Delft and Van Rijsewijk 2006).



Foto 5 / Picture 5
 Drie zwangere adulte vrouwtjes in situ. Twee ervan dragen een zender.
 Three pregnant adult females in situ. Two of them carry a tag.

ducten en tunnels, maar hun effectiviteit voor gladde slangen is onbekend (Van Delft en Van Rijsewijk, 2006).

De grootte van de woongebieden, berekend met behulp van minimale convexe polygoenen (gemiddelde \pm SD), was groter voor mannetjes ($5310 \pm 2662 \text{ m}^2$) dan voor vrouwtjes ($869 \pm 275 \text{ m}^2$). De individuen naast de weg hadden lange en zeer smalle woongebieden, die precies tussen de weg en de begroeiing waren gelegen, anders dan de minder langwerpige woongebiedvorm van de individuen in het heideveld. Terwijl eerdere onderzoeken grotere woongebieden (ongeveer 20.000 m^2) voor mannen vonden (Goddard, 1981; Strijbosch en Van Gelder, 1993; Larsson, 1994; Käsewieter, 2002; Reading, 2012), is deze discrepantie in oppervlakte mogelijk te wijten aan het feit dat de schattingen van de woongebieden in dit onderzoek gebaseerd zijn op een deel van één activiteitsseizoen.

Gladde slangen verplaatsen zich meestal niet veel (Gent en Spellerberg, 1993; Van Delft en

The size of the home ranges, calculated using minimum convex polygons (mean \pm SE), was larger for male ($5310 \pm 2662 \text{ m}^2$) than female snakes ($869 \pm 275 \text{ m}^2$). The individuals next to the road had long and very narrow home ranges, effectively being squeezed between the road and the plantation, different from the less elongated home range shape of the individuals in the heathland. While previous studies found larger home ranges (around 20.000 m^2) for males (Goddard, 1981; Strijbosch and Van Gelder, 1993; Larsson, 1994; Käsewieter, 2002; Reading, 2012), this discrepancy in surface area is possibly due to the home ranges estimates in this study being based on part of a single activity season.

Smooth snakes tend not to move a lot (Gent and Spellerberg, 1993; Van Delft and Keijsers, 2009), with no movement recorded in 66% of the tracking days. Movements of more than 10m/day were only recorded 13% of the days. There was no difference in distance traveled per day between sexes, nor between individu-



Foto 6 / Picture 6
Gezenderd vrouwtje zonnend op een betrokken dag.
Tagged female sunning on a cloudy day.

Keijsers, 2009), geen verplaatsing werd geregistreerd in 66% van de volgdagen. Bewegingen van meer dan tien meter per dag werden in slechts 13% van de dagen geregistreerd. Er was geen verschil in afgelegde afstand per dag tussen de geslachten, noch tussen individuen die langs de weg woonden en die in het heidegebied. De bewegingsfrequentie was echter hoger voor individuen die langs de weg woonden, wat uit de lange, smalle woongebieden verklaard kan worden. De bewegingsfrequentie werd beïnvloed door het weer, met een grotere mobiliteit op warme, droge en windvrije dagen. Dit zijn logische resultaten voor ectothermen die voor veel van hun gedrag sterk afhankelijk zijn van gunstige weersomstandigheden. Bovendien verplaatsen de mannetjes zich meer in de zomer dan de vrouwtjes, wat door de gedocumenteerde grotere woongebieden van mannetjes en de resultaten van eerder werk bevestigd wordt (Strijbosch en Van Gelder, 1993).

Gladde slangen met het oog detecteren in hun natuurlijke omgeving was moeilijk, en des te meer voor mannetjes dan voor vrouwtjes. In het voorjaar waren vrouwen zichtbaar voor de waarnemer in de helft van de volgessies, mannen slechts in 27%. In de zomer nam de zichtbaarheid van vrouwtjes en mannetjes toe tot respectievelijk 64% en 35% van de volgessies. Dit resultaat bevestigt het naar meer vrouwtjes neigende aantal gedocumenteerde slangen tijdens de langdurige waarnemingsinspanningen voorafgaand aan dit onderzoek. Dit komt waarschijnlijk, omdat vrouwelijke gladde slangen de neiging hebben zich elk jaar in het studiegebied voort te planten. Bij ovovivipare soorten zoals de gladde slang, kan openlijk zonnebaden helpen om de lichaamstemperatuur op een niveau te houden dat optimaal is voor embryonale ontwikkeling en worden daarom vaker gezien (zie foto 5). Verschillende soorten weer hadden een sterk effect op de zichtbaarheid van de slangen, waarbij een toename van de wind resulteerde in een afgenomen zichtbaarheid, en een toename van de bewolking en de vochtigheid resulteerden in een toename van het zicht. Hoge gemiddelde

als living next to the road and the ones in the heathland. However, movement frequency was higher for individuals living next to the road, which can be explained by the long, narrow home ranges they inhabit. Movement frequency was influenced by weather patterns, with higher mobility on warmer, dry and windless days. These are logical results for ectotherms that highly depend on favorable weather conditions for much of their behaviour. Furthermore, males moved more during summer than females, corroborating the documented larger male home ranges and the results of previous work (Strijbosch and Van Gelder, 1993).

Detecting smooth snakes in their natural habitat by eye was difficult, and more so for males than for females. During spring, females were visible to the observer in half of the tracking sessions, males only in 27%. During summer, female and male visibility increased to respectively 64% and 35% of the tracking sessions. This result confirms the female-biased number of documented snakes during the long-term monitoring effort preceding this study. This is probably because female smooth snakes tend to reproduce each year in the study area. In ovoviviparous species such as the smooth snake, overt basking may help to maintain the body temperature at a level that is optimal for embryonic development and females are therefore more often seen (see picture 5). Weather patterns had a strong effect on the visibility of the snakes, with an increase in wind resulting in a decreased visibility and an increase in cloud cover and humidity resulting in a rise in visibility. High average daily temperatures had an initial positive effect on the visibility. When average daily temperatures exceeded 20°C the chances of seeing smooth snakes decreased again. Visibility is directly related to basking behaviour. Smooth snakes have a preferred temperature of around 29-33°C (Van Hecke and Bonte, 2013) and reaching this temperature takes longer on overcast and humid days, resulting in an extended visibly present period (see picture 6). Basking in direct sunlight is therefore mostly confined to



Foto 7 / Picture 7
*Auteur zoekend in de heide.
Author searching on the heath.*

dagelijkse temperaturen hadden aanvankelijk een positief effect op de zichtbaarheid. Toen de gemiddelde dagelijkse temperaturen boven 20°C kwamen, nam de kans gladde slangen te zien echter weer af. Zichtbaarheid is direct gerelateerd aan het zonnebaden. Gladde slangen hebben een voorkeurstemperatuur van ongeveer 29-33°C (Van Hecke en Bonte, 2013) en het bereiken van deze temperatuur duurt langer op bewolkte en vochtige dagen, wat resulteert in een langere zichtbare periode (zie foto 6). Opwarmen in direct zonlicht is daarom meestal beperkt tot de lente en herfst, wanneer de omgevingstemperaturen nog steeds ver onder de optimale temperatuur liggen (Van Delft en Van Rijsewijk, 2006).

De habitat werd geanalyseerd door willekeurige posities binnen het woongebied te vergelijken met de werkelijke posities waar slangen werden geregistreerd. De slangen gebruikten verhoudingsgewijs veel droge heide (*Calluna vulgaris*), maar waagden zich ook langdurig in grasrijke gebieden (*Molinia caerulea*), terwijl de individuen naast de weg uitsluitend in een bosrandhabitat aangetroffen werden. Dit komt overeen met de bevinding dat gladde slangen niet alleen afhankelijk zijn van 'ongerepte' heidevelden, maar ook gebruik maken van gedegradeerde of minder flora-diverse habitats (Van Delft en Keijsers, 2009). Dit heeft implicaties voor het beheer van deze gebieden, aangezien geschikte habitats van gladde slangen niet noodzakelijkerwijs overeenkomen met habitats waaraan prioriteit gegeven is. Gebruikelijke praktijken, zoals maaien, begrazen en plagen, kunnen allemaal schadelijke effecten hebben op (lokale) gladde slangenpopulaties (Van Delft en Van Rijsewijk, 2006). Het is daarom raadzaam om activiteiten voor herstel van heide te combineren met een grondige en langdurige observatie van de gladde slangenpopulatie, waardoor een snelle reactie mogelijk is wanneer ongewenste effecten worden geregistreerd. Onze kennis van de gladde slangen in het Grenspark De Kalmthoutse Heide resulteerde bijvoorbeeld in het afzien van het gebruik van zware machines in kerngebieden,

spring and autumn, when ambient temperatures are still well below the optimal temperature (Van Delft and Van Rijsewijk 2006).

The habitat was analyzed by comparing random points within the home range to the actual points where snakes were recorded. The snakes disproportionately used stretches of dry heather (*Calluna vulgaris*), nonetheless snakes also ventured into grassy areas (*Molinia caerulea*) for extended periods of time, while the individuals next to the road lived exclusively in forest edge habitat. This agrees with the finding that smooth snakes are not solely reliant on 'pristine' heathland habitat, but also use degraded or less flora-diverse habitats (Van Delft and Keijsers, 2009). This has implications for management of these areas, as suitable smooth snake habitat does not necessarily correspond with prioritized habitat targets. Common practices such as mowing, grazing and removing of the top soil all can have deleterious effects on (local) smooth snake populations (Van Delft and Van Rijsewijk, 2006). It is therefore advisable to combine heathland restoration efforts with a thorough and long-term monitoring of the smooth snake population, allowing a quick response when adverse effects are recorded. As an example, our knowledge of the smooth snakes in the Grenspark De Kalmthoutse Heide resulted in the refrainment of the use of heavy machinery in core areas, instead opting for manual removal of trees. The outcome thereof was that smooth snakes remained within the area during subsequent years of monitoring.

Conclusions

- 1 Roads can be barriers impacting smooth snakes even when not directly leading to mortality.
- 2 Females are often confined to small home ranges and spend much of their time thermoregulating.
- 3 Males inhabit larger areas than females, move more and bask less in the open.
- 4 Temperature, humidity, cloud cover and wind-force have an effect on movement and basking behaviour of smooth snakes.

en in plaats daarvan te kiezen voor handmatige verwijdering van bomen. Het resultaat daarvan was dat gladde slangen in het gebied bleven gedurende de daaropvolgende jaren.

Conclusies

- 1 Wegen kunnen barrières vormen die het gedrag van gladde slangen beïnvloeden, ook als ze niet direct de dood van de dieren tot gevolg hebben.
- 2 Vrouwtjes zijn vaak beperkt tot kleine woongebieden en brengen veel van hun tijd door met het reguleren van hun lichaamswarmte.
- 3 Mannetjes bewonen grotere gebieden dan vrouwtjes, verplaatsen zich meer en zonnen minder vaak in open terrein.
- 4 Temperatuur, luchtvochtigheid, bewolking en windkracht hebben een effect op de verplaatsingen en het zonnebaden van gladde slangen.
- 5 Het habitat van gladde slangen bestaat niet alleen uit ongerepte heide, maar omvat ook grasrijke gebieden en bosranden.
- 6 Het beheer van de habitats van gladde slangen vereist een zorgvuldige, locatie-specifieke aanpak.

Dankwoorden

Ik wil mijn promotor Prof. Dr. Raoul Van Damme (Universiteit Antwerpen) speciaal bedanken voor zijn hulp, begeleiding en voortdurende steun, en ook Christoffel Bonte (Natuurpunt), mijn supervisor en drijvende kracht voor dit onderzoek. Aan de vrijwilligers die dagen doorbrachten in vaak vreselijk slecht weer om deze slangen te vinden, die natuurlijk niet bewogen door het slechte weer, heel hartelijk dank! Zonder de financiële hulp van de Provincie Antwerpen zou dit onderzoek niet mogelijk zijn geweest.

Corresponderend auteur:
Loïc van Doorn (zie foto 7).
vandoornloic@gmail.com

Vertaling uit het Engels: Ruud de Lang.

- 5 Smooth snake habitat is broader than pristine heathland, encompassing grassy and forest-edge environments as well.
- 6 Management of smooth snake habitat requires a site-specific, careful approach

Acknowledgements

I would like to specifically thank my promotor Prof. Dr. Raoul Van Damme (University of Antwerp), for his help, guidance and continued support and Christoffel Bonte (Natuurpunt), my supervisor and driving force for this research. To the volunteers that spent days in often awful weather, to find these snakes that of course did not move due to the awful weather, thanks a million! Without the financial aid of the Province of Antwerp this research would not have been possible.

Corresponding author:
Loïc van Doorn (see picture 7)
vandoornloic@gmail.com

Referenties - References

- ANB, 2016. Soortenbeschermingsprogramma voor de gladde slang (*Coronella austriaca*) in Vlaanderen. 169 pp.
- Clark, R.W., Brown, W.S., Stechert, R. and Zamudio, K.R., 2010. Roads, interrupted dispersal, and genetic diversity in timber rattlesnakes. *Conservation Biology*, 24(4): 1059-1069.
- De Bont, R., 1983. Het gedrag van de Gladde Slang vanaf de winter tot na de lentemigratie: een thermotelemetrische studie. Katholieke universiteit Nijmegen. No. 219. 64 pp.
- ESRI, 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. CA: Environmental Systems Research Institute.
- Gent, A.H. and Spellerberg, I.F., 1993. Movement rates of the smooth snake *Coronella austriaca* (Colubridae): a radio telemetric study. *Herpetological Journal* 3: 140-146.
- Goddard, P., 1981. Ecology of the smooth snake *Coronella austriaca* in Britain. Ph. D. thesis, unpublished. Southampton University.
- Habitats Directive, 1992. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Official Journal of the European Communities (No. L 206/7): 50.
- Käsewieter, D., 2002. Ökologischen Untersuchungen an der Schlingnatter (*Coronella austriaca* Laurenti 1768). Ph. D. thesis. Universität Bayreuth.
- Käsewieter, D. and Völkl, W., 2001. Habitat preferences and movement distances of the Smooth snake (*Coronella austriaca*) at the Lech valley (Bavaria). Proceedings of the 16th International Symposium on Biometrie. Vienna, Austria.
- Larsson, A.M., 1994. Radiopejling av hasselsnoken (*Coronella austriaca*) - en studie av habitatval, hemområde och temperaturreglering isydvästra Sverige. Opublicerat examensarbete vid zoologiska institutionen. Göteborgs universitet.
- Laurenti, J.N., 1768. Specimen medicum, exhibens synopsis reptilium emendatam cum experimentis circa venena et antidota reptilium austracorum, quod autoritate et consensu. Vienna, Joan., Thomae. 217 pp.
- Reading, C.J., 2012. Ranging behaviour and home range size of smooth snakes inhabiting lowland heath in southern England. *The Herpetological Journal* 22(4): 241-247.
- RStudioTeam, 2015. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. URL: <http://www.rstudio.com/>.
- Spellerberg, I.F. and Phelps, T.E., 1977. Biology, general ecology and behaviour of the snake *Coronella austriaca* Laurenti. *Biological Journal of the Linnean Society* 9: 133-164.
- Speybroeck, J., Beukema, W., Bok, B., and Van Der Voort, J., 2016. Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Britain and Europe. British Wildlife Field Guides. Bloomsbury, London.
- Strijbosch, H. and Van Gelder, J., 1993. Ökologie und Biologie der Schlingnatter, *Coronella austriaca* Laurenti 1768 in den Niederlanden. *Mertensiella*, 3: 39-58.
- Van Delft, J.J.C.W. and Keijsers, P.L.G., 2009. Gladde slang *Coronella austriaca*. In: Creemers, R.C.M. and Van Delft, J.J.C.W. (RAVON) (eds.), 2009. De Amfibieën en reptielen van Nederland. *Nederlandse Fauna* 9: 291-300. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis / European Invertebrate Survey - Nederland, Leiden.
- Van Delft, J.J.C.W. and Van Rijsewijk, A.C., 2006. Wie is er bang voor de gladde slang? Beschermingsplan voor de gladde slang in Noord-Brabant. RAVON.
- Van Hecke, A. and Bonte, C., 2013. Onderzoek naar het leefgedrag van de gladde slang (*Coronella austriaca*) in het Grenspark De Zoom-Kalmthoutse heide & beheerondersteund advies. Herpetologische onderzoeksgroep GPDZ-KH, 62.
- Van Rijsewijk, A., 2013. Subadulte gladde slangen: zelden gezien maakt onbekend. *Ravon* 15(2): 42-47.
- Vriens, L., Bosch, H., De Knijf, G., De Saeger, S., Guelinckx, R., Oosterlynck, P., Van Hove, M., and Paelinckx, D., 2011. De Biologische Waarderingskaart. Biotopen en hun verspreiding in Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. INBO.