

# ***Ecologie van de Brede geelgerande waterroofkever***

***- een zwaar bedreigde maar slecht gekende soort -***



2016

H. van Kleef, G. van Dijk, J. Brouwer, I. Scholten



## COLOFON

**Titel:** Ecologie van de brede geelgerande waterroofkever - een zwaar bedreigde maar slecht gekende soort  
**Auteurs:** H. van Kleef, G. van Dijk, J. Brouwer, I. Scholten  
**Foto voorkant:** Brede geelgerande waterroofkever (Van Hoof Natuurfotografie)  
**Projectnummer:** BE00237

Alles uit dit rapport mag worden overgenomen of geciteerd, mits de bron duidelijk wordt vermeld

**Stichting Bargerveen | Nijmegen | Maart 2017**

[www.stichtingbargerveen.nl](http://www.stichtingbargerveen.nl) | [www.linkedin.com/company/stichting-bargerveen](https://www.linkedin.com/company/stichting-bargerveen)



## Inhoud

Samenvatting.....	4
Summary.....	6
1. Inleiding.....	7
1.1. Algemene ecologie .....	7
1.1.1. Verspreiding en trends .....	7
1.1.2. Habitat.....	8
1.1.3. Bedreigingen.....	9
1.1.4. Bescherming en beheer .....	10
1.2. Noodzaak voor ecologisch onderzoek.....	11
2. Bureaustudie ecologie brede geelgerande waterroofkever .....	12
2.1. Literatuur .....	12
2.1.1. Algemene fenologie.....	12
2.1.2. Eistadium .....	12
2.1.3. Larvale stadium .....	14
2.1.4. Popstadium.....	15
2.1.5. Adulte stadium .....	16
2.2. Interviews met ervaringsdeskundigen .....	18
2.2.1. Maila Moore.....	18
2.2.2. Lars Iversen.....	19
2.2.3. Anders Nilsson .....	21
2.2.4. Mogens Holmen .....	21
2.2.5. Valērijs Vahruševs .....	21
2.3. Conclusies bureaustudie.....	22
3. Onderzoek.....	23
3.1. Eieren .....	23
3.1.1. Eiafzetlocaties.....	23
3.2. Larven .....	25
3.2.1. Voedsel.....	26
3.2.1.1. Prooikeuze, vangefficiëntie en consumptietijd.....	26
3.2.1.2. Schatting van hoeveelheid benodigde prooien.....	32
3.2.1.3. Ontwikkeling van larven i.r.t. voedselbeschikbaarheid .....	33
3.2.2. Metabolisme.....	35
3.2.3. Larvale ontwikkeling in het Booy's veentje in relatie tot habitat .....	40

3.3. Verpopping .....	49
3.4. Imago's.....	52
3.5. Landschapsecologie van het Booy's veentje .....	59
4. Synthese .....	69
4.1. Knelpunten in de levenscyclus van de brede geelgerande waterroofkever.....	69
4.1.1. Eieren.....	69
4.1.2. Larven.....	69
4.1.3. Poppen.....	70
4.1.4. Imago's .....	70
4.1.5. De habitateisen van de brede geelgerande waterroofkever samengevat.....	71
4.2. Bedreigingen en kansen voor de brede geelgerande waterroofkever .....	71
4.2.1. Bedreigingen.....	71
4.2.2. Kansen .....	74
5. Volgende stappen naar een duurzaam behoud van de brede geelgerande waterroofkever.....	76
5.1. Verbetering en uitbreiding leefgebied .....	76
5.2. Habitateisen van kokerjuffers en brede geelgerande waterroofkever .....	77
6. Dankwoord.....	78
7. Literatuur.....	79
Bijlage 1: Questionnaire.....	82
Bijlage 2: Impressies van habitat van de brede geelgerande waterroofkever .....	85
Bijlage 3: Positionering van de fuiken bij de monitoring van imago's.....	91

## Samenvatting

### *Aanleiding*

De brede geelgerande waterroofkever (*Dytiscus latissimus*) is een internationaal sterk bedreigde soort, die wordt beschermd o.a. via de habitatrictlijn. Dat valt in de praktijk echter niet mee aangezien de ecologie van de soort zó slecht bekend is, dat het niet duidelijk is welke maatregelen getroffen kunnen worden voor behoud, herstel en uitbreiding van het leefgebied. Nieuwe inzichten in de habitateisen van de soort worden in dit rapport besproken en vertaald naar beheer dat bij kan dragen aan het voortbestaan van de soort.

### *Habitatieisen van de brede geelgerande waterroofkever*

De brede geelgerande waterroofkever zet haar eieren af in **waterdrieblad en snavelzegge**. Begroeiingen van deze soorten vormen tevens het opgroei habitat van de larven. De larven moeten hard groeien, sneller dan de nauwverwante noordse geelgerande waterroofkever. In korte tijd moet een larve drie larvale stadia doorlopen om uiteindelijk te verpoppen tot de grootste Europese waterroofkever. De larven kunnen zo snel groeien doordat zij een hoger metabolisme hebben dan andere waterkeversoorten. Daarnaast hebben zij zich gespecialiseerd in het vangen van grote prooien, namelijk kokerjuffer. Deze kokerjuffers worden niet door andere soorten gegeten. Om kever te worden heeft een larve van de brede geelgerande waterroofkever enorm veel kokerjuffers nodig, bijna 200 stuks. Al hoewel dit nog beter uitgezocht moet worden, zijn de kokerjuffers vermoedelijk afhankelijk van **takken die over het water hangen**. Deze soorten leven waarschijnlijk van de afgevallen bladeren en zetten soms zelfs hun eieren op de takken af. Voor de keverlarven moet het **kokerjufferhabitat bereikbaar** zijn, d.w.z. op niet veel meer dan 10 meter afstand liggen en via het water te bereiken. De volwassen kevers zijn niet zo'n snelle zwemmers en leven daarom waarschijnlijk vooral van **slakken, wormen en dode vissen**.

### *Status van de populatie in het Holtingerveld*

Het gaat niet goed met de brede geelgerande waterroofkever in het Holtingerveld. De huidige populatie (najaar 2016) wordt geschat op 38 volwassen kevers. Dat is een afname van 85% in zes jaar. Bij dergelijk lage aantallen is het voortbestaan van de populatie onzeker. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is van de sterke achteruitgang. De enige aanwijzing is een sterke afname van waterdrieblad in de voorheen grootste deelpopulatie, het Booy's veentje. Hiermee is de oppervlakte aan geschikt larvaal habitat gedecimeerd en kan het ven simpelweg geen grote keverpopulatie meer huisvesten. Het is urgent om te achterhalen wat de reden is voor het verdwijnen van de waterdriebladvelden. Hopelijk is dan de neerwaartse trend te keren.

### *Bedreigingen en kansen*

Nu dat beter bekend is wat de habitateisen van de brede geelgerande waterroofkever zijn voor de afzet van eieren, opgroei-habitat en voedsel van larven en adulten kunnen we een inschatting maken van de bedreigingen. In de Drentse vennen is de soort gevoelig voor bijna alle natuurlijke en antropogene processen: verzuring, vermesting, verdroging, klimaatverandering, successie én natuurbeheer. De meeste maatregelen, die als doel hebben om in vennen de effecten van een te grote stikstofdepositie teniet te doen, zorgen waarschijnlijk voor ongeschikte leefomstandigheden voor de brede geelgerande waterroofkever. Vooral het verwijderen van opslag en bomen van oevers en het bekalken van het inziggebied zijn zeer risicovol, omdat de voedselsituatie voor de larven daardoor verslechtert. Baggeren van vennen is slecht voor alle diersoorten die in lage dichtheden voorkomen. Herstel van hydrologie op landschapsschaal is daarentegen een maatregel waar de soort van kan profiteren, omdat het kan leiden tot uitbreiding van larvale habitat en stabielere voedselcondities voor de adulten.

Gelukkig zijn er ook kansen voor herstel en uitbreiding van leefgebied van de soort. De nieuwe inzichten in de habitateisen maken het gemakkelijker om de relictpopulaties van de soort aan te treffen in andere wateren. Daarnaast kunnen ook mogelijkheden voor ontwikkeling van nieuwe leefgebied in beeld gebracht worden. Dat geldt niet alleen voor de Natura2000-gebieden met heide en vennen (het Holttingerveld en het nabijgelegen Dwingelderveld en Leggelderveld), maar misschien ook voor de laagvenen van de Weerribben en Wieden.

## Summary

### *Introduction*

The internationally endangered broadest diver (*Dytiscus latissimus*) is internationally protected by the habitat directive. However, its ecology is poorly known. As a result, nature managers do not know how to protect, restore and develop suitable habitat. New insights in the species' habitat requirements are reported here and translated to management measures that may contribute to its survival.

### *Habitat requirements of the broadest diver*

The females insert the eggs in macrophytes, mainly ***Menianthes trifoliata* and *Carex rostrata***. Swards of these species are also where the larvae grow up. The larvae have to grow fast, faster than the related *D. lapponicus*. The fast growth is possible because the larvae of the broadest diver have a relatively high metabolism and are specialised hunters for caddisflies. These caddisflies are not eaten by other potential competitors. A larva requires **a lot of caddisflies**, almost 200, to become a fully grown water beetle. Pending scientific evidence, we hypothesize that the caddisflies require **overhanging branches** for ovipositioning and leaf litter as larval nourishment. Larval habitat of the broadest diver should be in **close proximity to caddisfly habitat**. The adults beetles are slow swimmers. Hence, they require slow or immobile prey, such as **oligochaetes, gastropods and dead fish**.

### *Status of the Dutch population*

The survival of the species in the Netherlands is highly uncertain. Total estimate for the known Dutch population was 38 adults in autumn 2016. Compared to 2010 estimates, that is a 85% decline. A strong decline in the coverage of *Menianthes* in the formerly most abundant important locality, is the most probable cause for the decline of the broadest diver. This decimated the potential suitable larval habitat, drastically reducing the carrying capacity of the lake for broadest diver. The underlying process for this decline urgently needs to be clarified, in the hope that the current trend can be reversed

### *Threats and chances*

Based on the habitat requirements of the broadest diver, we determined that the species in the Netherlands is impacted by acidification, eutrophication, desiccation, climate change, succession as well as nature management. Management practices should focus on creating or restoring a naturally functioning and robust hydrology on a landscape level. Local practices, that aim at reducing input of leaf litter, grass and shrub encroachment and remove nutrients from lake bottom, are probably detrimental for the broadest diver.

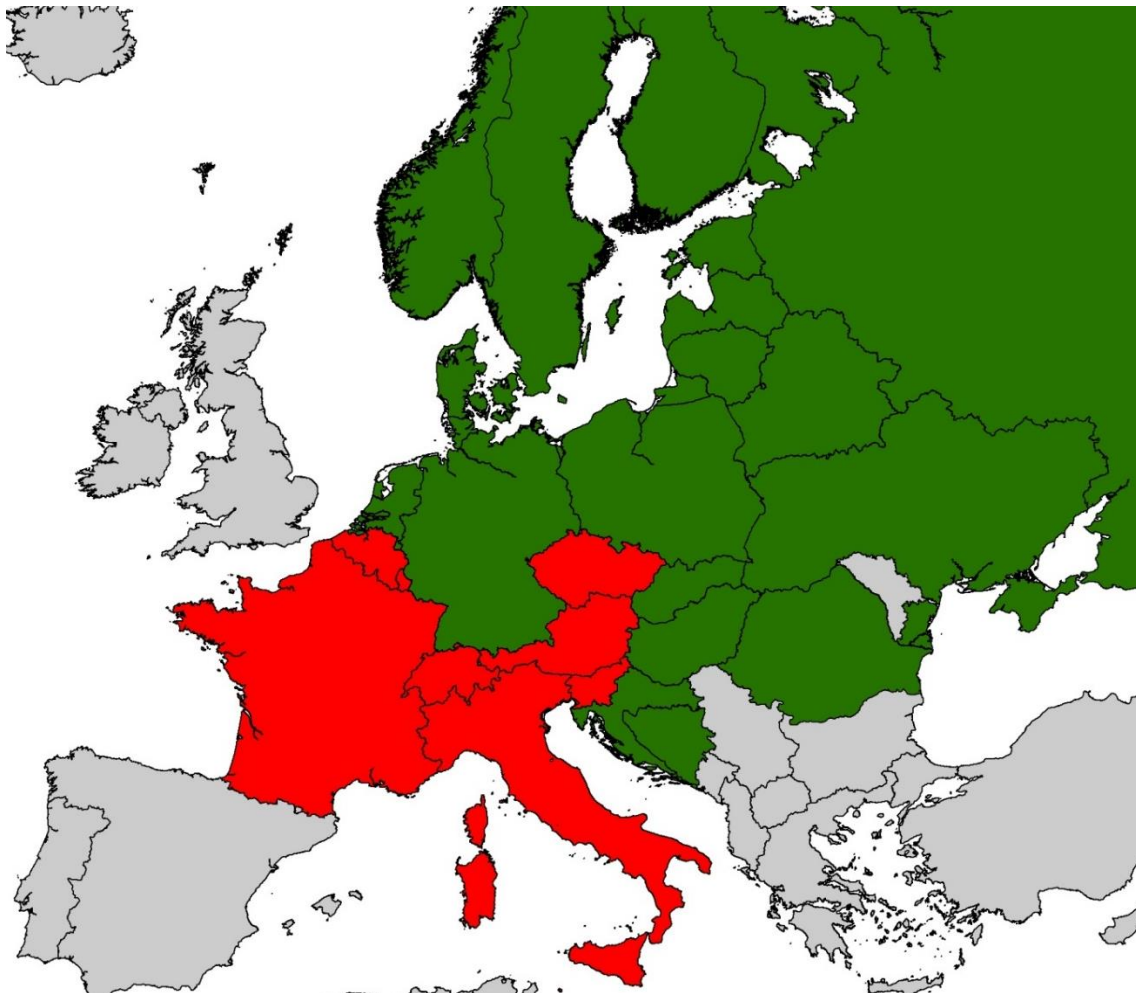
The vicinity of nature reserves consisting of heathland with numerous moorland pools as well as nearby lowland fen reserves possibly provide opportunities to develop new habitat for the broadest diver.

# 1. Inleiding

## 1.1. Algemene ecologie

### 1.1.1. Verspreiding en trends

Vroeger kwam de brede geelgerande waterroofkever (*Dytiscus latissimus*) in vrijwel geheel Europa voor. Alleen in Groot-Brittannië, Ierland en Zuid-Europa is de soort nooit waargenomen. In acht landen is de soort al meer dan 50 jaar niet meer waargenomen en is de brede geelgerande waterroofkever mogelijk uitgestorven (Figuur 1.1). Uit 17 andere landen zijn de afgelopen 50 jaar nog waarnemingen afkomstig. Echter het aantal populaties in veel van deze landen lijkt af te nemen. Ook wordt in diverse landen geconstateerd dat de verspreiding van de soort onvoldoende bekend is om de soort adequaat te kunnen beschermen (Hendrich en Balke 2002, Vahruševs en Kalniņš 2014).



*Figuur 1.1. Voorkomen van de brede geelgerande waterroofkever in Europa. In de met rood gemarkeerde landen is de soort al meer dan 50 jaar niet meer waargenomen. In de groen gekleurde landen zijn recenter nog waarnemingen gedaan. Uit grijs gekeurde landen is de soort nooit gemeld. Bronnen: Hendrich en Balke (2000) en Cuppen et al. (2006)*



In Nederland is de brede geelgerande waterroofkever na een decennialange afwezigheid in 2005 herontdekt in enkele Drentse vennen (Van Dijk 2006). Na een grootschalige zoekactie in nabijgelegen andere geschikte wateren, moet geconcludeerd worden dat het voorkomen van de soort beperkt is tot een viertal vennen: Kolonieveen, Booy's veentje, Brandeveen en Zandveen (Cuppen et al. 2006, Reemer et al. 2008). In het Zandveen is slechts één exemplaar gevangen en is het maar zeer de vraag of daar sprake is van een populatie. In de andere drie vennen is wel sprake van populaties. Van deze populaties zijn in 2009 en 2010 populatieschattingen gemaakt met een vangst-terugvangst methode (Koesse et al. 2010). De grootste populatie bevindt zich in het Booy's veentje. Deze wordt op 105-189 adulte dieren geschat. In het Kolonieveen leven 48-85 brede geelgerande waterroofkevers en in het Brandeveen 7-57 kevers.

### 1.1.2. Habitat

#### *Habitatkenmerken*

De brede geelgerande waterroofkever komt vooral voor in grote wateren (> 1 ha) met een diepte van een 1 meter of meer. De diepte lijkt in Nederland echter geen absoluut vereiste te zijn (Hendrich en Balke 2000, Cuppen et al. 2006). In deze wateren plant de soort zich voort aan de zonbeschenen zijden waar het water ondiep is of waar de oever is begroeid met helofyten (Vahruševs en Kalniņš 2014). In de wateren waar de brede geelgerande waterroofkever voorkomt leven ook andere soorten grote kevers. Zo zijn in de Nederlandse voortplantingswateren *Graphoderus cinereus*, de gegroefde haarwaterroofkever (*Acilius sulcatus*), de gestreepte haarwaterroofkever (*A. canaliculatus*), de gewone geelgerande waterroofkever (*Dytiscus marginalis*), de noordse geelgerande waterroofkever (*D. lapponicus*) en de tuimelaar (*Cybister lateralmarginalis*) aangetroffen (Cuppen et al. 2006). Deze laatste twee grote keversoorten kunnen behoorlijk talrijk zijn.

#### *Watertypen*

De brede geelgerande waterroofkever komt in een grote verscheidenheid aan watertypen voor (Tabel 1.1). Deze wateren kunnen op natuurlijke wijze zijn ontstaan of als gevolg van menselijk handelen, zoals afdamming. Vaak liggen deze wateren in bosgebieden (Holmen 1993).

Naar aanleiding van de beschrijving van de watertypen concludeerde Cuppen et al. (2006) dat “*elk groot, diep water geschikt kan zijn voor D. latissimus ..... Wanneer de biotoop van de brede geelgerande waterroofkever in Europa op zo'n uiteenlopende wijze kan variëren, dan zou de soort in Nederland in vrijwel alle grotere stilstaande wateren kunnen worden aangetroffen. Bij een dergelijke variatie in geschikte biotoop, gecombineerd met een goede dispersie, is het dan ook raadselachtig waarom de soort zo zeldzaam is (geworden)*”.

Tabel 1.1. Beschrijving van Europese vindplaatsen van de brede geelgerande waterroofkever.

Beschrijving watertype	Bron
Ondiepe meren	Hendrich en Balke (2000), Telnov (1996)
Uiterwaardplassen	Hendrich en Balke (2000), Belarus (1993)
Grote permanente meren	Galewski (1971), Belarus (1993)
Meren en (vis)vijvers met dichte oeverbegroeiing	Nilsson en Persson (1989)
Voedselrijke meren (Noord-Scandinavië)	Nilsson en Holmen (1995)
Dystrofe wateren	Nilsson en Holmen (1995)
Visvijvers	Stanék (1984)
Helderwatermeren	Holmen (1993)
Bruinwatermeren	Holmen (1993)
Turfgaten	Steinhäuser (1935)
Wateren in grindgroeven	Holmen (1993)
Wateren in bruinkoolgroeven	Holmen (1993)
Langzaamstromende rivieren	Rau (1888), Galewski en Tranda (1978)
(Zwak) zure vennen	Cuppen et al. (2006)

Het is inderdaad lastig om op basis van de uiteenlopende watertypebeschrijvingen, in veelal grijze literatuur, sturende omgevingsfactoren te identificeren. Men moet zich de vraag stellen: “Wat hebben grote meren, natuurlijke uitwaardplassen, wateren in groeven, visvijvers, vennen en turfgaten gemeenschappelijk?” Beantwoording van deze vraag geeft mogelijk aanknopingspunten van de plek van de brede geelgerande waterroofkever in het (historische) landschap.

### 1.1.3. Bedreigingen

Het is grotendeels onbekend waar de brede geelgerande waterroofkever vroeger in Nederland voorkwam. Meestal kennen we de verspreiding alleen op het niveau van kilometerhokken, soms zelfs nog minder in detail, en weten we niet wat de exacte plek was (Cuppen et al. 2006). Daardoor zijn we niet in staat de oorzaken voor de achteruitgang van de soort in Nederland te reconstrueren. Voor het achterhalen van

bedreigingen van deze zeldzame soort zijn we daarom aangewezen op literatuur, expert judgement en nieuw onderzoek.

Volgens Holmen (1993) zijn eutrofiering en beschaduwning oorzaken voor de achteruitgang van de brede geelgerande waterroofkever. Dat ligt voor de hand aangezien de meeste watertypen waarin de soort voorkomt bijzonder voedselarm zijn (zie vorige paragraaf). Ook in het huidige voorkomen in Nederland kan de soort beïnvloed worden door deze factoren. De kritische depositiewaarde voor stikstof in de vennen van het Holttingerveld wordt namelijk overschreden en de komende jaren wordt daar geen verbetering in verwacht (Drenthe 2015). Stikstof is een belangrijke plantenvoedingsstof en verantwoordelijk voor de vermessing van oppervlaktewateren en hun omgeving. Hoe vermessing doorwerkt op de levenscyclus van de brede geelgerande waterroofkever is echter niet duidelijk.

Een andere bedreiging die in literatuur wordt genoemd is een hoge dichtheid aan vissen en eenden (Holmen 1993). Dit strookt echter niet met de bevindingen van Hendrich en Balke (2000) die melden dat de meeste Duitse vindplaatsen visvijverkwekerijen betreffen. Ook in het huidige Nederlandse leefgebied komen vissen en watervogels voor, maar is onduidelijk of zij een bedreiging vormen voor de Nederlandse populaties.

De mogelijkheden voor de brede geelgerande waterroofkever in rivieruiterwaarden zijn de afgelopen eeuwen sterk afgenomen door intensivering van het landgebruik, normalisering en bevaarbaar maken van de rivieren, afname van laag-dynamische uiterwaardwateren (Hendrich en Balke 2000). Als gevolg hierop heeft de soort zich vermoedelijk teruggetrokken in secundair leefgebied. Veel waarnemingen van de brede geelgerande waterroofkever uit de ons omringende landen stammen daarom uit visvijvers (Hendrich en Balke 2000). Vermoedelijk veroorzaakt traditionele viskweek een type dynamiek vergelijkbaar met het af en toe overstromen en droogvallen van uiterwaarden waar de soort van kan profiteren. Intensivering van de visteelt door invoering van het gebruik van kalk en krachtvoer gedurende de vorige eeuw wordt verantwoordelijk gehouden voor de achteruitgang van de soort in visvijvers (Hoch 1938, Schaefflein 1989). Het is niet bekend of de brede geelgerande waterroofkever in Nederland ooit gebruik heeft gemaakt van visvijvers. Dit is echter wel mogelijk gegeven het feit dat tot halverwege vorige eeuw veel vennen in gebruik waren als visvijver (Arts et al. 1988). Het is niet duidelijk in hoeverre er voor de brede geelgerande waterroofkever kansen liggen in het lokaal opnieuw invoeren van dit visvijvergebruik.

#### **1.1.4. Bescherming en beheer**

In een groot deel van Europa is slecht bekend waar de soort voorkomt. Dit wordt gezien als een belangrijk knelpunt bij de bescherming van de soort (Hendrich en Balke 2000, Vahruševs en Kalniņš 2014). In Nederland is dit probleem al deels opgelost met de inventarisatie van Reemer et al. (2008), waarbij 49 historische vindplaatsen en kansrijke locaties op het voorkomen van de brede geelgerande waterroofkever zijn onderzocht. Dit leverde overigens geen nieuwe of herontdekte vindplaatsen op.

Opvallend is dat nergens in de literatuur wordt gesproken over beheers- of beschermingsmaatregelen die voor deze soort geschikt zijn. Er gaat alleen aandacht uit naar bescherming van bestaande populaties middels het weren van potentieel schadelijke menselijke activiteiten. Alhoewel bescherming uitermate belangrijk is, is op de lange termijn nieuwe uitbreiding of herstel van het leefgebied nodig om het voortbestaan van de soort veilig te stellen. Zeker met het huidige voorkomen van kleine versnipperde populaties is uitsluitend bescherming onvoldoende.

## **1.2. Noodzaak voor ecologisch onderzoek**

Bescherming van de brede geelgerande waterroofkever bestaat in de praktijk uit het fixeren van de omstandigheden in het huidige leefgebied. Echter de wereld is continu aan verandering onderhevig. Er is een constante druk van externe factoren zoals o.a. stikstofdepositie en klimaatverandering, die zich niet door een bord “Verboden toegang – kwetsbaar gebied” laat tegenhouden. Het is dus een gegeven, dat zelfs de best beschermde gebieden door zowel natuurlijke als menselijk oorzaken veranderen. Voor de brede geelgerande waterroofkever betekent dat, dat er een moment komt dat het leefgebied minder geschikt zal worden en actief ingrijpen nodig is om de gunstige leefomstandigheden te behouden.

Op dit moment is echter niet bekend welke habitateisen de soort stelt, zijn de oorzaken voor de zeldzaamheid en achteruitgang van de brede geelgerande waterroofkever niet bekend en is het niet mogelijk actief in te grijpen om de leefomstandigheden voor de soort te verbeteren. In deze studie is via literatuuronderzoek, interviews en ecologische veld- en laboratoriumonderzoek inzicht gekregen in de habitateisen van de brede geelgerande waterroofkever. Het doel was om beheersmaatregelen te formuleren die het behoud en herstel van populaties mogelijk maken.

## 2. Bureaustudie ecologie brede geelgerande waterroofkever

Op basis van een literatuurstudie en kennis van buitenlandse deskundigen is in dit hoofdstuk getracht de beschikbare informatie op een rij te zetten.

### 2.1. Literatuur

Voor elk levensstadium is beschreven wat er in de literatuur bekend is over de levenswijze en de eisen die er aan de omgeving gesteld worden. Hierdoor kan per levensfase een inschatting gemaakt worden van kansen en bedreigingen voor de soort en worden kennislacunes in beeld gebracht.

#### 2.1.1. Algemene fenologie

De levensloop van de brede geelgerande waterroofkever wordt o.a. beschreven door Cuppen et al. (2006) en Hendrich en Balke (2000), welke zich weer baseren op oud werk van Blunck (1923) en Blunck en Klynstra (1929). Tabel 2.1 geeft een overzicht van de ontwikkeling zoals die door deze auteurs is beschreven. Deze ontwikkeling komt goed overeen met die door Vahruševs (2009a) beschreven wordt, vermoedelijk op basis van eigen observaties.

*Tabel 2.1. Fenologie van de brede geelgerande waterroofkever. Grijs geeft de periode aan waarin bepaalde stadia zich ontwikkelen. Met tekst is de ontwikkelingsduur van de stadia weergegeven.*

	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
ei			enkele wk									
larve				4-6 wk								
pop						2-3 wk						
imago							tot 3 j					

#### 2.1.2. Eistadium

Paring geschiedt vanaf september tot maart (Schmidt en Hendrich 2013). Vanaf ongeveer half maart beginnen de volwassen vrouwelijke kevers die hebben overwinterd, met het afzetten van eieren. De brede geelgerande waterroofkever legt behoorlijk grote eieren van 7-8 mm lang (Hendrich en Balke 2000). Blunck (1923) noemt een legselgrootte van maximaal 177 eieren per vrouwtje. Na 8-10 dagen komen de eieren uit (Vahruševs 2009b). Dode eieren zijn herkenbaar als je de plantenstengels opensnijdt (Inoda 2011a).

De vrouwtjes zetten de eieren af in de stengels van planten (Foto 2.1). De meest geschikte planten zijn slangenwortel (*Calla palustris*), stijve zegge (*Carex elata*), cyperzegge (*C. pseudocyperus*), snavelzegge (*C. rostrata*) en waterdrieblad (*Menyanthes*

*trifoliata*) (Vahruševs en Kalniņš 2014). Niet alle literatuurbronnen berusten op waarnemingen van eieren in planten. Vaak wordt uitsluitend gekeken naar het voorkomen van plantensoorten in het larvale habitat en vandaar uit de aanname gedaan dat deze soorten gebruikt zijn voor eiafzet. Onderzoek aan een verwante keversoort heeft laten zien dat de voorkeur van vrouwtjes kan verschillen voor verschillende plantensoorten (Inoda 2011b). Ook het uitkomstsucces is niet bij alle plantensoorten gelijk (Inoda 2011b). Gegevens over uitkomstsucces bij de brede geelgerande waterroofkever ontbreken.



Foto 2.1. Eieren van de brede geelgerande waterroofkever in grote zegges, waarschijnlijk scherpe (*Carex acuta*) of stijve zegge. Foto's: G. van Dijk.

Als alle plantensoorten uit bovenstaand lijstje in gelijke mate geschikt zijn, dan zal de beschikbaarheid niet snel beperkend zijn. Met name waterdrieblad en snavelzegge lijken in Nederland voldoende algemeen te zijn dat een knelpunt in de beschikbaarheid van eiafzetsubstraat niet waarschijnlijk is. Het is echter niet duidelijk voor welke plantensoorten de brede geelgerande waterroofkever een voorkeur vertoont en in welke plantensoorten uitkomstsucces van de eieren het hoogst is.

### 2.1.3. Larvale stadium

De larven van de brede geelgerande waterroofkever zijn gemakkelijk van andere *Dytiscus*-soorten te onderscheiden door de brede kop, waarvan de zijden parallel lopen. Tevens hebben de larven relatief korten poten (Blunck 1923). Alleen de larven van de zwartbuik geelgerande waterroofkever (*D. semisulcatus*) lijken wat betreft lichaamsbouw op de larven van de brede geelgerande waterroofkever. Tenslotte hebben de larven een donkere kleur met een lichte dorsale streep (Foto 2.2).



*Foto 2.2. Larve van de brede geelgerande waterroofkever in het derde stadium. Foto: Van Hoof Natuurfotografie.*

In tegenstelling tot de imago's zijn de larven in ieder geval dagactief (pers. comm. V. Vahruševs). Of zij ook 's nachts actief zijn is niet bekend (pers. comm. L. Iversen). De larvale habitat wordt gevormd door structuurrijke oeverbegroeiing (Hendrich en Balke 2000, Vahruševs en Kalniņš 2014). Lars Iversen die voornamelijk monitoring van larven heeft uitgevoerd heeft ook dezelfde ervaring en meldt dat larven vooral worden

aangetroffen aan de zon-geëxponeerde noordzijde van meren. Daar leven de eerste en tweede stadia larven in ondiep water in veelal in zeggenvelden.

De larven doorlopen drie stadia in de periode april tot half juni. De ontwikkeling duurt ongeveer 1 tot 1,5 maand (Hendrich en Balke 2000). Deze ontwikkelingstijd is gelijk aan die van andere soorten geelgerande waterroofkevers. Gecombineerd met het feit dat we hier te maken hebben met de op een na grootste waterroofkever, is het mogelijk dat de soort hoge eisen stelt aan de beschikbaarheid en kwaliteit van het larvale voedsel. Het is niet duidelijk hoeveel energie de larven nodig hebben voor hun snelle ontwikkeling en waar (uit welke prooien) zij deze energie in voldoende mate kunnen halen.

Larven van de brede geelgerande waterroofkever zijn niet gebouwd op snelle voortbeweging. Ze hebben in vergelijking met andere soorten weinig zwemharen en relatief korte poten. Dat duidt erop dat ze jagen op trage prooien. Voor larven van andere *Dytiscus*-soorten is aangetoond dat zij hun jachtstrategie aanpassen van actieve jacht in habitat met weinig structurele complexiteit naar sit-and-wait in aanwezigheid van veel structuur van vegetatie (Michel en Adams 2009). Ook de beschikbaarheid van prooien kan daarbij een rol spelen (Formanowicz 1982). Het is niet duidelijk in hoeverre de lichaamsbouw en ontwikkeling van de brede geelgerande waterroofkever een flexibele jachtstrategie toestaat.

Uit verschillende onderzoeken (Blunck 1923, Johansson en Nilsson 1992) blijkt dat de larven van de brede geelgerande waterroofkever voorkeur vertonen voor kokerjufferlarven. Deze dieetstudies hebben echter over het algemeen een beperkte opzet met relatief weinig prooikeuze, waardoor consumptie van andere prooien niet uitgesloten kan worden.

De larven worden waarschijnlijk door watervogels zoals reigers en eenden gegeten (Bauer en Glutz von Blotzheim 1966, Cramp en Simmons 1977, Hendrich en Balke 2005). Daarnaast kunnen nimfen van watermijten talrijk (tot enkele dozijnen) worden aangetroffen op de larven. In hoeverre de larven van de brede geelgerande waterroofkever kannibalistisch zijn is niet duidelijk.

Er is niets bekend over de fysiologie van de larven en gevoeligheid van larven voor veranderingen in waterkwaliteit (Hendrich en Balke 2005).

#### 2.1.4. Popstadium

In juni worden de larven onrustig en gaan ze opzoek naar een plek om te verpoppen. De verpopping verloopt net als bij andere *Dytiscus*-soorten op het land in een holte onder mos, hout of steen (Hendrich en Balke 2000). Formanowicz en Brodie (1981) beschrijven de constructie van de popkamer bij *Dytiscus verticalis*: De larven graven zich in boven de waterlijn, waar ze de bodem wegduwen met poten, lichaam en kaken. De popkamer wordt van binnenuit afgesloten met grond. Het is aannemelijk dat de brede geelgerande waterroofkever op eenzelfde wijze de popkamer construeert. De larve verblijft gedurende een week in de popkamer voordat de verpopping begint. Het



popstadium duurt ongeveer twee weken. De verse adulte dieren blijven nog enkele dagen in de popkamer om uit te harden.

Larven die op zoek zijn naar een plek om te verpoppen kunnen ten prooi vallen aan muizen en spitsmuizen (Hendrich en Balke 2005).

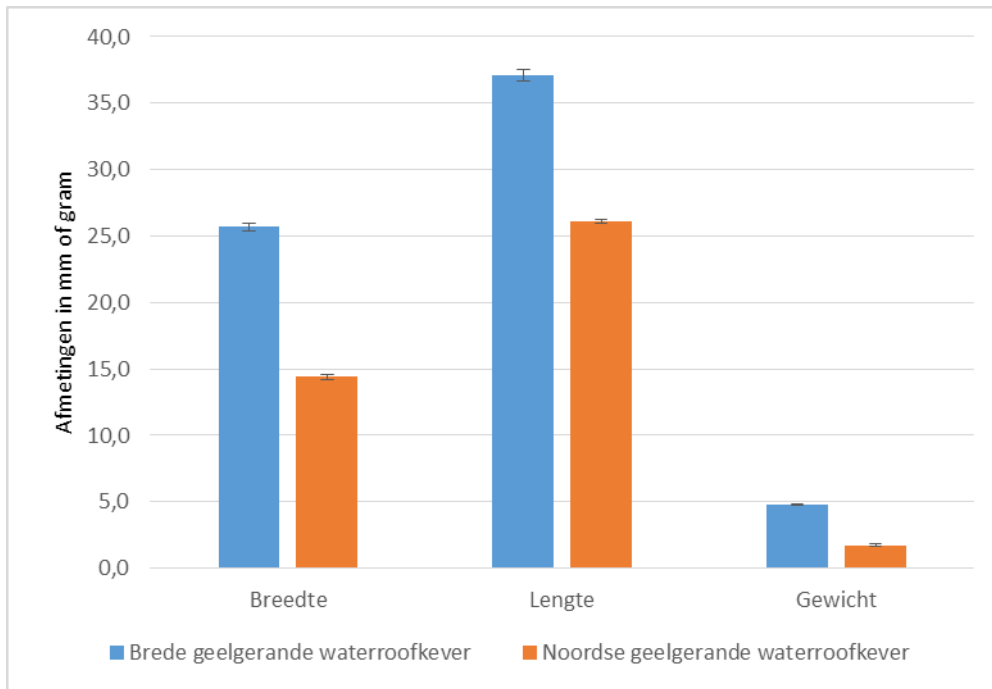
De oevers van Drentse vennen zijn vaak begroeid met veenmossen. Het is onduidelijk of veenmosbegroeiingen geschikt verpopingshabitat bieden. Het is niet bekend welke afstanden larven kunnen afleggen om bij geschikt verpopingshabitat te komen. Bij veel holometabole insecten is de verpopping een fase waarin problemen in de ontwikkeling aan het licht komen en de dieren een grote kans hebben te sterven. Echter over de overleving van verpopende larven van de brede geelgerande waterroofkever is geen informatie beschikbaar.

### 2.1.5. Adulte stadium

De adulten kunnen gemakkelijk worden herkend aan hun grootte (Figuur 2.1) en de verbrede dekschilden, zichtbaar als een extra brede zwarte rand buiten de gele rand. Hierdoor zijn ze niet te verwarren met andere soorten (Foto 2.3). Door de verbreding zijn de kevers minder snel dan andere keversoorten, maar worden ze wel stabiel in turbulent water. Blunck (1923) speculeerde dat dit een aanpassing kan zijn aan het voorkomen in grote wateren, die door windwerking enige turbulente hebben. Daarnaast hebben de volwassen kevers een kenmerkende rode onderzijde.



*Foto 2.3. Imago's van de brede geelgerande waterroofkever. Van links naar rechts mannetje (bovenzijde), vrouwtje (bovenzijde), mannetje (onderzijde). Foto's: Van Hoof Natuurfotografie.*



Figuur 2.1. Gemiddelde afmetingen ( $\pm$ SE) van de brede en noordse geelgerande waterroofkever (breedte op breedste punt van lichaam, lengte van voorkant halsschild tot achterkant dekschild en gewicht van het hele beest).

De meeste imago's worden niet ouder dan een jaar, maar er zijn gevallen waar oudere dieren zijn waargenomen (Koese et al. 2010, Schmidt en Hendrich 2013).

De imago's zijn nachtactief (Hendrich en Balke 2000). Blunck (1923) observeerde een vrouwtje dat overdag elke 45 minuten naar de wateroppervlakte kwam om haar luchtvoorraad te verversen waarna zij zich terugtrok in een schuilplaats.

Het habitat van de imago's is vergelijkbaar met dat van de larven, al hoewel zij minder strikt gebonden zijn aan structuurrijke onderwaterbegroeiingen (Hendrich en Balke 2000).

Het voedsel van de adulten is zeer divers. Blunck (1923) vond in de krop van adulte kevers vooral resten van ongewervelden. Daarnaast blijkt het goed mogelijk om de kevers te houden op dood vissenbroed (Blunck 1923). De kevers zijn ook te vangen met fuiken beaasd met kippenlever, wat aangeeft dat ze ook vlees eten. Opvallend is dat de soort zowel in Nederland als daarbuiten vrijwel uitsluitend voorkomt in met visbezette wateren. Kadavers van vissen kunnen dan ook een belangrijke voedselbron zijn van de volwassen kevers. In hoeverre ze daarvan afhankelijk zijn is echter niet duidelijk.

Er is weinig bekend over de fysiologie en demografie (groei en overleving) van de adulten. De enige vangst-terugvangststudies die zijn uitgevoerd aan de soort (Koese et al. 2010, Schmidt en Hendrich 2013) hadden het doel om populatieomvang te berekenen en niet om data te genereren over overleving.

De kevers worden geparasiteerd door larven van watermijten (*Hydracarina geographica*) op de borst en onder de dekschilden (Hendrich en Balke 2000). Daarnaast

zijn eenden en reigers waarschijnlijke predatoren van volwassen kevers (Hendrich en Balke 2005, Cech en Cech 2015). In de literatuur wordt geen specifieke melding gemaakt van predatie op de brede geelgerande waterroofkever, wel wordt predatie van vogels op *Dytiscus*-soorten genoemd. Van de hierna genoemde vogelsoorten, die ook in Drenthe voorkomen, wordt melding gemaakt van predatie op larven ofwel adulten van *Dytiscus*; Dodaars (adult en larf), Blauwe reiger (adult en larf, wordt melding gemaakt dat het 25% van dieet kan zijn), Grote zilverreiger (larven en adult), Brilduiker (adult) en Meerkoet (Bauer en Glutz von Blotzheim 1966, Cramp en Simmons 1977). Voor de volgende vogelsoorten wordt melding gemaakt dat *Dytiscidae* tot het dieet behoren of wordt algemeen melding gemaakt van waterkevers maar wordt niet specifiek *Dytiscus* genoemd; Waterhoen, Slobeend, Wintertaling (mogelijk enkel kleinere *Dytiscidae*), Kuifeend, Waterral en Waterhoen (Bauer en Glutz von Blotzheim 1966, 1968, Cramp en Simmons 1977).

## 2.2. Interviews met ervaringsdeskundigen

Om te kunnen voortbouwen op ervaring van andere coleopterologen, zijn zij benaderd met vragen over habitatvoorkeur, aantasting, beheer, levenscyclus, habitateisen van de verschillende levensstadia en onderzoeksmethoden (Zie bijlage 1). Omdat de lijst met vragen, questionnaire, veel zeer specifieke onderwerpen behandelt die veelal diepgaand onderzoek vereisen, werd er niet van de deskundigen gevraagd om alle vragen uitputtend te behandelen. De questionnaire was dan ook vooral bedoeld als checklist en leidraad voor de interviews. Sommige deskundigen gaven er de voorkeur aan om schriftelijk te reageren op de vragenlijst. In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van de gesprekken en de schriftelijke reacties van de deskundigen.

### 2.2.1. Maila Moore

Maila is werkzaam voor Putukamaailm, een Estse NGO die zich bezighoudt met onderzoek en bescherming van insecten. Zij houdt zich vooral bezig met monitoring van habitatrictlijnsoorten. Haar ervaring met de brede geelgerande waterroofkever bestaat uit vijf jaar monitoring met gebruik van flessenvallen en later Molchreusevallen.

In Estland is de verspreiding van de brede geelgerande waterroofkever slecht onderzocht. In het land zijn 2500 grote wateren waar de soort mogelijk voorkomt. Tot op heden is de soort bekend van 40 locaties. In 2015 heeft Maila negen wateren onderzocht op het voorkomen van waterkevers. In maar liefst drie van deze wateren trof zij de brede geelgerande waterroofkever aan.

De brede geelgerande waterroofkever wordt aangetroffen in allerlei soorten watertypen, waaronder meren, droogvallende plassen en groeves. Volgens Maila kan een deel van de waarnemingen zwervende dieren betreffen in wateren die geen duurzame populaties bevatten. Het verspreidingsbeeld in Estland is onvoldoende om het voorkomen van de brede geelgerande waterroofkever in stromend water te bevestigen.

Veel van de wateren met de brede geelgerande waterroofkever zijn bevolkt door vis, maar niet allemaal.

De voortplantingswateren van de brede geelgerande waterroofkever worden in Estland beschermd, maar er worden geen beheerinspanningen geleverd om de kwaliteit van de habitat te verbeteren.

Vliegende brede geelgerande waterroofkevers zijn waargenomen in Tallinn. Daarnaast komt de soort voor op eilanden, wat ook duidt op vliegkracht.

### 2.2.2. Lars Iversen

Lars is PhD-student aan de Universiteit van Kopenhagen (Denemarken). Hij bestudeert verspreiding en dispersie van voornamelijk de genera *Graphoderus* en *Acilius*. Daarnaast heeft hij in het kader van LIFE onderzoek verricht aan de brede geelgerande waterroofkever. Zijn ervaring met de soort heeft hij opgedaan in Denemarken, Zweden en de Baltische staten. Aan de brede geelgerande waterroofkever heeft hij vooral monitoringswerk verricht. Daarbij geeft hij de voorkeur aan bemonsteringen met een standaard macrofaunanet tussen oevervegetatie om larven te vangen.

Voorkeurshabitat van de brede geelgerande waterroofkever aan de rand van het areaal zijn grote, stabiele, mesotrofe wateren. Meer in het centrum van het areaal wordt de soort minder kritisch en komt hij ook voor in voedselrijkere wateren met bijvoorbeeld lisdodde (*Typha spec.*). Vaak zijn vissen aanwezig.

Het larvale habitat zijn zuid-geëxponeerde oevers. Daar leven de larven bij voorkeur in snel opwarmend water tussen zeggeplanten. Hier ving hij larven in het stadium I en II begin mei. Lars denkt dat beschikbaarheid van larvaal habitat de meest belangrijke habitateis is van de soort. Geringe waterspiegelfluctuaties zijn nodig voor een flinke oppervlakte hiervan te realiseren.

Eieren worden afgezet in zeggen, waterdrieblad en slangenwortel. Lars vermoedt dat alle helofyten met zachte delen, zoals lisdodde en gele lis (*Iris pseudacorus*), gebruikt kunnen worden voor eiafzet. Lars was goed in staat om eieren te vinden door planten (boven water) te inspecteren. De eieren zijn daarbij goed zichtbaar en te herkennen doordat ze groter zijn dan die van andere soorten. Nadeel is dat daarmee planten ontwortel worden en/of afbreken. In kwetsbare milieus is dit dus geen goede onderzoeksmethode.

Het is niet bekend waar de adulten zich veel ophouden; in het open water of tussen de vegetatie.

Bedreigingen voor de brede geelgerande waterroofkever zijn intensivering van het landgebruik waardoor drainage toe is genomen, nutriëntenconcentraties zijn gestegen en populaties geïsoleerd zijn geraakt. Meest gevoelig zijn de larvale stadia.

In Denemarken gaat in 2016 een LIFE-project van start, waarbij in twee gebieden maatregelen worden genomen ter verbetering van habitat van de brede geelgerande

waterroofkever. In deze gebieden liggen diverse meren, die als gevolg van drainage aan het dichtgroeien zijn met wilg en berk. Hierdoor is het oppervlak en kwaliteit van het larvale habitat afgenomen. De struiken zullen worden verwijderd evenals de ontwatering. Ondiepe oeverzones met helofyten zullen worden gestimuleerd door plaatselijk stukken te vergraven. Tevens groeit in deze meren krabbenscheer (*Stratiotes aloides*). De krabbenscheer heeft de wateren grotendeels dichtgegroeid en de afgestorven delen leiden tot eutrofiering. Op kleine schaal en gefaseerd zal krabbenscheer verwijderd worden.

De tuimelaar is een andere grote waterkever soort, die in toenemende mate samen met de brede geelgerande waterroofkever voorkomt. Tot tien jaar geleden kwam deze zuidelijke soort nog niet of nauwelijks in noordwest Europa voor. De larven van deze soort verschijnen vanaf juni, dus later dan de larven van de brede geelgerande waterroofkever. Mogelijk is er hierdoor minder competitie tussen beide soorten en zal er weinig predatie optreden van brede geelgerande waterroofkever-larven door de tuimelaar. Tuimelaarlarven zijn echter wel een stuk agressiever. Het is niet duidelijk of brede geelgerande waterroofkever-larven daar hinder van ondervinden. Lars heeft meerdere malen vrouwelijke brede geelgerande waterroofkever gevangen met een mannelijke tuimelaar erop. Het is niet duidelijk of dit een ecologisch relevantie interactie is.

Tijdens zijn monitoringswerkzaamheden ging de aandacht uit naar larven van libellen en kevers. Het is hem niet opgevallen dat het voorkomen van larvale brede geelgerande waterroofkevers correleerde met het voorkomen van specifieke prooi-soorten. Hij kent geen voorbeeldstudies van prooi-beschikbaarheid van larven.

Lars heeft een enkele maal larven opgekweekt. Daarbij voerde hij ze garnalen uit het vriesvak van de supermarkt. De larven pakken alleen de prooi als het beweegt.

Uit Denemarken is een anekdotische waarneming van een adult, die neerstreek bij een boer. Het beest reageerde op een lichtbron.

Poppen werden regelmatig gevonden onder vaste objecten tot ca. 5 m. vanaf de waterlijn. Op grotere afstand werd niet gezocht. Onder verlaten boten werden flinke aantallen popkamers aangetroffen. Lars vermoedt dat voor verpopping een stevige bodem de voorkeur heeft boven veenmos.

Suggesties voor onderzoek:

- De ontwikkeling van pit tags gaat steeds verder richting hele kleine apparaten en is bijna ver genoeg om individuele kevers te volgen.
- Dieet van adulten kan met de hulp van stabiele isotopen bepaald worden. Verzamelen van dierlijk materiaal (bijv. een deel van een poot) is echter wel een invasieve ingreep en kan alleen toegepast worden in gebieden waar de soort talrijk is.
- Dieetonderzoek met de hulp van eDNA is complex en kostbaar.

### 2.2.3. Anders Nilsson

Dr. Nilsson was vanwege hoge leeftijd niet in staat om onze vragen te beantwoorden.

### 2.2.4. Mogens Holmen

Mogens heeft schriftelijk gereageerd op de questionnaire.

De brede geelgerande waterroofkever is beschermd via de habitatrichtlijn artikel 6, 12 en 16. In de praktijk is er weinig aandacht voor de bescherming van insectenhabitat. In het beheer is een gebrek aan kennis over soort voor een adequate bescherming. Wel vindt er in een aantal N2000-gebieden sinds 2004 driejaarlijkse monitoring plaats op aan- en afwezigheid.

Sommige wateren met de brede geelgerande waterroofkever zijn ontstaan door veenwinning, grindwinning of in gebruik als visvijver.

*Eieren:* Eieren van de brede geelgerande waterroofkever kunnen waarschijnlijk herkend worden aan hun grootte. Ze worden afgezet in sommige grote zeggensoorten, bladstelen van waterdriblad en soms in andere soorten. Hij heeft geen ervaring met eiafzet in het lab, maar verwacht dat bevruchte vrouwtjes daartoe wel bereid zijn.

*Larven:* Hij heeft veel data over vindplaatsen en larvale ontwikkeling, maar dat is allemaal niet uitgewerkt. Larven zijn in ieder geval dagactief, maar niet duidelijk of ze ook 's nachts actief zijn. Larven (m.n. de grotere larven) worden aangetroffen aan de randen van meren en andere locaties met verticale emergente plantengroei, waar zij rondklimmen, schuilen en jagen. Er zijn geen detailstudies van voedselbeschikbaarheid in ruimte en tijd. Mogens heeft eens uitgerekend dat een larve gedurende de larvale ontwikkeling 200-300 kokerjuffers consumeert. Larven kunnen het beste tussen vochtige planten getransporteerd worden en niet in water. Dan zijn ze beter in staat om adem te halen. Dit geldt ook voor transport van adulten.

Mogens heeft ons voorzien van een aantal foto's van leefgebied van de brede geelgerande waterroofkever (Bijlage 2)

### 2.2.5. Valērijs Vahruševs

Dr. Valērijs Vahruševs is recent gepromoveerd op zijn onderzoek aan de brede geelgerande waterroofkever aan de universiteit van Daugavpils, Letland. Hij heeft schriftelijk gereageerd op de questionnaire.

*Eieren:* Eieren van de brede geelgerande waterroofkever zijn niet zonder meer met zekerheid te herkennen.

*Larven:* Hongerige larven zijn zowel dag- als nachtactief. De larven vertonen positieve fototaxis. Jonge larven worden aangetroffen in de habitat van eiafzet, maar oudere larven verspreiden zich. Transport van jonge larven kan het beste plaatsvinden bij een temperatuur van 13-15 °C in een kleine laag water met planten. Jonge larven kunnen ca.

3-4 dagen zonder voedsel, oudere larven langer. Als stadium III larven geen voedsel meer willen en uit het water willen komen, dan zijn ze klaar om te verpoppen.

### 2.3. Conclusies bureaustudie

Uit de beschikbare ecologische informatie van de brede geelgerande waterroofkever zijn voor elke levensfase de meest voor de hand liggende knelpunten gedestilleerd (Tabel 2.2). Dit zijn zonder uitzondering hypothesen die niet getoetst zijn. In volgend hoofdstuk worden via veldonderzoek en laboratoriumexperimenten en -observaties een aantal van de belangrijkste knelpunten nader onderzocht.

*Tabel 2.2. Knelpunten en kennislacunes over de levenscyclus van de brede geelgerande waterroofkever die in potentie van invloed zijn op keuzes in het terreinbeheer.*

Levensfase	Potentieel knelpunt
Ei	- Onvoldoende optimaal eiafzetsubstraat beschikbaar
Larven	- Hoge ontwikkelingsnelheid stelt te hoge eisen aan seizoen m.b.t. temperatuur, voedselvoorziening, e.a. - Onvoldoende voedsel beschikbaar - Onvoldoende larvaal opgroehabitat (ondiep water met helofyten) - Hoge mate van predatie of parasitisme - Waterkwaliteit onvoldoende voor optimale larvale overleving
Pop	- Verpopingshabitat niet te bereiken
Adulten	- Concurrentie met <i>Cybister lateralmarginalis</i> - Waterkwaliteit onvoldoende voor optimale adulte overleving

## 3. Onderzoek

### 3.1. Eieren

#### 3.1.1. Eiafzetlocaties

##### *Doel*

In de literatuur worden diverse plantensoorten genoemd als potentieel eiafzetsubstraat voor de brede geelgerande waterroofkever, te weten slangenwortel, waterdrieblad en grote zegges. Deze uitspraken zijn vermoedelijk vooral gebaseerd op observaties over het voorkomen van plantensoorten in het larvale habitat. Een goede onderbouwing ontbreekt dus. Voor zover we weten is V. Vahruševs de enige die echte waarnemingen heeft verricht aan eiafzet. Dit gebeurde echter in een ander habitat (i.e. verlaten visvijvers) met andere plantensoorten als in het Nederlandse leefgebied. Hierdoor zijn de waarnemingen moeilijk te vertalen is naar het leefgebied van de brede geelgerande waterroofkever in NW-Europa.

Naast de veelal anekdotische beschrijvingen van eiafzetlocaties, zijn verschillen in voorkeur en uitkomstsucces niet bekend. Deze kunnen op populatieniveau echter wel grote gevolgen hebben. Via veldobservaties en experimenten is getracht hier meer over te weten te komen.

##### *Methode*

Onderzoek aan eiafzetsubstraat van de brede geelgerande waterroofkever zou volgens Vahruševs (2011) mogelijk zijn door stengels van geschikte plantensoorten op de tast af te zoeken op eieren. In het Booy's veentje bleek deze methode niet werkbaar. Het abundante waterdrieblad had veel onregelmatigheden op de stengels en uitlopers. Doordat deze zich onderwater bevonden was het niet mogelijk om te beoordelen of er eieren in de plantendelen waren afgezet. Ook het afzoeken van snavelzegge bleek lastig. Deze soort is vermoedelijk vooral in de onderste delen – de sponsige stengelbasis – geschikt voor de afzet van eieren. Deze delen zitten echter zo diep, dat ze niet makkelijk op de tast afgezocht kunnen worden.

Om toch meer te weten te komen over keuze van plantensoort voor eiafzet en overleving van eieren, is verkend of dit experimenteel aan te tonen is. Hiervoor werden in maart in de Hatertse vennen twee vrouwtjes noordse geelgerande waterroofkever verzameld. Deze werden in aquaria gezet van 24 x 24 x 30 cm. In de aquaria werden 4 blokken oasis gelegd met daarin respectievelijk stengels snavelzegge, waterdrieblad, pitrus (*Juncus effusus*) en pijpenstrootje (*Molinea caerulea*). Van elk van deze soorten werden 5 stengels in de blokken gestoken. De aquaria werden gevuld met venwater waarna op 18-03-2016 de vrouwelijke kevers werden ingebracht. Tot slot werden de aquaria afgedekt met gaas om ontsnappen te voorkomen. Dagelijks werden alle planten gecontroleerd op

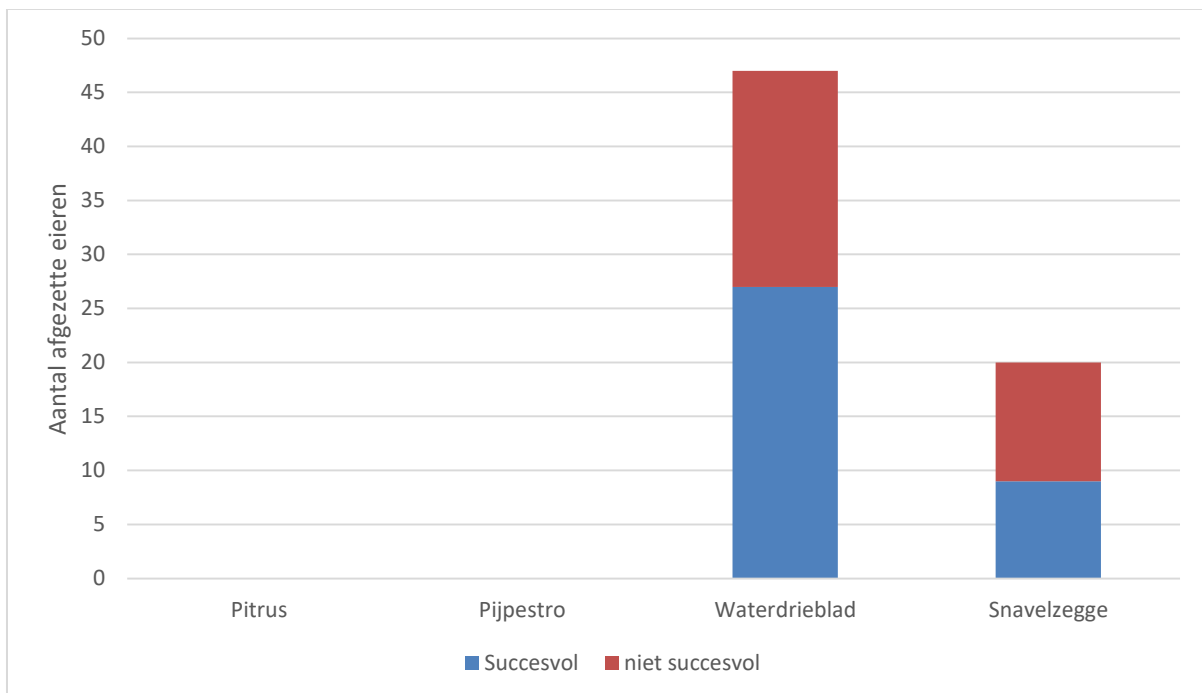


afgezette eieren. Afgezette eieren werden bewaard in venwater bij een temperatuur van 21 °C.

### Resultaten en discussie

Na 4 dagen begon één vrouwtje noordse geelgerande waterroofkever eieren af te zetten. Zij deed dit op snavelzegge en waterdrieblad. Ook bij pitrus werd uitgetoetst of het mogelijk was om daarin eieren af te zetten, maar deze pogingen werden snel gestaakt. Binnen drie dagen werden in totaal 67 eieren afgezet. Larven kwamen uit de eieren tussen 29 maart en 1 april. In totaal zijn 31 eieren uitgekomen (Figuur 3.1). Het tweede vrouwtje heeft geen eieren afgezet.

Het vrouwtje noordse geelgerande waterroofkever zette bij voorkeur haar eieren af in waterdrieblad en in mindere mate snavelzegge. Pitrus en pijpenstrootje werden niet gebruikt voor eiafzet. Tussen de aangeboden stengels snavelzegge en waterdrieblad zaten grote verschillen in aantallen afgezette eieren, waardoor statistische analyse van de gegevens geen verschillen opleverde. Drie van de stengels snavelzegge bleven onbenut, evenals twee van de aangeboden stengels waterdrieblad. Uitkomst succes was iets hoger in waterdrieblad (57%), dan in snavelzegge (45%). Deze variatie in uitkomstsucces tussen is groot genoeg om op populatieniveau effect te hebben.



*Figuur 3.1. Eiafzet door noordse geelgerande waterroofkever in verschillende plantensoorten. Met kleuren (blauw en rood) is aangegeven hoeveel van de eieren wel/niet zijn uitgekomen.*

Het houden van noordse geelgerande waterroofkevers in gevangenschap verliep goed (er was geen sterfte) en eiafzet door bevruchte vrouwtjes was succesvol. Daarom is besloten om te proberen om enkele vrouwtjes brede geelgerande waterroofkever in

dezelfde experimentele opstelling te verleiden tot het afzetten van eieren met de intentie om de daaruit voortkomende larven weer vrij te laten in het veld. Hiervoor werden 21-04-2016 twee vrouwtjes brede geelgerande waterroofkever meegenomen uit het Booy's veentje. Helaas ging al na enkele dagen een van de vrouwtjes in het lab dood. Om de Nederlandse populatie brede geelgerande waterroofkevers niet aan extra risico's bloot te stellen is besloten geen dieren meer uit het veld te halen voor experimenten. Het overlevende vrouwtje is teruggezet in het Booy's veentje. Zeer waarschijnlijk was het gesneuvelde vrouwtje al zwak. Het dier was van begin af aan in gevangenschap opmerkelijk weinig actief in vergelijking met het vrouwtje die overleefde. Later in het seizoen zijn ook kevers opgekweekt uit het buitenland (zie paragraaf 3.2). De daaruit volgroeide kevers werden maandenlang gemakkelijk in gevangenschap gehouden. Het is dus niet waarschijnlijk dat de sterfte van het dier veroorzaakt werd door de omstandigheden in het lab.

Omdat het niet gelukt is om vrouwtjes van de brede geelgerande waterroofkever eieren af te laten zetten, kunnen we geen uitspraken doen over verschillen in voorkeur en uitkomstsucces. Toch is het zinvol om dit experiment in vervolgonderzoek uit te voeren. Dat zou dan het beste kunnen met kevers uit grotere en stabielere populaties. Wellicht zijn er mogelijkheden om dit in samenwerking met een buitenlandse partner op te pakken.

## 3.2. Larven

### *Doel*

Na uitkomst uit het ei wacht de larven van de brede geelgerande waterroofkever een grote opgave. Zij moeten zich in korte tijd ontwikkelen tot de een-na-grootste waterroofkever ter wereld. In diverse deelonderzoeken is uitgezocht hoe zij dat voor elkaar krijgen. Daarbij is een andere waterroofkeversoort, de noordse geelgerande waterroofkever, ter vergelijking meegenomen in het onderzoek.

### *Methode*

De larven van de noordse geelgerande waterroofkever, die geboren waren tijdens het onderzoek aan geschikte eiafzetplekken, zijn gebruikt bij diverse experimenten. Metingen aan de larven van deze soort fungeren als referentie/vergelijkingsmateriaal voor metingen aan larven van de brede geelgerande waterroofkever.

Eieren van de brede geelgerande waterroofkever werden verkregen via Dr. Valērijs Vahruševs. Hij was bereid om met enkele collega's een partij planten met eieren te verzamelen uit de voormalige Daugavpils visvijvers (Letland) en deze op te sturen. Deze zeggengels met eieren zijn onder laboratoriumcondities in water in een aquarium geplaatst. Dit leverde 83 larven op (Foto 3.1), waaraan een groot aantal metingen is uitgevoerd.

De larven werden individueel gehouden in plastic potjes met 200 ml venwater en een stuk gaas voor houvast. De potjes werden gehouden bij een constante temperatuur van 15°C. Buiten de experimenten om werden de larven gevoerd met diverse prooien. Larven van de noordse geelgerande waterroofkever kregen vooral larven van eendagsvliegen, waterjuffers, echte libellen, watervlooien en kikkervissen. De larven de brede geelgerande waterroofkever kregen met name kokerjuffers te eten. De prooien werden verzameld uit een nabijgelegen vijver en verschillende vennen.



*Foto 3.1. Larve van de brede geelgerande waterroofkever op het moment dat deze uit het ei in de zeggestengel kruipt. Foto: G. van Dijk.*

Naast de metingen aan de in gevangenschap geboren larven, is in het Booy's veentje de verspreiding van larven op verschillende momenten in kaart gebracht en zijn metingen verricht aan de habitatkwaliteit.

Andere methodologische details zijn beschreven in de onderstaande paragrafen.

### **3.2.1. Voedsel**

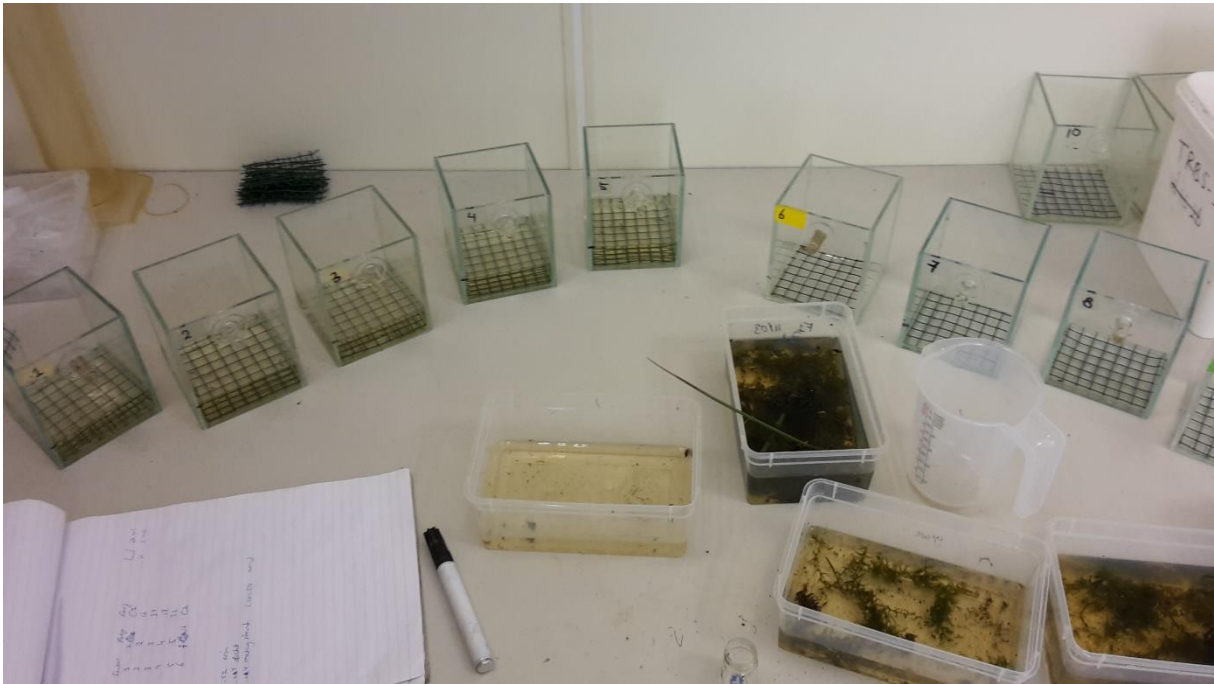
#### **3.2.1.1. Prooikeuze, vangefficiëntie en consumptietijd**

##### *Doel*

In dit experiment is onderzocht in hoeverre larven gebruik maken van de verschillende prooien die zij in het veld tot hun beschikking hebben.

## Methode

Het voedselkeuze experiment vond plaats in glazen aquaria van 90 x 90 x 110 mm, bij kamertemperatuur (20-21°C). De aquaria waren gevuld met 200 ml venwater in het geval van stadium I en II larven, en met 250 ml in het geval van stadium III larven. Op de bodem ligt een raster voor houvast (Foto 3.2). Een kwartier nadat de prooien waren toegevoegd aan het aquarium werd de larve geïntroduceerd. Deze werd direct geobserveerd.



*Foto 3.2. Experimentele opstelling voor het bepalen van het larvale voedselvoorkeur. Foto: I. Scholten.*

De larven werden op zijn minst 2.5 uur aan een stuk door geobserveerd. Dit was in sommige gevallen korter bij stadium I larven: deze werden vervangen door een nieuwe larve na het eten van een prooi, omdat ze hierna voor een aantal uur niet eten. Gedurende het observeren werden aanvallen richting een prooi en succesvolle vangsten van een prooi continu genoteerd. De tijd van het daadwerkelijk vangen van een prooi totdat de prooi weer werd losgelaten, werd gemeten. Direct na een vangst van een prooi, werd het aantal levende prooien direct aangevuld tot het oorspronkelijke aantal.

De larven van stadium I en II werden een avond van tevoren zonder eten weggezet om te verzekeren dat ze zouden eten tijdens het experiment. Omdat derde stadium larven een grote voedselbehoefte hebben, kregen deze wel te eten voorafgaand aan het experiment.

De volgende keuze-experimenten werden uitgevoerd:

Stadium I:

- 5x eendagsvliegen (*Ephemeroptera*)
- 5x watervlooien (*Diplostraca*)
- 1x grote kokerjuffer (*Limnephilidae*)

Stadium II en III:

- 5x eendagsvliegen (*Ephemeroptera*)
- 5x watervlooien (*Diplostraca*)
- 1x grote kokerjuffer (*Limnephilidae*)
- 1x echte libel (*Libellulidae*)
- 1x waterjuffer (*Coenagrionidae*)



Foto 3.3. Foerageergedrag van het laatste larvale stadium brede geelgerande waterroofkever. Foto's: Van Hoof Natuurfotografie.

Bovenstaande opzet werd gebruikt voor de larven van de noordse geelgerande waterroofkever en de brede geelgerande waterroofkever. Het voedsel experiment is voor de larven van de brede geelgerande waterroofkever uitgebreid met vijf paddenlarven (*Anura*) voor elk larvaalstadium, omdat de larven in het veld verschenen op het moment dat er in grote aantallen paddenlarven aanwezig waren. Ter vergelijking: de larven van de Noordse geelgerande waterroofkever waren iets eerder en konden niet prederen op paddenlarven.

Om vast te stellen of larven van de noordse en brede geelgerande waterroofkever onderscheid maken tussen verschillende prooien werden alle aanvallen op prooien

vastgelegd. Elke gevangen prooi werd direct vervangen zodat prooiaanbod en -dichtheid gedurende het onderzoek constant was. Voor elke meting is voor elk prooitype de procentuele consumptie berekend, als:

$$r = 100 * R_i / R_{tot} \quad (1)$$

Daarbij is  $R_i$  het aantal geconsumeerde prooien van soort  $i$  gedurende de meting en  $R_{tot}$  het totale aantal geconsumeerde. Daarnaast is de relatieve beschikbaarheid van de prooisoorten berekend om rekening te kunnen houden met de verschillen in aanbod tussen prooisoorten (zie bovenstaande opzet):

$$a = 100 * A_i / A_{tot} \quad (2)$$

Daarbij is  $A_i$  het aantal aangeboden prooien van soort  $i$  gedurende de meting en  $A_{tot}$  het totale aantal beschikbare prooien. De relatieve consumptie (1) en de relatieve beschikbaarheid zijn gecombineerd tot de zogenaamde selectiviteitsindex (Ivlev 1961):

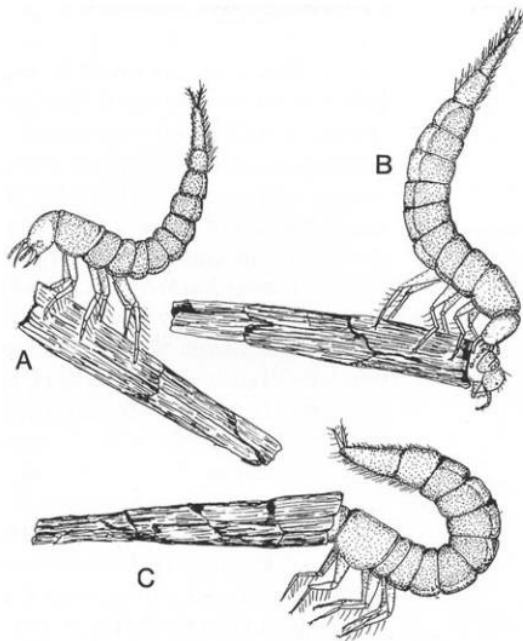
$$Selectiviteitsindex = \frac{(r-a)}{(r+a)} \quad (3)$$

Op deze wijze werd voor elke individuele larve een maat verkregen voor elke prooisoort. De selectiviteitsindex geeft een waarde tussen de -1 en 1. Waarden lager dan nul indiceren een afkeer voor een bepaalde prooi, waarden in de buurt van de nul worden aangetroffen bij prooien die genomen worden maar geen voor- of afkeur genieten en waarden boven de nul geven een voorkeur weer voor een bepaalde prooi. Om te bepalen of de keversoorten bepaalde prooisoorten verwerpen of actief selecteren, is getest of de selectiviteitsindexen significant afwijken van nul (i.e. geen voorkeur). Dit gebeurde met een binomiale test voor elke prooisoort. De Benjamini en Hochberg procedure (Benjamini en Hochberg 1995, Glickman et al. 2014) is gebruikt om bij de statistische analyses rekening te houden met het feit dat er meerdere testen zijn uitgevoerd.

Van elke prooi is ook bijgehouden hoe lang de keverlarven bezig waren met de consumptie van de prooi.

### *Resultaten en discussie*

Het voorkeursvoedsel verschilt sterk tussen beide onderzochte soorten (Figuur 3.3). De brede geelgerande waterroofkever vertoont een sterke voorkeur voor kokerjuffers. Kokerjuffers worden door de larven van de noordse geelgerande waterroofkever wel regelmatig aangevallen, maar de larven blijken niet in staat om de kokerjuffers uit de behuizing te krijgen en op te eten. Larven van de brede geelgerande waterroofkever, daarentegen, zijn zeer bedreven in het verschalken van kokerjuffers. In het eerste larvestadium posten de keverlarven op de huisjes van de kokerjuffers en wachten totdat deze verschijnen (Figuur 3.2). In het tweede stadium hebben de larven minder geduld en steken ze hun achterpoten in de kokertjes om de prooi naar buiten te pesten. Het laatste stadium kent geen geduld en gebruikt geweld om de prooien uit hun beschermende kokers te trekken (Foto 3.3).

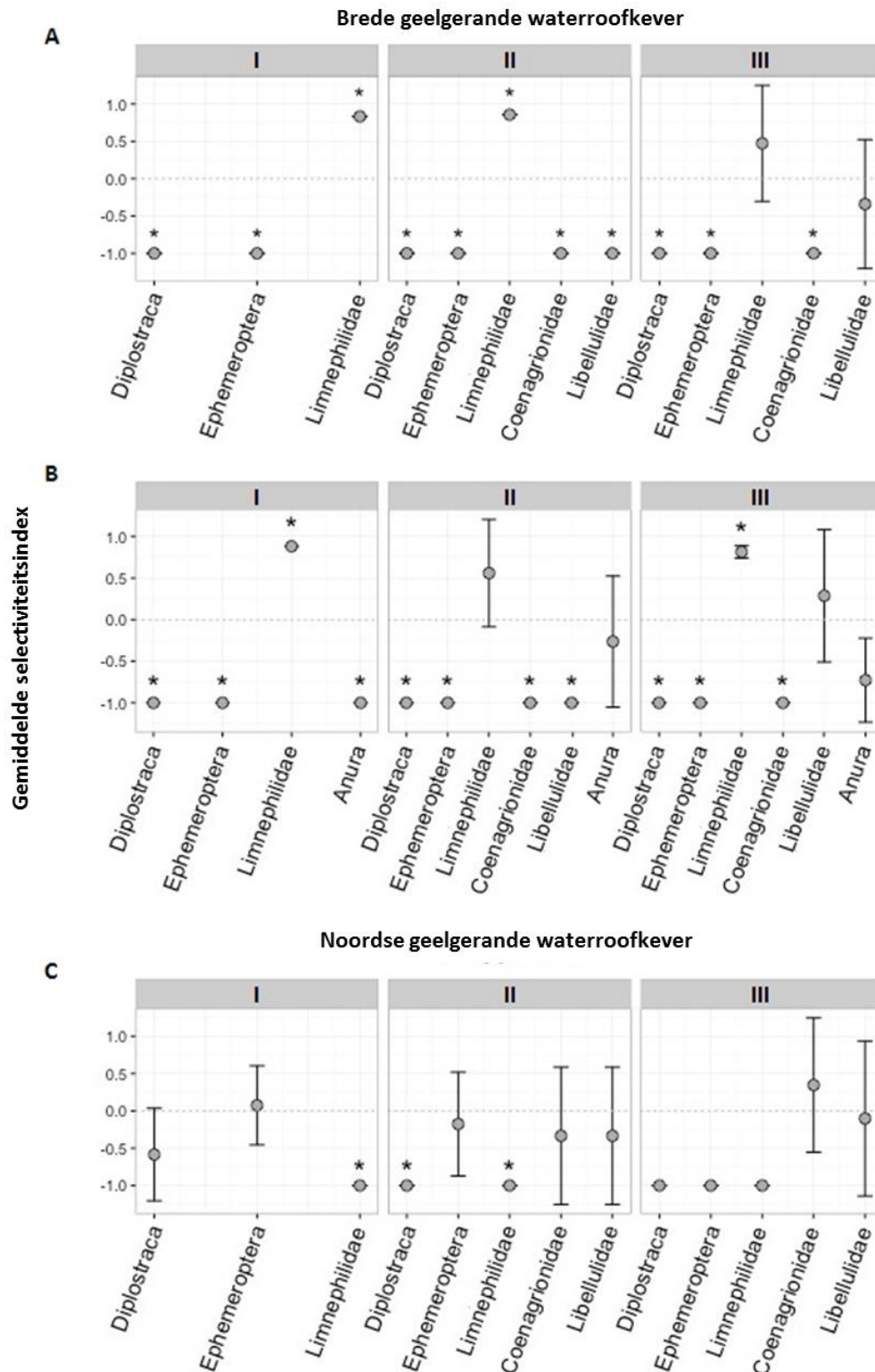


*Figuur 3.2. Foerageergedrag van eerste larvale stadium brede geelgerande waterroofkever. Uit: Johansson en Nilsson (1992).*

Meer dan 50% van de aanvallen op kokerjuffers zijn succesvol (Larvaal stadium I:  $68,03\% \pm 40,17$ ,  $n=33$ ; stadium II:  $57,94\% \pm 37,69$ ,  $n=13$ ; stadium III:  $7,09\% \pm 24,25$ ,  $n=14$ ; gemiddelde  $\pm$  SD). Het eerste larvale stadium van de brede geelgerande waterroofkever eet uitsluitend kokerjufferlarven. Dat is best dapper, aangezien in het experiment ook diverse eerste stadium keverlarven ten prooi vielen aan de meestal net zo grote of soms zelfs grotere kokerjuffers. Het tweede larvale stadium eet ook het liefste kokerjuffers, maar wil ook nog wel een paddenlarf pakken. In het derde en laatste stadium worden naast kokerjuffers en paddenlarven ook grote libellenlarven (viervlek en oeverlibel) door de keverlarven gegeten. De keverlarven nemen ruim de tijd (gemiddeld bijna 3 uur) om de libellenlarven te consumeren (Tabel 3.1). Daarentegen wordt aan de paddenlarven zo weinig tijd besteed (gemiddeld ongeveer 5 minuten) dat het twijfelachtig is of deze prooi ook daadwerkelijk een belangrijk onderdeel is van het dieet. Ter vergelijking, consumptie van een kokerjufferlarve kost ca. 24 minuten. De larven van de brede geelgerande waterroofkever bleken in het derde stadium ook in staat om poppen van kokerjuffers te herkennen en consumeren. Dat was opmerkelijk aangezien voorheen werd aangenomen dat ze uitsluitend bewegende prooien namen (paragraaf 2.2.2.).

De larven van de brede geelgerande waterroofkever zijn dus sterk gespecialiseerd op het eten van kokerjuffers. Voordeel daarvan is dat ze geen concurrentie ondervinden van andere keversoorten, aangezien deze de goed-beschermd kokerjufferlarven niet uit het huisje krijgen. Het is niet waarschijnlijk dat ze veel voedselconcurrentie ondervinden van andere aquatische ongewervelden, aangezien de meeste (met uitzondering van larven van echte libellen) te klein zijn om de grote kokerjuffersoorten

te pakken. In de volgende paragrafen wordt verder ingegaan op de afhankelijkheid van de brede geelgerande waterroofkever van kokerjuffers.



*Figuur 3.3. Voedselvoorkeur van verschillende larvale stadia (I, II en III) brede en noordse geelgerande waterroofkever. Waarden onder de nul geven afwijking aan en waarden boven de nul een voorkeur.*



Tabel 3.1. Consumptietijd (in minuten) van verschillende prooien door larven van de brede en noordse geelgerande waterroofkever.

	Noordse geelgerande waterroofkever			Brede geelgerande waterroofkever		
	I	II	III	I	II	III
Kreeftachtigen	1,3 ± 1,1					
Haften	67,6 ± 9	25,5 ± 5				
Waterjuffers		57 ± 6,9	45,5 ± 12,1			
Kokerjuffers			3,5 ± 0	56,9 ± 3,2	31,4 ± 1,4	19,2 ± 1
Paddenlarven					4,9 ± 2,4	5,7 ± 0,2
Echte libellen		94,2 ± 0	115,5 ± 9,9			172 ± 16,2

### 3.2.1.2. Schatting van hoeveelheid benodigde prooien

#### Doel

Uit het voorgaande experiment is gebleken dat kokerjuffers een belangrijke voedselbron vormen voor de larven van de brede geelgerande waterroofkever. Om een beeld te krijgen van de hoeveelheid kokerjuffers die nodig is voor de volledige ontwikkeling van een larve tot volwassen kever hebben we met een eenvoudig experiment de dagelijkse voedselbehoefte van de larven vastgesteld.

#### Methode

In het geval van stadium I en II larven, werd het experiment uitgevoerd in plastic potjes gevuld met 200 ml venwater met ieder 4 kokerjuffers. In het geval van stadium III larven werd het experiment uitgevoerd in plastic bakjes van 165 x 100 x 75 mm gevuld met 500 ml venwater met ieder 12 kokerjuffers. Nadat iedere larve was toegevoegd aan één van bakjes, werden de bakjes van de stadium I en II larven voor 24 uur weggezet en die van de stadium III larven voor 12 uur, waarna het aantal levende prooien werd geteld. Het aantal levende prooien van stadium II werd op twee extra momenten gedurende de 24 uur geteld, waarna het prooienaantal direct werd aangevuld tot 4. Zodoende hadden de larven altijd toegang tot voldoende voedsel. Het experiment werd uitgevoerd bij 15°C.

#### Resultaten en discussie

Zoals verwacht mag worden neemt de dagelijkse behoefte van kokerjuffers toe naar mate de keverlarven groter worden (Tabel 3.2). Aangezien we in de volgende paragraaf ook de duur van de larvale ontwikkeling hebben bepaald (Figuur 3.4), kunnen we een schatting maken van het totale aantal kokerjuffers dat nodig is voor het voltooien van de larvale cyclus. Een larve van de brede geelgerande waterroofkever heeft ongeveer 195

kokerjufferlarven nodig om volwassen te worden. Dit moet dan ook nog kokerjuffers van de families *Limnephilidae* of *Phryganeidae* zijn, wat een groep van grote soorten is.

Tabel 3.2. Dagelijkse consumptie van kokerjufferlarven door larven van verschillende stadia van de brede geelgerande waterroofkever.

	Gemiddelde	SD	N
Stadium I	0,92	0,59	20
Stadium II	5,11	1,7	11
Stadium III	8,62	3,25	6

### 3.2.1.3. Ontwikkeling van larven i.r.t. voedselbeschikbaarheid

#### Doel

Metingen aan volwassen kevers laten zien dat de brede geelgerande waterroofkever ongeveer vier keer zo zwaar is als een nauwverwante soort als de noordse geelgerande waterroofkever. De grote uiteindelijke omvang van de kever zou een belemmering kunnen zijn voor de larvale ontwikkelingsduur, bijvoorbeeld doordat deze erg lang wordt. Om daar meer inzicht in te krijgen is de duur van de larvale ontwikkeling voor zowel de brede als de noordse geelgerande waterroofkever gemeten.

#### Methode

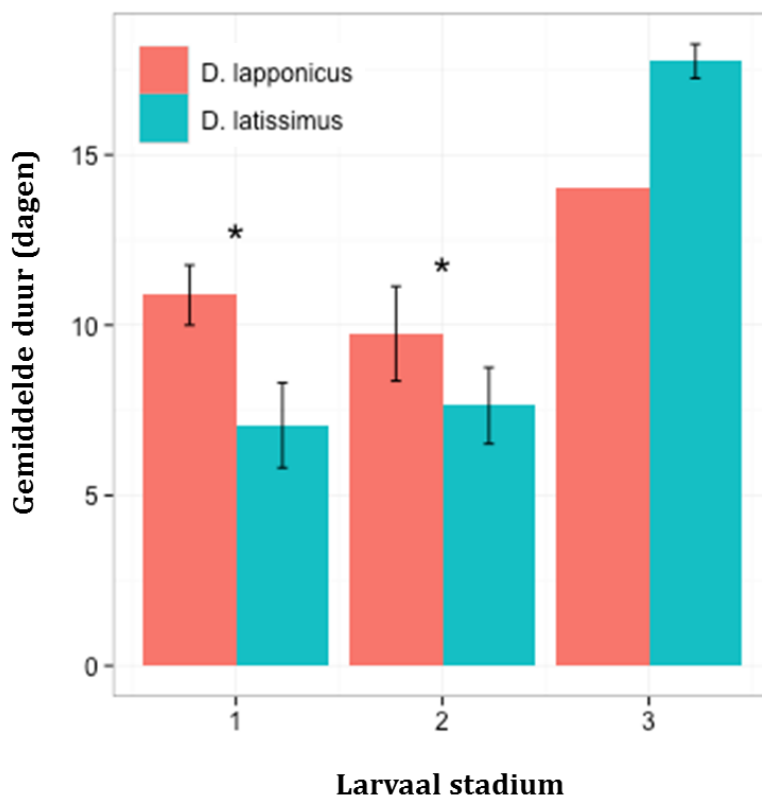
De keverlarven van beide soorten, die in de laboratoriumpopulatie werden gehouden, werden gehouden in plastic containers van 70x70x95 mm met 200 ml of water van de vangstlocatie. De larven stonden bij een constante temperatuur van 15 °C. Een stukje met plastic gecoate draadgaas werd aangebracht als houvast voor de larven. Larven van de noordse geelgerande waterroofkever kregen “all you can eat” haftenlarven, waterjufferlarven, libellenlarven, watervlooien en paddenlarven. Larven van de brede geelgerande waterroofkever kregen ruim voldoende *Limnephilidae* kokerjufferlarven. In het laatste stadium werden ook larven van echte libellen en paddenlarven aangeboden. Vijftien eerste stadium larven werden op een dieet gezet zonder kokerjuffers en kregen hetzelfde voedsel aangeboden als larven van de noordse geelgerande waterroofkever.

Voor elke larve werd bijgehouden hoe lang de elk larvaal stadium duurde. Ook werd bijna dagelijks (m.u.v. de weekenden) de lengte van de larven gemeten.

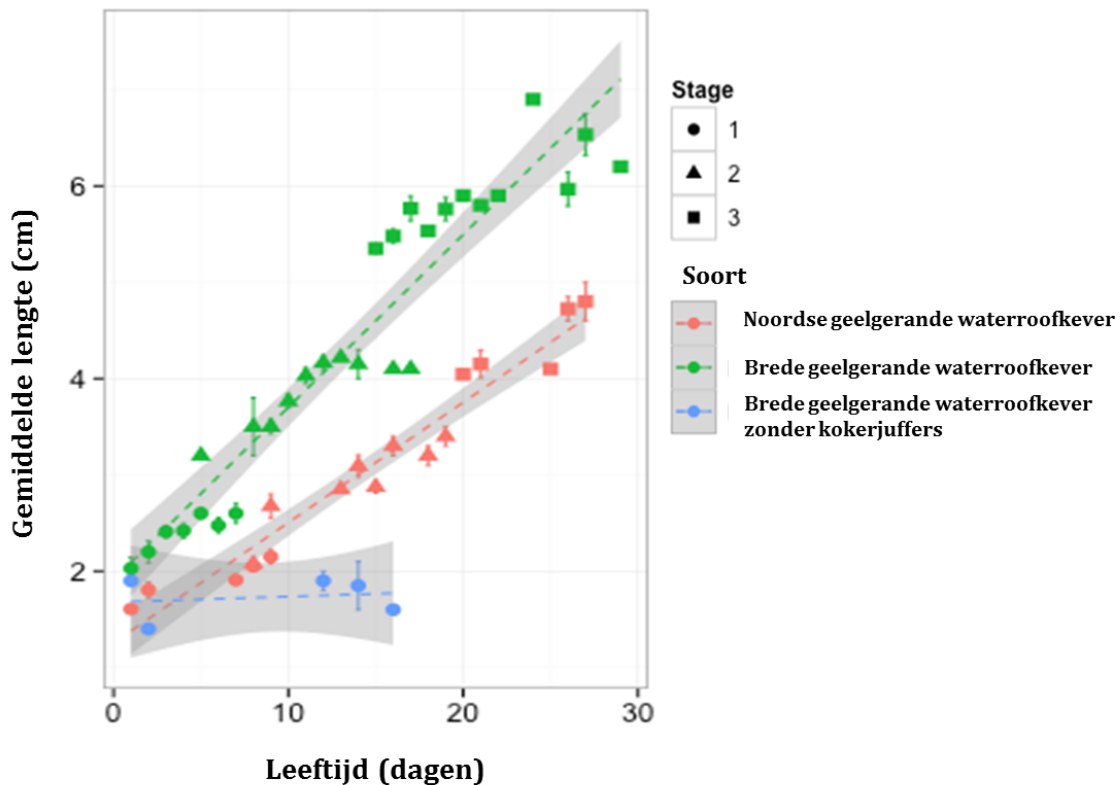
Verschillen in ontwikkelingsduur tussen de twee soorten werden getest met Mann-Whitney U-tests. Een lineair regressiemodel werd gebruikt om verschillen in groei aan te tonen.

## Resultaten en discussie

Opmerkelijk is dat de larven van de brede geelgerande waterroofkever de eerste twee larvale stadia sneller doorlopen dan de larven van de verwante kleinere noordse geelgerande waterroofkever (Figuur 3.4). Niet alleen ontwikkelen de larven zich sneller, ze groeien in die kortere periode ook nog eens harder en nemen meer in lengte toe dan de Noordse geelgerande waterroofkever (Figuur 3.5). Vermoedelijk speelt de voedselspecialisatie op kokerjufferlarven daarbij een belangrijke rol. Door grote prooien te selecteren, die niet door potentiële concurrenten worden genuttigd, kunnen de larven de brede geelgerande waterroofkever een bijzonder snelle ontwikkeling doormaken. De keerzijde van deze specialisatie is dat, als er geen kokerjufferlarven beschikbaar zijn, de larven niet kunnen switchen naar een andere prooi. Hierdoor groeien de larven niet en zijn ze niet in staat om een volgend larvale stadium te bereiken (Figuur 3.5) en overlijden. Doordat de brede geelgerande waterroofkever afhankelijk is van de beschikbaarheid van grote aantallen kokerjufferlarven zullen de meeste wateren in Nederland ongeschikt zijn voor deze soort.



Figuur 3.4. Ontwikkelingssnelheid van verschillende larvale stadia (I, II en III) brede en noordse geelgerande waterroofkever. \* geeft een significant verschil tussen beide soorten weer.



Figuur 3.5. Groeisnelheid van verschillende larvale stadia (Stage 1, 2 en 3) van de brede en noordse geelgerande waterroofkever.

### 3.2.2. Metabolisme

#### Doel

Gevoeligheid voor klimaatopwarming is mogelijk een oorzaak voor de achteruitgang van de brede geelgerande waterroofkever. Indien de larven van de soort gevoelig zijn voor opwarming, dan zullen zij waarschijnlijk heftiger reageren op een temperatuurstijging dan een nauwverwante soort die minder schaars is. Daarom zijn er metingen uitgevoerd aan het larvale metabolisme bij verschillende temperaturen. Daarnaast geven de metabolismemetingen ook inzicht in een mogelijk mechanisme achter de proportioneel snelle groei van de larven van de brede geelgerande waterroofkever.

#### Methode

Zuurstofconsumptie is gemeten voor larvale stadia I, II en III van de brede geelgerande waterroofkever en voor stadia II en III van de noordse geelgerande waterroofkever. Twaalf larven van de noordse geelgerande waterroofkever en 35 larven van de brede geelgerande waterroofkever zijn gebruikt bij de zuurstofmetingen. Dit gebeurde bij temperaturen van 10, 15 en 20°C. Aangezien de larven zuurstof uit zowel lucht als water op kunnen nemen, zijn beide gemeten. De metingen vonden plaats in gesloten glazen

kamers van 19,4 ml (larvale stadia I en II) en 101,0 ml (stadium III). De kamers werden gevuld met Dutch Standard Water (DSW) (NNI 1980). In de kamer was een stukje fijn nylon gaas aanwezig, wat de larven houvast bood. Om de compartimenten op de juiste temperatuur te houden werden ze volledig ondergedompeld in een temperatuur-gecontroleerd waterbad. Nadat een larve in de kamer was gebracht, werd er een luchtbel ingebracht: 2,5 ml (stadium I), 3,0 ml (stadium II), 15,0 ml (stadium III; brede geelgerande waterroofkever) of 10,0 ml (stadium III; noordse geelgerande waterroofkever). De ingebrachte lucht was vooraf met vochtverzadigd en op de juiste temperatuur gebracht. Na een gewenningsperiode van 10 minuten werd de kamer afgesloten en kreeg de larve 60 minuten rust alvorens de daadwerkelijke metingen werden gestart.

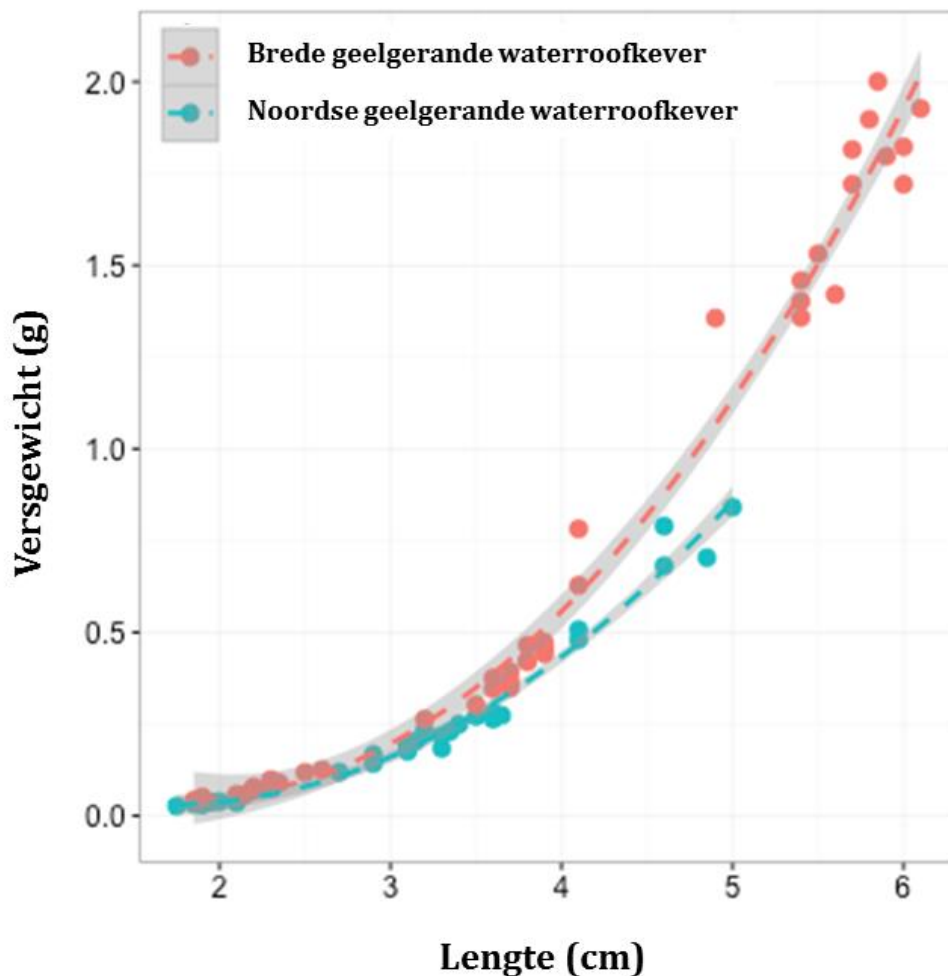
Elke 15 seconden werd de zuurstofspanning gemeten. Dat gebeurde optisch met een mini sensor spots, die verbonden was met een OXY-10 mini zuurstofmeter (PreSens instruments, Regensburg, Germany). De sensor spot zat in de top van de kamer, daar waar de luchtbel zich bevond. Regelmatig werd het compartiment voorzichtig gekanteld waardoor de zuurstof sensor in contact kwam met het water zodat de zuurstofdruk in de vloeistof gemeten kon worden. Dit gebeurde bij het eerste larvale stadium elk half uur en bij de andere stadium aan de start en het einde van elk experiment.

De zuurstofverbruikmetingen bij 10, 15 en 20°C werden achter elkaar verricht. In de nacht voorafgaande de metingen werden de larven nuchter gehouden bij een temperatuur van 10°C. Na elke meting werden de compartimenten geopend, waardoor de zuurstofspanning in het water zich kon herstellen en de temperatuur geleidelijk met 5°C verhoogd werd voor het volgende experiment. Een kwartier na het bereiken van de juiste temperatuur werd de experimentele kamer gesloten en een kwartier met rust gelaten voor de start van een nieuwe meting. De metingen duurden gemiddeld 97 minuten (min. 41 – max. 164), afhankelijk van de snelheid van zuurstofconsumptie.

Voor elke individuele larve werd de snelheid van zuurstofconsumptie bepaald met een lineaire regressieanalyse. Zuurstofconsumptie werd uitgedrukt als  $\mu\text{mol O}_2$  per gram vers gewicht per uur. Om niet van elke larve het versgewicht te hoeven te meten, is met een aantal metingen het verband tussen lengte en versgewicht vastgesteld. De relatie tussen beide parameters maakte het mogelijk om het versgewicht te berekenen aan de hand van een eenvoudige lengtemeting (Figuur 3.6). Zuurstofverbruik is gecorrigeerd voor diffusie van het water naar de luchtbel op basis van de verschillen in partiele zuurstofdruk tussen beide compartimenten, gebruikmakend van de empirisch vastgestelde relatie voor diffusie flux (zie Verberk en Bilton (2015)). Daarnaast was zuurstofverbruik gecorrigeerd voor het achtergrondverbruik, dat werd bepaald met een blanco meting. Beide effecten (diffusie en achtergrondverbruik) waren klein.

Een lineaire regressieanalyse is gebruikt om te bepalen of er een verschil was tussen het zuurstofverbruik van de brede en de noordse geelgerande waterroofkever en hoe beide soorten reageerden op variatie in temperatuur. Het initiële model bevatte zowel larvaal stadium als gewicht. Omdat beide parameters sterk correleerden, werd het larvale

stadium weggelaten uit het model. Verder werd een lineaire regressieanalyse uitgevoerd om de relatie te onderzoeken tussen ratio zuurstofopname uit water en lucht, beide soorten, lengte en temperatuur.



*Figuur 3.6. Relatie tussen lengte en versgewicht van de brede ( $y=0.108 x^2 - 0.397 x + 0.413$ ;  $F_{2,39}= 1143$ ;  $p<0.001$ ;  $R^2=0.982$ ) en noordse geelgerande waterroofkever ( $y=0.0754 x^2 - 0.254 x + 0.245$ ;  $F_{2,28}= 685$ ;  $p<0.001$ ;  $R^2=0.979$ ).*

### *Resultaten en discussie*

In zowel de brede geelgerande waterroofkever als de noordse geelgerande waterroofkever nam het totale zuurstofverbruik toe bij toenemend gewicht en stijgende temperatuur (Tabel 3.3, Figuur 3.7). De snelheid van deze toename (i.e. steilheid van de regressielijnen) verschilde niet tussen beide soorten. Dat wil zeggen dat de brede geelgerande waterroofkever fysiologisch gezien niet gevoeliger lijkt te zijn voor temperatuursverhoging dan de algemenere noordse geelgerande waterroofkever.

Larven van de brede geelgerande waterroofkever hadden een grotere zuurstofopname dan de larven van de noordse geelgerande waterroofkever, die niet werd veroorzaakt

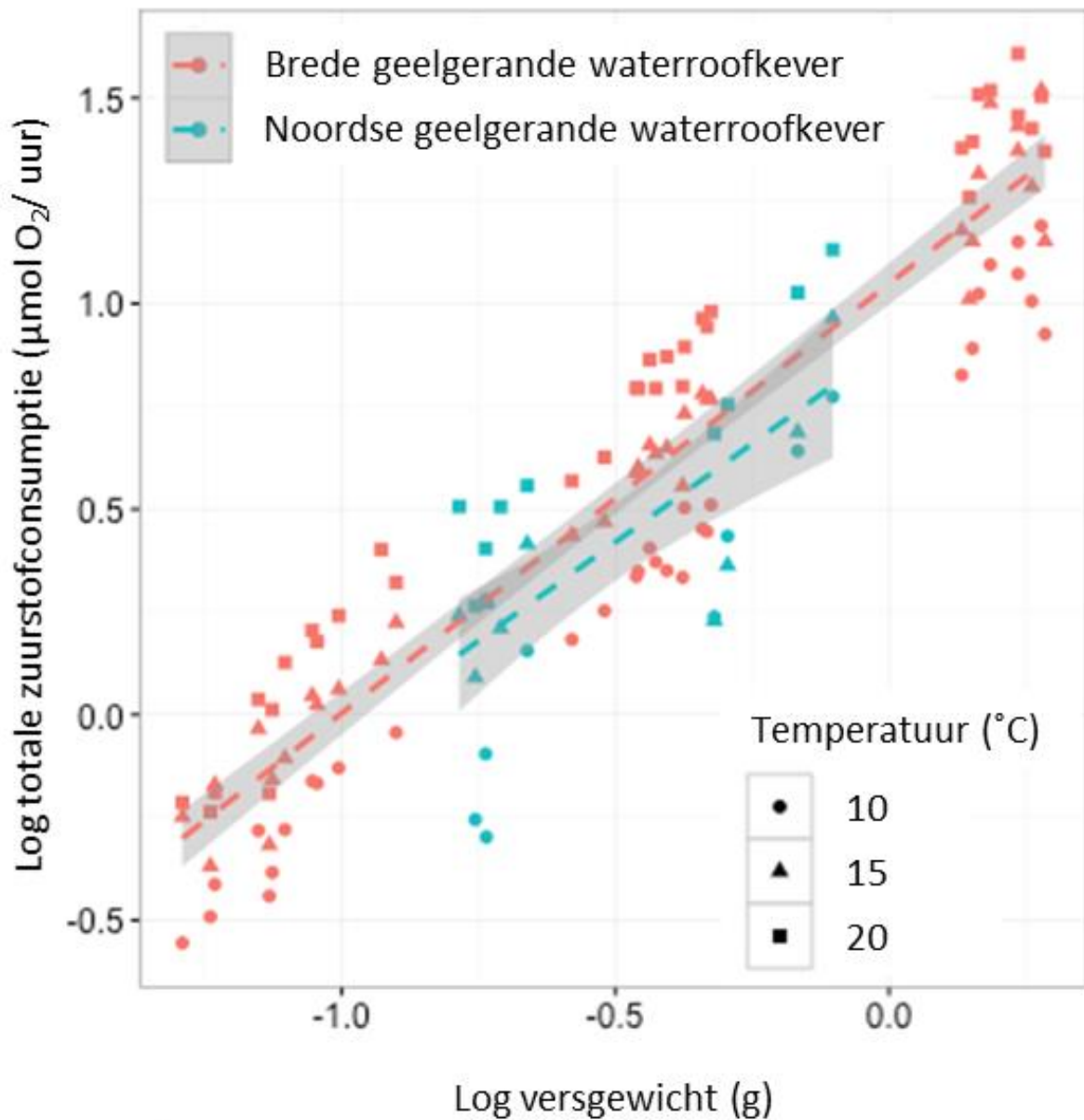
door een groter gewicht. De larven van de brede geelgerande waterroofkever hebben dus een sneller metabolisme dan de nauwverwante soort.

*Tabel 3.3. Resultaten van de lineaire regressieanalyse op het totale zuurstofverbruik en de ratio tussen lucht- en waterademhaling bij larven van de brede en de noordse geelgerande waterroofkever.*

Coefficiënten	Response					
	Log totale zuurstofconsumptie			Ratio water : lucht		
	Betrouwbaar-			Betrouwbaar-		
	Estimate	heidsinterval	p-waarde	Estimate	heidsinterval	p-waarde
Intercept	0,21	0,04 - 0,38	<b>0,018</b>	0,24	0,19 - 0,29	<b>&lt;0,001</b>
Log versgewicht	1,02	0,86 - 1,17	<b>&lt;0,001</b>	0,09	0,02 - 0,16	<b>0,014</b>
Soort	0,22	0,03 - 0,42	<b>0,023</b>	-0,08	-0,13 - -0,04	<b>&lt;0,001</b>
Temperatuur	0,05	0,04 - 0,06	<b>&lt;0,001</b>	-0,00	-0,00 - 0,00	0,515
Log versgewicht * Soort	0,03	-0,13 - 0,19	0,751	-0,15	-0,22 - -0,08	<b>&lt;0,001</b>
Temperatuur * Soort	-0,01	-0,02 - 0,01	0,286			
Observaties	128			128		
R <sup>2</sup> / gecorrigeerde R <sup>2</sup>	0,963 / 0,962			0,330 / 0,308		
F-statistiek	639,001***			15,129***		

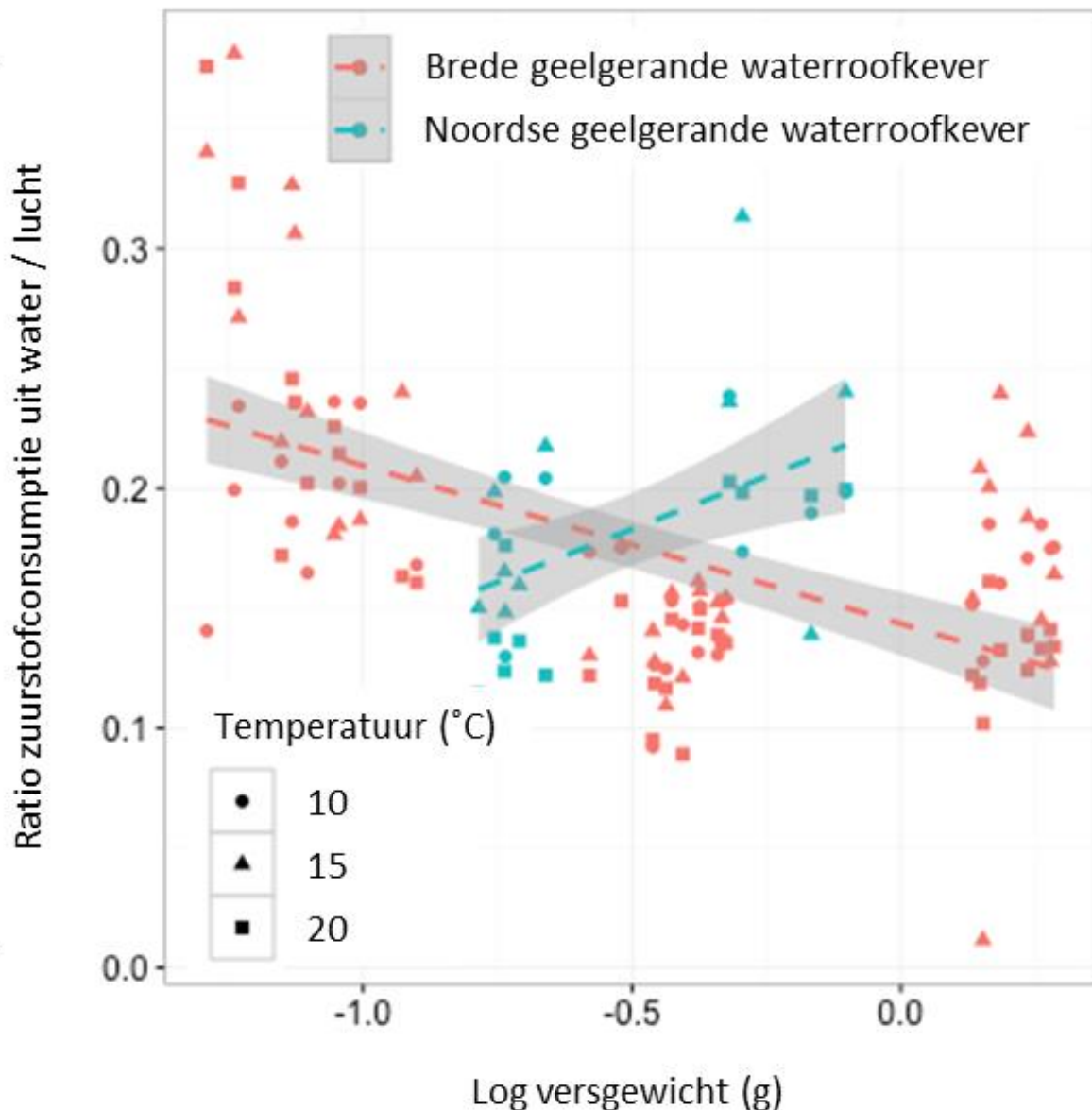
De grote metabolische behoeften van de brede geelgerande waterroofkever blijken ook uit de verhouding van water- en luchtademhaling. Beide keversoorten gebruikten meer zuurstof uit de lucht dan uit het water (Figuur 3.8). Echter larven van de brede geelgerande waterroofkever schakelen naarmate ze groter worden meer over op luchtademhaling, terwijl de noordse geelgerande waterroofkever dat niet doet en zelfs meer zuurstof uit het water gaat halen. En toenemend gebruik van luchtademhaling wordt ook waargenomen in waterwantsen bij toenemende temperatuur (Verberk en Bilton 2015) en in waterslakken bij afnemende zuurstofbeschikbaarheid (Jones 1961). De toenemende luchtademhaling bij de brede geelgerande waterroofkever is daarmee een duidelijke indicatie dat de metabolische behoeften van de groeiende larven sterk toenemen.

Het relatief hoge metabolisme van de larven van de brede geelgerande waterroofkever stelt de soort in staat in korte tijd een snellere ontwikkeling en groei te realiseren dan kleinere nauwverwante soorten.



*Figuur 3.7. Totaal zuurstofverbruik bij drie temperaturen als functie van het versgewicht van de keverlarven. Stippellijnen geven de lineaire regressielijnen weer. Het 95% betrouwbaarheidsinterval is weergegeven door de grijze zone.*





*Figuur 3.8. Verhouding tussen water- en luchtademhaling bij drie temperaturen als functie van het versgewicht van de keverlarven. Stippellijnen geven de lineaire regressielijnen weer. Het 95% betrouwbaarheidsinterval is weergegeven door de grijze zone.*

### 3.2.3. Larvale ontwikkeling in het Booy's veentje in relatie tot habitat

#### *Doel*

Om een beter begrip te krijgen van de habitateisen de larven van de brede geelgerande waterroofkever stellen aan hun habitat is hun ruimtelijke verspreiding gedurende het groeiseizoen van de larven in beeld gebracht. Daarnaast is een de structuur van de habitat beschreven evenals de prooibeschikbaarheid in ruimte en tijd.

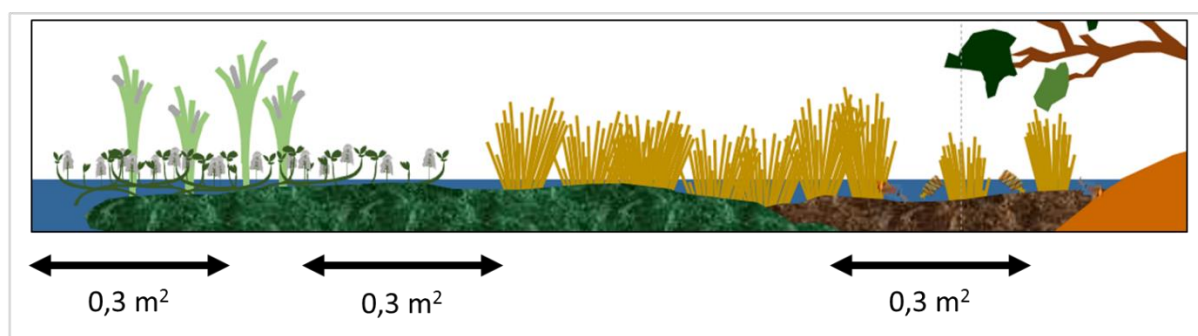
## Methode

De habitatstructuur is vastgelegd op een luchtfoto, gemaakt door het team van Vara's Vroege Vogels. Hierop zijn de dominante vegetatietypen te onderscheiden. Deze zijn in het veld geverifieerd. Bij de beschrijving van de oeverbegroeiing zijn we niet uitpuittend te werk gegaan om alle details in beeld te brengen, aangezien het onderzoek toch betrekking heeft op een insect met een aquatische leefwijze.

Beschikbaarheid van prooien (macrofauna) is van april tot en met november elke drie weken vastgelegd op een tweetal transecten aan de N en Z-zijde van het ven (witte lijnen in figuur 3.10). De transecten stonden haaks op de oever en bevatten elk drie meetpunten (Figuur 3.9). Het eerste punt op het transect lag dicht tegen de oever vaak onder overhangende takken van bomen, het tweede punt lag verder van de oever in de zone waar snavelzegge groeide en het laatste punt lag vlak bij het open water in de zone met waterdrieblad (tabel 3.4).

Tabel 3.4. Beschrijving van de monsterlocaties van watermacrofauna.

		Afstand tot open water (m)	Bedecking (%)						
			Open water	Blad-materiaal	Pitrus	Pijpenstrootje	Veenmos	Snavelzegge	Waterdrieblad
Zuid	A	0 - 2,3	15	65	5 - 12,5	5 - 12,5	0	0	0
	B	7,3 - 11,8	80	2	0	< 5	< 5	5 - 12,5	0
	C	11,8 - 15,6	90	0	0	0	0	< 5	25 - 50
Noord	A	0 - 1	95	90	< 5	< 5	0	0	0
	B	1 - 4,5	60	5	5 - 12,5	0	0	5 - 12,5	50 - 75
	C	4,5 - 8,5	90	1	0	0	0	< 5	50 - 75



Figuur 3.9. Opzet van bemonstering van watermacrofauna langs een transect van water tot oever.

Macrofaunamonsters werden verzameld met een standaard macrofaunanet (D-frame 0,3 x 0,3 m, maaswijdte 1 mm). Op elke locatie werd een oppervlakte van 0,3 m<sup>2</sup> bemonsterd. De monsters werden meegenomen naar het lab waar ze werden uitgezocht. De verzamelde dieren werden gedetermineerd tot ordeniveau en geteld.

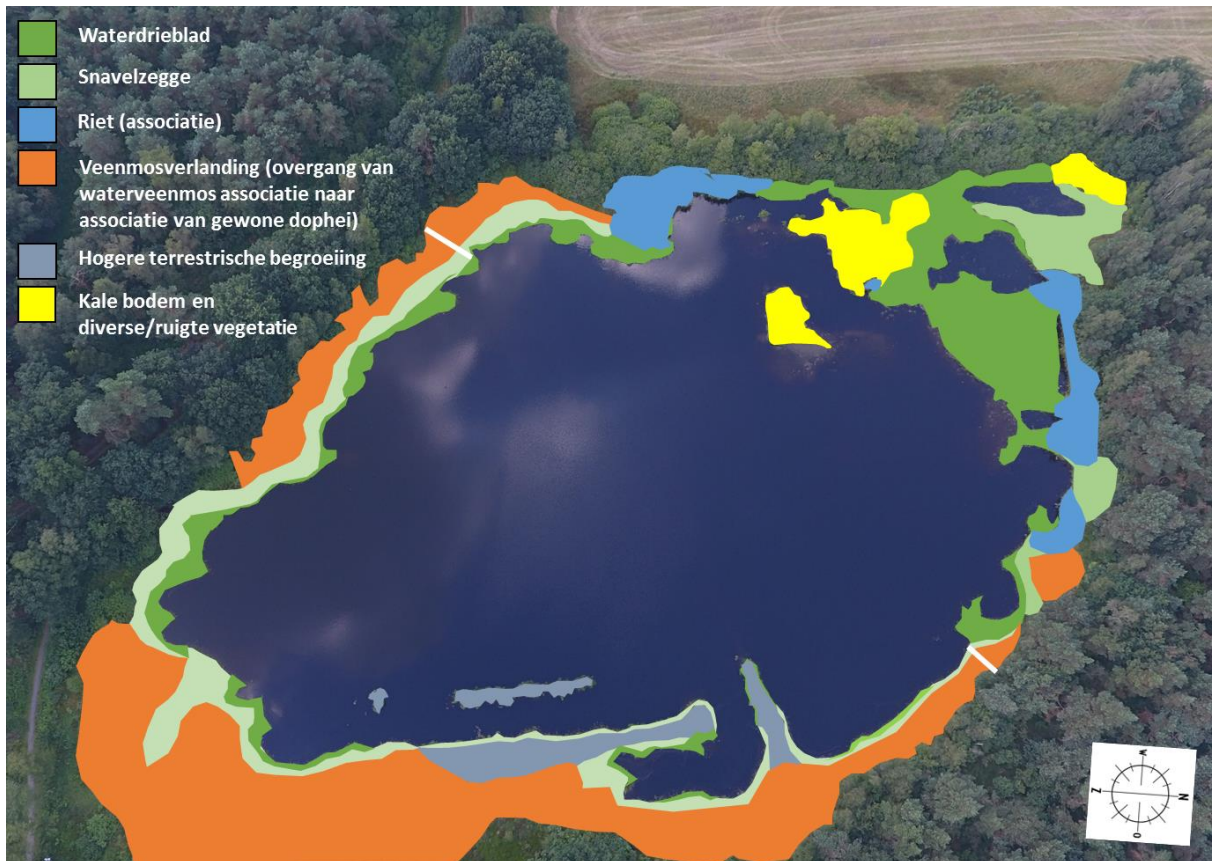
Uitzondering waren de kokerjuffers die zijn tot op soortniveau gedetermineerd. Sommige monsters bevatten heel veel materiaal. Deze monsters zijn slechts deels uitgezocht en hiervan is een schatting gemaakt van de dichtheden van ongewervelden.

Ruimtelijke verspreiding van larven van de brede geelgerande waterroofkever is in beeld gebracht op 28 april, 2, 9, 23 en 26 mei en 6 juni. Deze werden gezocht door met een appelmoeszeef door de verlandingsvegetaties te scheppen. De larven werden in het veld herkend. Het larvale stadium werd genoteerd en de larven werden losgelaten. Op basis van deze waarnemingen kon de fenologie in het veld worden gereconstrueerd.

## *Resultaten en discussie*

### Beschrijving habitat – begroeiing

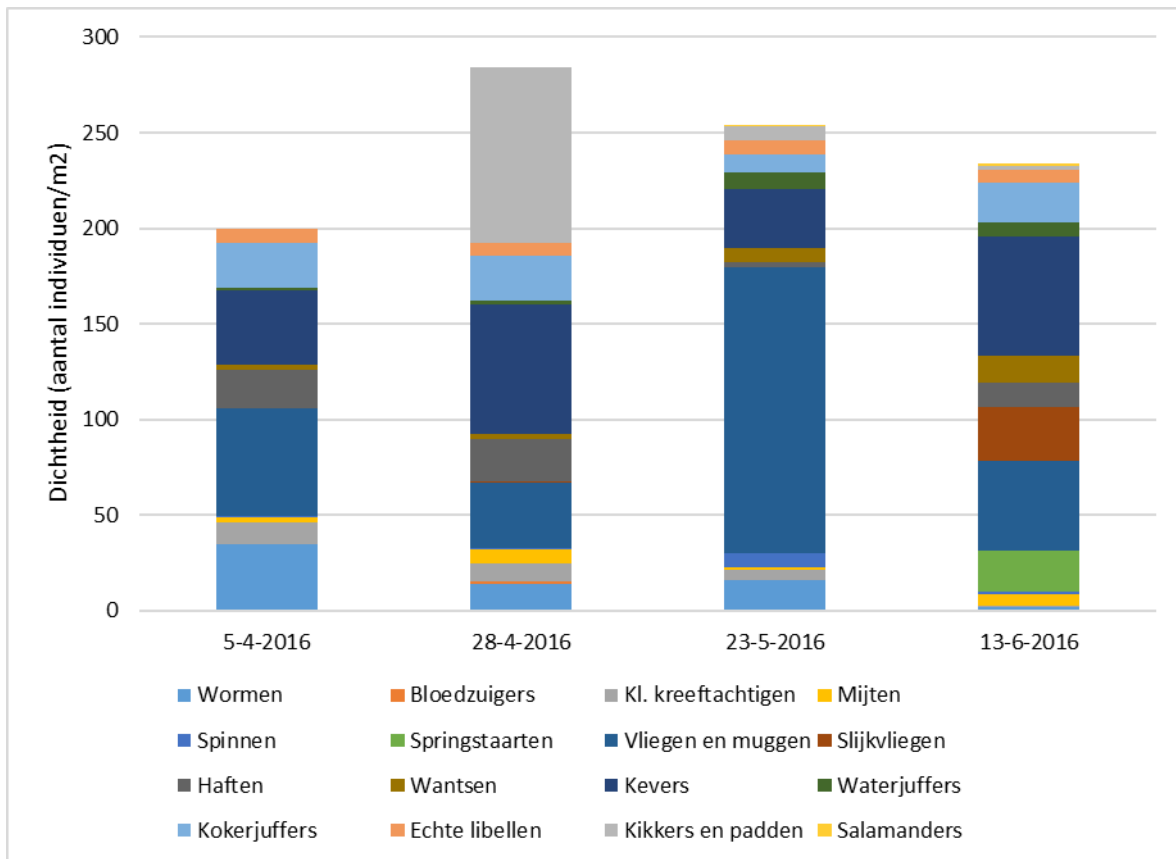
Het Booy's veen kent een bijzondere vegetatie, die niet vaak in vennen en veentjes wordt aangetroffen. Meest kenmerkend is het voorkomen van waterdrieblad, dat aan alle zijden van het ven aan de overgang van land naar water vormt. Aan de oeverzijde wordt het waterdrieblad op de meeste plekken begrensd door een gordel van snavelzegge (Foto 3.3). Over het algemeen bevat het veentje planten van zowel zeer zwak gebufferde milieus tot planten van een zuur milieu. Soorten die het zwak gebufferde milieu karakteriseren zijn onder andere waterdrieblad, klein blaasjeskruid (*Utricularia minor*), wateraardbei en drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*). De door waterdrieblad gedomineerde zone wordt vanaf open water richting de oever langzaam oevergenomen door veldjes snavelzegge. Vanaf deze veldjes richting de oevers neemt de successie van verlanding en verzuring toe, soorten als veenmossen (*Sphagnum spec.*), pijpenstrootje, veenpluis (*Eriophorum angustifolium*) en lokaal draadzegge (*Carex lasiocarpa*) zijn abundant of zelf dominant aanwezig in deze zone. Op sommige oeverzones zijn veenmossen dominant en is sprake van beginnende hoogveenvorming met soorten als gewone dopheide (*Erica tetralix*), en lavendelheide (*Andromeda polifolia*). De waterdriebladbegroeiing is het meest uitbundig aan de NW-zijde. Hier zijn ook door riet (*Phragmites australis*) gedomineerde veldjes aanwezig. Langs een deel van de oevers is overhangend struweel aanwezig (associatie van geoorde wilg). Langs veel van de oevers vindt op de drogere delen vergrassing met Pijpenstrootje plaats en hier en daar komt op de nattere en vermoedelijk voedselrijkere plekken ook pitrus op. Het veentje wordt omringd door bos wat uit een gemengd loof- en naaldbos bestaat, waarbij loofbomen de overhand hebben.



*Figuur 3.10. Beschrijving van de begroeiing van het Booy's veentje. Witte lijnen geven de ligging van de transecten aan waarlangs macrofauna is bemonsterd.*



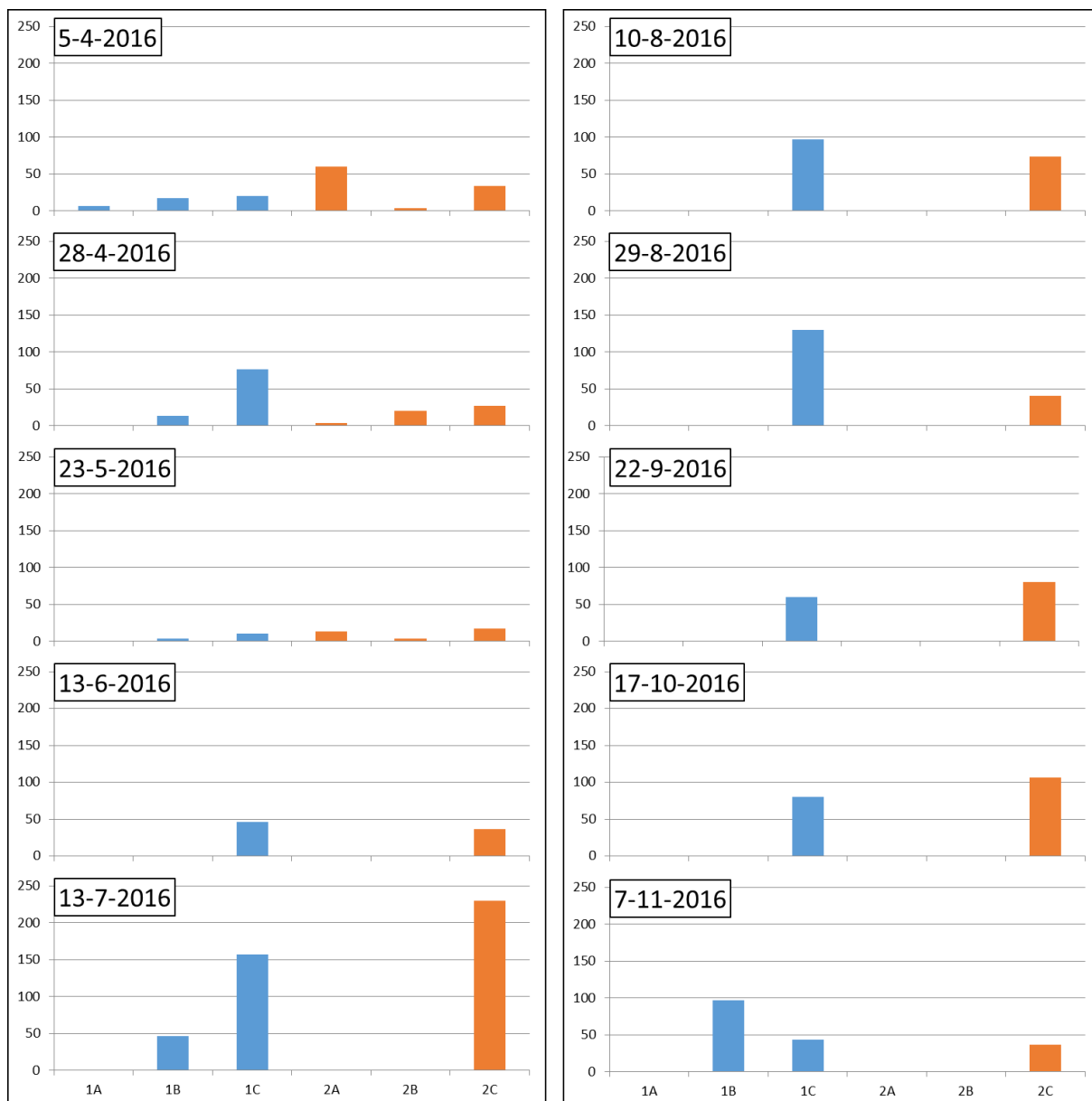
*Foto 3.3. Kenmerkende oeverbegroeiing van het Booy's veentje. Van oever naar water domineren achtereenvolgens loofbomen, veenmossen met pijpenstrootje en pitrus, snavelzegge en tenslotte waterdrieblad. Deze foto is genomen aan de NO-zijde van het ven richting Z. Foto: J. Brouwer.*



Figuur 3.11. Ontwikkeling van prooibeschikbaarheid gedurende het larvale groeiseizoen.

### Beschrijving habitat – prooiaanbod

Zoals gebruikelijk in vennen, waren vliegen en muggen de meest talrijke prooigroep langs de oevers van het Booy's veentje (Figuur 3.11). Dit zijn veelal kleine organismen, die weinig voedingswaarde hebben voor predatoren. Ook kevers en paddenlarven waren relatief talrijk. Deze laatste groep had een piek aan het eind van april. Kokerjuffers stonden op de vierde plek in de ranglijst. Met gemiddeld 19 individuen per m<sup>2</sup> gedurende het groeiseizoen van de keverlarven waren de dichtheden kokerjuffers behoorlijk hoog. Meestal zijn de dichtheden in vennen lager.



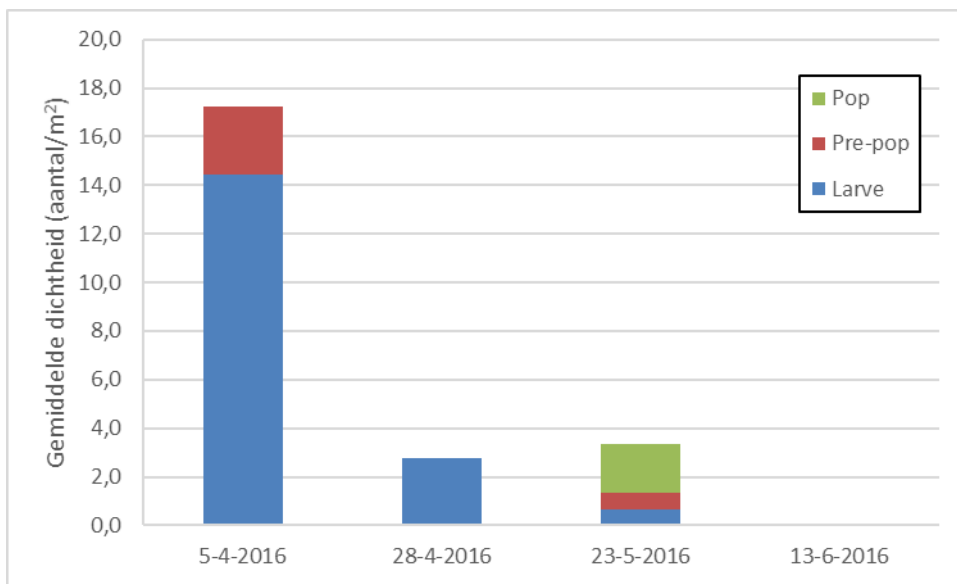
Figuur 3.12. Ontwikkeling van kokerjufferdichtheden langs transecten in het Booy's veentje.

Direct na de winter worden lokaal langs de oever van het Booy's veentje kokerjufferdichtheden aangetroffen van wel 60 dieren per m<sup>2</sup> (Figuur 3.12). Binnen iets meer dan een maand zijn de aantallen al sterk afgenomen. In mei sluipen veel van de kokerjuffersoorten vermoedelijk uit (Figuur 3.12) en planten ze zich voort. Dat leidt tot een kokerjufferpiek in juli met dichtheden die oplopen tot 230 larven per m<sup>2</sup>. In de maanden daarna stabiliseert de kokerjufferdichtheid zich tussen de 50 en 100 dieren/m<sup>2</sup>.

Toen in de begin van het jaar de transecten werden uitgezet, stond er op de punten A, B en C voldoende water. In mei viel punt 1A voor het eerst droog, in augustus gevolgd door 1B. Punten 2A en 2B vielen respectievelijk in juni en juli voor het eerst droog. In november was de waterstand nog onvoldoende gestegen om de gehele transecten weer

onder water te zetten. Het droogvallen van de transecten geeft een beeld dat de kokerjufferlarven zich vooral ver van de oever ophouden. Echter in de winter van 2015/2016 hadden we tijdens de eerste veldbezoeken ook een beeld van grote aantallen in de zone direct langs de oever. Dit was bijvoorbeeld begin april nog het geval op punt 2A, waar op dat moment veel kokerjuffers van de grotere soorten werden aangetroffen.

In het larvale seizoen (april-juni) zijn zeven soorten grote kokerjuffers waargenomen in het Booy's veentje. De talrijkste was *Limnephilus flavicornis* (18 individuen), gevolgd door *Trichostegia minor* (5 individuen). De overige soorten (*L. lunatus*, *L. marmoratus*, *L. stigma*, *L. subcentralis* en *Glyphotaenius pellucidus*) zijn slechts met enkele exemplaren aangetroffen.



Figuur 3.13. Ontwikkeling van grote soorten kokerjuffers (*Limnephilidae* en *Phryganeidae*) langs transecten in het Booy's veentje.

Helemaal aan het begin van het seizoen zijn de aantallen grote kokerjuffers nog hoog, maar al snel dalen de dichtheden (Figuur 3.13). In mei beginnen de kokerjuffers met verpoppen. Dit leidde in het veld al snel tot problemen bij het verzamelen van kokerjuffers als voer voor de keverlarven in het lab. In juni worden geen grote kokerjuffersoorten meer aangetroffen, maar zijn er nog wel larven van kleine soorten behorend tot de genera *Cyrrnus*, *Holocentropus*, *Oecetis* en *Triaenodes*. Dertien juni was de laatste keer dat een (derde stadium) larve van de brede geelgerande waterroofkever in het Booy's veentje werd aangetroffen. Deze zal zijn of haar ontwikkeling waarschijnlijk hebben moeten voltooien op prooien anders dan kokerjuffers. Zorgelijker was de vondst in dezelfde periode van een tweetal tweede stadium keverlarven in het Brandeveen. Deze liepen in hun ontwikkeling flink achter op de larven in het Booy's veentje en werden geconfronteerd met het feit dat de kokerjuffers het water aan het verlaten waren. Het valt zeer te betwijfelen of deze larven zich uiteindelijk hebben kunnen ontwikkelen tot volwassen kevers.

## Verspreiding van larven

In 2016 zijn in het Booy's veentje 28 larven van de brede geelgerande waterroofkever gevonden. Het betrof 22 eerste stadium en 6 derde stadium larven (Figuur 3.14). Het tweede stadium is in dit ven niet waargenomen. Het is mogelijk dat sommige larven meerdere keren zijn waargenomen, aangezien er regelmatig naar larven is gezocht en de larven altijd zijn teruggezet.

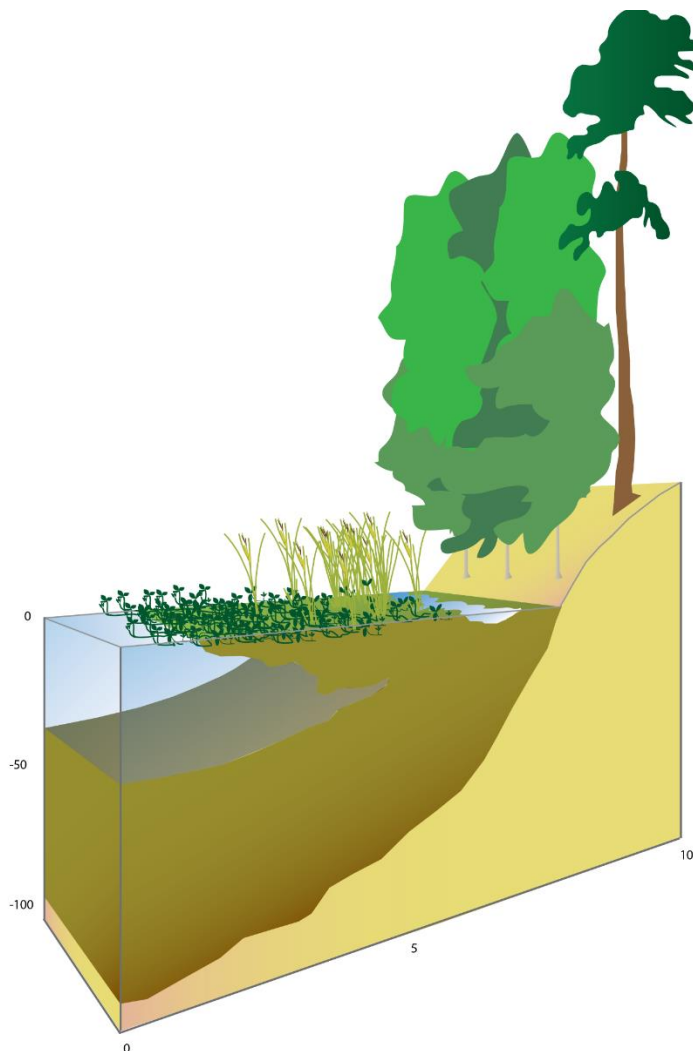


*Figuur 3.14. Verspreiding van larven in het Booy's veentje in 2016. Cirkels betreffen vondsten van eerste stadium larven en vijfhoeken derde stadium larven. Getallen geven het aantal waargenomen larven weer voor elke locatie.*

De larven zijn gevangen in de verlandingsvegetaties van waterdrieblad en/of snavelzegge. Er zijn twee voortplantingskernen aan te wijzen, namelijk de inham aan de oostzijde van het ven en de zuidwestkant. Opvallend is het ontbreken van de larven aan de zuidoost- en noordwestzijden van het ven. Al hoewel we niet de gegevens hebben om het te onderbouwen, vermoeden we dat op deze plekken de beschikbaarheid van grote kokerjuffers lager is. De waterdriebladzone aan de NW-zijde is behoorlijk verzadigd met slib. Elders in het ven betreft dit juist een drijvende begroeiing (Figuur 3.15). De grote hoeveelheid slib aan deze kant van het ven heeft zich vermoedelijk ontwikkeld onder invloed van bemesting van het aangrenzende landbouwperceel. Dit vormt een ongeschikt milieu voor kokerjuffers die bekend staan om hun hoge eisen aan de zuurstofhuishouding in het water. De zuidoostzijde lijkt minder geschikt voor kokerjuffers omdat aan deze kant de verlanding zich al verder richting hoogveen heeft



doorgezet. Hierdoor zijn er minder plasdrassituaties waar kokerjuffers in kunnen leven. Daarnaast bestaat het vermoeden dat de kokerjuffers ook afhankelijk zijn van bomengroei op de oever (zie hoofdstuk 4). In dat geval is op deze locatie de afstand tussen water en beboste oever te groot.

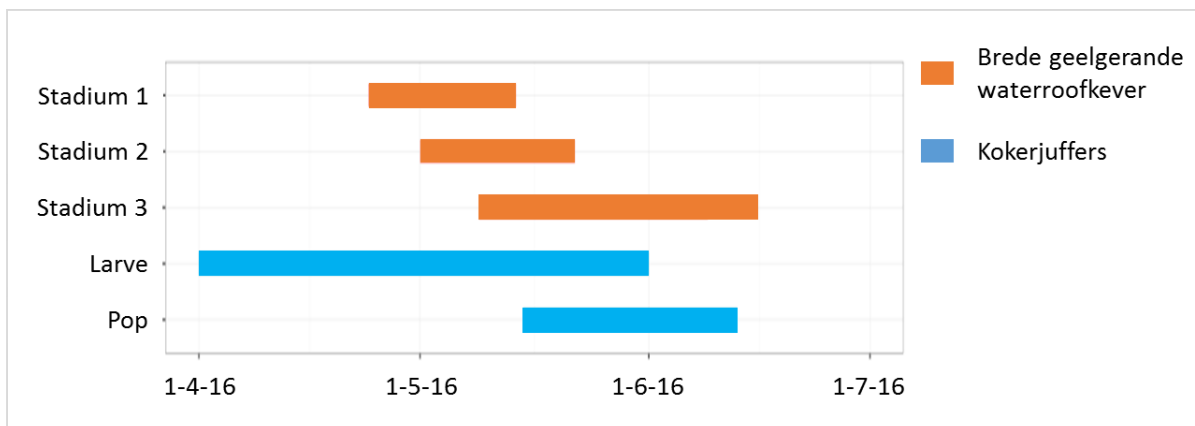


*Figuur 3.15. Schematische dwarsdoorsnede van de kenmerkende verlandingszones in het Booy's veentje. Hoogte, breedte en lengte zijn gebaseerd op veldmetingen.*

Op basis van de waarnemingen van de verschillende stadia van larven van de brede geelgerande waterroofkever is hun voorkomen gedurende het seizoen gereconstrueerd. Deze is uitgezet tegen de ontwikkeling van hun belangrijkste prooi - grote soorten kokerjuffers (Figuur 3.16). Als de keverlarven zich in hun tweede larvale stadium, dan beginnen de kokerjuffers zich te verpoppen. Het is dus maar goed dat de keverlarven in staat zijn om immobiele prooien (poppen) te lokaliseren (zie ook paragraaf 3.2.1.), want de beschikbaarheid van bewegende prooien neemt in de loop van mei snel af. Begin juni neemt ook de beschikbaarheid van kokerjufferpoppen af, als de dieren hun ontwikkeling voltooien en in schietmotten veranderen. Op dat moment bevinden de keverlarven zich in hun laatste larvale stadium. In het laatste stadium nemen de keverlarven ook andere

prooien zoals *Libellulidae*-larven (vooral viervleklibel en oeverlibel), waardoor zij in staat zijn hun ontwikkeling te voltooien.

De afstemming tussen de ontwikkeling van prooi en predator in de tijd komt nogal nauw en is daardoor mogelijk precair. De kevers overwinteren als adult en doorlopen in het voorjaar en begin van de zomer de gehele larvale ontwikkeling. Hierdoor ligt de periode waarin deze ontwikkeling plaatsvindt behoorlijk vast. Indien door klimaatverandering er vaker warme winters zijn, dan is de brede geelgerande waterroofkever slechts beperkt in staat om de timing van de levenscyclus te aan te passen. Bij de kokerjuffers is dat mogelijk anders. Zij overwinteren als larve en kunnen als het water warmer wordt gemakkelijk hun ontwikkeling versnellen. Waarschijnlijk gaat dat bij een koudbloedig organisme vanzelf. Het gevaar bestaat dus dat na een warme winter de kokerjuffers sneller klaar zijn met hun larvale ontwikkeling, terwijl de larven van de brede geelgerande waterroofkever min of meer het oude schema volgen. Hierdoor kunnen de seizoensale ontwikkelingen van prooi en predator teveel asynchroon gaan lopen, waardoor de brede geelgerande waterroofkever zijn larvale cyclus niet kan voltooien.



*Figuur 3.16. Fenologie van de brede geelgerande waterroofkever en haar prooien.*

### 3.3. Verpopping

#### *Doel*

De meeste waterkevers, en de brede geelgerande waterroofkever is daarin geen uitzondering, verpoppen niet in het water maar op het land. Dat betekent dat de volgroeide larven van habitat moeten wisselen. Bij de keuze voor verpopingshabitat heeft de larve in de Drentse vennen eigenlijk twee opties. Hij kan kiezen voor de veenmosverlanding die in veel van de vennen aanwezig is of het hogerop zoeken en zich in droge bodem ingraven. Hier wordt uitgezocht of de larven voor de verpopping kiezen voor het toegankelijke hoogveenhabitat of voor het verder gelegen droge landhabitat.

## *Methode*

Het optimale verpopingshabitat is op twee manieren onderzocht. Allereerst zijn in de maand juni gedurende vier weken kunstmatige substraten aangeboden die bescherming bieden en gelegenheid om onder te verpoppen. Hiervoor zijn MDF-plaatjes gebruikt van 10 bij 10 cm. Deze zijn langs een vijftal transecten van natte oever (i.e. jonge hoogveenverlanding) tot de droge oever uitgelegd. Elk transect had vijf series van vijf plaatjes loodrecht op het transect. In totaal zijn dus  $5 \times 5 \times 5 = 125$  plaatjes uitgelegd.

In het lab hebben uiteindelijk vier van larven van de brede geelgerande waterroofkever, afkomstig uit de Letse kweek, zich zo ver ontwikkeld dat zij klaar waren om te verpoppen. Hen werd de keuze geboden tussen een veenmoskussen en droge bosbodem, die in het veld verzameld waren (Foto 3.4). Het veenmos werd van onderaf vochtig gehouden.



*Foto 3.4. Proefopzet voor bepaling van verpopingshabitat. Foto: J. Brouwer.*

## *Resultaten en discussie*

### *Keuze verpopingslocatie (veld)*

Onder de aangeboden verpopingssubstraten werden geen verpopende kevers aangetroffen.

### Keuze verpoppingslocatie (lab)

Alle vier van de larven, die het water verlieten om te verpoppen, kozen voor de droge bosbodem om hun verpoppingskamer te maken (Foto 3.5). Uit drie van de poppen verscheen na enkele weken een volwassen brede geelgerande waterroofkever (Foto 3.6).

Het feit dat de larven consistent niet kozen voor een substraat van veenmos, is een belangrijk punt. Veel van de vennen in Drenthe en ook de vennen in het Holtingerveld, kennen een langzame ontwikkeling richting heideveentjes. Dit is duidelijk aan de randen van het Booy's veentje (m.n. de ZO-zijde) en Brandeveen. Hoe breder deze zone van hoogveenontwikkeling, hoe verder de larven over land moeten kruipen om geschikt verpoppingshabitat te vinden. Dit is een fase waarin zij gevoelig zijn voor predatie en waarin zij kans lopen geen goed substraat te vinden en uit te drogen. Daardoor is hoogveenverlanding voor deze soort waarschijnlijk ongewenst indien dat leidt tot een grote afstand tussen water en oever.



*Foto 3.5. Verpoppende brede geelgerande waterroofkever. Foto: H. van Kleef.*



*Foto 3.6. Vers verpopt mannetje brede geelgerande waterroofkever in de popkamer. Foto: J. Brouwer.*

### 3.4. Imago's

#### *Doel*

Onderzoek aan de volwassen kevers dient inzicht te geven in:

- Conditie van de Nederlandse dieren door metingen aan biometrie (grootte, gewicht, geslacht) te vergelijken met andere populaties.
- Afhankelijkheid van volwassen dieren aan bepaalde habitatstructuren.
- Voedselvoorkeur van de volwassen dieren.
- Seizoensale overleving van individuen en recruitment (aanwas van nieuwe generatie)
- Status van de populaties in het Brandeveen en Kolonieveen.

#### *Methode*

Beginnend in maart 2016 zijn twee- tot driewekelijks in het Booy's veentje fuiken geplaatst om volwassen Brede geelgerande waterroofkevers te vangen (Foto's 3.7 en 3.8). De fuiken die geplaatst zijn, bestonden uit een constructie van staaldraad met daaromheen nylongaas (0,5 cm diameter). De fuiken hadden aan twee kanten een trechtervormige opening waardoor kevers gemakkelijk naar binnen konden, maar moeilijk eruit. De fuiken werden voorzien van drijflichamen (piepschuim of isolatieschuim van pijpleidingen) zodat altijd een deel boven water stak waar de kevers adem konden halen. In de fuiken werd bladmateriaal aangebracht als schuilgelegenheid

en een stukje kippenlever als lokvoer. In september is deze monitoring uitgebreid naar het Brandeveen en Kolonieveen. Voor de bemonstering van het Booy's veentje werden 32 fuiken gebruik, voor het Brandeveen 30 en voor het kolonieveen 17 fuiken. De ligging van de fuiken is terug te vinden in bijlage 3.



*Foto 3.7. Vangfuik in het Booy's veentje. Foto: G. van Dijk.*



*Foto 3.8. Vangfuiken in het Booy's veentje. Foto G. van Dijk.*

Om verstoring van de kwetsbare oeverbegroeiing te voorkomen is al het uitleggen van fuiken altijd gedaan vanaf een "belly boat". Dat is een soort drijvende stoel, waarmee al peddelend de vennen werd overgestoken. Hierdoor werd voorkomen dat er onnodig oevervegetatie werd vertrapt en kwetsbare ecosystemen werden verstoord. Tevens

werd hierdoor voorkomen dat paadjes ontstonden die door recreanten gebruikt kunnen worden.

Van alle gevangen imago's van de brede geelgerande waterroofkever zijn met een schuifmaat de lengte (hals- en dekschild) in 0,1 mm en breedte in 0,1 mm gemeten. Met een veerunster is het gewicht in 0,1 gr bepaald. Op de dieren is met contactlijm een label met een uniek nummer op watervast papier aangebracht (Foto 3.10). Hierdoor was de kans op terugvangst te berekenen. De berekening is uitgevoerd op dieren die gevangen zijn voorafgaand aan de verpoppingsperiode (voor 30 juni 2016) en dus de voortplantende populatie van 2016 vormen. Periode van berekening liep voor deze groep van 24 maart tot 10 augustus, wanneer de laatste terugvangst had plaatsgevonden. Daarnaast is de populatieschatting gemaakt voor de dieren die na de verpoppingsperiode voor het eerst zijn gevangen en dus voor een deel de nieuwe aanwas van de populatie vormen. Periode van berekening liep voor deze groep van 30 juni tot 18 november.

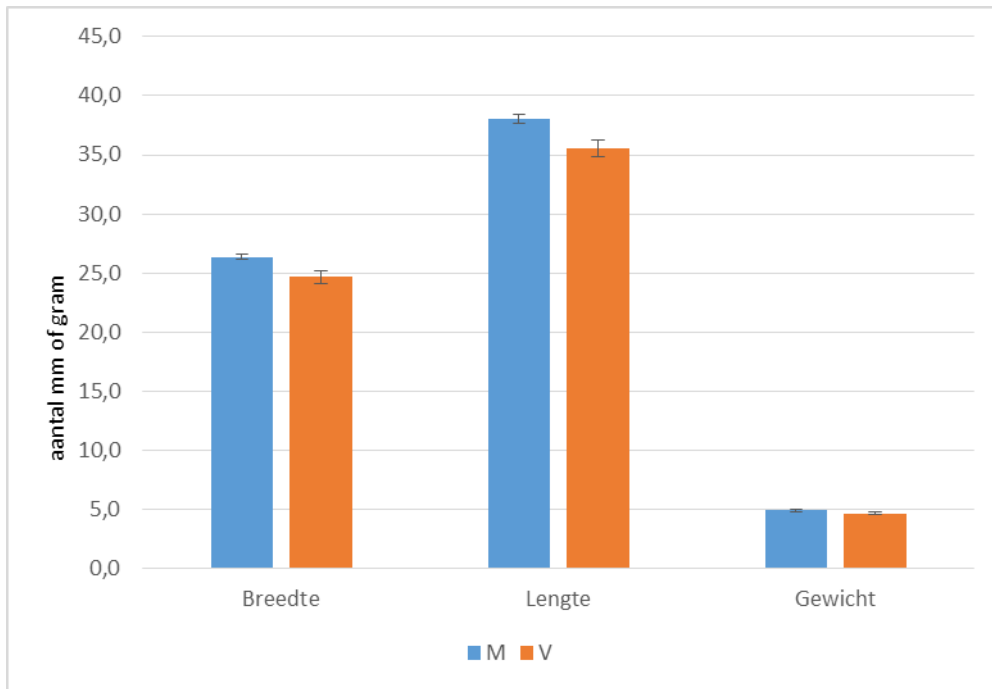
De berekening wordt als volgt uitgevoerd. Voor elk dier wordt het aantal kansen op terugvangst gescoord. Vervolgens wordt het aandeel daadwerkelijke terugvangsten bepaald als aantal terugvangsten gedeeld door het aantal kansen. Door vervolgens het gemiddelde aantal vangsten per bezoek te delen door het aandeel terugvangsten wordt een grove populatieschatting berekend. Aannames bij deze methode zijn dat er geen sterfte is, geen migratie is en de trefkans altijd constant is.

De larven van de brede geelgerande waterroofkever die in het voorjaar zijn opgekweekt, leverden uiteindelijk twee volwassen kevers op. Deze kevers werden nog meerdere maanden op het lab in een aquarium gehouden en kregen allerlei soorten voedsel aangeboden. In die periode is bijgehouden op zij het aangeboden voedsel consumeerden en hoe zij reageerden als het voedsel werd ingebracht.

## *Resultaten en discussie*

### *Conditie van de kevers*

Mannetjes van de brede geelgerande waterroofkever zijn iets breder en langer dan de vrouwtjes (Figuur 3.17), maar ze zijn niet zwaarder. Op dit moment ontbreken andere studies waarbij informatie over de afmetingen en gewicht van de kevers zijn verzameld. Er is contact gelegd met keveronderzoekers in Duitsland om vergelijkingsdata te bemachtigen.



*Figuur 3.17. Afmetingen van de brede geelgerande waterroofkever.*

#### Afhankelijkheid van volwassen dieren aan bepaalde habitatstructuren.

Aan het begin van het jaar houden de volwassen dieren in het Booy's veentje zich op aan de oost en zuidoostkant van het ven (Figuur 3.18). Dit komt min of meer overeen met de plekken waar ook de larven zijn waargenomen in die periode. Een nog betere match met het verspreidingsbeeld van de larven vertonen de imago's die gevangen zijn in de periode dat de kevers hun verpoppingskamers verlieten. In de nazomer en het najaar vindt de eerste echte verplaatsing plaats van volwassen kevers. In die periode zoeken zij de noord- en oostzijde van het ven op. Aan deze kant van het ven werden eerder in het jaar geen kevers waargenomen. Het is moeilijk om deze verschuiving in verspreiding te interpreteren aangezien de condities in het open water van het Booy's veen niet uitgebreid bestudeerd zijn. Dit deel van het ven heeft een nutriëntenrijker karakter: er zijn rietveldjes en het waterdrieblad groeit er op een sliblaag. Het is mogelijk dat hierdoor betere voedselcondities ontstaan voor de volwassen dieren: hogere productie van dierlijke prooien zoals wormen, vliegen en insecten waardoor ook vissen worden aangetrokken.

#### Voedselvoorkeur

Volwassen kevers werd verschillende soorten voedsel aangeboden. Aangezien de volwassen brede geelgerande waterroofkever een traag dier is, zullen veel prooien de kever gemakkelijk kunnen ontvluchten. Alleen de trage prooien slagen daar niet in. Echter in de beperkte ruimte van het aquarium waarin de kevers werden gehouden, kwamen de meeste aangeboden prooien uiteindelijk wel in contact met de kevers. Daarom werden, met uitzondering van kikkervissen, levende vis en waterwantsen,



uiteindelijk alle prooien gegeten. In de meeste gevallen pakten de kevers het voedsel pas, als zij er per toeval mee in contact kwamen. Er waren slechts drie soorten voedsel, die bij de kevers een zoekreactie leken uit te lokken, namelijk waterslakken (Foto 3.9), wormen en vissenkadavers. Waarschijnlijk zijn dit de voedselbronnen waar de brede geelgerande waterroofkever in natuurlijke milieus actief naar zoekt en die zijn voornaamste voedselbron vormen.



*Figuur 3.18. Verspreiding van volwassen kevers in het Booy's veentje op verschillende momenten van het jaar.*

In het Booy's veentje en vermoedelijk in alle vennen van het Holtingerveld ontbreken zoetwaterslakken in de macrofaunagemeenschap. Voor deze diergroep zijn de vennen aan de zure kant. In deze vennen zijn de volwassen kevers aangewezen op de vissen die hier voorkomen. Dat zijn stekelbaars (Brandeven en Kolonieveen) en baars en snoek in het Booy's veentje. Het voorkomen van vissen in deze vennen is uitzonderlijk.

De voorkeur voor dode vissen en slakken maakt overigens een groot deel van de Nederlandse vennen ongeschikt leefgebied voor de brede geelgerande waterroofkever, aangezien veel vennen te zuur zijn voor deze prooien (Leuven en Oyen 1987). Verzuring zal via deze weg vorige eeuw een rol hebben gespeeld in de achteruitgang van de soort.

*Tabel 3.5. Voedselvoorkeur van de volwassen brede geelgerande waterroofkever.*

Aangeboden voedsel	Reactie	Consumptie
Regenworm	Ja	Ja
Schijnhoornslak	Ja	Ja
Poelslak	Ja	Ja
Zoetwaterpissebed	Nee	Ja
Vlokreeft	Nee	Ja
Haftenlarve	Nee	Ja
Slijkvlieg	Nee	Ja
Echte libellelarve	Nee	Ja
Waterjufferlarve	Nee	Ja
Waterwants	Nee	Nee
Kikkervis	Nee	Nee
Salamanderlarve	Nee	Ja
Vis levend	Nee	Nee
Vis dood	Ja	Ja



*Foto 3.9. Zoetwaterslakken die door een volwassen brede geelgerande waterroofkever zijn gesloopt om bij het zachte weefsel te komen. Foto: J. Brouwer.*

#### Status van de populaties in het Booy's veentje, Brandeveen en Kolonieveen

In totaal zijn in 2016 in het Booy's veentje 33 volwassen kevers voorzien van een rugnummer (Foto 3.10). Hiervan zijn er vijf teruggevangen. In het voorjaar, voor het verschijnen van de nieuwe generatie, zijn in het ven 6 imago's gemerkt. Dat leidde tot 4 terugvangsten, een terugvangkans van 11%. Geschatte populatiegrootte in deze periode was 11 á 12 volwassen kevers. Als we daarbij bedenken dat de helft van deze dieren vrouwtjes zijn, die moeten zorgen voor de volgende generatie, dan is dat een effectieve populatiegrootte van slechts 6 dieren. Voor een insect is dat bijzonder klein. Een dergelijke kleine populatie is zeer gevoelig voor toevalligheden en loopt een grote kans plotseling te verdwijnen.



*Foto 3.10. Imago's van de brede geelgerande waterroofkever gemarkeerd met genummerde etiketten. Foto: J. Brouwer.*

In de zomer vindt de rekrutering van de nieuwe generatie plaats. In deze en de daarop volgende periode (tot maart 2017) zijn 26 volwassen kevers gevangen en gemerkt. De kevers die gevangen zijn na juni, oogden puntgaaf en waren dus waarschijnlijk de generatie van 2016. Slechts één van de gemerkte kevers is teruggevangen, een terugvangkans van 0,8%. Dat levert voor deze periode een geschatte populatiegrootte op van 513 kevers. Opvallend is echter dat de terugvangstkans in de tweede helft van 2016 een factor achttien lager ligt dan eerder in het jaar. Vermoedelijk verliezen de verse dieren gemakkelijk hun markering. Dat zou kunnen komen doordat de jonge dieren gladdere dekschilden hebben dan de oude gehavende dieren. Als we aannemen dat de terugvangstkans ten opzichte van het voorjaar niet is veranderd, dan levert dat een schatting van de populatiegrootte op van 28 dieren. Dat is weliswaar meer dan de voorjaarspopulatie maar nog steeds gevaarlijk klein.

In het Brandeveen is in de periode 22 september 2016 – 21 maart 2017 tijdens zeven vangronden slechts volwassen brede geelgerande waterroofkevers gevangen. Kennelijk is de soort hier zo schaars geworden dat de trefkans van een volwassen dier te laag is voor monitoring met fuiken.

In het Kolonieveen zijn in de periode 22 september 2016 – 21 maart 2017 tijdens 7 vangronden 3 volwassen brede geelgerande waterroofkevers gevangen. Eén gemerkte kever is teruggevangen. Een grove populatieschatting komt daarmee uit op 9 kevers.

Om de gevonden aantallen in perspectief te plaatsen, heeft EIS Kenniscentrum Insecten en andere ongewervelden een overzicht (Tabel 3.6) gemaakt van de aantallen brede geelgerande waterroofkever tijdens verschillende jaren van onderzoek (Cuppen et al. 2006, Koese et al. 2010). In alle drie de onderzochte vennen zijn in 2016 de dichtheden

vele malen lager dan in voorgaande onderzoekjaren. Natuurlijke schommelingen in populatiedichtheden zijn een natuurlijk gegeven, maar de huidige stand van de brede geelgerande waterroofkever in de veentjes van het Holtingerveld is op zijn minst zeer zorgelijk te noemen.

*Tabel 3.6. Aantallen gevangen brede geelgerande waterroofkever per gecontroleerde fuik (Catch per unit effort).*

	2005	2006	2009	2010	2016
Brandeveen	0,29	0,05	0,03	0,13	0
Booy's veentje		0,03	1,28	1,18	0,05
Kolonieveen		0,33	0,35	1,10	0,04

### 3.5. Landschapsecologie van het Booy's veentje

#### *Doel*

Onderzoek aan de landschapsecologie van het Booy's veentje dient inzicht te geven in:

- De ontstaansgeschiedenis van het Booy's veentje.
- De huidige toestand en het landschapsecologisch functioneren van het Booy's veentje.

#### *Methode*

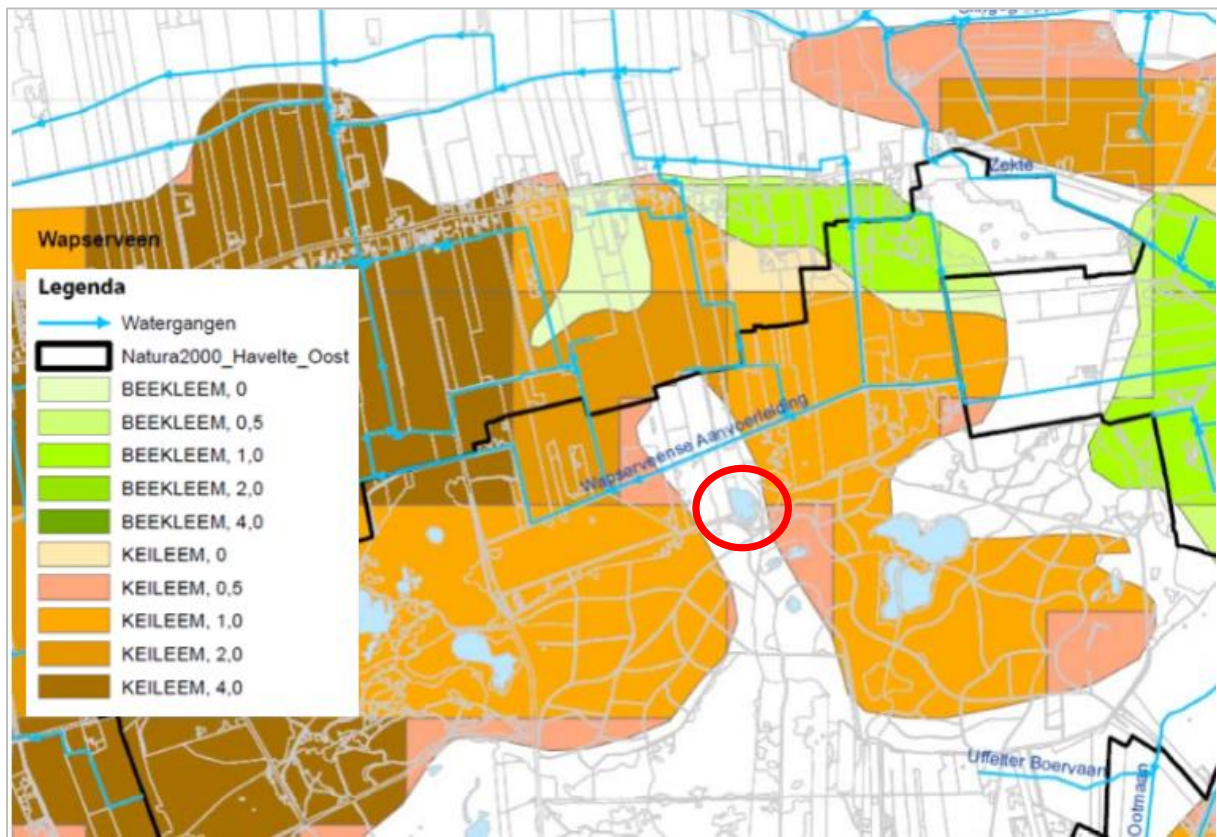
De ontstaansgeschiedenis, de huidige toestand en het landschappelijk ecologisch functioneren van het van het Booy's veentje is achterhaald doormiddel van een combinatie van literatuuronderzoek (rapportages, openbaar toegankelijke gegevens op internet), bestudering van oude topografische kaarten, luchtfoto's en metingen en analyses in het veld. Om een beeld te krijgen van de vegetatie ontwikkeling in het Booy's veentje gedurende de afgelopen decennia zijn een reeks luchtfoto's (gemaakt gedurende het groeiseizoen) geanalyseerd. Om de schematische dwarsdoorsnede te maken zijn langs raaien dieptemetingen en bodemboringen verricht. Op enkele momenten verspreid over het jaar zijn oppervlaktewatermonsters genomen welke geanalyseerd zijn op chemische parameters (conform Van Dijk et al. (2015)). In de huidige rapportage zijn gemiddelde concentraties opgenomen.

#### *Resultaten en Discussie*

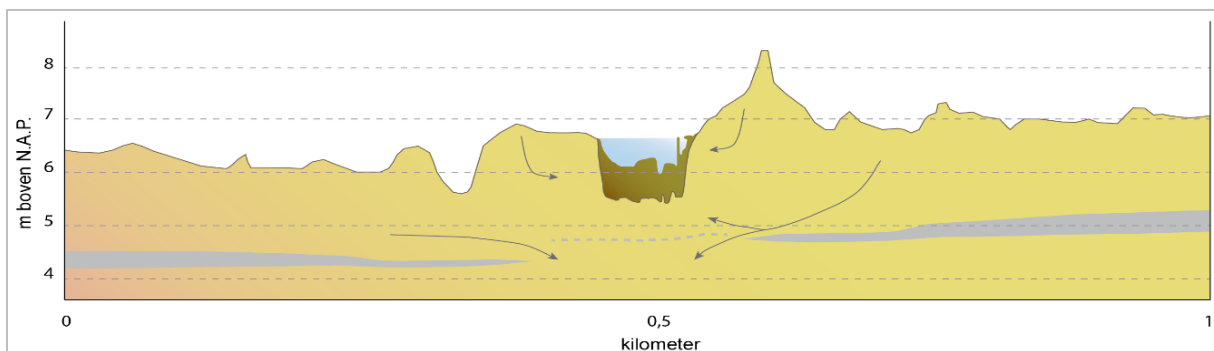
##### **Geologie & ontstaansgeschiedenis**

Het Booy's veentje ligt op westgrens van het Drents Plateau binnen het Natura 2000 gebied Holtingerveld ofwel Havelte Oost. Het gebied grenst aan de stuwwal 'de Havelterberg' tussen Steenwijk en Havelte op de grens van Overijssel en Zuidwest Drenthe. Ten noorden hiervan ligt het beekdal van de Wapserveense Aa en ten zuiden en oosten liggen de beekdalen van de Oude Vaart en de Wold Aa. Het gebied is gevormd tijdens de één na laatste ijstijd (Saalien). Na het terugtrekken van het landijs is er keileem achtergebleven in het gebied, waardoor grondwaterkwaliteit en -kwantiteit

wordt beïnvloed. Deze keileemlagen zijn niet door het hele gebied aanwezig (Figuur 3.19). Tussen de keileemschollen, die in een groot deel van het gebied voorkomen, zijn erosiegeulen ontstaan als gevolg van het smelten van het landijs.



*Figuur 3.19. Aanwezigheid van leemlagen in de ondergrond, (bron Provincie Drenthe, uit Schunselaar en Rijpkema (2012)). Met een rode cirkel is de locatie van het Booy's veentje weergegeven.*



*Figuur 3.20. Schematische dwarsdoorsnede van Oost naar West met centraal gelegen het Booy's veentje. Weergegeven is de dekzandlaag met de hier ingebedde keileemlagen (grijs) en het veen van het Booy's veentje (bruin). Met een grijze stippellijn onder het Booy's veentje is de gliedelaag weergegeven.*

Het Booy's veentje ligt in deze slenk in het dekzand zonder keileem, maar bevat vermoedelijk wel schijngrondwaterspiegel, veroorzaakt door een verdichtende inspoellingslaag van humusdeeltjes (gliede) waardoor water in de laagte kon stagneren

en veen heeft kunnen ontstaan (Schunselaar en Rijpkema 2012). Het omringende gebied bestaat uit een complex van voormalige droge stuifduinen welke momenteel grotendeels bebost zijn met zowel loof- als naaldbomen. Naast droge stuifduinen is de omgeving rijk aan droge heide en graslanden en daar waar een schijngrondwaterspiegel heeft kunnen ontstaan vochtige heide en veentjes. Het Booy's veentje zelf ligt in het zand en wordt hydrologisch gevoed door een combinatie van regenwater en toestromend grondwater van lokale herkomst uit de omliggende stuifzandpakketten die rusten op het keileem (Figuur 3.20).

#### Algemene beschrijving Booy's veentje

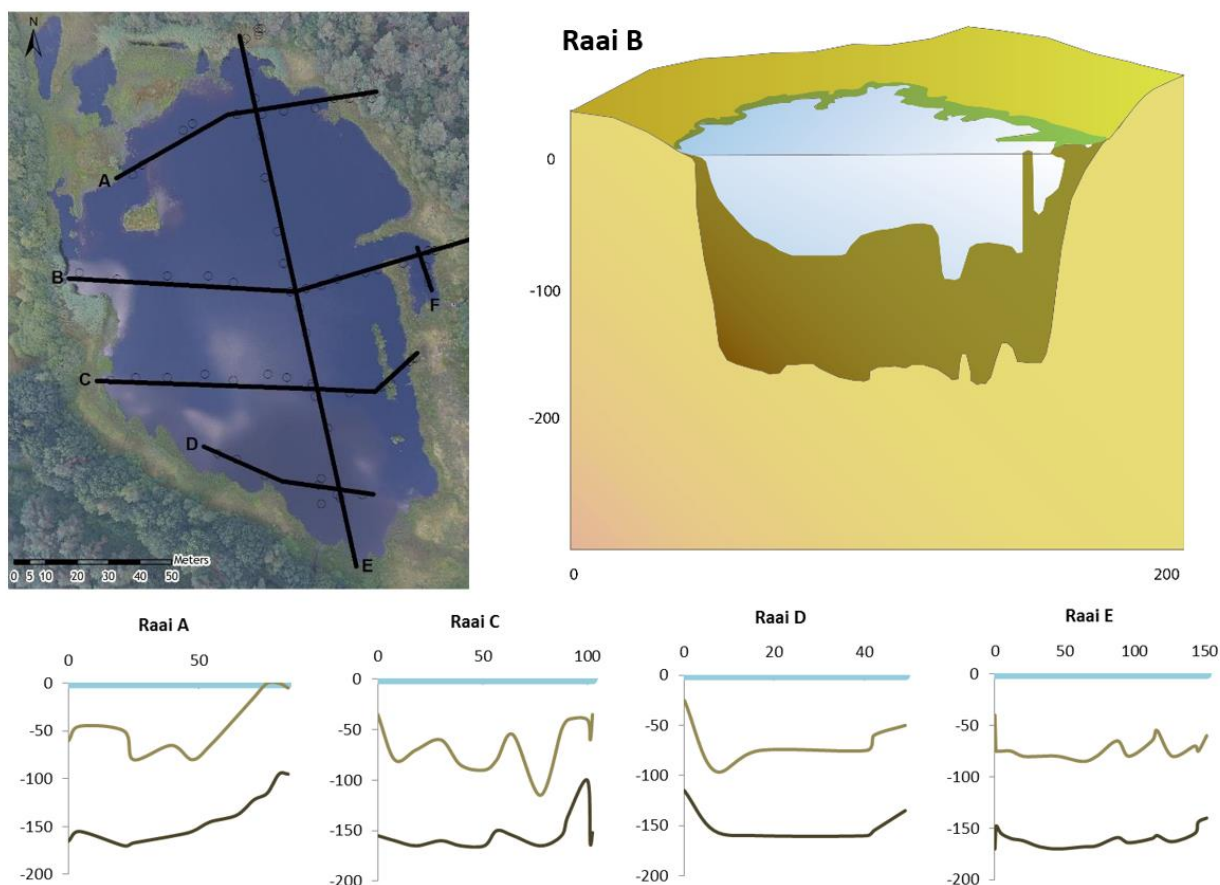
Het Booy's veentje betreft een ongeveer 1,5 hectare groot water wat een voormalig veen is geweest. Het Booy's veentje is conform oude topografische kaarten van begin 19<sup>e</sup> eeuw al verveend (het is op de Franse kaart van 1811-1813 al als open water aangegeven (zie rode cirkel in Figuur 3.21) terwijl er in andere veentjes in de omgeving zoals het Brandeven de vervening nog gaande is blijkens de petgaten die zijn ingetekend). Ook op oude luchtfoto's ten tijde van de tweede wereldoorlog is een grotendeels openwater zichtbaar, met voor zover dit juist te interpreteren is ook reeds drijftillen. Figuur 3.23 geeft een beeld van de ontwikkeling van waterdriebladverlanding de afgelopen decennia. De soort groeit langs de oevers maar ook op de oude ribben, die zijn ontstaan ten tijde van de vervening.

Het Booy's veentje bevat over het algemeen vrij helder water met een bruine tint van de humuszuren. De waterbodem bestaat uit een veenlaag welke varieert in dikte en gemiddeld 90 cm dik is (Figuur 3.22). De waterlaag is gemiddeld 70 cm diep. Oostelijk van het Booy's veentje bevinden zich wat hogere stuifduinen (Figuur 3.20).

#### Abiotiek

Ondanks dat er reeds jaren een peilschaal in het Booy's veentje staat is er helaas niemand die dit structureel bijgehouden heeft. Uit losse waarnemingen van Arend-Jan van Dijk blijkt wel dat de oppervlakte waterstand kan fluctueren en dat een waterstand fluctuatie van 10-20 cm binnen een seizoen niet ongebruikelijk is. Het Booy's veentje heeft in tegenstelling tot veel andere vennen in de omgeving een lichte aanrijking met basische kationen. Het oppervlaktewater is daardoor zee zwak gebufferd (alkaliniteit van  $0,15 \text{ meq l}^{-1}$ , en elektrisch geleidend vermogen van  $300 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$ ). De pH van het oppervlaktewater is gemiddeld net boven de 6 en het is vrij nutriëntenarm;  $0,20 \text{ } \mu\text{mol l}^{-1}$  fosfaat en  $15,7 \text{ } \mu\text{mol l}^{-1}$  ammonium.





Figuur 3.22. Schematische dwarsdoorsnede van oost naar west (B raai schematisch uitgewerkt, rechts boven). Langs de x-as afstand in meters en langs de y-as de hoogte in meters t.o.v. de gemiddelde oppervlaktewaterstand. Lichtbruin: dekzandlaag, Bruin: veen, Groen: drijftillen langs de oeverzone. Onderaan de figuur zijn de raaien A, C, D, en E opgenomen waarbij de lichtbruine lijn de grens tussen oppervlaktewater en waterbodem weergeeft en de donkere lijn de grens tussen waterbodem en vaste zandondergrond.

### Vegetatieontwikkeling

Over de precieze ontwikkeling van de vegetatie van het Booy's veentje is relatief weinig bekend. Er zijn enkele (anekdotische) beschrijvingen van de vegetatiesamenstelling van het Booy's veentje in het verleden, maar deze bevatten weinig detail en zijn hierom voor vergelijking met de huidige toestand onbruikbaar. Door Leper et al. (2015) is een vegetatiekartering uitgevoerd van het gebied waarin ook specifiek het Booy's veentje beschreven is. Deze kartering heeft echter onvoldoende detail voor een kwantitatieve beschrijving van de vegetatietypen die voor de brede geelgerande waterroofkever relevant zijn. Uit foto's blijkt echter wel dat dat het oppervlak aan waterdrieblad in 2016 opvallend veel lager was dan in afgelopen jaren (Foto's 3.11, 3.12 en 3.13). Zo blijkt uit foto's van 2006 dat er tevens langs veel van de oude ribben in het ven nog grote lijnvormige oppervlakten met waterdrieblad begroeiingen aanwezig waren en dat de drijftillen langs de oevers een groter oppervlak betroffen. Ook de in eerdere jaren aanwezige veldjes met drijvend fonteinkruid bleken nagenoeg afwezig in 2016.





*Foto 3.11. Westoever van het Booy's veentje gezien vanaf de zuidzijde, augustus 2006. Foto: G. van Dijk.*



*Foto 3.12. Oostzijde van het Booy's veentje gezien vanaf de zuidzijde, augustus 2006. Foto: G. van Dijk.*



*Foto 3.13. Het Booy's veentje vanaf de noordwesthoek, 2015. Foto: Leper et al. (2015).*

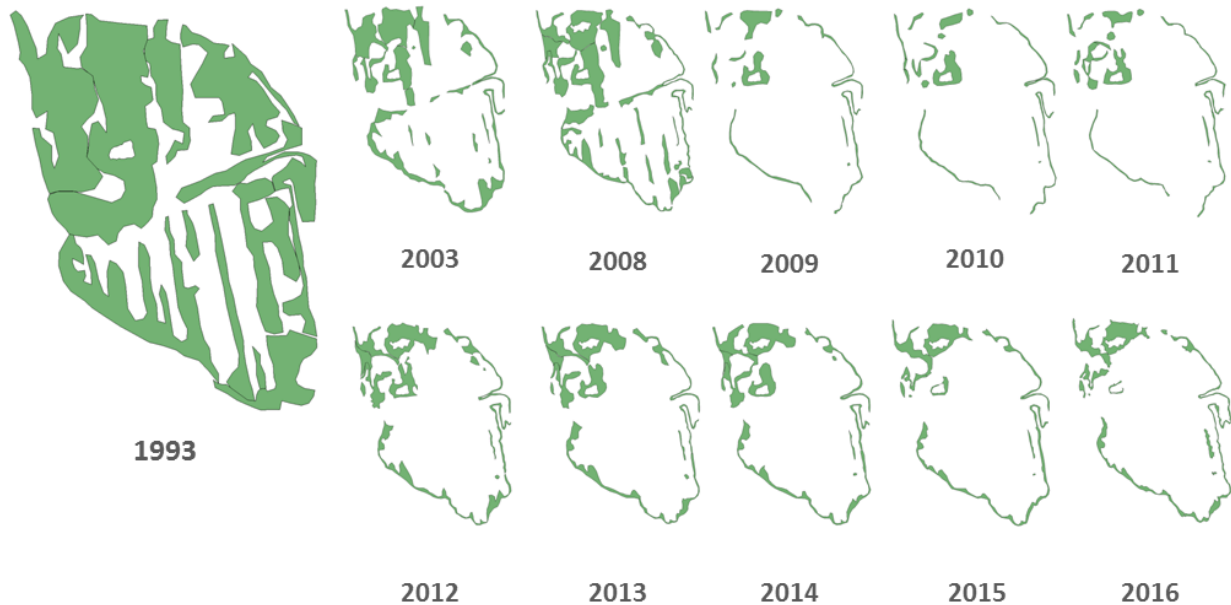
Het verschil in waterdriëbladbedekking tussen 2006 en de huidige situatie is echter wel zorgwekkend, zeker aangezien dit vegetatietype zo'n essentiële functie vervuld in de levenscyclus van de brede geelgerande waterroofkever. De waarneming van losdrijvende en beschadigde wortelstokken en stengels van waterdriëblad in het najaar van 2016 zijn extra reden voor bezorgdheid (Foto 3.14). De oorzaak voor dit verschijnsel is nog onduidelijk.

Om te onderzoeken in hoeverre het oppervlak aan waterdriëblad door de jaren heen fluctueert en of hier daadwerkelijk een dalende trend aanwezig is, zijn alle beschikbare luchtfoto's in het groeiseizoen opgezocht en geanalyseerd. Het oppervlakte drijftil van waterdriëblad bepalen vanaf een luchtfoto vergt enige inschatting, de hieruit voorkomende getallen zijn dan ook enkel een inschatting van het destijds aanwezige oppervlak. Uit deze analyse bleek al snel dat, ondanks dat het oppervlak aan waterdriëblad drijftil door de jaren heen wat kan fluctueren, er absoluut een dalende trend zichtbaar is (Figuur 3.23). De enorme afname in het drijftil oppervlak is behoorlijk groot, voor de periode waar we over luchtfoto's beschikken betreft dit van 1993 tot 2016 een afname van 82%, van 9893 m<sup>2</sup> in 1993 tot 1718 m<sup>2</sup> in 2016 (zie figuur 3.23 t/m 3.25). Uit deze gegevens blijkt dat tussen 1993 en 2003 reeds een flink daling plaatsgevonden. Vervolgens lijkt het in de periode 2003-2008 redelijk stabiel (ondanks dat er geen kennis is over tussenliggende jaren) waarna het oppervlak weer flink daalt naar tussen 2008 en 2009. In de jaren 2009, 2010 en 2011 is de oppervlakte drijftil op zijn laagste punt in de hele tijdreeks waarna deze in 2012 weer iets toeneemt. Vanaf 2012 tot heden is echter wederom een jaarlijkse afname van het oppervlak waterdriëblad zichtbaar. Een klein detail is dat op een oude luchtfoto uit 1945 reeds zichtbaar is (weleens waar niet zo duidelijk als op latere foto's) dat er destijds ook sprake was van veel aquatische vegetatie en/of drijftillen en ribben in het Booy's

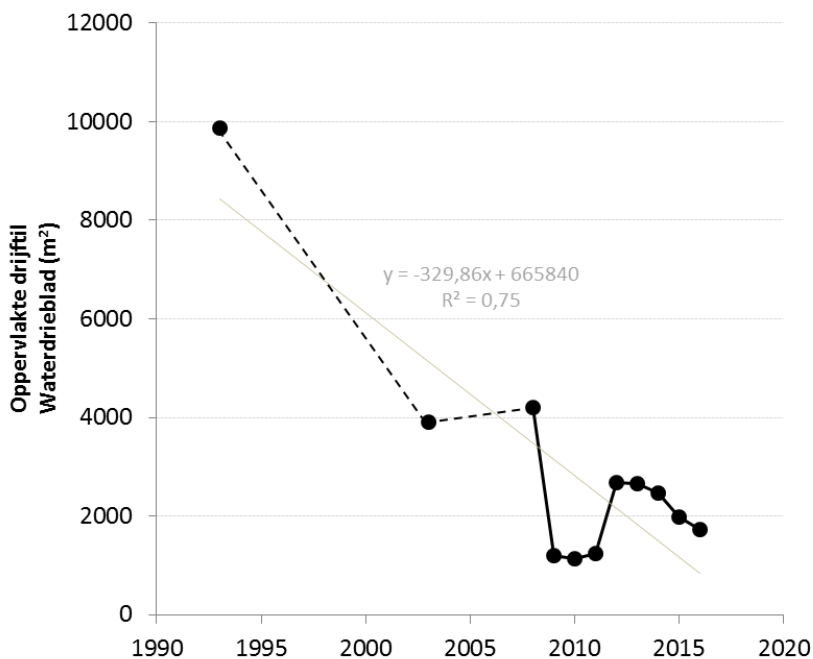
veentje. De grootste afname in het drijfoppervlak in de afgelopen decennia is gekomen doordat de drijfzoden welke in 1993 langs de voormalige legakkers ofwel ribben groeide zijn verdwenen. Daarnaast is ook het oppervlak van de drijfzoden zone langs de hele rand van het ven sterk afgenomen. De gemiddeld hoeveelheid neerslag (zowel jaargemiddeld als som van winter en vroege voorjaar) en gemiddelde wintertemperatuur (beide bij dichtstbijzijnde KNMI station in Frederiksoord) vertoonden geen correlatie met het patroon van het drijfoppervlak door de jaren.



*Foto 3.14. Losdrijvende en beschadigde stengels en wortelstokken van waterdrieblad, najaar 2016. Foto: J. Brouwer.*



*Figuur 3.23. Samenvattende weergave van het oppervlak waterdrieblad drijftillen door de jaren heen. Van elk jaar waar een luchtfoto in het groeiseizoen beschikbaar was zijn hiervan de drijftillen ingetekend. In dit figuur is per jaartal enkel de bedekking van waterdrieblad drijftillen weergegeven. Onder de figuren is het bijbehorende jaartal opgenomen.*

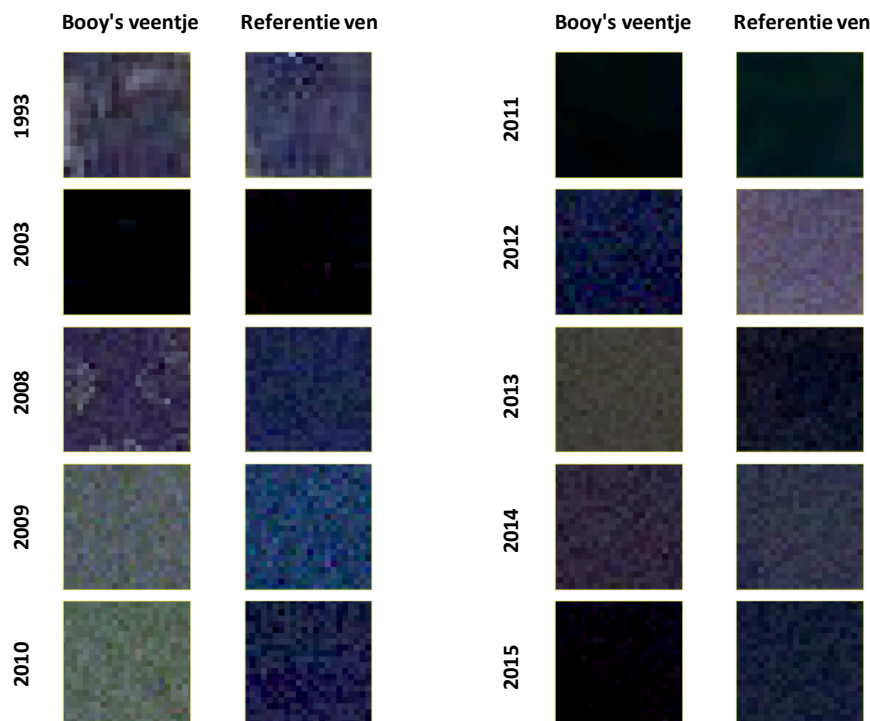


*Figuur 3.24. De oppervlakte drijftil met waterdrieblad door de jaren heen op basis van luchtfotoanalyses. Voor de periode waar jaarlijks gegevens beschikbaar waren (2008-2016) is de lijn dik gedrukt. In de tussenliggende jaren waar geen gegevens beschikbaar zijn is een gestippelde lijn weergegeven. Middels een licht grijze lijn in een lineaire trendlijn weergegeven (incl. vergelijking en R²).*



*Figuur 3.25. Samenvattende weergave van drie luchtfoto's om de tien jaar (v.l.n.r. 1993, 2003 en 2013). De witte was aan de zuidzijde van het Booy's veentje op de luchtfoto van 2013 is de weerspiegeling van de zon en betreft dus geen aquatische vegetatie.*

Naast het drijftloppervlak bleek ook de kleur van het water door de jaren heen te verschillen. Ondanks dat dit deel verklaard zou kunnen worden doordat de luchtfoto's op verschillende momenten in het jaar genomen zijn en er evt. ook correcties worden toegepast op het oppervlak in luchtfoto's, bleek de waterkleur van het Booy's veentje vaak wat minder donker (in vergelijking met andere vennen in de omgeving op dezelfde luchtfoto) terwijl het Booy's veentje juist het diepste water in de omgeving betreft. Opvallend hierin is, dat juist de jaren 2009, 2010 en 2013 waarin er een lage bedekking is van waterdrieblad, de kleur van het oppervlaktewater groen/bruiner lijkt te zijn in het Booy's veentje t.o.v. de andere omliggende vennen (figuur 3.26).



*Figuur 3.26. De kleuring op luchtfoto's van het oppervlaktewater op vaste locaties tijdens het groeiseizoen in verschillende jaren in het Booy's veentje (telkens de linker rij) en een ( $\approx$  400m) zuidoostelijk gelegen retentie ven (telkens de rechter rij).*

## 4. Synthese

De situatie in de veentjes van het Holtingerveld voor het voortbestaan van de brede geelgerande waterroofkever is zorgelijk. In 2010 werd de populatieomvang nog geschat tussen de 160 en 331 exemplaren. Aan het einde van 2016 komt de populatieschatting nog maar uit op ongeveer 35 volwassen kevers. Dat is een afname van ongeveer 85% in een periode van zes jaar.

Op basis van literatuuronderzoek, interviews met deskundigen, veldonderzoek en experimenten is een redelijk goed beeld ontstaan van mogelijke knelpunten in de levenscyclus van de brede geelgerande waterroofkever die de oorzaak zijn voor de zeldzaamheid en bedreigde status van de brede geelgerande waterroofkever. Deze worden nu eerst per levensstadium besproken (paragraaf 4.1.) en vervolgens wordt een vertaling gemaakt welke achterliggende processen momenteel een bedreiging vormen voor het voortbestaan van de soort (paragraaf 4.2.). Hierbij wordt tevens een voorlopig antwoord gegeven hoe natuurbeheer en -beleid een positieve bijdrage kunnen leveren aan het voortbestaan van de brede geelgerande waterroofkever in Nederland.

### 4.1. Knelpunten in de levenscyclus van de brede geelgerande waterroofkever

#### 4.1.1. Eieren

Waterdrieblad en snavelzegge zijn voor Nederlandse wateren de belangrijkste plantensoorten voor afzet van eieren van de brede geelgerande waterroofkever. Op zichzelf, is het voorkomen van deze twee soorten waarschijnlijk niet limiterend voor de brede geelgerande waterroofkever. Het is echter wel van belang dat verlandingsvegetaties van afdoende oppervlakte van deze soorten voorkomen in combinatie met gunstige leefomstandigheden voor grote aantallen kokerjuffers (zie volgende paragraaf). Dat is een combinatie die zich maar zelden voordoet.

#### 4.1.2. Larven

Het leven van de larven is in feite eenvoudig, maar wel veeleisend. Het zijn kleine vreetmachientjes, die in korte tijd heel hard moeten groeien. De eerste twee larvale stadia eten uitsluitend grote kokerjuffers, terwijl het larven in het derde en laatste stadium soms ook andere prooien pakken. De afhankelijkheid van grote aantallen kokerjuffers van de families *Limnephilidae* en *Phryganeidae* is evident.

Een enkele larve heeft gemiddeld 195 kokerjuffers nodig om zich tot volwassen kever te ontwikkelen. Uitgaande van een gemiddelde dichtheid van 17,2 kokerjuffers per m<sup>2</sup> (zie paragraaf 3.2.3.) heeft een enkele keverlarve ruim 11 m<sup>2</sup> oever nodig om de levenscyclus te voltooien. Gezien de verspreiding van larven in het Booy's veentje is ongeveer (ruwe schatting) 220 meter van de oever geschikt, waarbij deze een breedte heeft van ca. 10 m. Er is dus maximaal 2200 m<sup>2</sup> beschikbaar. Dat betekent dat zich in het Booy's veentje maximaal 200 larven tot kever kunnen ontwikkelen. In werkelijkheid ligt dat aantal veel lager omdat niet elke vierkante meter oever geschikt is, de larven lang niet alle kokerjuffers opeten, er nog kokerjuffers over moeten blijven om de populatie van het

volgende jaar te vormen en omdat een deel van de keverlarven vroegtijdig zal sterven maar al wel een deel van de kokerjuffers heeft geconsumeerd. De populatieschatting van 26 volgroeide kevers in de nazomer van 2016 zou daarom heel goed een weerspiegeling kunnen zijn van de totale draagkracht van het Booy's veentje.

De in eerder onderzoek grotere inschatting van de populatie zou samen kunnen hangen met een grotere oppervlakte aan geschikt habitat voor eiafzet, keverlarven en habitat voor kokerjuffers. Vergelijking met fotomateriaal en luchtfoto's uit eerdere jaren laat zien dat het oppervlak aan waterdriembladdrijftillen sinds 1993 met ruim 80% is afgenomen. Daarmee was vroeger het potentiële oppervlak voor succesvolle reproductie hoger evenals de draagkracht van het ven. Met name de in eerdere jaren aanwezige lijnvormige drijftilstructuren verhoogden niet enkel het oppervlak maar ook in grote mate het aantal meters met overgangen tussen water en vegetatie.

De afhankelijkheid van grote aantallen kokerjuffers maakt de soort al snel afhankelijk van grote waterlichamen, omdat het anders niet mogelijk is om een voldoende grote keverpopulatie te huisvesten.

Een belangrijke vraag, die in dit eerste jaar van onderzoek nog niet is beantwoord, is "Onder welke omstandigheden komen hoge dichtheden kokerjuffers tot ontwikkeling?". Vermoedelijk is een deel van de kokerjuffers afhankelijk van overhangend struikopslag of bomen op de oever. Voorbeeld is de soort *Glyphotaelius pellucidus*, die in het voorjaar in het Booy's veentje is aangetroffen. Deze soort zet de eieren af op overhangende takken. Als de eieren uitkomen, vallen de larven in het water waar zij leven van bladmateriaal of de micro-organismen die daarop leven. Voor een adequate bescherming van de brede geelgerande waterroofkever is het essentieel om te weten hoe aangestuurd kan worden op hoge aantallen kokerjuffers.

#### 4.1.3. Poppen

Verpoppende larven verkiezen droge bosbodem over vochtig veenmos. Beginnende verlanding is voor de soort gunstig omdat daarbij veel larvaalhabitat beschikbaar is met snavelzegge en waterdrieblad. Echter bij voortschrijdende successie richting hoogveen wordt de zone met veenmossen (zonder waterdrieblad en snavelzegge) steeds breder en moeten de keverlarven op weg naar hun verpoppingshabitat grotere afstanden gaan afleggen over het dikker en droger wordende veenmospakket. Dat brengt een groot risico tot verdwalen en predatie met zich mee.

De ontwikkeling van een zone van hoogveen aan de venrand kan ook ongunstig zijn voor de beschikbaarheid van voedsel voor de larven. Indien de kokerjuffers voor een belangrijk deel afhankelijk blijken van beboste oevers, dan worden deze kokerjufferkraamkamers door voortschrijdende hoogveenontwikkeling op termijn ontoegankelijk voor de keverlarven.

#### 4.1.4. Imago's

De volwassen kevers lijken voor hun voedsel afhankelijk van wormen, slakken en viskadavers. Andere prooien worden ook wel genuttigd maar niet actief opgezocht.

Zowel slakken als vissen ontbreken in veel vennen, omdat deze te zuur zijn of dat lange tijd waren. Het beperkte voorkomen van deze prooigroepen vormt mogelijk een extra knelpunt in het voorkomen van de brede geelgerande waterroofkever. Voortschrijdende successie richting hoogveenontwikkeling en verzuring als gevolg van een hoge stikstofdepositie kunnen leiden tot voedselgebrek bij de imago's en daarmee habitat ongeschikt maken voor de brede geelgerande waterroofkever.

#### 4.1.5. De habitateisen van de brede geelgerande waterroofkever samengevat

De habitateisen zijn samengevat in tabel 4.1. Elke afzonderlijke habitateis is nog wel in te voorzien, maar de combinatie schetst een leefgebied dat in Nederland niet snel wordt aangetroffen.

Tabel 4.1. Habitatieisen van de brede geelgerande waterroofkever.

Levensfase	Habitatieisen
Eieren	Verlanding met snavelzegge, waterdrieblad en/of slangenwortel
Larven	Verlanding met snavelzegge, waterdrieblad en/of slangenwortel Hoge dichtheden kokerjuffers
Poppen	Toegankelijkheid van droge bodem
Adulten	Slakken, wormen en vis

## 4.2. Bedreigingen en kansen voor de brede geelgerande waterroofkever

### 4.2.1. Bedreigingen

#### *Verzuring*

Verzuring kan op meerdere wijzen een negatieve impact hebben op de habitatkwaliteit van de brede geelgerande waterroofkever. In zure wateren komen geen slakken en maar zelden vissen voor, belangrijke voedselbronnen voor de imago's. Daarnaast leidt verzuring tot minder gunstige groeiomstandigheden voor verschillende planten, die als eiafzetsubstraat dienen (i.e. waterdrieblad en slangenwortel). Snavelzegge kan zich bij verzuring wel handhaven.

#### *Vermesting*

Als gevolg van vermisting kunnen andere plantensoorten (o.a. riet, lisdodde) de oeverzone gaan domineren, waardoor de soorten die nodig zijn voor eiafzet en die het larvale habitat vormen achteruitgaan.

Hoge concentraties voedingsstoffen leiden tot slibvorming en perioden met lage zuurstofbeschikbaarheid in het water. Al hoewel zowel de larven als de adulten van de brede geelgerande waterroofkever vooral zijn aangewezen op luchtademhaling halen zij ook een deel van hun zuurstof uit het water (zie paragraaf 3.2.2). Voor de adulten is dat in het bijzonder het geval in de winter als er ijs ligt. Vermoedelijk heeft vermisting het grootste effect op de dichtheden kokerjuffers, aangezien zij volledig aangewezen zijn op zuurstofopname uit het water. Dit verklaart mogelijk ook dat de kevers de voedselrijk west- en noordwestzijde van het Booy's veentje mijden voor de voortplanting (zie



paragraaf 3.2.3). Hendrich en Balke (2000) noemen vermessing ook als bedreiging voor de brede geelgerande waterroofkever.

#### *Verdroging*

Verdroging kan op verschillende wijzen een negatieve invloed hebben op de habitatkwaliteit van de brede geelgerande waterroofkever. De meest voor de hand liggende is het vroegtijdig droogvallen van de verlandingsvegetaties die het habitat vormen van de larven en hun prooiën.

Het vermoeden bestaat dat de grote soorten kokerjuffers (deels) afhankelijk zijn van overhangende takken voor eiafzet en voedsel. Hierdoor zijn de hoge dichtheden van grote kokerjuffersoorten vooral dicht langs de oever te vinden (zie paragraaf 3.2.3). Als gevolg van verdroging zou deze zone vroeg in het larvale seizoen afgesneden kunnen worden van het larvale habitat, dat zich meer naar het centrum van het waterlichaam bevindt, waardoor de voedselomstandigheden voor de keverlarven verslechteren.

Verdroging kan een stimulerend effect hebben op vermessing, doordat afbraak van organische stof wordt versneld. Dit leidt tot slibvorming en verruigging, waardoor het larvale habitat kan verdwijnen. Tenslotte gaat verdroging vaak gepaard met een afnemende invloed van grondwater en een toenemende invloed van regenwater. Hierdoor neemt de buffercapaciteit en de mineralenrijkdom van het water af. Hierdoor nemen worden de groeicondities van waterdrieblad ongunstiger.

#### *Klimaatverandering*

Een toenemende temperatuur kan grote gevolgen hebben voor de beschikbaarheid van larvaal voedsel. Bij hoge wintertemperaturen kunnen de kokerjuffers hun ontwikkeling voortzetten, waardoor zij in het voorjaar eerder het water kunnen verlaten. De larven van de brede geelgerande waterroofkever kunnen dat niet aangezien zij hun volledige larvale ontwikkeling na de winter doormaken. via deze route kan opwarmen van het klimaat leiden tot ernstig voedselgebrek bij eerste en tweede stadium larven, die niet in staat zijn over te schakelen op een andere voedselbron.

#### *Successie*

Veel van de vennen in het huidige Nederlandse leefgebied van de brede geelgerande waterroofkever ondergaan een successie richting heideveentjes. Hierbij treedt aan de rand van het ven verlanding op met bultvormende veenmossen. Het vermoeden bestaat dat de kokerjuffersoorten, die dienen als voedsel voor de keverlarven, afhankelijk zijn van overhangende takken en zich in eerste instantie dicht langs de oever ontwikkelen. Indien dat het geval is, dan kan het ontstaan van een veenmosdeken de verbinding tussen kokerjufferhabitat en larvaal keverhabitat verbreken. De verspreiding van keverlarven ondersteunt deze hypothese. In 2016 zijn uitsluitend larven van de brede geelgerande waterroofkever aangetroffen op plekken waar larvaal habitat

(waterdriebladverlanding) via een helofytenzone (waterdrieblad, snavelzegge, pitrus) met één tot enkele decimeters water in verbinding staat met plasjes gelegen onder overhangend struweel. Op plekken waar zich een gesloten veenmosdek heeft ontwikkeld tussen larvaal en kokerjufferhabitat zijn geen keverlarven aangetroffen.

### *Beheer*

De vennen van het Holtingerveld ontvangen te veel atmosferische depositie. Om de kwaliteit van de vennen de komende jaren op niveau te houden zijn maatregelen geformuleerd om de overmaat aan stikstof te verwijderen en invang te beperken (Arts et al. 2012, Drenthe 2016). Ook in het Natura2000-beheerplan voor het Holtingerveld staan voor de zure vennen een aantal maatregelen genoemd om de effecten van stikstofdepositie te verminderen:

1. Vrijstellen van het randen van vennen in het bos van bomen tot 30 meter afstand of tot net voorbij de waterscheiding.
2. Verwijderen van opslag op de randen van vennen.
3. Plaggen van vergraste venranden.
4. Vervolgbeheer in de vorm van extensieve begrazing.
5. Verwijderen van geëutrofiëerde venbodem.
6. Bekalken van het inziggebied voor verhoging van kooldioxide in het water.

Zonder uitzondering vormen de bovenstaande maatregelen -indien zij worden uitgevoerd in het leefgebied van de brede geelgerande waterroofkever - een direct gevaar voor de instandhouding van de populatie. In vennen waar de soort momenteel niet voorkomt, maar die op termijn zich kunnen ontwikkelen als potentieel leefgebied, leiden deze maatregelen tot permanente ongeschiktheid voor de soort.

Zoals eerder beschreven is het voedsel van de keverlarven vermoedelijk afhankelijk van overhangende takken. Indien dat vermoeden juist is, dan leiden de eerste vier bovengenoemde maatregelen tot het ongeschikt raken van de vennen voor kokerjuffers en daarmee tot ongeschikte voedselomstandigheden voor het huisvesten van een levensvatbare populatie brede geelgerande waterroofkevers.

Het verwijderen van slib uit vennen is een zeer ingrijpende maatregel waarbij een zeer groot deel van het dierlijke leven verloren gaat (van Kleef et al. 2006, Van Kleef 2010). Voor een populatie van 35 kevers geeft dat grote zekerheid op uitsterven. Daarnaast wordt ook voor meerdere jaren de voedselsituatie in de vorm van beschikbaarheid van kokerjuffers en vissen sterk aangetast, waardoor herstel van de populatie niet kan plaatsvinden.

Het bekalken van het inziggebied heeft als doel de successie richting hoogveen te stimuleren. Hoe dit uitpakt voor de habitatkwaliteit van de brede geelgerande waterroofkever is hierboven beschreven onder het kopje successie.

Niet alleen in het Holtingerveld, maar ook in de omringende Natura2000-gebieden Dwingelderveld en Leggelderveld, staan deze maatregelen gepland in het kader van de

Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Het is mogelijk dat de moeilijk-vindbare kever nog voorkomt in deze gebieden en zij hebben in ieder geval beide de potentie om zich bij het juiste beheer te ontwikkelen tot nieuw leefgebied. Echter indien bovenstaande op grote schaal worden uitgevoerd dan nemen de kansen voor de brede geelgerande waterroofkever in deze gebieden sterk af.

Gelukkig zijn er ook beheermaatregelen, die positief uit kunnen pakken voor de brede geelgerande waterroofkever. Die worden in de volgende alinea besproken.

#### 4.2.2. Kansen

##### *Beheer van Holtingerveld*

Een goede habitatkwaliteit voor de brede geelgerande waterroofkever kan het beste gerealiseerd worden door te zorgen voor een gunstige hydrologische situatie. Dat wil zeggen stabiele waterstanden, aanvoer van mineralenrijk gebufferd grondwater.

In het beheerplan van het Holtingerveld is daarin voorzien met de volgende maatregelen:

1. Dichten sloten en greppels in de directe omgeving van de vennen.
2. Terugzetten van bosranden om verdamping te verminderen.
3. Omleiden Wapserveense waterleiding.

Belangrijk is daarbij dat het terugzetten van bos niet op de venrand zelf gebeurt maar hogerop in het inziggebied. Immers de bomen op de venrand spelen vermoedelijk een rol in levenscyclus van de zo belangrijke kokerjuffers. Het verminderen van verdamping (en tevens de invang van stikstof) in het inziggebied kan door het kappen van bomen, maar ook deels door omvorming van naaldbos naar loofbos.

Naast sturing op hydrologie, kan ook op standplaatsniveau de kwaliteit van het leefgebied verbeterd worden. Deze wordt vooral in het Brandeveen op veel plekken beperkt door hoogveenontwikkeling langs de oevers. Door op een aantal plekken langs de oever de hoogveenontwikkeling terug te zetten, blijft de aquatische overgang tussen beboste oever en helofytenverlanding in voldoende mate aanwezig.

##### *Beheer van omringende Natura2000-gebieden Dwingelderveld en Leggelderveld*

In beide gebieden is de brede geelgerande waterroofkever deze eeuw waargenomen. In het Zandveen (Dwingelderveld) is in 2009 een adult gevangen en ook in de Vledder Aa (Leggelderveld) is een onbevestigde waarneming gedaan. Recent is de soort niet teruggevonden in deze gebieden, maar wordt bij lage dichtheden snel over het hoofd gezien. Daarnaast kan de brede geelgerande waterroofkever goed vliegen en de gebieden vanuit het Holtingerveld wellicht koloniseren.

Momenteel zijn beide gebieden rijk aan vennen waarin verschillende typen verlandingsvegetatie tot ontwikkeling komen. Het beheer van deze vennen is echter niet afgestemd op mogelijke vestiging en uitbreiding van de soort (zie paragraaf 4.2.1). Door

in het beheer te sturen op een goede hydrologie voor de ontwikkeling van larvaal keverhabitat in combinatie geschikt kokerjufferhabitat kan mogelijk nieuw leefgebied ontwikkeld worden. Daarnaast kan op reeds geschikte plekken de ontwikkeling van hoogveen getemperd worden, zodat potentieel geschikt keverhabitat niet verloren gaat aan voortschrijdende successie.

### *Laagveengebieden*

Mogelijk zijn vennen van nature niet het optimale habitat voor de brede geelgerande waterroofkever. Immers de soort is afhankelijk van hoge dichtheden kokerjuffers, slakken en vissen. Deze prooien komen in andere landschappen (laagveen en voorheen rivierengebied) veel meer en vaker voor. Daarnaast is de soort afhankelijk van helofyten die ook in het laagveen voorkomen. Buitenlandse vindplaatsen hebben regelmatig een laagveenachtig karakter. De brede geelgerande waterroofkever wordt daar regelmatig gevangen met kevers die kenmerkend zijn voor laagveen zoals de gestreepte waterroofkever (*Graphoderus bilineatus*) en veengeelgerande waterroofkever (*Dytiscus dimidiatus*) (Schmidt en Hendrich 2013). Het is dan ook niet verwonderlijk dat enkele oude waarnemingen uit laag Nederland stammen ('s Graveland en Ankeveen beide in 19<sup>de</sup> eeuw). In 2012 is een onbevestigde waarneming gedaan in de Wieden.

Er liggen dus kansen in de Nederlandse laagvenen, vooral de Weerribben en Wieden vanwege de ligging ten opzichte van het huidige leefgebied. Het optimaliseren van deze kansen voor ontwikkelen van geschikt habitat vereist echter nog wel wat werk in de vorm van identificeren van kansrijke plekken met juiste begroeiing en leefomstandigheden van kokerjuffers (zie volgende paragraaf).

## 5. Volgende stappen naar een duurzaam behoud van de brede geelgerande waterroofkever

Om de hierboven genoemde kansen voor de brede geelgerande waterroofkever te realiseren, is nog wat werk nodig. Het betreft een vertaling van de nieuwe kennis naar de praktijk van het veld evenals het beantwoorden van enkele nieuw opgekomen vragen.

### 5.1. Verbetering en uitbreiding leefgebied

#### *Achterhalen oorzaken en keren van de achteruitgang in het Booy's veentje*

De keverpopulatie in het Booy's veentje is de afgelopen jaren sterk achteruitgegaan. Vermoedelijk ligt de oorzaak in het verdwijnen van een groot deel van de waterdriebladbegroeiing. Wat hiervan de oorzaak is en of dit proces omkeerbaar is, is niet bekend. Het is **zeer urgent** om duidelijk te krijgen of en hoe deze ontwikkeling teruggedraaid kan worden. Als dat niet gebeurt dan is het heel goed mogelijk dat we binnen enkele jaren afscheid moeten nemen van deze prachtige soort.

#### *Inzicht in leefgebied in Holtingerveld, Dwingelderveld en Leggerderveld*

De brede geelgerande waterroofkever is een soort die lastig is waar te nemen. Tijdens eerdere inventarisaties is slechts één nieuwe vindplaats aangetroffen (Cuppen et al. 2006, Reemer et al. 2008). Met de ervaring met het leefgebied, die in dit project is opgedaan, is het mogelijk om gericht naar de soort te zoeken en deze mogelijk ook in andere water aan te tonen. De trefkans van de kevers kan vergroot worden door de gebruikelijke vangsten van adulten met fuiken uit te breiden met andere methoden. Allereerst kunnen bolwerken van kokerjuffers op zicht in kaart gebracht worden. Een dergelijke inventarisatie kan goed samengaan met onderzoek aan kokerjufferhabitateisen. Daarnaast is gebleken dat larven van de brede geelgerande waterroofkever over het algemeen gemakkelijker te vinden zijn dan de volwassen dieren. Daarom is gericht zoeken naar de larven in de juiste periode een goede aanvulling.

#### *Ontwikkeling van leefgebied in Holtingerveld, Dwingelderveld en Leggerderveld*

De huidige populatie in het Holtingerveld bestaat uit ongeveer 35 dieren en blijkt dus zeer kwetsbaar. De soort heeft dringend behoefte aan spreiding van het risico op uitsterven door uitbreiding van het leefgebied naar nabijgelegen Natura2000-gebieden. Met de ervaring die in dit project is opgedaan met de habitateisen van de brede geelgerande waterroofkever, kan potentieel leefgebied in andere vennen en gebieden in kaart worden gebracht. Daarnaast is het nu mogelijk om maatregelen te formuleren voor ontwikkeling en herstel van geschikt leefgebied.

### *Kansen voor ontwikkeling van leefgebied Weerribben en Wieden*

Het is evenzogoed verstandig om te kijken of de keverpopulatie zich kan uitbreiden naar het nabijgelegen laagveen. Daarvoor dienen in beeld gebracht te worden waar in deze gebieden de beste kansen voor de soort liggen in de vorm van geschikt vegetatie (waterdrieblad) en kokerjufferhabitat.

## **5.2. Habitateisen van kokerjuffers en brede geelgerande waterroofkever**

### *Habitateisen kokerjuffers*

In dit project is duidelijk geworden dat kokerjuffers een sleutelrol spelen in de ontwikkeling van de keverlarven. Echter, de omstandigheden die vereist zijn voor grote aantallen kokerjuffers zijn nog niet duidelijk. Vermoedelijk spelen overhangende takken van bomen en struiken hierbij een belangrijke rol. Dit is echter een vermoeden dat bevestigd moet worden alvorens daar op grote schaal het beheer van vennen op af te stemmen. Immers invallend bladmateriaal wordt over het algemeen juist beschouwd als nadelig voor het ecologisch functioneren van vennen. Meer inzicht in de habitateisen van de grote soorten kokerjuffers is dus dringend nodig. Een combinatie van literatuur-, veld- en labonderzoek kan hierin gemakkelijk voorzien.

### *Optimaal eiafzetsubstraat*

In de literatuur worden verschillende plantensoorten genoemd als geschikte plekken voor eiafzet. Voor de Nederlandse populaties zouden vooral snavelzegge (en evt. andere grote zegge), waterdrieblad en mogelijk slangenwortel belangrijke soorten zijn. Het is echter heel goed mogelijk dat er grote verschillen zijn in voorkeur van de vrouwtjes voor deze plantensoorten of dat er verschillen zijn in uitkomstsucces tussen eieren afgezet in de verschillende soorten. Met andere woorden: mogelijk zijn niet al deze plantensoorten even geschikt voor eiafzet en dient het beheer zich meer te richten op het stimuleren van bepaalde soorten.

Om schade aan de kwetsbare Nederlandse populatie te voorkomen, is het zinvol om dit in samenwerking met een buitenlandse partner uit te zoeken.

## 6. Dankwoord

Een groot aantal personen heeft zich ingezet om dit project te realiseren en het een succes te maken. Wij zijn hen allen zeer dankbaar.

Dit project was niet mogelijk geweest zonder de toestemming van de eigenaren en beheerders van de vennen in het Holtingerveld: R. Pigeau, W. van der Velde en R. Popken.

In dit project is een enorme hoeveelheid werk verzet door twee personen die er maanden eigen tijd in hebben gestoken. I. Scholten heeft vanuit de universiteiten Utrecht en Nijmegen haar stageonderzoek uitgevoerd aan de voedseleecologie van de keverlarven. J. Brouwer is op dit project bij Stichting Bargerveen begonnen als vrijwilliger en heeft zich gestort op de volwassen kevers en de ontwikkeling van de prooibeschikbaarheid in het veld. Zonder hun mateloze inzet hadden we nu veel minder geweten van de waterkever.

De provincie Drenthe (K. Uilhoorn, H. Dekker), het ministerie van EZ (D. Bal) en Natuurmonumenten (T. van de Broek en R. Douwes) hebben zich ingezet om de financiering te regelen.

De prachtige foto's van de volwassen en larvale kevers zijn gemaakt en beschikbaar gesteld door Paul van Hoof Natuurfotografie. Het televisieteam van Vara's Vroege Vogels heeft foto's beschikbaar gesteld die met een drone gemaakt zijn het Booy's veentje.

Wilco Verberk van de Radboud universiteit Nijmegen heeft zijn apparatuur en expertise beschikbaar gesteld voor de zuurstofmetingen en een belangrijke rol gespeeld bij de analyse van deze data.

Bram Koese heeft op verschillende momenten meegedacht met de onderzoeksaanpak, informatie geleverd over brede geelgerande waterroofkever en over eerder onderzoeken aan de soort.

Arend-Jan van Dijk en Eeuwe Dijk worden bedankt voor hun bijdrage in het bij elkaar sprokkelen van luchtfoto's en voor gebied specifieke kennis. Evi Verbaarschot heeft geholpen met luchtfotoanalyses in GIS.

Onze buitenlandse contacten, Maila Moor, Mogens Holmer, Lars Iversen en Valērijs Vahruševs waren zeer behulpzaam met het delen van hun inzichten. Valērijs Vahruševs heeft natuurlijk een sleutelrol gespeeld in het project doordat hij ons heeft voorzien van eieren van de brede geelgerande waterroofkever.

Eelke Jongejans heeft geholpen bij de populatieschattingen.

## 7. Literatuur

- Arts, G. H. P., E. Brouwer, M. A. P. Horsthuis, en N. A. C. Smits. 2012. Herstelstrategie H3160: Zure vennen.
- Arts, G. H. P., J. H. J. Schaminée, en P. J. J. Van den Muckhof. 1988. Human impact on origin, deterioration and maintenance of Littorelletalia-communities. Proceedings of the 5th symposium on synanthropic flora and vegetation, 1988. Martin, Czechoslovakia.:11-18.
- Bauer, K. M., en U. N. Glutz von Blotzheim. 1966. Handbuch der Vögel Mitteleuropas (1). Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.
- Bauer, K. M., en U. N. Glutz von Blotzheim. 1968. Handbuch der Vögel Mitteleuropas (2). Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.
- Belarus, C. f. E. o. t. R. o. 1993. Black Book of the Belarus Republic. Minsk „Belaruskaya Encyclopaedia“, Petrus Brouki.
- Benjamini, Y., en Y. Hochberg. 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society* **57**:289-300.
- Blunck, H. 1923. Zur Kenntnis des „Breitrands“ *Dytiscus latissimus* L. und seiner Junglarve. *Zoologischer Anzeiger* **57**:157-168.
- Blunck, H., en B. H. Klynstra. 1929. Die Kennzeichen der Jugendstände in Deutschland und Holland vorkommender *Dytiscus*-Arten. *Zoologischer Anzeiger* **81**:114-140.
- Cech, M., en P. Cech. 2015. Non-fish prey in the diet of an exclusive fish-eater: the Common Kingfisher *Alcedo atthis*. *Bird Study* **62**:457-465.
- Cramp, S., en K. E. L. Simmons. 1977. The birds of the Western Palearctic. Vol. I. . Oxford university press, Oxford.
- Cuppen, J. G. M., G. Van Dijk, B. Koese, en O. Vorst. 2006. De brede geelgerande waterroofkever *Dytiscus latissimus* in Zuidwest-Drenthe. EIS-Nederland, Leiden.
- Drenthe, P. 2015. Gebiedsanalyse PAS. Holtingerveld (29).
- Drenthe, P. 2016. Beheerplan Holtingerveld. Oerlandschap, gekneep door ijs en oorlog. Provincie Drenthe, Assen.
- Formanowicz, D. R. 1982. Foraging tactics os larvae of *Dytiscus verticalis* (Coleoptera, Dytiscidae) - The assessment of prey density. *Journal of Animal Ecology* **51**:757-767.
- Formanowicz, D. R., en E. D. Brodie. 1981. Pre-pupation behavior and pupation of the predaceous diving beetle *Dytiscus ventralis* Say (Coleoptera, Dytiscidae). *Journal of the New York Entomological Society* **89**:152-157.
- Galewski, K. 1971. A study on morphobiotic adaptations of European species of the Dytiscidae (Coleoptera). *Polskie Pismo Entomologiczne* **41**:487-702.
- Galewski, K., en E. Tranda. 1978. Chrzaszczce (Coleoptera). Rodziny Plywakowate (Dytiscidae), Fliakowate (Haliplidae), Mokzelikowate (Hygrobiidae), Kretakowate (Gyrinidae). *Fauna Slodkowodna Polski 10.- Polska Akademia Nauk Instytut Ekologii Zaklad Biologii Rolnej, Warschau.*
- Glickman, G. E., S. R. Rao, en M. R. Schultz. 2014. False discovery rate control is a recommended alternative to Bonferroni-type adjustments in health studies. *Journal of Clinical Epidemiology* **67**:850-857.
- Hendrich, L., en M. Balke. 2000. Verbreitung, Habitatbindung, Gefährdung und mögliche Schutzmaßnahmen der FFH-Arten *Dytiscus latissimus* Linnaeus, 1758 (Der Breitrand) und *Graphoderus bilineatus* (DeGeer, 1774) in Deutschland (Coleoptera: Dytiscidae). *Insecta, Berlin* **6**:98-114.
- Hendrich, L., en M. Balke. 2002. Breitrand (*Dytiscus latissimus*) und Schmalbindiger Breitflügel-Tauchkäfer (*Graphoderus bilineatus*). In: FARTMANN, T.,



- GUNNEMANN, H., SALM, P. UND E. SCHRÖDER: Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten – Empfehlungen zur Erfassung der Arten des Anhangs II und Charakterisierung der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie. Münster (Landwirtschaftsverlag), *Angewandte Landschaftsökologie* **42**:301-305.
- Hendrich, L., en M. Balke. 2005. *Dytiscus latissimus*, Linnaeus 1758.
- Hoch, K. 1938. Ist der Breitrand (*Dytiscus latissimus*) im Rheinland ausgestorben? *Rheinischer Naturfreund* **2**:62-63.
- Holmen, M. 1993. Fredede insekter i Danmark Del 3: Biller knytter til van. *Entomologiske Meddelelser* **61**:117-134.
- Inoda, T. 2011a. Cracks or holes in the stems of oviposition plants provide the only exit for hatched larvae of diving beetles of the genera *Dytiscus* and *Cybister*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **140**:127-133.
- Inoda, T. 2011b. Preference of oviposition plant and hatchability of the diving beetle, *Dytiscus sharpi* (Coleoptera: Dytiscidae) in the laboratory. *Entomological Science* **14**:13-19.
- Ivlev, V. S. 1961. Experimental ecology of feeding of fishes.
- Johansson, A., en A. N. Nilsson. 1992. *Dytiscus latissimus* and *D. circumcinctus* (Coleoptera, Dytiscidae) larvae as predators on 3 case-making caddis larvae. *Hydrobiologia* **248**:201-213.
- Jones, J. D. 1961. Aspects of respiration in *Planorbis corneus* L. and *Lymnaea stagnalis* L. (Gastropoda: Pulmonata). *Comparative Biochemistry and Physiology* **4**:1-29.
- Koese, B., J. G. M. Cuppen, G. Van Dijk, en O. Vorst. 2010. Populatieschatting van de brede geelgerande waterroofkever *Dytiscus latissimus* in Nederland. EIS-Nederland, Leiden.
- Leper, R., D. Welink, en R. Lanting. 2015. Vegetatiekartering Ooster- en Westerzand, Booijsveen. Eelerwoude, Projectnummer: 7217.
- Leuven, R. S. E. W., en F. G. F. Oyen. 1987. Impact of acidification and eutrophication on the distribution of fish species in shallow and lentic soft waters of The Netherlands: an historical perspective. *Journal of Fish Biology* **31**:753-774.
- Michel, M. J., en M. M. Adams. 2009. Differential effects of structural complexity on predator foraging behavior. *Behavioral Ecology* **20**:313-317.
- Nilsson, A. N., en M. Holmen. 1995. The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. *Fauna Entomologica Scandinavica* **32**:1-192.
- Nilsson, A. N., en S. Persson. 1989. The distribution of predaceous water beetles (Coleoptera: Noteridae, Dytiscidae) in Sweden. *Entomologica Basiliensia* **13**:59-149.
- NNI. 1980. Water: benodigdheden, werkwijze en medium voor het kweken van *Daphnia magna* en van de hiervoor als voedsel benodigde algen. NEN6503, Nederlands Normalisatie Instituut.
- Rau, A. 1888. *Handbuch für Käfer-Sammler*. Creutzsche Verlagsbuchhandlung, Magdeburg:1-494.
- Reemer, M., J. G. M. Cuppen, G. Van Dijk, B. Koese, en O. Vorst. 2008. De brede geelgerande waterroofkever *Dytiscus latissimus* in Nederland.
- Schaefflein, H. 1989. Dritter Beitrag zur Dytiscidenfauna Mitteleuropas (Coleoptera) mit ökologischen und nomenklatorischen Anmerkungen. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A (Biologie)* **430**:1-39.
- Schmidt, G., en L. Hendrich. 2013. Abundance and population dynamics of *Dytiscus latissimus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Dytiscidae) in north-east Germany, a species listed in the EU Species and Habitats Directive Jahrestagung, Potsdam.
- Schunselaar, S., en S. Rijpkema. 2012. Achtergronddocument Water Havelte-Oost. Grontmij Nederland B.V. Assen.
- Staněk, V. J. 1984. *Das farbige Buch der Käfer*. Hanau/Main, Dausien.

- Steinhäuser, R. 1935. Von Blutegeln und seltenen Wasserkäfern b. Berlin. Blätter für Aquarienkunde **46**:208-209.
- Telnov, D. 1996. Check-List of Aquatic Coleoptera of the Fauna of Latvia. Unpublished.
- Vahruševs, V. 2009a. Conceptual application of *Dytiscus latissimus* Linnaeus, 1758 (Dytiscidae, Coleoptera) gathering methods in natural habitat. Acta Biol. Univ. Daugavp. **9**:173-180.
- Vahruševs, V. 2009b. Methodological aspects of study on biology and development cycles of *Dytiscus latissimus* (Coleoptera: Dytiscidae) in laboratory environment. Spring-summer period. Acta Biol. Univ. Daugavp. **9**:163-172.
- Vahruševs, V. 2011. Technological aspects of keeping *Dytiscus latissimus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Dytiscidae) in laboratory conditions. Acta Biol. Univ. Daugavp. **11**:201-218.
- Vahruševs, V., en M. Kalniņš. 2014. Broadest Diver *Dytiscus latissimus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Dytiscidae) in the Baltic States: a rare or little known species. Zoology and Ecology **23**:203-216.
- Van Dijk, G. 2006. De Brede geelgerande waterroofkever *Dytiscus latissimus* na 38 jaar weer in Nederland opgedoken (Coleoptera: Dytiscidae). Nederlandse Faunistische Mededelingen **24**:1-6.
- Van Dijk, G., A. J. P. Smolder, R. Loeb, A. Bout, J. G. M. Roelofs, en L. P. M. Lamers. 2015. Salinization of coastal freshwater wetlands; effects of constant versus fluctuating salinity on sediment biogeochemistry. Biogeochemistry **126**:71-84.
- Van Kleef, H. 2010. Identifying and crossing thresholds in managing moorland pool macroinvertebrates. Thesis, Radboud University, Nijmegen.
- van Kleef, H. H., W. Verberk, R. Leuven, H. Esselink, G. van der Velde, en G. A. van Duinen. 2006. Biological traits successfully predict the effects of restoration management on macroinvertebrates in shallow softwater lakes. Hydrobiologia **565**:201-216.
- Verberk, W. C. E. P., en D. T. Bilton. 2015. Oxygen limited thermal tolerance is seen in a plastron breathing insect, and can be induced in a bimodal gas exchanger. Journal of Experimental Biology **218**:2083-2088.
- Versfelt, H. J., en M. Schroor. 2001. De Franse kaarten van Drenthe en de noordelijke kust 1811-1813. Heveskes Uitgevers, Groningen.

## Bijlage 1: Questionnaire

### *Distribution, threats and conservation*

1. What kind of water types constitute important habitat? How can we characterise them in terms of chemical parameters (pH, EGV, nutrients, ion), vegetation, lake sediment, depth, presence of fish and birds, coexisting other large Dytiscidae etc.?
2. Can you provide photographs of latissimus-habitat?
3. Can you provide coordinates of current and historical distribution of latissimus-habitat?
4. To what extent are these water types influenced by human activities, such as various kinds of nature management, aquaculture or recreation?
5. Which characteristics/ environmental conditions have to be met to make a water body suitable habitat? In other words, what are the most important habitat requirements?
6. Are the habitat requirements in the previous question stringent enough to explain why the species is as rare as it is?
7. What are the historical and current threats for the species? In other words, why is it so rare and which current threats do we have to tackle to prevent extinction?
8. How do the threats of the previous question, influence the species life cycle? Which developmental stages undergo bottlenecks and what are the causal reasons?
9. Is the species protected in your country and do conservation and nature management safeguard this species so far?

### *Life cycle*

#### *Reproduction and eggs*

10. Do you know of any studies on female fecundity and egg survival?
11. Is egg survival and/or hatching success influenced by water chemistry, substrate of ovipositioning or biotic interactions (parasites, predation)?
12. Is it possible to identify eggs of *D. latissimus* in the field and distinguish them from other species?
13. How would you characterise suitable sites for ovipositioning in terms of plants, depth, exposure to sun and wind, bank steepness?
14. Can you provide photographs of plants with latissimus eggs?
15. Is it possible to recognize unviable eggs which are deposited in plants and how can this be done?
16. Is it possible to induce ovipositioning in the lab and how can this be achieved? Is it enough to keep mated females in an aquarium with suitable substrate or should the mating take place in the lab?

### Larval ecology

17. Do you know of studies on larval phenology (growth during the season, timing of larval stages, survival)?
18. Does phenology of *latissimus* differ from that of other *Dytiscus*-species that may compete with it?
19. Is larval development and survival influenced by water chemistry, biotic interactions (prey, parasites, predation) or other habitat characteristics?
20. Are larvae active during day, night or both?
21. The larvae live between water plants. Do they have specific requirement regarding the structure of submerged vegetation?
22. Have there been any studies on prey availability in larval habitat?
23. Have there been any studies on required prey density in larval habitat?
24. How does prey availability change during the period of larval development?
25. What are the best methods for gathering larvae, with a minimum of damage to the species' habitat?
26. How large is mortality and/or damage to larvae during transport and in captivity? What is the best method for transporting larvae?
27. How can larvae best be kept (cooled, room temperature, etc.) in between experiments?
28. If larvae are kept without food for approximately 12 hours, will this be detrimental to their development and/or survival?
29. Do third instar larvae forage prior to pupation?
30. How do you know whether a third instar larva is ready to pupate?

### Adult ecology

The following questions are more or less identical to the questions regarding larval ecology.

31. Do they have specific requirement regarding the structure of submerged vegetation?
32. Have there been any studies on food availability in adult habitat?
33. Have there been any studies on required food density in adult habitat?
34. Do you know of any studies on adult survival?
35. Is adult survival influenced by water chemistry, biotic interactions (species of prey, parasites, predators, competitors) or other habitat characteristics?

36. How large is mortality and/or damage to adults during transport? What is the best method for transporting larvae?
37. Are there records of flying adults, what distances can they cover?

#### *General*

38. In your expert opinion, which stage in the life cycle is most vulnerable and influential in the survival of entire population and why?
39. The habitat of *D. latissimus* is often described as fishery ponds. What benefits would this kind of human land use provide to the species? How do these benefits correspond to the more natural water types were the species persists?
40. Which other Coleopteran-specialists should we contact for our questionnaire?

## Bijlage 2: Impressies van habitat van de brede geelgerande waterroofkever



*Foto M. Holmer.*



*Foto M. Holmer.*



*Foto M. Holmer.*



*Foto M. Holmer.*



*Foto M. Holmer.*



*Foto M. Holmer..*





*Foto M. Holmer*



*Foto M. Holmer.*



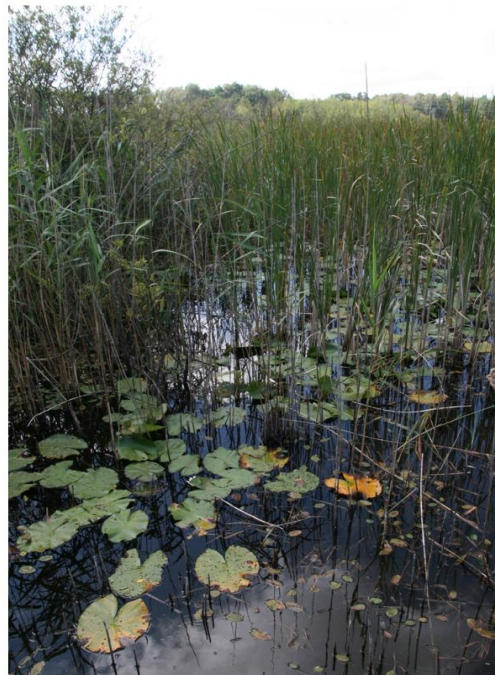
*Foto M. Holmer.*



*Foto Zerwelin see (Noordoost Duitsland, regio Norduckermärkische Seenlandschaft) aug 2016, G. van Dijk. Met waterlelie (Nymphaea alba) en kranzwieren (Chara spec.) in het water en galigaan (Cladium mariscus) en grote zegge langs de oever.*



*Foto Rotes Moor (Noordoost Duitsland, regio Mecklenburger Großseenland) aug 2016 G. van Dijk. Water met drijvend fonteinkruid, waterlelie en krabbenscheer. Langs de oever een brede zone met mix van grote zegge, riet en wilgenstruweel.*



*Foto Rotes Moor (Noordoost Duitsland, regio Mecklenburger Großseenland) aug 2016 G. van Dijk.*

**Bijlage 3: Positionering van de fuiken bij de monitoring van imago's**



*Booy's veentje*



*Kolonieveen*



*Brandveen*