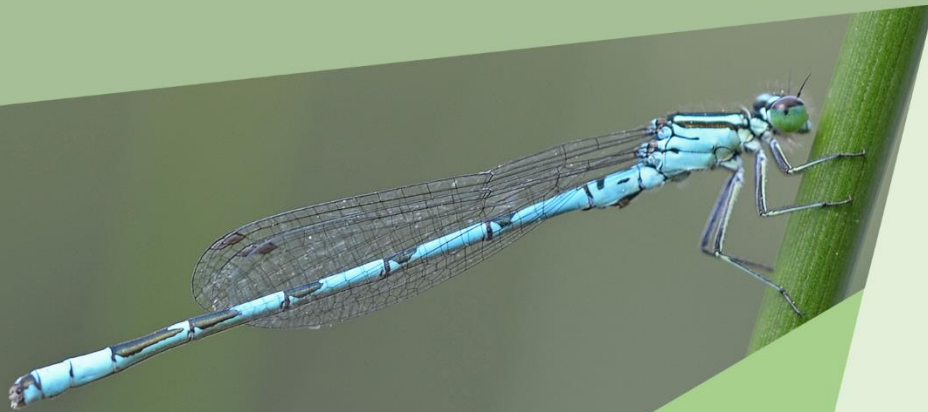


Verklaring versnelde afname van venlibellen in Nederland

Afstudeerwerkstuk



Kars Klein Wolterink
Aeres Hogeschool Almere

Verklaring versnelde afname van venlibellen in Nederland

Afstudeerwerkstuk

Kars Klein Wolterink
Aeres Hogeschool

Hoofddorp, september 2020

Disclaimer

Dit rapport is opgesteld door een student van de faculteit Almere van de Aeres Hogeschool als onderdeel van een opleiding toegepaste biologie. Dit rapport is geen officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Aeres Hogeschool aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade die stamt uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Bron omslagfoto: Diederick Meinen, 2016



Voorwoord

Dit onderzoeksverslag heb ik opgesteld in het kader van mijn studie toegepaste biologie aan de Aeres hogeschool Almere. In dit onderzoeksverslag wordt ingegaan op de versnelde afname van venlibellen ten opzichte van andere libellensoorten in Nederland. Naar aanleiding van de feedback op het vooronderzoek zijn enkele aanpassingen aan de inleiding gedaan, waarbij de relevantie van het onderzoek extra is toegelicht. Verdere feedback is verwerkt om de andere secties van het rapport aan te passen, waarbij ook deelvraag 5 aangepast is om beter aan te sluiten op de rest van de informatie.

Ik wil graag mijn afstudeerdocent Dinand Ekkel bedanken voor de feedback en begeleiding tijdens het maken van het rapport. Naast Dinand wil ik ook medestudent Sander van den Broek bedanken voor het geven van feedback op stukken die extra controle vereisten.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Kars Klein Wolterink
Hoofddorp, september 2020

Samenvatting

Insectenpopulaties wereldwijd gaan zeer snel achteruit. Veel van de berichtgeving gaat over bestuivers, wegens het grote financiële belang. Een soortgroep waarmee het tevens zeer slecht gaat, maar waar weinig over wordt geschreven, zijn venlibellen.

Voor de achteruitgang van libellen in het algemeen zijn veel verschillende oorzaken bekend, maar waarom venlibellen sneller achteruitgaan dan andere libellen was niet onderzocht. De maanwaterjuffer (*Coenagrion lunulatum*), speerwaterjuffer (*Coenagrion hastulatum*) en venglazenmaker (*Aeshna juncea*) zijn 3 libellen die in Nederland zeldzaam voorkomen en een zeer sterke achteruitgang vertonen. De libellen doen het vrij goed in Noord-Europa, maar vertonen elders een vergelijkbare achteruitgang. De versnelde achteruitgang van deze libellen binnen Nederland is onderzocht voor dit rapport door middel van een literatuuronderzoek.

Bekende oorzaken voor de afname van libellen in het algemeen zijn onderzocht. Vervolgens is gekeken welke risico's zwaarder wegen voor venlibellen dan andere libellen en daarmee de versnelde afname teweeg brengen. De invloed van soorteigenschappen, exoten, droogte, accumulatie van slib, verzuring, disbalans in de nutriëntenhuishouding, geleidbaarheid, versnippering en onjuist natuurbeheer zijn onderzocht. De effecten zijn vervolgens gewogen aan de hand van de gevonden literatuur, om zo te bepalen welke invloeden het grootste effect op venlibellen in verhouding tot andere libellen hebben.

Uit de resultaten bleek dat meerdere oorzaken meer effect hebben op venlibellen dan op andere libellen. Droogte vormde het grootste risico voor libellen in het algemeen, maar vooral een groot risico voor venlibellen. Dit komt doordat het habitat waarin de 3 onderzoekslibellen voorkomen zeer gevoelig is voor verdroging door de lage waterdiepte en het specifieke vegetatiebeeld wat de larven nodig hebben om uit te sluipen. De druk van exoten werd vooral gevormd door zonnebaarzen, omdat van nature in de vennen waar venlibellen voorkomen geen vis voorkomt. Vennen zijn gevoelig voor verzuring en sterke verzuring kan leiden tot plaatselijke uitsterving van venlibellen. De soorteigenschappen van venlibellen zijn tevens erg nadelig.

Sommige oorzaken voor de achteruitgang van libellen zijn onvoldoende onderzocht om een zeer precieze weging te maken. Om deze afweging concreter te maken moeten voor de vennen waarin de onderzoekslibellen voorkomen specifieke praktijkonderzoeken worden gedaan.

Al met al is niet een specifieke oorzaak bepalend voor de versnelde achteruitgang van venlibellen. De versnelde achteruitgang wordt veroorzaakt door de versterkte gevoeligheid van venlibellen ten opzichte van andere libellen voor verschillende risico's. Droogte is het meest schadelijk, maar exoten, soorteigenschappen en verzuring dragen tevens bij aan de versnelde afname van venlibellen.

Abstract

Insect populations are suffering a very severe global decline. A lot of publications focus on pollinators, because of their financial merits. A different group of species that are suffering from a severe decline, are acid water dragonflies.

There are several well-known reasons for the decline of dragonflies. The reason why acid water dragonflies show a faster decline than other dragonflies however, is not as well researched or described. The crescent bluet (*Coenagrion lunulatum*), spearhead bluet (*Coenagrion hastulatum*) and moorland hawker (*Aeshna juncea*) are 3 rare species that are showing a rapid decline in the Netherlands. The rapid decline of these 3 species is researched in this report, using a collection of available literature.

Reasons known to cause a decline in dragonfly populations were researched. These reasons were then looked at, to see whether they impact acid water dragonflies more severely than other species, causing the faster decline. The influence of species characteristics, invasive species, drought, accumulation of sludge, acidification, a lack of balance in water chemistry, conductivity, habitat fragmentation and lack of proper nature conservation were researched. Afterwards the impact of each effect was weighted according to relevant literature, to check which effects had the largest impact on acid water dragonflies compared to other species of dragonfly.

The results showed multiple effects have a more negative effect on acid water dragonflies than on other species. Drought has the biggest impact on dragonflies in general, and an even larger impact on acid water dragonflies. The pressure of invasive species has a large effect on acid water dragonflies in the form of sunfish. Moorland pools are sensitive to acidification, and severe acidification can lead to local extinction of dragonflies. The species characteristics of acid water dragonflies also influence them negatively.

Some of the researched effects have been inadequately researched, making it difficult to make an accurate measurement of their effect. To make these measurements more reliable, specific research into these effects has to be done in pools where the 3 researched species occur.

In conclusion, it is not possible to name a single reason for the rapid decline of acid water dragonflies. The faster decline is mostly caused by the increased sensitivity to well-known reasons for the decline of dragonflies. Droughts cause the most issues, but invasive species, negative species characteristics and acidification also contribute to the rapid decline.

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	8
2. Materiaal en methode	11
2.1 Methode	11
2.2 Analyse.....	11
2.3 Zoektermen	12
3. Resultaten	15
3.1 Deelvraag 1 - Droogte	15
3.1.1 Verspreiding en habitatsvoorkeur maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker	15
3.1.2 Overige soorteigenschappen maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker	16
3.1.3 Verspreiding en habitatsvoorkeur koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel	16
3.1.4 Overige soorteigenschappen koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel	17
3.1.5 Samenvattend	17
3.2 Deelvraag 2 – Invloed van exoten.....	18
3.2.1 Impact van zoetwaterexoten in Nederland op libellen	18
3.2.1.1 Impact van zoetwaterexoten specifiek op venlibellen	18
3.2.2 Invasieve waterplanten	20
3.2.2.1 Implicaties van invasieve waterplanten voor venlibellen	20
3.3 Deelvraag 3 – Invloed van droogte	21
3.3.1 Droogte in Nederland	21
3.3.2 Effecten van droogte op libellen	21
3.3.3 Effecten van droogte op habitats van libellen.....	21
3.3.4 Implicaties van droogte voor venlibellen	22
3.4 Deelvraag 4 – Invloed van andere abiotische factoren	23
3.4.1 Accumulatie van slib.....	23
3.4.2 Zuurgraad	23
3.4.3 Geleidbaarheid	23
3.4.4 Disbalans in de nutriëntenhuishouding.....	23
3.5.5 Implicaties van andere abiotische factoren voor venlibellen.....	24
3.5 Deelvraag 5 – Invloed van menselijke ingrepen	25
3.5.1 Versnippering	25
3.5.2 Natuurbescherming.....	25
3.5.3 Implicaties voor venlibellen.....	25
4. Discussie	26
4.1 Reflectie op de onderzoeksmethode en validiteit.....	26
4.2 Reikwijdte van het onderzoek	26
4.3 Interpretatie van de resultaten	27
4.3.1 Verklaring waardes tabel 4.1.....	27

4.3.2 Verdere interpretatie resultaten	29
5. Conclusie	32
5.1 Antwoorden op deelvragen	32
5.2 Antwoord op de Hoofdvraag	34
5.3 Aanbevelingen	35
Referenties	36

1. Inleiding

In de huidige tijd is er veel berichtgeving over de achteruitgang van insectenpopulaties wereldwijd. De achteruitgang van insecten is dermate sterk, dat in de afgelopen 27 jaar in geselecteerde gebieden een achteruitgang van 75 procent van vliegende insecten is waargenomen (Hallman et al., 2017). Veel onderzoek wordt toegespitst op bestuivers, waarbij het vooral gaat om bijen en vlinders. Een reden voor deze richting is onder andere omdat landbouw grotendeels afhankelijk is van bestuivers (Thomann, Imbert, Devaux, & Cheptou, 2013). Deze economische impact biedt reden om meer te kijken naar bestuivers dan naar andere invertebraten zoals libellen (Gallai, Salles, Settele, & Vaissière, 2019). Onderzoek naar andere invertebraten is echter buiten de landbouw zeer waardevol. Zo is het bepalen van libellendiversiteit waardevol bij onderzoek naar milieugezondheid en conservatie vanwege hun specifieke niches en gevoeligheid voor degradatie van deze niches (Kalkman et al., 2007).

Van de 58 soorten libellen die in Nederland voorkomen zijn de laatste 10 jaar 22 soorten erop vooruitgegaan, zijn 11 soorten stabiel en zijn de overige 25 soorten achteruitgegaan (van Swaay et al., 2020). Een aantal libellensoorten beleefden in 2018 en 2019 rampzalige jaren, waarbij vooral populaties van venlibellen het erg slecht deden (Vlinderstichting, 2019). De maanwaterjuffer (*Coenagrion lunulatum*) en speerwaterjuffer (*Coenagrion hastulatum*) zijn 2 soorten die in 2019 in het meetnet van vrijwilligers in mindere mate werden aangetroffen dan in voorgaande jaren. De trend van deze soorten is zorgwekkend en in 2018 en 2019 zijn beide soorten verdwenen van een aantal locaties waarvan bekend was dat ze er voorheen voorkwamen. Ook met de venglagenmaker (*Aeshna juncea*), een andere soort typerend voor arme vennen, gaat het slecht. Deze soort werd in het meetnet helemaal niet aangetroffen in 2019 (Vlinderstichting, 2019; van Swaay et al., 2020). Hoewel het in Nederland met deze soorten zeer slecht gaat staan ze niet op de Europese rode lijst van libellen (Kalkman et al., 2010). Ook op een suggestie voor een vernieuwde rode lijst uit 2012 waar meer soorten op staan, staan ze niet (Sahlen, Bernard, Rivera, Ketelaar, & Suhling, 2012). Alle drie de soorten staan echter wel op de Nederlandse rode lijst. De speerwaterjuffer is ernstig bedreigd en de andere twee soorten worden als kwetsbaar beschreven (Vlinderstichting, 2016). De keuze voor maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglagenmaker is gemaakt omdat deze soorten specialisten zijn die alleen rond vennen voorkomen.

Naast de venglagenmaker, speerwaterjuffer en maanwaterjuffer gaat het ook slecht met de zwarte heidelibel (*Sympetrum danae*) (Moore, 1986; van Swaay et al., 2020). Deze soort staat althans niet als een bedreigde soort op de Nederlandse rode lijst, maar heeft wel een aantal overeenkomsten met de venglagenmaker, speerwaterjuffer en waterjuffer. Zo overlapt het verspreidingsgebied en het type biotoop waarin de libellen voorkomen grotendeels (Dijkstra, 2019). De dalende trend houdt voor alle vier de soorten al meerdere jaren aan, maar is extra sterk in de laatste 2 jaar (Bouwman et al., 2008). Wat de zwarte heidelibel echter onderscheidt van de andere soorten is buiten het grotere verspreidingsgebied, ook het grotere kolonisatievermogen (Vlinderstichting D, z.d.). De andere soorten zwerven weinig tot niet, maar de zwarte heidelibel zwerft veel, maar in kleine aantallen (Dijkstra, 2019). De maanwaterjuffer lijkt in tegenstelling tot de venglagenmaker en speerwaterjuffer zich echter wel bij nieuwe plassen te vestigen (Vlinderstichting A, B & C, z.d.).

Verschillende oorzaken voor de afname van libellen zijn onderzocht. De druk van exoten wordt zowel buiten als binnen Europa benoemd als negatief voor de stand van libellen. Buiten Europa vormen uitheemse planten een significante bedreiging voor rode lijst libellen (Taylor & Samways, 2004). In Nederland komt de druk van exoten vooral uit andere dieren in plaats van planten. De uitheemse zonnebaars (*Lepomis gibbosus*) komt in veel poelen en vennen voor (Bouma, 2019). Deze vis vormt

een sterke bedreiging voor de inheemse fauna van poelen en vermeerdert zich in hoog tempo. In deze poelen komen ook de larven van libellen voor, die gegeten worden door de zonnebaars. De zonnebaars komt ook veel voor in vennen die in eerste instantie geen visbestand hadden (NVWA, 2019).

Droogtes zijn vooral schadelijk voor invertebraten met een laag kolonisatievermogen (Boulton, 2003). Sommige soorten hebben strategieën om droge periodes te overleven, maar het gaat hierbij vooral om buitenlandse soorten (Boulton, 2003). Voor insecten in stromende wateren geldt dat droogte in veel gevallen voor lokale uitsterving zorgt (Boulton & Lake, 2008). Ander onderzoek wijst echter uit dat invertebraten veel sneller dan vissen wateren koloniseren die droog hebben gestaan (Larimore, Childers, & Heckrotte, 2011). Onderzoek naar venpoelen na de droogte van 1976 gaf sterke veranderingen in de vegetatie rondom de onderzochte poelen aan ten opzichte van een normaal neerslagpatroon. Poelen met een lagere hoeveelheid nutriënten in het water vertoonden de grootste verschillen met de normale situatie (Sykora, 1979).

De extreem droge zomer van 2018, verschilde slechts 52mm neerslagtekort met de meest extreme gemeten droogte uit 1976 in Nederland (KNMI, z.d.). Ook 2019 was een extreem warm en een droog jaar, hoewel de droogte minder extreem was dan in 2018 (KNMI B, z.d.). De trend van eind mei 2020 gaf een vergelijkbare opkomende droogte aan en het voorjaar was zelfs droger dan in recordjaar 1976 (KNMI A, z.d.).

Ook zijn er onderzoeken aan de hand van vluchtperiodes uitgevoerd om te testen of libellen met een langere vluchtperiode gevoeliger zijn voor de achteruitgang van landschap. Hierbij is geen significant verschil voor de afname van libellen aan de hand van vluchtperiodes gevonden. Libellen met een lange vluchtperiode hadden een vergelijkbare last van de degradatie van landschap als libellen met een korte vluchtperiode (Kadoya, Suda, Tsubaki, & Washitani, 2008). Ongunstige voortplantingsomstandigheden tijdens de voortplantingsperiode zijn nadelig en hebben een hogere kans op voorkomen bij een kortere vluchtperiode (Dijkstra, 2019).

Voor de afname van venlibellen worden door de vlinderstichting als potentiële oorzaken accumulatie van slib, fluctuatie in waterpeil en disbalans in de nutriëntenhuishouding genoemd. Ook de toename van concurrentie door andere libellen wordt benoemd (Vlinderstichting, 2017). Ook is bij venglazenmakers een significant verschil gevonden bij de verhouding tussen het formaat van prooidieren en de ontwikkeling van larven (Hirvonen & Ranta, 1996).

Wat bekend is, is dat het in de meeste gevallen slecht gaat met libellen en naar een heel aantal verschillende oorzaken onderzoek is gedaan. Wat echter niet bekend is, is door welke oorzaak venlibellen sneller afnemen dan andere libellen. De vraag die hieruit af te leiden is luidt als volgt “Welke van de bekende oorzaken voor de afname van libellen zijn verantwoordelijk voor het feit dat venlibellen sneller afnemen dan andere libellen?”. Om dit te onderzoeken zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. “Welke soorteigenschappen hebben invloed op de achteruitgang van venlibellen en hoe verhoudt dit zich tot de invloed op de andere libellen in Nederland?”
2. “Welke invloed heeft de druk van exoten op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van de druk van exoten op venlibellen in Nederland?”
3. “Welke invloed heeft droogte op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van droogte op venlibellen in Nederland?”

4. “Welke invloed hebben andere abiotische factoren zoals de accumulatie van slib, zuurgraad en disbalans in de nutriëntenhuishouding op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van abiotische factoren op venlibellen in Nederland?”

5. “Welke invloed hebben menselijke ingrepen op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van menselijke ingrepen van op venlibellen in Nederland?”

6. “Welke oorzaak of welke van de oorzaken uit deelvraag 1 t/m 5 zijn doorslaggevend voor de versnelde afname van venlibellen?”

Dit onderzoek is waardevol in de context van natuurbescherming in de gebieden waar venlibellen voorkomen en voor vervolgonderzoeken naar de degradatie van libellen. Het beschermen van deze soorten is waardevol, omdat deze soorten uitstekende indicators zijn voor de gezondheid van vennen (Kalkman et al., 2007).

2. Materiaal en methode

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag “Welke van de bekende oorzaken voor de afname van libellen zijn verantwoordelijk voor het feit dat venlibellen sneller afnemen dan andere libellen?” is een literatuuronderzoek uitgevoerd. In dit onderdeel van het rapport worden de zoekmachines en zoektermen verklaard die zijn gebruikt.

2.1 Methode

Om de hoofdvraag te beantwoorden is zowel wetenschappelijke als niet wetenschappelijke literatuur gebruikt. De zoekmachine die gebruikt is om niet wetenschappelijke literatuur te vinden is Google. De kwaliteit van niet wetenschappelijke publicaties werd beoordeeld aan de hand van verschillende criteria. Zo moest de bron bij voorkeur van een bekende stichting of organisatie zijn. Voorbeelden van niet wetenschappelijke bronnen die zijn gebruikt zijn onder andere de Vlinderstichting, rijksoverheid en het KNMI. Andere niet wetenschappelijke bronnen moesten een vergelijkbare bekendheid hebben. Bij bronnen van een niet wetenschappelijke afkomst is tevens gekeken of deze refereerden naar wetenschappers (in het geval van bijvoorbeeld krantenartikelen) of wetenschappelijke literatuur en of de feiten uit de bronnen overeen kwamen met de huidige wetenschappelijke conclusies. Forums en opinie artikelen zijn niet meegenomen.

Voor het vinden van wetenschappelijke literatuur zijn Google Scholar, Science Direct en Springer gebruikt. Hoofdzakelijk Engelse zoektermen zijn gebruikt voor het vinden van Engelse internationale literatuur (zie: 2.3 Zoektermen), maar termen werden ook naar het Nederlands vertaald en gebruikt om te controleren of er Nederlandse literatuur beschikbaar was. Er is een backwards strategie gebruikt om bronnen te vinden. Hierbij zijn de referenties van gevonden wetenschappelijke literatuur bekeken om relevante bronnen te vinden, waar vervolgens dezelfde methode van analyse op werd toegepast. Wanneer recente literatuur nodig was, werd deze hoofdzakelijk door middel van zoektermen gevonden.

Gezien de snelheid waarmee de degradatie van insecten verandert, is waar beschikbaar gebruik gemaakt van de meest recente bronnen. Bij voorkeur was informatie omtrent de degradatie van insecten geschreven in de afgelopen 10 jaar. Indien recente informatie niet beschikbaar was, werd gekeken of bronnen nog corresponderen met de huidige beschikbare kennis en op basis daarvan wel of niet gebruikt. Vooral wanneer percentages of cijfers werden benoemd in een bron was het van belang dat deze bron recent was. Bronnen ouder dan 10 jaar moesten altijd peer-reviewed zijn. Wanneer recente literatuur ook peer-reviewed beschikbaar was ging hier altijd de voorkeur naar uit boven niet peer-reviewed bronnen.

Om deelvraag 6 te beantwoorden is gebruik gemaakt van een tabel waarin de risico's aan de hand van de antwoorden op deelvraag 1 tot en met 5 zijn gewogen. Hierbij is de weging van een dreiging in het algemeen een score van 1 tot 5 gegeven. Elke dreiging is vervolgens tevens een risicoscore voor zowel libellen in het algemeen als venlibellen gegeven.

2.2 Analyse

Om te controleren of een bron relevant was is eerst de titel en samenvatting van het artikel gelezen. Wanneer deze informatie relevant leek tot het onderzoek zijn de inleiding en conclusie gelezen. Wanneer specifiekere informatie uit een artikel nodig was zijn de resultaten en discussie gelezen. Nadat de eerste 5 deelvragen aan de hand van literatuur zijn beantwoord is voor de 5^e deelvraag een afweging gemaakt aan de hand van zowel de frequentie van een bedreiging als hoe schadelijk deze dreiging was.

Om te bepalen welke oorzaken doorslaggevend zijn voor de versnelde afname van venlibellen is een tabel opgesteld. In deze tabel wordt per risico voor libellen het volgende beschreven:

1. Risico venlibellen – In deze kolom wordt aangegeven hoe zwaar een specifieke dreiging een risico vormt voor de speerwaterjuffer, maanwaterjuffer en venglazenmaker.
2. Risico andere libellen - In deze kolom wordt aangegeven hoe zwaar een specifieke dreiging een risico vormt voor andere libellen.
3. Weging – In deze kolom wordt aangegeven hoe zwaar een bepaald risico weegt in verhouding tot de andere risico's.

Deze 3 kolommen zijn beoordeeld met een cijfer van 1 tot en met 5. Een dreiging die wordt beoordeeld met een 5 vormt een zeer groot risico, een dreiging die wordt beoordeeld met een 1 een zeer klein risico. Deze tabel is te vinden in het hoofdstuk discussie, evenals een beredenering voor de keuze van een bepaalde score.

2.3 Zoektermen

In onderstaande tabellen (tabel 2.1, 2.2 & 2.3) staat per deelvraag beschreven welke zoektermen zijn gebruikt om informatie te vinden.

Tabel 2.1: Zoektermen deelvraag 1 - Welke soorteigenschappen hebben invloed op de achteruitgang van venlibellen en hoe verhoudt dit zich tot de invloed op de andere libellen in Nederland?

Zoekmachine	Zoekterm
Google	Venlibellen
	Vlinderstichting libellen
	Veen libellen
	Libellen poelen
	Libellen van Nederland
Google Scholar Sciencedirect & Springerlink	Peat swamp dragonflies
	Acid dragonflies
	Decline flying insects
	Pond dragonflies
	Dragonflies peat swamps
	Moorland dragonflies
	European dragonflies

Tabel 2.2: Zoektermen deelvraag 2 - "Welke invloed heeft de druk van exoten op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van de druk van exoten op venlibellen in Nederland?"

Zoekmachine	Zoekterm
Google	Exoten libellen Exoten zoetwater Exoten Nederland Exoten insecten Exoten vis Exoten veen
Google Scholar Sciencedirect & Springerlink	Invasive species dragonflies Invasive species freshwater Invasive species Netherlands Fish dragonflies Fish moorland pools Moorland pools invasive species Ponds fish dragonflies

Tabel 2.3: Zoektermen deelvraag 3 - Welke invloed heeft droogte op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van droogte op venlibellen in Nederland?

Zoekmachine	Zoekterm
Google	Droogte 2018 Droogte 2019 KNMI droogte Droogte insecten Droogte veen Droogte libellen Droogte natuur
Google Scholar Sciencedirect & Springerlink	Drought insects Drought pools Drought aquatic ecosystems Drought dragonflies Dry insects Drought nature Precipitation dragonflies

Tabel 2.4: Zoektermen deelvraag 4 - Welke invloed hebben andere abiotische factoren zoals de accumulatie van slib, zuurgraad en disbalans in de nutriëntenhuishouding op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van abiotische factoren op venlibellen in Nederland?

Zoekmachine	Zoekterm
Google	Waterkwaliteit Nederland
	Waterkwaliteit veen
	Waterkwaliteit veenpoelen
	Waterkwaliteit insecten
	Waterkwaliteit libellen
	Abiotische factoren libellen
	Abiotische factoren poelen
Google Scholar Sciencedirect & Springerlink	Freshwater quality
	Water quality Europe
	Water quality dragonflies
	Water quality <i>Odonata</i>
	Abiotic influence dragonflies
	Water quality peat
	Abiotic moorland

Tabel 2.5: Zoektermen deelvraag 5 - Welke invloed hebben menselijke ingrepen op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van menselijke ingrepen van op venlibellen in Nederland?

Zoekmachine	Zoekterm
Google	Achteruitgang natuur Nederland
	Achteruitgang poelen
	Achteruitgang veen
	Venpoelen
	Leefgebied libellen
	Leefgebied libellen achteruitgang
	Achteruitgang ecosystemen zoetwater
Google Scholar Sciencedirect & Springerlink	Decline quality freshwater ecosystems
	Decline dragonflies
	Decline moorland pools
	Decline peat swamps
	Quality dragonflies
	Dragonfly habitat
	Habitat decline insects
	Habitat <i>Odonata</i>
	Freshwater habitat quality
	European freshwater quality

3. Resultaten

3.1 Deelvraag 1 - Droogte

Deelvraag 1 luidt als volgt: “Welke soorteigenschappen hebben invloed op de achteruitgang van venlibellen en hoe verhoudt dit zich tot de invloed op de andere libellen in Nederland?”. Om antwoord te geven is gekeken naar de soorteigenschappen van de maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker, deze 3 soorten worden bedoeld wanneer in het rapport over venlibellen wordt gesproken. Bij soorteigenschappen van libellen gaat het hier om vluchtperiode, kolonisatievermogen en habitatsvoorkeur. Ook de verspreiding van de libellen binnen Nederland en binnen de rest van Europa wordt besproken. Zoals benoemd in de inleiding zijn dit de soorten die last hebben van een versnelde afname ten opzichte van de andere libellen (Vlinderstichting, 2019). Deze 3 soorten worden voor deze deelvraag vergeleken met de zwarte heidelibel, die ook achteruitgaat, maar in mindere mate, en met de koraaljuffer (*Ceriagrion tenellum*) en tengere pantserjuffer (*Lestes virens*). Deze 3 soorten komen ook hoofdzakelijk voor in Hoog Nederland, maar de populaties van de koraaljuffer en tengere pantserjuffer vertonen een stijgende lijn. (Vlinderstichting, 2019).

3.1.1 Verspreiding en habitatsvoorkeur maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker

De maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker hebben alle drie een beperkt verspreidingsgebied. Het verspreidingsgebied van de speerwaterjuffer is veruit het kleinste van de 3 libellen (Zie figuur 3.1). De speerwaterjuffer wordt dan ook beoordeeld met de status ernstig bedreigd (Vlinderstichting B, z.d.) en de venglazenmaker en maanwaterjuffer met de status kwetsbaar (Vlinderstichting A & C, z.d.).



Figuur 3.1: Verspreiding respectievelijk maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker (Vlinderstichting, 2020)

Buiten Nederland komen alle 3 de soorten vooral in Noordelijk Eurazië voor, alle 3 de soorten komen niet in het Zuid-Europa voor, met uitzondering van een aantal zeer selecte locaties in berggebieden (Dijkstra, 2019). De maanwaterjuffer komt in Nederland voor rondom zure, maar niet sterk verzuurde vennen. Tevens komt de soort voor in recent gegraven hoogveen en zandplassen (Vlinderstichting A, z.d.). De venglazenmaker komt voor bij matig voedselarme zure vennen en hoogveen (Vlinderstichting C, z.d.). De speerwaterjuffer komt vooral voor in zwak gebufferde vennen en hoogveen (Vlinderstichting B, z.d.). Deze habitatsvoorkeuren zorgen er voor dat het leefgebied van de 3 soorten grotendeels overlapt (Dijkstra, 2019). De habitatsvoorkeuren van de venlibellen zijn veel specifiekere dan die van meer generalistische libellen. Dit gaat gepaard met de specialistische strategie van de 3 venlibellen. Opvallend is dat buiten Nederland in Noord-Europa de soorten een veel minder specifieke habitatsvoorkeur hebben en bij verschillende soorten stilstaande wateren voorkomen

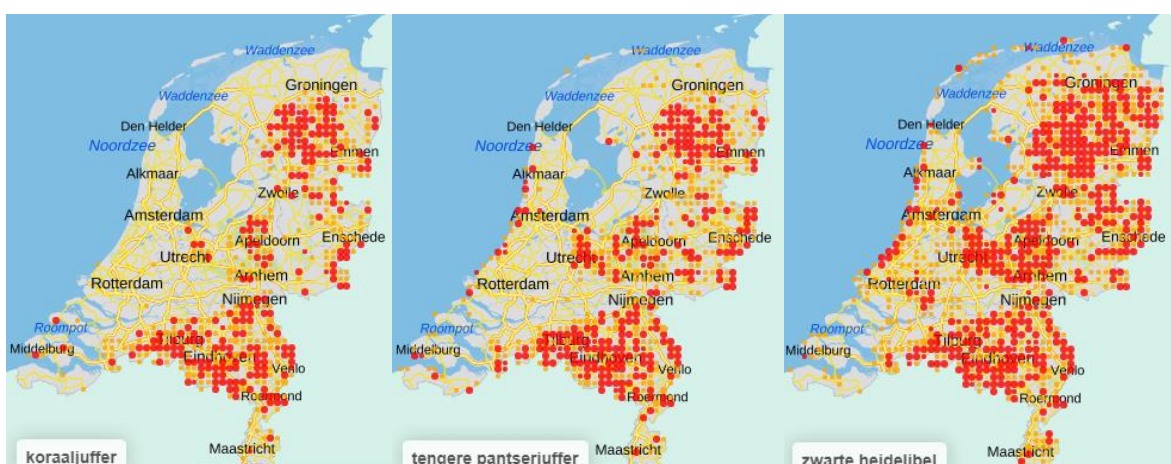
(Vlinderstichting C, z.d.). De in Nederland zeer specifieke habitatsvoorkeur is nadelig wanneer kwalitatieve achteruitgang van het landschap voor komt.

3.1.2 Overige soorteigenschappen maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker

Wanneer de kwaliteit van voortplantingslocaties achteruit gaat, kan dit een probleem vormen voor specialistische libellen, aangezien specialistische soorten met een slecht kolonisatievermogen nieuwe terreinen slecht kunnen koloniseren. Dit kan zorgen voor plaatselijke uitsterving (Bouwman, Ketelaar & Popken, 2004). Doordat zowel maanwaterjuffer als speerwaterjuffer en venglazenmaker specialistische libellen zijn, komt deze lokale uitsterving sneller voor dan bij generalistische libellen zoals heidelibellen (Kalkman et al., 2010). De venglazenmaker en speerwaterjuffer zwerven weinig tot niet en zijn beide zeer honkvast. De maanwaterjuffer vestigt zich wel snel in nieuw gegraven plassen, maar alleen wanneer deze in bekend leefgebied worden gegraven. Zwervende maanwaterjuffers worden zeer zelden waargenomen (Vlinderstichting A, z.d.). Alle 3 de venlibellen hebben dus een zeer slecht kolonisatievermogen. De kans dat verlaten gebieden zelfstandig hergekoloniseerd worden is hierdoor zeer klein (Bouwman, Ketelaar & Popken, 2004). De vluchtperiodes van de maanwaterjuffer en speerwaterjuffer duren slechts 1,5 maand en zijn hiermee zeer kort, zeker wanneer deze worden vergeleken met de vluchtperiodes van de koraaljuffer en tengere pantserjuffer (respectievelijk 5 en 4 maanden) (Vlinderstichting A & B, z.d.). De vluchtperiode van de venglazenmaker is ook korter dan die van de koraaljuffer en tengere pantserjuffer, maar is met 2,5 maand langer dan die van maanwaterjuffer en speerwaterjuffer (Vlinderstichting C, z.d.). De levenscyclus van de larve van de venglazenmaker duurt 2 jaar, die van de maan- en speerwaterjuffer 1 jaar (Dijkstra, 2019). Een langer larvaal stadium maakt een libel gevoeliger voor predatie en het droogvallen van het wateroppervlak waarin deze voorkomt (Dijkstra, 2019).

3.1.3 Verspreiding en habitatsvoorkeur koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel

De koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel komen in grotendeels vergelijkbare gebieden voor als de maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker (Vlinderstichting, 2019; Dijkstra, 2019). Het verspreidingsgebied van de koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel is echter een stuk groter (Zie figuur 3.2). Dit komt onder andere omdat het habitat van de soorten een minder specifieke niche omvat.



Figuur 3.2: Verspreiding respectievelijk koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel (Vlinderstichting, 2020)

De zwarte heidelibel is buiten Nederland een soort van de Noordelijke gebieden, vergelijkbaar met de venglazenmaker, speerwaterjuffer en maanwaterjuffer. De koraaljuffer daarentegen is het meest algemeen in het Middellandse zeegebied. De tengere pantserjuffer komt ook vooral voor in het Middellandse zeegebied, maar het verspreidingsgebied wijkt meer uit richting midden Europa dan dat

van de koraaljuffer (Dijkstra, 2019). De zwarte heidelibel, tengere pantserjuffer en koraaljuffer krijgen van de vlinderstichting allemaal de status “thans niet bedreigd”. De tengere pantserjuffer is vrij zeldzaam, de koraaljuffer was tot voor kort vrij zeldzaam maar wordt snel algemener en de zwarte heidelibel is vrij algemeen (Vlinderstichting D, E & F, z.d.). De zwarte heidelibel komt vooral voor in hoogveen en vennen, maar soms ook in laagveen, duinplassen of sloten. De soort heeft een sterke voorkeur voor verzuurde vennen (Dijkstra, 2019). De koraaljuffer komt voor bij vennen en soms bij plassen, tevens komt de soort veel voor op kwelrijke plaatsen, met zowel stilstaand als stromend water (Vlinderstichting E, z.d.) De tengere pantserjuffer komt vooral voor bij heidevennen en hoogveen, maar soms ook bij plassen en poelen (Vlinderstichting F, z.d.). De habitatsvoorkeur van zowel de zwarte heidelibel als de koraaljuffer en tengere pantserjuffer is dus veel minder specifiek dan die van de venglazenmaker, maanwaterjuffer en speerwaterjuffer.

3.1.4 Overige soorteigenschappen koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel

De minder specifieke habitatsvoorkeur van de koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel gaat gepaard met een meer generalistische strategie (Dijkstra, 2019). Zwarte heidelibellen zwerven veel, maar vaak in kleinere aantallen dan andere heidelibellen (Vlinderstichting D, z.d.). Koraaljuffers zijn weinig mobiel, maar de soort breidt zich toch snel uit, wat duidt op een hogere mobiliteit dan die van venlibellen (Vlinderstichting E, z.d.). De mobiliteit van de tengere pantserjuffer is minder goed onderzocht, maar de soort is hoogstwaarschijnlijk net als andere pantserjuffers zeer mobiel (Vlinderstichting F, z.d.). De tengere pantserjuffer heeft een zeer lange vluchtperiode van 5,5 maand (Vlinderstichting F, z.d.). De zwarte heidelibel en koraaljuffer hebben een vrij lange vluchtperiode van respectievelijk 3 en 4 maanden (Vlinderstichting D & E, z.d.). De zwarte heidelibel, koraaljuffer en tengere pantserjuffer hebben allemaal een larvaal stadium dat 1 jaar duurt (Dijkstra, 2019).

3.1.5 Samenvattend

De soorteigenschappen van de 3 venlibellen en de 3 libellen waarmee ze zijn vergeleken verschillen vrij sterk. De venlibellen hebben een sterk specialistische strategie, terwijl de koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel een meer generalistische strategie hebben. Het kolonisatievermogen van de venlibellen ligt tevens lager. De venlibellen hebben ook een kortere vluchtperiode en specifiekere habitatsvoorkeur dan de zwarte heidelibel, koraaljuffer en tengere pantserjuffer.

Buiten Nederland komen de zwarte heidelibel en de 3 venlibellen vooral noordelijker dan Nederland voor. De koraaljuffer en tengere pantserjuffer zijn vooral algemeen rondom het middellandse zeegebied.

3.2 Deelvraag 2 – Invloed van exoten

Deelvraag 2 luidt “Welke invloed heeft de druk van exoten op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van de druk van exoten op venlibellen in Nederland?”. Om deze vraag te beantwoorden is gekeken naar de aanwezigheid van exoten in vennen en andere zoetwater systemen binnen Nederland.

3.2.1 Impact van zoetwaterexoten in Nederland op libellen

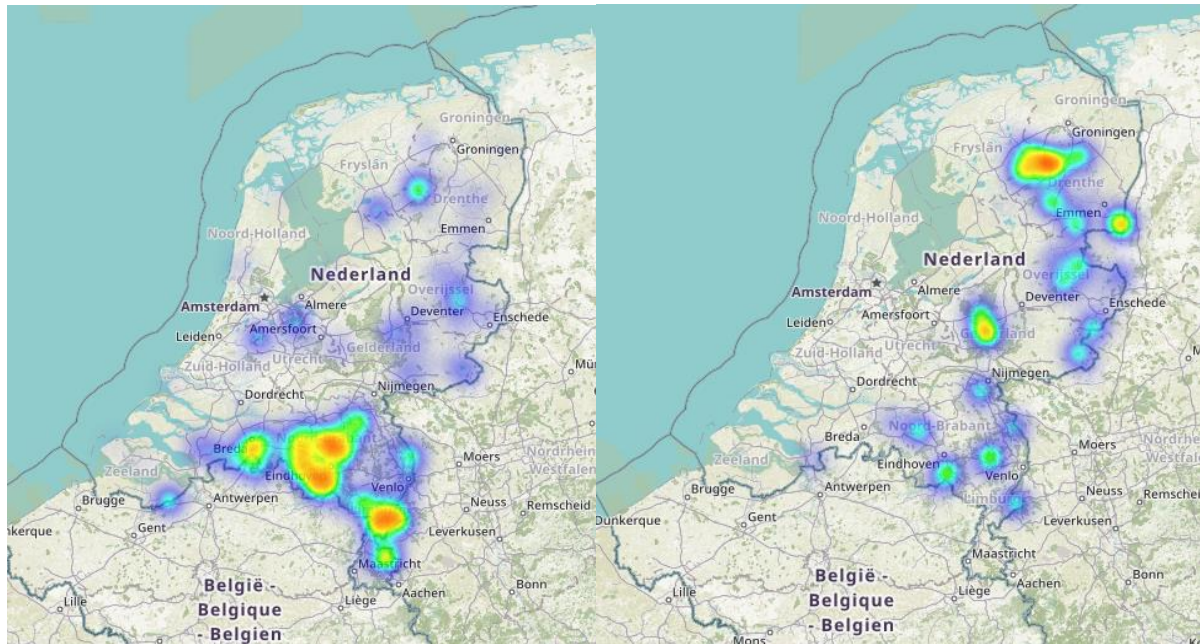
Binnen Nederland komen een aantal exoten voor in zoetwater, deze exoten vallen binnen een aantal verschillende soortgroepen. Exotische libellensoorten worden zelden tot nooit waargenomen in de vrije natuur binnen Nederland, en vormen dus geen gevaar voor de inheemse libellen. (Termaat & Kalkman, 2011). Een exoot die wel erg schadelijk is voor ongewervelden in zoetwater is de zonnebaars. Holtjer (2009) schrijft dat de zonnebaars een extreem groot risico vormt voor ongewervelde dieren, en benoemd hierbij specifiek libellenlarven.

Een andere vissoort die minder vaak voorkomt, maar vergelijkbare effecten heeft op libellenlarven als de zonnebaars is de Amerikaanse hondsvij (*Umbra pygmaea*) (Sanders & Gerritsen, 2010). Buiten vissen zorgen ook enkele ongewervelde exoten voor problemen voor libellenlarven. De Kaspische slijkgarnaal (*Chelicorophium curvispinum*) verspreidt slib waardoor de omgeving ongeschikt wordt voor andere ongewervelden, waaronder ook libellenlarven (Leuven & Wesseling, 2009). De pontokaspische vlokreeft (*Dikerogammarus villosus*) verjaagt andere ongewervelden uit schuilplaatsen, waardoor deze gevoeliger worden voor predatie (Leuven & Wesseling, 2009).

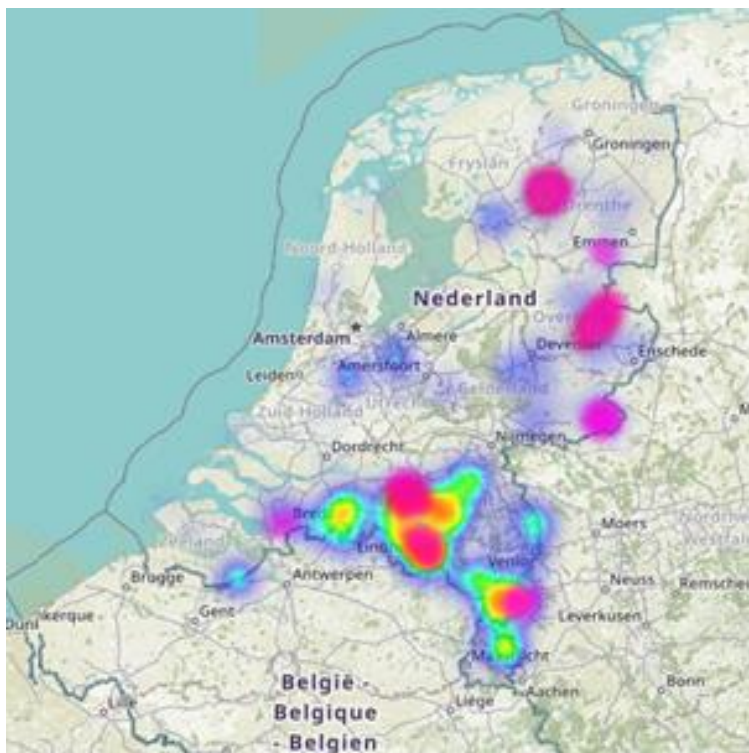
Andere exoten die veel voorkomen zijn exotische rivierkreeften zoals de gevlekte Amerikaanse rivierkreeft en (*Orconectes limosus*), rode rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) en de geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes virilis*). Deze staan erom bekend dat ze vooral veel schade aanrichten aan de inheemse vegetatie, en dat ze de inheemse Europese rivierkreeft (*Astacus astacus*) bijna volledig hebben uitgeroeid binnen Nederland. Deze invloeden zorgen er tevens voor dat de leefbaarheid van een gebied verslechterd voor inheemse diersoorten, waaronder macrofauna zoals libellenlarven (Puijenbroek, de Lange & Ottburg, 2009). Onderzoek uit de Verenigde Staten wijst uit dat bij de aanwezigheid van uitheemse rivierkreeften de effectiviteit van het foerageergedrag van libellen significant verslechterd (Bucciarelli et al., 2019).

3.2.1.1 Impact van zoetwaterexoten specifiek op venlibellen

Onderzoek toont aan dat specifiek in vennen waar de zonnebaars in grote aantallen voorkomt, aantoonbaar minder libellenlarven worden gevonden (Puijenbroek, de Lange & Ottburg, 2009). In verschillende vennen zijn door uitzet inmiddels zonnebaarsen aanwezig (van Delft et al., 2013). Doordat in vennen weinig concurrentie is voor zonnebaarsen, omdat vennen normaal vrij zijn van vis, breidt de zonnebaars zich hier zeer snel uit (van Delft et al., 2013). Doordat vennen normaal vrij zijn van vis, zijn de larven van venlibellen niet aangepast op predatie door vissen. Doordat de 3 venlibellen een zeer specifieke habitatsvoorkeur hebben, kan de introductie van zonnebaarsen in deze habitats populaties significant verkleinen of zelfs voor lokale uitsterving zorgen (NVWA, 2019). In figuur 3.3 wordt de dichtheid van zonnebaars en maanwaterjuffer aangegeven, in rode kernen zijn de populaties het hoogst, in blauwe omgevingen relatief laag. Op locaties zonder kleur zijn de soorten niet waargenomen. Omdat in vennen weinig wordt gevisd, kan het zijn dat zonnebaarsen op locaties buiten de vindplaatsen op de heatmap aanwezig zijn. De overlap tussen de verspreiding wordt weergegeven in figuur 3.4, hierop is duidelijk een aantoonbare overlap waar te nemen tussen de verspreidingsgebieden van zonnebaarsen en maanwaterjuffer. Een vergelijkbare overlap geldt voor de andere venlibellen.



Figuur 3.3 Heatmap verspreiding zonnebaars (links) en maanwaterjuffer (rechts) (Bron: Waarneming.nl C & D, z.d.)



Figuur 4.3 Overlap tussen verspreidingsgebied zonnebaars en maanwaterjuffer, locaties met overlap van de verspreidingsgebieden zijn aangegeven met magenta.

De overlap wijst uit dat zonnebaarsen daadwerkelijk voorkomen in de gebieden waar venlibellen voorkomen. De hoeveelheid larven die succesvol metamorfose doormaken zal in de gebieden waar zonnebaarsen voorkomen lager liggen door predatie (Puijenbroek, de Lange & Ottburg, 2009). Door de aanwezigheid van zonnebaarsen worden populaties dus kleiner en hierdoor gevoeliger. Bij extreme druk kunnen venlibellen zoals maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmakers zelfs helemaal verdwijnen bij vennen.

Kreeften komen zelden voor in vennen, doordat de pH te laag is voor het calcium-metabolisme en vormen hierom dus in zeer beperkte mate een bedreiging voor venlibellen (Cusell et al., 2020). De Kaspische slijkgarnaal en Pontokaspische vlokreeft zijn niet bekend van vennen, maar vooral van locaties in het westen van Nederland en vormen dus weinig tot geen bedreiging voor venlibellen (Waarneming.nl A & B, z.d.).

3.2.2 Invasieve waterplanten

Nederland kent buiten dierlijke exoten tevens een aantal invasieve waterplanten. De Nederlandse voedsel en warenautoriteit (z.d.) noemt 16 soorten die de meeste problemen veroorzaken. De meest voorkomende problemen die worden veroorzaakt door invasieve waterplanten zijn wateroverlast en natuurschade door overwoekering (van Valkenburg, 2011). Vanuit het buitenland is bekend dat libellen baat hebben bij een inheemse vegetatie, en dat populaties achteruit gaan bij de aanwezigheid van grote hoeveelheden invasieve planten (Samways & Sharratt, 2010). De planten die de meeste problemen veroorzaken zijn echter uitheemse bomen, omdat deze de structuur van oevers veranderen en libellenlarven hier last van ondervinden (Samways & Taylor, 2004). Dit komt door het feit dat de larven van libellen belang hebben bij een specifiek vegetatiebeeld om uit te sluipen en te foerageren. Libellenpopulaties herstelden in de meeste gevallen goed op locaties waar de invasieve plantensoorten werden verwijderd (Termaat & Kalkman, 2011). Invasieve waterplanten hebben op libellen vooral een negatieve impact door overwoekering, hierdoor verslechteren de specifieke vegetatiestructuren die sommige libellenlarven nodig hebben om zich te verschuilen en te jagen. Overwoekering kan tevens schadelijk zijn door het versnellen van het verlandingsproces, dit is vooral een risico bij ondiepere poelen waarbij verlanding een groter risico vormt (Termaat & Kalkman, 2011).

3.2.2.1 Implicaties van invasieve waterplanten voor venlibellen

De larven van de maanwaterjuffer hebben open ruimte tussen de waterplanten nodig en zijn dus gevoelig voor overwoekering (Vlinderstichting A, z.d.). De larven van de venglazenmaker zijn minder gevoelig voor exotische waterplanten, maar hebben enkele locaties met een open bodem nodig. Hierdoor zullen ook venglazenmakers verdwijnen bij de volledige overwoekering van een ven (Vlinderstichting C, z.d.). De larven van de speerwaterjuffer maken gebruik van verlandingsvegetatie, maar hebben verschillende vegetatiestructuren per ven nodig. Wanneer 1 exotische plant een ven overwoekerd heeft dit dus ook voor de speerwaterjuffer negatieve gevolgen (Vlinderstichting B, z.d.).

3.3 Deelvraag 3 – Invloed van droogte

Deelvraag 3 luidt “Welke invloed heeft droogte op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van droogte op venlibellen in Nederland?”. Om deze vraag te beantwoorden is gekeken naar de effecten van droogte op venlibellen en hun habitats in vergelijking met de effecten van droogte op andere libellen en hun habitats.

3.3.1 Droogte in Nederland

Zowel in 2018 als in 2019 zijn grote neerslagtekorten waargenomen in Nederland (KNMI, 2020). De overheid verwacht dat droogtes en problemen veroorzaakt door een neerslagtekort in de toekomst wegens klimatologische oorzaken steeds vaker voorkomen (Atlas Leefomgeving, z.d.). Het KNMI geeft aan dat drogere zomers zeer waarschijnlijk zijn, maar dat Noord-Europa juist natter wordt, waardoor de exacte gevolgen voor Nederland onbekend zijn, omdat Nederland precies tussen het drogere Zuiden en nattere Noorden in ligt (KNMI A, z.d.). Droogtes hebben drastische effecten op natuurgebieden en watersystemen. Het waterpeil van grote waterlichamen daalt, en vennen en poelen kunnen zelfs droog komen te liggen (Atlas Leefomgeving z.d.). Deze daling van waterpeil zorgt voor sterfte bij waterplanten, vissen, amfibieën en invertebraten. Een ander veelvoorkomend probleem door droogte is verzilting. Ook neemt door droogte de kans op natuurbranden toe. In veengebieden kan droogte tot bodemdaling leiden, doordat meer veen in aanraking komt met lucht en hierdoor inklinkt (Atlas Leefomgeving z.d.).

3.3.2 Effecten van droogte op libellen

De droogte van 2018 heeft op veel verschillende locaties voor droogval van wateren gezorgd. Hierbij is veel sterfte waargenomen, waarbij vis, macrofauna en libellen volledig waren verdwenen van bekende vindplaatsen (van de Ven, 2019). De meest significante effecten van droogte worden waargenomen bij juffers (*Zygoptera*), de effecten van droogte op echte libellen (*Anisoptera*) zijn minder duidelijk (Manger & Beukema, 2007). De gevoeligheid voor een fluctuerend waterpeil veroorzaakt door droogte verschilt sterk tussen libellensoorten. Soorten met strategieën om droogtes te overleven en sterk mobiele soorten gaan over het algemeen gemakkelijker om met droogtes dan immobiele soorten die dergelijke strategieën niet hebben (Boulton, 2003). Een verminderde gevoeligheid voor fluctuaties in waterpeil gaat vaak gepaard met het beheersen van bovenstaande strategieën en mobiliteit. (Jooste, Samways & Deacon, 2020). Droogte gaat in veel gevallen gepaard met een hogere watertemperatuur. Deze verhoogde watertemperatuur heeft een negatieve impact op de ontwikkeling van libellenlarven wegens het ademhalingssysteem, waarbij zuurstof minder efficiënt wordt opgenomen (Jooste et al., 2020).

3.3.3 Effecten van droogte op habitats van libellen

Zoals eerder benoemd heeft droogte een groot effect op watersystemen, maar de grootste impact op poelen en vennen. Poelen en vennen zijn namelijk zeer gevoelig voor droogte door de beperkte waterdiepte en het gebrek aan inlaat van water anders dan regenwater. Het vegetatiebeeld wordt sterk aangetast door droogte (Zie figuur 3.5). Dit heeft een negatieve invloed op de aanwezigheid van libellen (Samways & Simaika, 2016). Bij grotere watersystemen verandert het vegetatiebeeld minder dan bij poelen en vennen. Droogte kan bij vennen en poelen tevens lijden tot sterke verzuring (van Dam, 1988). Deze verzuring veroorzaakt door verdroging treedt bij grotere wateroppervlakken weinig tot niet op, waardoor de impact van droogte op libellen rond deze systemen minder groot is. Soorten die voorkomen bij zeer specifieke vegetaties, zoals de beekoeverlibel, hebben meer last van droogte dan generalistische libellen (Buchwald, 1992).

3.3.4 Implicaties van droogte voor venlibellen

Venlibellen hebben doorgaans geen strategieën om om te gaan met droogte, omdat dit een weinig voorkomend verschijnsel was binnen hun leefgebied (Dijkstra, 2019). Door klimaatverandering komen droogtes in het zuidelijke deel van het verspreidingsgebied vaker voor. Het merendeel van het verspreidingsgebied ligt echter in Scandinavië, waar juist nattere zomers vaker voorkomen (KNMI A, z.d.). Droogte zorgt ervoor dat het vegetatiebeeld rondom vennen veranderd (Sykora, 1979) (Zie figuur 3.5). Bij droogte waarbij de bodem komt vrij te liggen verzuren vennen. Vennen waarbij de bodem 70% vrij komt te liggen, zien over een periode van 7 aantal jaar een verzuring met een sterkte van 2 pH. Vennen waarbij de bodem 20% vrij komt te liggen zien na 7 jaar een verzuring van 0,5 pH. Deze verzuring leidt tevens tot een verandering van het vegetatiebeeld (van Dam, 1988). Venlibellen en hun larven hebben een sterke voorkeur voor een specifiek vegetatiebeeld wat wordt aangetast door droogte. Vennen zijn vaak ondiepe wateroppervlakken die gevoeliger zijn voor droogte dan grote wateroppervlakken (Sykora, 1979).



Figuur 3.5 Het Beuven (vindplaats speerwaterjuffer) in de normale situatie op 25 mei 2015 (Links) en in een verdroogde situatie op 24 mei 2019 (Bron: Vlinderstichting, 2019)

3.4 Deelvraag 4 – Invloed van andere abiotische factoren

Deelvraag 4 luidt: “Welke invloed hebben andere abiotische factoren zoals de accumulatie van slib, zuurgraad en disbalans in de nutriëntenhuishouding op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van abiotische factoren op venlibellen in Nederland?”. Om deze vraag te beantwoorden is gekeken naar de invloed van abiotische factoren anders dan droogte op de aanwezigheid en status van libellen in het algemeen. Hierna is gekeken hoe de invloed van abiotische factoren op libellen in het algemeen met de invloed van abiotische factoren op venlibellen verschilt.

3.4.1 Accumulatie van slib

De vlinderstichting (2020) noemt accumulatie van slib als potentiële reden voor de afname van libellen. Slib zorgt ervoor dat voedingsarme waterlichamen te voedselrijk worden ten opzichte van een normale situatie. Ook zorgt slib voor een verslechterde nutriëntenbalans, en in extreme gevallen voor eutrofiering en verzuring (Verdonschot, Groenendijk & Bouwman, 2007). Deze problemen kunnen sneller optreden in vennen en poelen dan in stromende wateren, door de minder snelle toevoer van vers water. Zoals eerder benoemd (Zie 3.2.1) kunnen exoten ook zorgen voor een versnelde accumulatie van slib.

3.4.2 Zuurgraad

Naast verdroging vormt ook verzuring een risico voor vennen (Ketelaar, 2001). Libellen en andere aquatische macrofauna reageren slecht op verzuring. Onderzoek naar verschillende libellensoorten van niet zure wateren wijst uit dat het percentage eieren wat succesvol uitkomt niet beïnvloed wordt door lichte verzuring, maar bij sterke verzuring wel significant lager ligt (Hudson & Berrill, 1986). Bij wateren die dermate verzuurd zijn dat de pH van het water lager dan 3.0 ligt, komen geen libellen meer voor (Rychła, Benndorf & Buczyński, 2011). Bij verzuurde wateren zijn vaak bijna exclusief algemene soorten met een minder specifieke habitatsvoorkeur aanwezig (Leuven et al., 1988). Andere soorten macrofauna, die als prooidieren voor libellenlarven kunnen dienen, kunnen echter gevoeliger zijn voor verzuring, zo komen larven van eendagsvliegen al niet meer voor bij een pH van 5.3 (Bell, 1971). Een lagere kwaliteit of kwantiteit van prooidieren kan zorgen voor een verminderde foerageereffectiviteit bij libellenlarven (Hirvonen & Ranta, 1996).

3.4.3 Geleidbaarheid

Enkele van de uitgevoerde onderzoeken naar de invloed van zuurgraad op libellen kijken ook naar de invloed van de geleidbaarheid van het water op libellen. Geleidbaarheid van water wordt gemeten in $\mu\text{S cm}^{-1}$ en de geleidbaarheid is hoog bij een concentratie van $>700 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Rychła, Benndorf & Buczyński, 2011). Water met een zeer hoge geleidbaarheid ($>1200 \mu\text{S cm}^{-1}$) is ongeschikt voor de aanwezigheid van libellen (Rychła, Benndorf & Buczyński, 2011). Sommige generalistische libellen zoals lantaarntjes (*Ischnura elegans*) komen voor bij poelen met een geleidbaarheid hoger dan $700 \mu\text{S cm}^{-1}$. Specialistische libellen komen echter meer voor bij water met een lagere geleidbaarheid, meestal gepaard met een licht zure pH (Jooste et al., 2020). Een hoge of zeer hoge geleidbaarheid kan worden verzorgd door uitstroom van mineralen uit bijvoorbeeld landbouwgrond. Deze hoge geleidbaarheid door uitstroom uit landbouwgrond gaat vaak gepaard met eutrofiëring (Stuijzand, van Turnhout & Esselink, 2004).

3.4.4 Disbalans in de nutriëntenhuishouding

Naast verzuring en accumulatie van slib noemt de vlinderstichting (2020) ook een disbalans in de nutriëntenhuishouding als potentiële reden voor de versnelde afname van libellen. Een disbalans in de nutriëntenhuishouding wordt meestal veroorzaakt door mineralisatie van veen, inlaatwater of nutriënten uit bemesting (Barendrecht, 2007). Bij een toename van vervuiling in het water, neemt zowel de diversiteit van libellen als de aantallen van de voorkomende libellen af (Watson, Arthington

& Conrick, 1982). Een andere grote invloed op de nutriëntenhuishouding komt van water dat vanuit landbouwgrond afstroomt, omdat dit erg rijk is aan nutriënten kan dit eutrofiëring veroorzaken (Stuijzand, van Turnhout & Esselink, 2004). Geëutrofieerde wateren hebben een minder diverse libellenfauna waarbij vooral algemene libellen aanwezig zijn. Eutrofiëring vormt een groter probleem voor specialistische libellen met een specifieke habitatsvoorkeur (Leuven et al., 1988).

3.5.5 Implicaties van andere abiotische factoren voor venlibellen

Ophoping van slib kan voorkomen in vennen, maar komt minder vaak voor dan in wateroppervlakken die grenzen aan landbouwgronden. Indien slib in grote mate ophoopt in vennen is het belangrijk dat dit tijdig verwijderd wordt. In een enkel geval zijn op een locatie waar speerwaterjuffers herstelwerkzaamheden uitgevoerd waarbij onder andere slib verwijderd is. Hier zijn in het opvolgende jaar minder larven van de speerwaterjuffer waargenomen. Deze afname bleek uiteindelijk niet veroorzaakt te zijn door de verwijdering van slib, maar door de schade die de werkzaamheden voor slibverwijdering hebben aangericht aan geschikte voortplantingslocaties (Ketelaar, 2001).

Zoals eerder aangegeven zijn de venglazenmaker, maanwaterjuffer en speerwaterjuffer soorten van zure vennen, maar alle 3 de soorten komen niet voor bij sterk verzuurde vennen (Vlinderstichting A, B & C, z.d.). Ketelaar (2001), geeft aan dat de maanwaterjuffer en venglazenmaker gevoeliger zijn voor verzuring dan de speerwaterjuffer. De kwaliteit heeft een significant effect op de ontwikkeling van de larven van venglazenmakers (Hirvonen & Ranta, 1996). Deze factoren kunnen worden aangetast door verzuring. Verzuurde vennen zonder buffering zijn vaak moeilijk te herstellen, omdat aanvoer van alkalisch water slechts tijdelijk effect heeft (Ketelaar, 2001). Voor venlibellen vormt mineralisatie van veen, wat vooral voorkomt bij droogte, een groot risico op het gebied van disbalans in de nutriëntenhuishouding. Eutrofiëring door uitstroom vanuit landbouwgrond komt bij vennen weinig voor, maar in de gevallen waarin het voorkomt zorgt het bijna altijd voor eutrofiëring (Stuijzand, van Turnhout & Esselink, 2004). Bij sterk geëutrofieerde vennen komen weinig tot geen venlibellen voor (Vlinderstichting A, B & C, z.d.).

3.5 Deelvraag 5 – Invloed van menselijke ingrepen

Deelvraag 5 luidt “Welke invloed hebben menselijke ingrepen op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van menselijke ingrepen van op venlibellen in Nederland?”. Om deze vraag te beantwoorden is gekeken naar de invloed van versnippering en menselijke ingrepen in de vorm van natuurbescherming op libellen. Vervolgens is gekeken hoe deze invloeden op libellen verschillen voor venlibellen.

3.5.1 Versnippering

Nederland heeft een natuurnetwerk van meer dan 750 duizend hectare. Meer dan 100 duizend hectare van het natuurnetwerk bestaat uit natuurgebieden die kleiner zijn dan 100 hectare (Atlas Leefomgeving, z.d.). Versnippering vormt problemen voor libellen, doordat de afstanden tussen natuurgebieden en geschikte voortplantingslocaties niet voor alle soorten te overbruggen zijn (Kuijer, 2002). De impact van versnippering is in sommige gevallen vergelijkbaar met die van verdroging en wordt beschreven als een risico voor libellen (Termaat & van Strien, 2015). Verschillende witsnuitlibellen (*Leucorrhinia*), die van nature op bosvenen voorkomen, zijn mede door versnippering veel zeldzamer geworden, of in sommige gevallen zelfs verdwenen uit Nederland (de Boer, 2005). Soorten die gemakkelijker grotere afstanden afleggen en een goed kolonisatievermogen hebben, hebben minder last van versnippering ('t Lam, 2006).

3.5.2 Natuurbescherming

Nederland heeft een systeem voor natuurbescherming wat over het algemeen goed werkt. Gebieden waar beschermde of zeldzame soorten voorkomen komen zeer zelden in aanmerking voor alternatieve bestemmingen. Wanneer wel een alternatieve bestemming wordt gepland voor een stuk natuur moet hiervoor elders worden gecompenseerd. De maatregelen die worden genomen om waterkwaliteit te verbeteren en de toegenomen aandacht voor natuurontwikkeling hebben een positieve invloed op de libellenstand in Nederland (Termaat & Veling, 2011). Onderhoudsmaatregelen kunnen echter ook slecht uitpakken, bij onoplettendheid of verkeerd onderhoud kunnen zeldzame populaties uitsterven of significant afnemen. Dit was in 2020 nog het geval bij het enige voortplantingsgebied van pimperlblauwtjes, waar een berm met de waardplant van pimperlblauwtjes is gemaaid (Peek, 2020). Vergelijkbare fouten kunnen voortkomen bij libellen met kleine geïsoleerde populaties, waardoor plaatselijke uitsterving kan worden veroorzaakt.

3.5.3 Implicaties voor venlibellen

Doordat de venlibellen een slecht kolonisatievermogen hebben, zoals benoemd in 3.1.1 hebben de soorten veel last van versnippering. De soorten hebben daarnaast nog te kampen met een specifieke habitatsvoorkeur, waardoor de afstanden tussen geschikte voortplantingsgebieden nog groter worden (Kuijer, 2002). Fouten in natuurbescherming kunnen bij alle soorten voorkomen, maar zijn problematischer bij zeldzame soorten, omdat populaties al kleiner zijn en dus met een enkele fout lokaal kunnen worden uitgeroeid. Zoals benoemd in 3.5.5 is een dergelijke fout in het verleden gemaakt bij een voortplantingslocatie van de speerwaterjuffer, waarbij geschikte voortplantingslocaties bij een ven zijn vernietigd tijdens het verwijderen van slib (Ketelaar, 2001).

4. Discussie

In dit hoofdstuk worden de resultaten uit hoofdstuk 3 geïnterpreteerd. Daarnaast wordt kritisch gereflecteerd op de onderzoeksmethode en wordt de reikwijdte van het onderzoek beschreven.

4.1 Reflectie op de onderzoeksmethode en validiteit

De resultaten van dit rapport zijn opgesteld aan de hand van een literatuurstudie. Bij herhaling van het literatuuronderzoek en gebruik van dezelfde bronnen zullen dezelfde resultaten worden gevonden. De verkregen resultaten zijn hierdoor valide. De scores die worden gegeven in tabel 3.1 zijn gebaseerd op de beschikbare relevante wetenschappelijke literatuur en hiermee tevens valide.

Verscheidene aspecten die zijn onderzocht worden echter niet of beperkt in de literatuur beschreven. Zo zijn de invloeden van verschillende risico's vaak wel beschreven voor libellen in het algemeen, maar is deze kennis niet beschikbaar voor specifieke soorten of soortgroepen zoals venlibellen. Door het feit dat de oorzaken voor de versnelde achteruitgang van venlibellen per gebied verschillend zullen zijn is vervolgonderzoek nodig om specifieke maatregelen ter bescherming van venlibellen op te stellen. Grote maatregelen lijken mogelijk disproportioneel voor de bescherming van 3 soorten venlibellen, maar dergelijke maatregelen zijn bevorderlijk voor de gezondheid van de vennen en hiermee ook waardevol voor alle overige flora en fauna die rond de vennen voorkomen. Tevens is het mogelijk dat er onbekende of onbeschreven oorzaken zijn voor de versnelde afname van venlibellen, die niet mee zijn genomen in dit rapport. Dergelijke oorzaken zouden de afweging die gebruikt wordt om conclusies te trekken kunnen beïnvloeden.

De daadwerkelijke mate van bijvoorbeeld verzuring zou voor de vennen waar maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker voorkomen moeten worden gemeten om te bepalen of de verwachting op basis van literatuur correct is. Ditzelfde principe geldt ook voor accumulatie van slib, disbalans in de nutriëntenhuishouding en geleidbaarheid. De druk van exoten kan worden ingeschat aan de hand van verspreiding, maar ook hier zou per ven praktijkonderzoek moeten worden gedaan of zonnebaars of andere exoten daadwerkelijk in de vennen aanwezig zijn.

4.2 Reikwijdte van het onderzoek

Dit onderzoek is hoofdzakelijk gericht op de maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker binnen Nederland. De resultaten zijn in beperkte mate ook buiten Nederland relevant. Hierbij gaat het vooral om landen waar het met de maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker ook slecht gaat, zoals Duitsland en Schotland. In Scandinavië gaat het beter met de libellen dan in Nederland en is de informatie dus minder relevant. In het geval dat het in de toekomst ook daar slechter gaat met de libellen biedt dit rapport wel een nuttig naslagwerk. Voorbeelden van instanties die gebieden beheren waar venlibellen voorkomen zijn bijvoorbeeld staatsbosbeheer en natuurmonumenten. Het rapport biedt voor deze organisaties een waardevol naslagwerk, doordat de oorzaken van achteruitgang op hun locaties kunnen worden onderzocht en aan de hand van de gevonden resultaten maatregelen kunnen worden getroffen om venlibellen te beschermen.

De ingrepen die nodig zijn om de venlibellen binnen Nederland te beschermen en behouden zullen verschillen per gebied. Vennen waarvan de kwaliteit significant verslechterd is blijken uit onderzoeken in het verleden moeilijk te herstellen. Ook de effecten van droogte zijn moeilijk tegen te gaan omdat inlaat van water vaak moeilijk gaat door de ligging van vennen. Om een duidelijk beeld te krijgen zijn per locatie onderzoeken nodig naar waterkwaliteit en de aanwezigheid van exoten. Om te bepalen welke problemen een significante dreiging veroorzaken biedt dit rapport een waardevol naslagwerk. Het is moeilijk om vergelijkingen te maken met gebieden waar het wel goed gaat. Zo zijn de libellen in

Scandinavië algemener en lijkt de habitatsvoorkeur daar minder specifiek, maar de redenen hiervoor zijn onvoldoende onderzocht om hier conclusies over te trekken.

4.3 Interpretatie van de resultaten

In de resultaten zijn 9 potentiële oorzaken voor de versnelde afname van venlibellen besproken. Om de invloed van deze oorzaken op de afname van venlibellen te bepalen is een literatuuronderzoek uitgevoerd. De invloed van deze oorzaken op andere libellen is tevens bekeken. Deze oorzaken zijn vervolgens gewogen aan de hand van gevonden literatuur (Zie tabel 4.1), zodat conclusies konden worden getrokken om de zowel deelvragen als de hoofdvraag te kunnen beantwoorden. Door zowel naar venlibellen als naar andere libellen te kijken kon worden vergeleken of een specifiek risico verklarend kan zijn voor de snellere afname van de venlibellen maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker dan die van andere libellen.

In tabel 4.1 wordt per risico voor libellen het volgende beschreven:

1. Risico venlibellen – In deze kolom wordt aangegeven hoe zwaar een specifieke dreiging een risico vormt voor de speerwaterjuffer, maanwaterjuffer en venglazenmaker.
2. Risico andere libellen - In deze kolom wordt aangegeven hoe zwaar een specifieke dreiging een risico vormt voor andere libellen.
3. Weging – In deze kolom wordt aangegeven hoe zwaar een bepaald risico weegt in verhouding tot de andere risico's.

Deze 3 kolommen zijn beoordeeld met een cijfer van 1 tot en met 5. Een dreiging die wordt beoordeeld met een 5 vormt een zeer groot risico, een dreiging die wordt beoordeeld met een 1 een zeer klein risico.

Tabel 4.1: Risicoanalyse libellen

Dreiging	Risico venlibellen	Risico andere libellen	Weging
Nadelige soorteigenschappen	4	2	3
Druk van exoten	4	3	3
Droogte	5	3	5
Accumulatie van slib	2	3	2
Verzuring	5	3	4
Geleidbaarheid	2	2	2
Disbalans in de nutriëntenhuishouding	4	4	4
Versnippering	4	3	3
Fouten bij natuurbescherming	3	1	1

4.3.1 Verklaring waardes tabel 4.1

De waardes in tabel 4.1 zijn gebaseerd op de resultaten gevonden in hoofdstuk 3.1 t/m 3.5. Per onderdeel is gekeken welke gevolgen van een bepaalde dreiging bekend zijn voor libellen, op basis hiervan is de weging bepaald. Onderstaand wordt per dreiging kort samengevat waarom voor de desbetreffende waardes is gekozen.

- Nadelige soorteigenschappen: De weging van deze waarde verschilt sterk tussen libellen, maar kan bij zeer nadelige soorteigenschappen zwaar wegen. Doordat venlibellen een korte vluchtperiode, zeer specifieke habitatsvoorkeur, specialistische overlevingsstrategie en gering kolonisatievermogen hebben krijgen ze een score van 4 voor nadelige soorteigenschappen.

Generalistische libellen hebben bijna geen last van de problemen die zich voordoen bij venlibellen, maar de precieze gevolgen verschillen per soort, waardoor een 2 wordt gescoord.

- Voor druk van exoten wordt tevens een weging van 3 gescoord. De druk van exoten verschilt sterk per soort exoot en is nadeliger voor specialistische libellen. Venlibellen scoren een 4, omdat de impact van zonnebaarzen op vennen zeer groot is. Ook invasieve waterplanten kunnen bij vennen sneller problemen vormen dan bij grotere waterlichamen. Andere exoten vormen voor venlibellen weinig risico. Dergelijke andere exoten zoals rivierkreeften vormen wel een risico voor andere libellen. Vissen zoals de zonnebaars vormen voor andere libellen minder risico, omdat andere libellen vaak bij wateren voorkomen waar al andere vissen in voorkomen. Omdat de impact van rivierkreeften en invasieve waterplanten op grote wateroppervlakken lager ligt dan die van zonnebaarzen en invasieve waterplanten op vennen wordt hier een 3 gescoord.
- Droogte vormt een zeer groot probleem voor libellen, omdat libellen sterk aan water gebonden zijn. De vegetatiestructuren die uitsluitende larven nodig hebben kunnen droog komen te liggen en andere abiotische problemen zoals verzuring en eutrofiëring kunnen door droogte optreden. Hierom scoort droogte een weging van 5. Venlibellen komen voor in ondiepe waterlichamen en hebben belang bij zeer specifieke vegetatiestructuren die zeer gevoelig zijn voor droging. Hierom is het risico voor venlibellen gescoord met een 5. Andere libellen komen vaak rond grotere wateroppervlakken voor of in wateren met continue toevoer van vers water. Deze wateren zijn significant minder gevoelig voor verdroging dan vennen, hierom wordt het risico voor andere libellen gescoord met een score van 3.
- Accumulatie van slib is een verschijnsel wat veel voorkomt, maar slechts zeer zelden zo sterk voorkomt dat het een significante bedreiging vormt voor libellen, hierdoor scoort het een weging van 2. Doordat andere libellen vaker te maken hebben met wateren waarin uitstroom van voedselrijk slib van landbouwgrond dan venlibellen is het risico voor andere libellen gescoord met een 3. De exoten die kunnen zorgen voor ophoping van slib komen tevens bijna niet voor in vennen. Vennen zijn kleinere wateroppervlakken en hierdoor gevoeliger voor accumulatie van slib, maar door de vaak afgelegen ligging komt dit zeer zelden voor en wordt het risico voor venlibellen dus met een 2 gescoord.
- Verzuring komt zeer veel voor in wateren in Nederland. Sterke verzuring kan desastreuze gevolgen hebben voor libellenpopulaties en lokale populaties zelfs doen verdwijnen. Om deze redenen wordt verzuring met een weging van 4 gescoord. Doordat verdroging vaak problemen veroorzaakt bij vennen en verzuring sterk in de hand werkt, vormt het voor venlibellen een groot probleem. Venlibellen zijn tevens gevoelig voor verzuring en hebben door hun specifieke habitatsvoorkeur een beperkte tolerantie voor een te lage zuurgraad. Verzuurde vennen zijn moeilijk te herstellen, en de kwaliteit van prooidieren gaat bij verzuring ook snel achteruit. Hierom wordt het risico voor venlibellen gescoord met een score van 5. Grotere wateroppervlakken zijn minder gevoelig voor verzuring en veel generalistische libellen hebben ook een minder specifieke voorkeur voor een bepaalde zuurgraad. Het risico van verzuring voor andere libellen wordt hierom gescoord met een score van 3.
- Geleidbaarheid vormt vrij zelden problemen een risico voor libellen en gaat vaak gepaard met verzuring. Doordat geleidbaarheid op zichzelf zeer zelden een probleem vormt wordt dit risico gescoord met een weging van 2. Venlibellen zijn iets gevoeliger voor geleidbaarheid dan andere libellen. Andere libellen hebben echter vaker te maken met een te hoge geleidbaarheid door een overschot aan mineralen uit landbouwgrond. Het risico van problemen met geleidbaarheid wordt voor zowel ven libellen als andere libellen hierdoor gescoord met een 2.
- Disbalans in de nutriëntenhuishouding vormt vooral een risico in de vorm van eutrofiëring. De diversiteit van libellen neemt af bij een hogere mate van vervuiling op chemisch niveau. Omdat

eutrofiëring veel voorkomt, wordt dit risico gescoord met een weging van 4. De oorzaken van eutrofiëring zijn verschillend voor venlibellen en andere libellen. Bij venlibellen wordt het vaak veroorzaakt door de mineralisatie van veen (versneld door droogte) of depositie van atmosferisch stikstof. Bij andere libellen wordt eutrofiëring vaak veroorzaakt door uitstroom vanuit landbouwgrond. Hoewel de oorzaken van de eutrofiëring verschillen, zorgt eutrofiëring voor zowel venlibellen als andere libellen voor een significante afname van zowel diversiteit als aantallen. Hierom krijgen zowel venlibellen als andere libellen een risicoscore van 4.

- Versnippering komt in Nederland zeer veel voor, maar zorgt niet voor directe sterfte. Hierom is de weging gescoord met een waarde van 3. Doordat venlibellen een zeer slecht kolonisatievermogen hebben zorgt versnippering voor kleine geïsoleerde populaties die gevoeliger zijn dan grote populaties waarbij veel uitwisseling is met andere populaties. Hierom wordt het risico van versnippering beoordeeld met een score van 4. Versnippering vormt voor andere libellen een minder groot risico omdat deze vaak een beter kolonisatievermogen hebben. Omdat het kolonisatievermogen toch per soort sterk verschilt, is hier gekozen voor een score van 3.
- Fouten bij natuurbescherming hebben een weging van 1 omdat deze slechts incidenteel voorkomen. Dergelijke fouten vormen een groter risico voor venlibellen dan andere libellen omdat populaties veelal klein en geïsoleerd zijn, waardoor lokale uitsterving door dergelijke fouten sneller veroorzaakt kan worden. Venlibellen krijgen hierdoor een risicoscore van 3, andere libellen hebben vaak grotere populaties en een beter kolonisatievermogen en krijgen dus een risicoscore van 1.

4.3.2 Verdere interpretatie resultaten

De soorteigenschappen van de 3 onderzoekslibellen verschillen sterk van andere libellen die succesvol voorkomen rond vennen. Er zijn een aantal opvallende verschillen tussen de soorteigenschappen van de maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker en de soorten waarmee deze zijn vergeleken. Het grotere verspreidingsgebied van de 3 soorten waarmee de onderzoekssoorten worden vergeleken is het eerste wat opvalt. Dit verschil in verspreidingsgebied wordt veroorzaakt door de minder specifieke habitatsvoorkeur van de koraaljuffer, tengere pantserjuffer en zwarte heidelibel. De habitatsvoorkeur van venlibellen is nadelig, zeker in combinatie met het geringe kolonisatievermogen, omdat deze combinatie er voor zorgt dat er weinig geschikte voortplantingslocaties zijn. Omdat de 3 onderzoekslibellen slechts over korte afstanden koloniseren, maar geen gebruik maken van ongeschikte habitats, is de kans op uitbreiding kleiner, waardoor populaties geïsoleerd worden. Deze geïsoleerde populaties zijn dan weer gevoeliger voor verschillende andere risico's.

Opvallend is dat 4 van de soorten waar naar gekeken is een voorkeur hebben voor zure vennen, en dat deze soorten achteruitgaan (van Swaay et al., 2020). De koraaljuffer en tengere pantserjuffer zijn soorten die ook gebruik maken van minder zure vennen en deze vertonen juist een positieve trend. De koraaljuffer en tengere pantserjuffer zijn tevens de zuidelijke soorten, die voorkeur geven aan hogere temperaturen. De andere 4 soorten (venglazenmaker, maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en zwarte heidelibel) komen vooral voor in Noordelijkere gebieden, zoals in Finland, en hebben een voorkeur voor lagere temperaturen (Dijkstra, 2019). De achteruitgang van Noordelijke soorten valt in grote mate te relateren aan klimaatverandering en hogere temperaturen binnen Nederland (van Swaay et al., 2020). Wat verder sterk opvalt, is dat de speerwaterjuffer en maanwaterjuffer een veel kortere vluchtperiode hebben, dit is nadelig. Hoewel een kortere vluchtperiode geen invloed heeft op de gevoeligheid van libellen voor de verslechtering van landschapskwaliteit, heeft een kortere vluchtperiode wel andere nadelen (Kadoya, Suda, Tsubaki, & Washitani, 2008). Zo is het zo dat bij ongunstige omstandigheden voor voortplanting tijdens de vluchtperiode, de kans dat de populaties in het opvolgende jaar kleiner zijn zeer aanwezig is. Doordat de vluchtperiodes van de maanwaterjuffer

en speerwaterjuffer tevens relatief vroeg in het jaar zijn, is de kans op ongunstige omstandigheden zoals lage temperaturen tijdens de voortplantingsperiode groter. Ook de vluchtperiode van de venglazenmaker is korter dan die van de andere libellen, maar langer dan die van speerwaterjuffer en maanwaterjuffer, dit zorgt voor vergelijkbare nadelen, maar in mindere mate.

De druk van exoten heeft op zowel venlibellen als andere libellen een groot effect. De druk van vissen is groter op libellen die in een normale situatie hun eieren afzetten in water waar geen vissen voorkomen, venlibellen zijn hier een goed voorbeeld van. Libellen die hun eieren afzetten in water waar van nature vissen voorkomen hebben strategieën om met de predatie van vissen om te gaan. Libellen die eieren afzetten in water wat van nature vrij is van vis beheersen dergelijke strategieën niet. Om deze reden hebben venlibellen significant meer last van bijvoorbeeld zonnebaarzen dan libellensoorten die eieren afzetten in sloten waarin ook andere vissoorten aanwezig zijn. Andere libellen komen voor in water waar vaak wel van nature vis voorkomt en beheersen daarom meestal strategieën om hiermee om te gaan. Populaties van venlibellen zullen dus inkrimpen bij vennen waarin zonnebaarzen aanwezig zijn. De andere exoten die bedreigingen vormen voor libellen, komen bijna niet voor in vennen en vormen dus juist voor de andere libellen een groter probleem. De Kaspische slijkgarnaal is hoofdzakelijk bekend van locaties in het westen van het land en is hierdoor dus minder schadelijk voor venlibellen (Waarneming.nl A, z.d.). Een vergelijkbare verspreiding geldt voor de pontokaspische vlokreeft, maar deze wijkt verder uit naar het oosten en is potentieel dus schadelijker dan de Kaspische slijkgarnaal voor venlibellen (Waarneming.nl B, z.d.).

Kreeften komen in zure vennen weinig voor, omdat de lage pH van de vennen het calcium-metabolisme van rivierkreeften aantast (Cusell et al., 2020). De meeste vennen met een pH lager dan 5,5 huisvesten geen kreeften. De schade die rivierkreeften veroorzaken bij libellenpopulaties ligt dus hoofdzakelijk bij andere soorten dan venlibellen. In de meer basische vennen waar wel rivierkreeften voorkomen is de aangerichte schade significant, omdat de afwezigheid van vis de kreeften vrij spel geeft (Moons, 2019). Uitheemse planten vormen vooral bij slecht beheer een groot risico. Doordat de zeldzamere libellen beter beschermd worden zou beredeneerd kunnen worden dat uitheemse planten bij de vennen waar deze libellen voorkomen beter worden verwijderd.

Droogte heeft een grote impact op zowel venlibellen als andere libellen. Ondiepere wateren zijn significant gevoeliger voor uitdroging dan diepere poelen (Beukema & Manger, 2012). Hieruit valt logischerwijs af te leiden dat venlibellen en libellen van ondiepe poelen vaker last hebben van droogtes dan libellen die voorkomen bij diepere wateroppervlaktes, zoals meren, sloten of rivieren. De uitsluitende larven van venlibellen hebben een vrij specifiek vegetatiebeeld nodig, wat sterk wordt aangetast door droogte (Sykora, 1979, Samways & Simaika, 2016). Door de lagere waterdiepte van vennen en de hogere gevoeligheid van venlibellen voor een specifiek vegetatiebeeld zijn venlibellen veel gevoeliger voor verdroging dan libellen die voorkomen in grote wateroppervlakten. Andere libellen die alleen rondom poelen of andere ondiepe wateroppervlakten en belang hebben bij een specifiek vegetatiebeeld voorkomen zijn net als venlibellen erg gevoelig voor droogte (Buchwald, 1992). Het feit dat het in Scandinavië, waar de zomers juist natter worden, goed gaat met de 3 onderzoekslibellen, wijst uit dat de droogte een serieus effect heeft op het succes van venlibellen (Dijkstra, 2019). Juffers zoals de speerwaterjuffer en maanwaterjuffer, lijken gevoeliger te zijn voor droogte dan echte libellen, zoals de venglazenmaker. Bij volledige uitdroging van vennen overleven ook de larven van deze soort echter niet en zal ook de populatie in opvolgende jaren significant lager zijn, of kan zelfs lokale uitsterving voorkomen.

In Nederland zijn de meeste vennen verzuurd of geëutrofiëerd (Stuijzand, van Turnhout & Esselink, 2004). Verzuring en vermessing kunnen verschillende oorzaken hebben, maar hebben in bijna alle gevallen een negatieve invloed op de libellenstand. Lichte verzuring is voor venlibellen niet schadelijk,

maar bij sterke verzuring komen libellen niet meer bij de vennen voor (Rychła, Benndorf & Buczyński, 2011). Doordat verzuring ook effecten heeft op prooidieren van libellenlarven, kan verzuring ook de foerageereffectiviteit van larven verslechteren (Hirvonen & Ranta, 1996). Vennen zijn over het algemeen zwak of zeer zwak gebufferd. Het kleine wateroppervlak en beperkte doorstroming zorgen ervoor dat veranderingen in de waterkwaliteit lang aanhouden (Stuijzand, van Turnhout & Esselink, 2004). Lichte fluctuaties in waterpeil zijn normaal en gezond voor vennen, maar extreme droogtes zorgen voor lokale uitsterving van soorten (van Swaay et al., 2020). Libellen van andere wateren hebben ook last van vermesting, vooral door uitstroom van landbouwgebieden, maar zijn vaak minder gevoelig voor geleidbaarheid (Jooste et al., 2020). De wateren waarin ze voorkomen zijn vaak beter gebufferd en daarmee beter opgewassen tegen verzuring. Accumulatie van slib vormt in vennen een probleem, omdat het hierin sneller leidt tot eutrofiering, maar komt veel minder vaak voor dan in andere wateren, waardoor andere libellen er meer last van ondervinden (Stuijzand, van Turnhout & Esselink, 2004).

Versnippering is in Nederland een erg groot probleem, maar veel libellen kunnen hier goed mee omgaan, doordat ze grote afstanden makkelijk af kunnen leggen. De specialistische libellen met een slecht kolonisatievermogen hebben meer last van versnippering. Alle 3 de onderzoekslibellen hebben een slecht kolonisatievermogen en een specialistische strategie. Grote fouten bij natuurbescherming komen zelden voor, maar dergelijke grote fouten in natuurbeheer kunnen zorgen voor plaatselijke uitsterving van populaties, wat zeker bij een zeldzame libel als de speerwaterjuffer tot een grotere kans op landelijke uitsterving leidt.

Als naar de weging van de verschillende risico's in tabel 4.1 wordt gekeken zijn er een aantal dingen die opvallen. De meeste problemen die zorgen voor de achteruitgang van libellen gelden in sterkere mate voor venlibellen dan voor andere libellen. Een aantal risico's wegen grofweg even zwaar voor venlibellen en andere libellen en accumulatie van slib weegt zwaarder voor niet-venlibellen dan voor venlibellen. Accumulatie van slib heeft echter een veel minder zware weging dan de andere risico's. Het zwaarst wegende risico is droogte, wat een sterker effect heeft op venlibellen. Tevens valt op dat de versnelde achteruitgang van venlibellen niet door 1 dreiging maar door een combinatie van meerdere dreigingen wordt veroorzaakt. De combinatie van de druk van exoten, nadelige soorteigenschappen, droogte, verzuring en versnippering lijkt het grootste effect te hebben wanneer de wegingen worden bekeken.

5. Conclusie

In dit hoofdstuk worden de deelvragen en hoofdvragen beantwoord. Het doel van het literatuuronderzoek dat in dit rapport is beschreven was om een zo duidelijk mogelijk beeld te geven van de potentiële oorzaak of oorzaken van de versnelde achteruitgang van venlibellen ten opzichte van andere libellen binnen Nederland. De resultaten en aanbevelingen zijn relevant voor gebruik bij natuurbeheer en in de context van gerichte onderzoeken in de toekomst.

5.1 Antwoorden op deelvragen

Deelvraag 1. “Welke soorteigenschappen hebben invloed op de achteruitgang van venlibellen en hoe verhoudt dit zich tot de invloed van soorteigenschappen op de andere libellen in Nederland?”

De soorteigenschappen van libellen die succes hebben rondom vennen en de 3 onderzoekslibellen verschillen sterk en hebben hierdoor een vrij grote invloed. De verspreidingsgebieden en habitatsvoorkeuren van de 3 onderzoekslibellen zijn specifiek en hiermee nadeliger. De onderzoekslibellen hebben tevens een slechter kolonisatievermogen en een kortere vluchtperiode dan de niet-onderzoekslibellen. Deze vluchtperiode is nadeliger voor de speer- en maanwaterjuffer dan voor de venglazenmaker. Deze combinatie van negatieve soorteigenschappen en de specialistische strategie van venlibellen zorgen ervoor dat soorteigenschappen een vrij grote invloed hebben op de versnelde achteruitgang van venlibellen.

Deelvraag 2. “Welke invloed heeft de druk van exoten op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van de druk van exoten op venlibellen in Nederland?”

Andere exoten zoals ongewervelden en kreeften komen zelden voor in zure vennen en vormen dus een groter risico voor andere libellen. Uitheemse waterplanten kunnen zorgen voor verlanding, wat zowel voor venlibellen als andere libellen schadelijk is. De voorkeur voor een zeer specifiek vegetatiebeeld van de larven van venlibellen zorgt ervoor dat venlibellen gevoeliger zijn voor de overwoekering van plantaardige exoten dan andere generalistische libellen. Over het algemeen geldt dat invasieve waterplanten voor venlibellen een minder groot risico vormen dan zonnebaarzen, zolang de invasieve waterplanten tijdig verwijderd worden. Al met al wordt de druk van exoten op venlibellen vooral veroorzaakt door zonnebaarzen, omdat venlibellen van nature in water voorkomen waar geen vis voorkomt en de larven dus geen strategieën hebben om met de predatie van vis om te gaan. Andere libellen ondervinden de meeste last van exoten in de vorm van rivierkreeften en andere ongewervelde exoten.

Deelvraag 3. “Welke invloed heeft droogte op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van droogte op venlibellen in Nederland?”

Alle libellen lijden onder extreme droogte, maar de grotere waterdiepte en inlaat van water buiten regenwater zorgen voor minder sterke effecten van droogte op de habitats van generalistische libellen en daarmee voor een hogere overlevingskans. Droogte heeft een grotere invloed op venlibellen. De habitats van venlibellen zijn gevoeliger voor verdroging dan de habitats van veel andere libellen. Bij sterke uitdroging en wijziging van het vegetatiebeeld rondom vennen kunnen venlibellen plaatselijk uitsterven.

Deelvraag 4. “Welke invloed hebben andere abiotische factoren zoals de accumulatie van slib, zuurgraad en disbalans in de nutriëntenhuishouding op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van abiotische factoren op venlibellen in Nederland?”

De abiotische factor met de grootste invloed op venlibellen, die tevens het best onderzocht is, is verzuring. Geleidbaarheid en disbalans in de nutriënten huishouding zijn slecht onderzocht, maar wat bekend is in de literatuur geeft aan dat venlibellen iets gevoeliger zijn dan andere libellen voor deze parameters. De algehele invloed van geleidbaarheid en disbalans in de nutriënten is niet erg groot, en vooral extreme gevallen zijn problematisch. Accumulatie van slib kan gepaard gaan met eutrofiëring, wat schadelijk is voor zowel venlibellen als andere libellen. De accumulatie van slib komt minder vaak voor bij vennen dan bij andere wateren en is dus minder schadelijk voor venlibellen dan voor andere libellen.

Deelvraag 5. “Welke invloed hebben menselijke ingrepen op libellen en hoe verhoudt zich dit tot de invloed van menselijke ingrepen van op venlibellen in Nederland?”

Versnippering vormt een risico voor libellen, maar door het grote kolonisatievermogen van veel generalistische libellensoorten blijft het risico beperkt. Fouten in natuurbescherming hebben zelden grote invloed op libellen binnen Nederland, omdat populaties vaak dicht bij elkaar liggen en hierdoor goed kunnen herstellen. Versnippering vormt een groter risico voor venlibellen door het lage kolonisatievermogen van de 3 onderzoekssoorten. De soorten leggen geen grote afstanden af, waardoor populaties geïsoleerd raken en hierdoor gevoeliger worden. Fouten in natuurbeheer kunnen extreem schadelijk zijn door deze isolatie van populaties, maar komen zeer zelden nooit voor.

Deelvraag 6. “Welke oorzaak of welke van de oorzaken uit deelvraag 1 t/m 5 zijn doorslaggevend voor de versnelde afname van venlibellen?”

Meerdere oorzaken wegen zwaarder voor venlibellen dan andere libellen. Het meest schadelijk is droogte, gevolgd door verzuring. Daarnaast zijn ook druk van exoten en nadelige soorteigenschappen schadelijker voor venlibellen dan andere libellen, gevolgd door versnippering en fouten in natuurbescherming.

5.2 Antwoord op de Hoofdvraag

De hoofdvraag van dit rapport luid: “Welke van de bekende oorzaken voor de afname van libellen zijn verantwoordelijk voor het feit dat venlibellen sneller afnemen dan andere libellen?”.

Zoals blijkt uit de interpretatie van tabel 4.1 (Zie onderstaand) valt geen eenduidige oorzaak te noemen voor het feit dat venlibellen sneller afnemen dan andere libellen. De versterkte gevoeligheid van de 3 onderzoekslibellen voor verschillende oorzaken van libellenafname zorgt hoogstwaarschijnlijk voor de versnelde afname. Er valt een redelijke indicatie te geven welke van de bekende oorzaken het meest schadelijk zijn voor venlibellen. Droogte vormt het grootste bekende risico en neemt in de toekomst waarschijnlijk toe. Verzuring kan in hoge mate ook zorgen voor plaatselijke uitsterving en vormt in veel Nederlandse vennen een probleem. De druk van exoten, vooral door zonnebaarden, oefent tevens grote druk uit op de populaties van venlibellen in de vennen waarin deze uitheemse soort aanwezig is. De soorteigenschappen van de venlibellen (maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker) zijn tevens nadelig. Het slechte kolonisatievermogen, de korte vluchtperiode en de zeer specifieke habitatsvoorkeuren zorgen ervoor dat geschikte voortplantingslocaties schaars zijn en nieuwe geschikte locaties slecht worden gekoloniseerd. Versnippering vormt door dit slechte kolonisatievermogen een probleem voor venlibellen. Doordat populaties van maanwaterjuffer, speerwaterjuffer en venglazenmaker vaak klein en geïsoleerd zijn kunnen ook fouten bij natuurbescherming voor plaatselijke uitsterving zorgen. Dergelijke fouten komen echter zelden voor.

De dreigingen in onderstaande versie van tabel 4.1 zijn tevens met kleuren gemarkeerd om het risico voor venlibellen inzichtelijker te maken. Groen gemarkeerde delen zijn nadeliger voor andere libellen ten opzichte van venlibellen. Rode delen vormen het grootste risico voor venlibellen, gevolgd door oranje delen, gevolgd door gele delen, gevolgd door licht gele delen. Delen van de tabel zonder kleur vormen een grofweg even groot risico voor venlibellen als voor andere libellen en zijn dus amper relevant in het kader van de versnelde afname van venlibellen.

Tabel 4.1: Risicoanalyse libellen

Dreiging	Risico venlibellen	Risico andere libellen	Weging
Nadelige soorteigenschappen	4	2	3
Druk van exoten	4	3	3
Droogte	5	3	5
Accumulatie van slib	2	3	2
Verzuring	5	3	4
Geleidbaarheid	2	2	2
Disbalans in de nutriëntenhuishouding	4	4	4
Versnippering	4	3	3
Fouten bij natuurbescherming	3	1	1

5.3 Aanbevelingen

Zoals benoemd in hoofdstuk 4.3 reikwijdte van het onderzoek is dit rapport waardevol voor onderzoekers en natuurbeheerders. Onderstaande aanbevelingen zijn gericht op natuurbeheersorganisaties, waarbij de onderzoeksaanbevelingen in samenwerkingen met onderzoekers kunnen worden uitgevoerd. Het valt aan te bevelen om vervolgonderzoek te doen naar de parameters waarvan de invloed op venlibellen minder goed bekend is. Hierbij moet per locatie worden gekeken naar de invloed van slib, geleidbaarheid, verzuring, exoten en disbalans in nutriëntenhuishouding. Aan de hand van deze praktijkresultaten kunnen vervolgens hardere conclusies worden getrokken. Aan de hand van deze conclusies per locatie kunnen vervolgens gerichte maatregelen worden uitgevoerd om vennen te herstellen of beschermen.

Vennen die sterk geutrofiëerd of verzuurd zijn, zijn moeilijk te herstellen. Het voornaamste belang voor venlibellen ligt daarom bij het beschermen van de vennen die nu nog wel van voldoende kwaliteit zijn om venlibellen te huisvesten. Het is hierbij belangrijk om de waterkwaliteit en de stand van exoten in het ven te monitoren. Wanneer de eerste verschijnselen van slechte waterkwaliteit of beginnende opkomst van exoten worden waargenomen moeten deze in het beginstadium worden bestreden, aangezien de ver gevorderde situaties moeilijk tot niet te herstellen zijn. In vennen waar van nature geen vis zit, maar nu wel zonnebaars voorkomt moeten tevens maatregelen worden genomen om zonnebaarsen te verwijderen. De effecten van droogte zijn moeilijk tegen te gaan. Een van de weinige opties om de gevolgen tegen te gaan is het inlaten van water. Hierbij is het belangrijk om water in te laten met een vergelijkbare chemische samenstelling om andere factoren zoals de zuurgraad en balans in de nutriënten huishouding niet te verstoren.

Door onderzoek uit te voeren naar locaties in het buitenland waar het wel goed gaat met de venlibellen, kan beter in kaart worden gebracht welke verschillen er zijn tussen succeslocaties en locaties zoals Nederland waar het slecht gaat met de libellen. Indien in een dergelijk onderzoek factoren worden gevonden die beïnvloedbaar zijn kunnen deze positieve invloeden worden toegepast op de locaties waar de venlibellen zich in Nederland huisvesten. Zo kan het buitenland een voorbeeld vormen voor de bescherming van venlibellen binnen Nederland. Dergelijke onderzoeken zijn op het moment van schrijven niet beschikbaar, waardoor het maken van een dergelijke vergelijking niet mogelijk is.

Referenties

- Atlas leefomgeving. (z.d.). *Droogte*, geraadpleegd op 10-07-2020, van <https://www.atlasleefomgeving.nl/meer-weten/water/droogte>
- Atlas leefomgeving. (z.d.). Natuurgebieden, geraadpleegd op 14-07-2020, van <https://www.atlasleefomgeving.nl/meerweten/natuur/natuurgebieden#:~:text=Het%20Natuur%20heeft%20een%20oppervlakte,natuurgebieden%20blijven%20dus%20erg%20versnipperd>
- Barendrecht, A. (2007). *Het verband tussen het slootpeil en de levensgemeenschap van Krabbenscheer-Groene Glazenmaker-Bittervoorn-Zwarte Stern in het laagveengebied van Zuid-Holland*. Gouda: Koninklijke Natuurhistorische Vereniging
- Bell, H. L. (1971). Effect of low pH on the survival and emergence of aquatic insects. *Water Research*, 5(6), 313-319.
- Beukema, J., & Manger, R. (2012). Libellen in de duinen-dynamiek en droogte. *De Levende Natuur*, 113(6), 288-291.
- Boulton, A. J. (2003). Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages, *Freshwater Biology*, 48(7).
- Boulton, A. J., & Lake P. S. (2008). Effects of Drought on Stream Insects and its Ecological Consequences. *Aquatic Insects*. Londen: CABI
- Bouma, J. (2019, 15 augustus). Dit kleine visje jaagt kikkers weg, en dus mag hij niet langer worden verhandeld. *Trouw*, p. 10.
- Bouwman, J. H., Kalkman, V. J., Abbingh, G., de Boer, P., Geraeds, R. P. G., Groenendijk D., Ketelaar, R., Manger R., & Termaat T. (2008). Een actualisatie van de verspreiding van de Nederlandse libellen. *Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie*, 2(11). 103-198.
- Bouwman, J., Ketelaar, R., & Popken R., (2004). Tien jaar natuurontwikkeling op het Mantingerveld: wat levert het op voor dagvlinders, libellen en sprinkhanen?. *De Levende Natuur*, 105(2), 55-59.
- Bucciarelli, G. M., Suh, D., Lamb, A. D., Roberts, D., Sharpton, D., Shaffer, H. B., & Kats, L. B. (2019). Assessing effects of non-native crayfish on mosquito survival. *Conservation Biology*, 33(1), 122-131.
- Buchwald, R. (1992). Vegetation and dragonfly fauna—characteristics and examples of biocenological field studies. *Vegetatio*, 101(2), 99-107.
- Cusell, C., Brederveld, B., Doef, L., Jans, M., Lammers, D., Tangerman, M., Weerman, E., Moth, L., Kampen, J., van de Haterd, R., Koese, B., Nieuwhof, S., Kooijman, A., & van de Craats, A. (2020). *Rode Amerikaanse rivierkreeften in Nederland: Relaties met milieu- en omgevingsfactoren*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
- de Boer, E. P. (2005). Friese libellenfauna in beweging; de veranderingen vastgelegd. *Twirre*, 16(1), 1-10.
- Dijkstra, K. D. (2019). *Libellen van Europa*. Utrecht: Kosmos

- van Delft J., van Kleef H., van der Burg, R., Bosman, W., Bouwman, J., & de Kort, N. (2013). De zonnebaars levenswijze, problematiek en beheer. Nijmegen: RAVON
- Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2019). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3). 810-821.
- Hallman, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Muller, A., Sumser H., Hörren, T., Goulson, D., & de Kroon H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, 12(10).
- Hirvonen, H., & Ranta, E. (1996). Prey to predator size ratio influences foraging efficiency of larval *Aeshna juncea* dragonflies. *Oecologia*, 106, 407-415.
- Holtjer, L., (2009), Dossier invasieve exoten, *Boomblad*, 1, 16-19
- Hudson, J., & Berrill, M. (1986). Tolerance of low pH exposure by the eggs of Odonata (dragonflies and damselflies). *Hydrobiologia*, 140(1), 21-25.
- Jooste, M. L., Samways, M. J., & Deacon, C. (2020). Fluctuating pond water levels and aquatic insect persistence in a drought-prone Mediterranean-type climate. *Hydrobiologia*, 847(5), 1315-1326.
- Kadoya, T., Suda, S. I., Tsubaki, Y., & Washitani I. (2008). The sensitivity of dragonflies to landscape structure differs between life-history groups. *Landscape Ecology*, 23, 149-158.
- Kalkman, V. J., Boudot, J., Bernard R., Conze K. J., de Knijf G., Dyatlova E., Ferreira S., Jovic M., Ott J., Riservato E., & Sahlen G. (2010). *European Red List of Dragonflies*. Luxemburg: Publications Office of the European Union
- Kalkman, V. J., Clausnitzer, V., Dijkstra K. D. B., Orr A. G., Paulson D. R., & van Tol J. (2007). Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment*, 198, 351-363.
- Ketelaar, R. (2001). Verspreidingsgegevens van libellen als instrument bij het herstel van vennen. *De Levende Natuur*, 102(4), 166-170.
- KNMI A. (z.d.). *Droogte*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/droogte>
- KNMI B. (z.d.). *Zomer 2019 (juni, juli augustus)*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2019/zomer>
- KNMI. (2020 juni). *Neerslagtekort in Nederland in 2020*. Geraadpleegd op 7 juni 2020, van https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/neerslagtekort_droogte
- Kuijter, E. (Maart 2002), *Libellen en insecticiden*, Utrecht: Universiteit Utrecht
- Larimore, R. W., Childers, W. F., & Heckrotte, C. (2011). Destruction and Re-establishment of Stream Fish and Invertebrates Affected by Drought, *Transactions of the American Fisheries Society*, 88(4). 261-285

- Leuven, R. S., van Hemelrijk, J. A., Maenen, M. M., & van der Velde, G. (1988). Verzuring van oppervlaktewateren in Nederland en de gevolgen voor de Libellenfauna. *Contactblad Nederlandse Libellenonderzoekers*, 15(1), 3-5.
- Leuven, R. S. E. W., & Wesseling, M. (2009). Exoten rukken op in Nederlandse wateren. *Bionieuws*, 7
- 't Lam N. (November 2006). Klimaatverandering en biodiversiteitspatronen in Nederlandse duinecosystemen. Utrecht: Wetenschapswinkel Biologie
- Manger, R., & Beukema, J. J. (2007). De libellen van de Grafelijkheidsduinen: de invloed van het waterpeil op de libellenfauna. *Brachytron*, 10(2), 194-204.
- Moons, K., (2019, 24 augustus). Gulzige Californische kreeften moeten het Brabantse ven uit, *Trouw*
- Moore, N. W. (1986). Acid water dragonflies in eastern England — their decline, isolation and conservation. *Odonatologica*, 4(15). 377-385.
- Nederlandse voedsel en warenautoriteit. (z.d.). *Overzicht soorten invasieve waterplanten*. Geraadpleegd op 08-07-2020, van <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/invasieve-exoten/invasieve-planten/invasieve-oever--en-waterplanten/overzicht-soorten-invasieve-waterplanten>
- NVWA. (2019, 5 augustus). *Factsheet Zonnebaars*, geraadpleegd op 1 juni 2020, van <https://www.nvwa.nl/documenten/dier/dieren-in-de-natuur/exoten/risicobeoordelingen/factsheet-zonnebaars>
- Peek, S. (2020, 17 juli), *Enige Nederlandse leefgebied zeldzame vlinder weggemaaid*, NRC
- Puijenbroek, P. V., de Lange, H. J., & Ottburg, F. G. W. A. (2009). Exoten in het zoete water in de afgelopen eeuw. *H2O: tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling*, 19, 31-33.
- Rychła, A., Benndorf, J., & Buczyński, P. (2011). Impact of pH and conductivity on species richness and community structure of dragonflies (Odonata) in small mining lakes. *Fundamental and Applied Limnology*, 179(1), 41-50.
- Sahlen, G., Bernard, R., Rivera, A. C., Ketelaar, R., & Suhling, F. (2012). Critical species of Odonata in Europe. *International Journal of Odonatology*, 7(2), 385-398.
- Samways, M. J., & Taylor, S. (2004). Impacts of invasive alien plants on Red-Listed South African dragonflies (Odonata): working for water. *South African Journal of Science*, 100(1), 78-80.
- Samways, MJ, & Sharratt, NJ (2010). Herstel van endemische libellen na verwijdering van invasieve bomen. *Conservation Biology*, 24 (1), 267-277.
- Sanders, M. E., & Gerritsen, A. L. (2010). Het biodiversiteitsbeleid in Nederland werkt. *Achtergronddocument bij Balans van de Leefomgeving*.
- Simaika, J. P., M. J. Samways & P. P. Frenzel, (2016). Artificial ponds increase local dragonfly diversity in a global biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation* 25: 1921–1935.
- Stuijzand, S., van Turnhout, C., & Esselink, H. (2004). *Gevolgen van verzuring, vermesting en verdroging en invloed van herstelbeheer op heidefauna*. Ede: Expertisecentrum Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
- Sykora, K. V. (1979). The effects of the severe drought of 1976 on the vegetation of some moorland pools in The Netherlands. *Biological Conservation*, 16(2). 145-162.

- Taylor, S., & Samways, M. J. (2004). Impacts of invasive alien plants on Red-Listed South African dragonflies (Odonata) : working for water, *South African Journal of Science*, 100(1). 78-80.
- Termaat, T., & Kalkman, V. J. (2011). *Basisrapport Rode Lijst Libellen volgens Nederlandse en IUCN-criteria*. Wageningen: De Vlinderstichting
- Termaat, T., & van Strien, A. (2015). Libellen: is de grootste winst voorbij?. *Vlinders*, 30(2), 10-12.
- Termaat, T., & Veling, K. (2011). *Nieuwe Rode Lijst libellen: natuurbescherming werkt*. Wageningen: De Vlinderstichting
- Thomann, M., Imbert, E., Devaux, C., & Cheptou, P. O., (2013). Flowering plants under global pollinator decline. *Trends in Plant Science*, 18(7). 353-359.
- van Dam, H. (1988). Acidification of three moorland pools in The Netherlands by acid precipitation and extreme drought periods over seven decades. *Freshwater Biology*, 20(2), 157-176.
- van de Ven, M. W. P. M. (2019). *Verkenning van de gevolgen van langdurige droogte voor vissen in de Nederlandse wateren*. Lelystad: Rijkswaterstaat
- van Swaay, C., Bos, G., van Grunsven, R., van Deijk, J., Stip, A., de Vries, H., Kok J., Huskens K., Veling K., Slikboer L., & Poot M. (2020 maart). *Vlinders, libellen en hommels geteld Jaarverslag 2019*. Geraadpleegd op 21 mei 2020, van <https://assets.vlinderstichting.nl/docs/d7b4a2ed-7255-4acb-9d8c-4f0741f05aec.pdf>
- van Valkenburg, J. L. C. H. (april 2011). *Invasieve waterplanten in Nederland*, Wageningen: Nieuwe voedsel- en warenautoriteit
- Verdonschot, R. C., Groenendijk, D., & Bouwman, J. H. (2007). Libellen op Noord-Brabantse vennen; een aanzet tot een synecologische analyse van het databestand libellenwaarnemingen. *Brachytron*, 10(2), 185-193.
- Vlinderstichting A. (z.d.). *Maanwaterjuffer*, Geraadpleegd op 26 mei 2020, van <https://www.vlinderstichting.nl/libellen/overzicht-libellen/details-libel/maanwaterjuffer>
- Vlinderstichting B. (z.d.). *Speerwaterjuffer*, Geraadpleegd op 26 mei 2020, van <https://www.vlinderstichting.nl/libellen/overzicht-libellen/details-libel/speerwaterjuffer>
- Vlinderstichting C. (z.d.). *Venglazenmaker*, Geraadpleegd op 26 mei 2020, van <https://www.vlinderstichting.nl/libellen/overzicht-libellen/details-libel/venglazenmaker>
- Vlinderstichting D. (z.d.). *Zwarte Heidelibel*, Geraadpleegd op 26 mei 2020, van <https://www.vlinderstichting.nl/libellen/overzicht-libellen/details-libel/zwarte-heidelibel>
- Vlinderstichting E. (z.d.). *Koraaljuffer*, Geraadpleegd op 4 juli 2020, van <https://www.vlinderstichting.nl/libellen/overzicht-libellen/details-libel/koraaljuffer>
- Vlinderstichting F. (z.d.). *Tengere Pantserjuffer*, Geraadpleegd op 4 juli 2020, van <https://www.vlinderstichting.nl/libellen/overzicht-libellen/details-libel/koraaljuffer>
- Vlinderstichting. (2016, januari). *Rode lijst libellen*. Geraadpleegd op 3 juni 2020, van <https://www.vlinderstichting.nl/libellen/alles-over-libellen/bescherming-en-beheer-libellen/rode-lijst-libellen/>

- Vlinderstichting. (2017, 22 november). *Zorgen om libellen van de vennen*. Geraadpleegd op 2 juni 2020, van <https://www.vlinderstichting.nl/actueel/nieuws/nieuwsbericht/zorgen-om-libellen-van-de-vennen->
- Vlinderstichting. (2019, 25 december). *2019: superjaar zadellibel; rampjaar venlibellen*. Geraadpleegd op 21 mei 2020, van <https://www.vlinderstichting.nl/actueel/nieuws/nieuwsbericht/2019-superjaar-zadellibel-rampjaar-venlibellen>
- Waarneming.nl A. (z.d.). *Kaspische slijkgarnaal - Chelicorophium curvispinum*, geraadpleegd op 09-07-2020, van https://oudeversie.waarneming.nl/soort/maps/26835?from=2000-07-15&to=2020-07-15&show_heatmap=0&method=0&count_ex=0&only_valid=0&grid=5000&kwart=0&st=&second_specie=
- Waarneming.nl B. (z.d.). *Pontokaspische vlokreeft - Dikerogammarus villosus*, geraadpleegd op 09-07-2020, van https://oudeversie.waarneming.nl/soort/maps/26529?from=2000-07-15&to=2020-07-15&show_heatmap=1&method=0&count_ex=0&only_valid=0&grid=5000&kwart=0&st=&second_specie=
- Waarneming.nl C. (z.d.). *Maanwaterjuffer - Coenagrion lunulatum*, geraadpleegd op 14-07-2020 van https://oudeversie.waarneming.nl/soort/maps/592?from=2009-07-14&to=2020-07-14&show_heatmap=0&method=0&count_ex=0&only_valid=0&grid=5000&kwart=0&st=&second_specie=
- Waarneming.nl D. (z.d.). *Zonnebaars - Lepomis gibbosus* geraadpleegd op 14-07-2020 van https://oudeversie.waarneming.nl/soort/maps/2151?from=2009-07-14&to=2020-07-14&show_heatmap=0&method=0&count_ex=0&only_valid=0&grid=5000&kwart=0&st=&second_specie=
- Watson, J. A. L., Arthington, A. H., & Conrick, D. L. (1982). Effect of sewage effluent on dragonflies (Odonata) of Bulimba Creek, Brisbane. *Marine and Freshwater Research*, 33(3), 517-528.