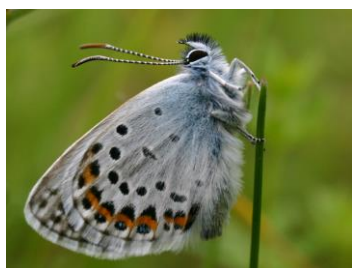
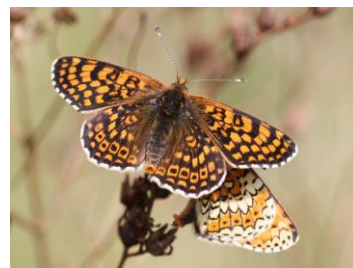


Klimaatstresstest voor Dagvlinders in Limburg





Klimaatstresstest voor Dagvlinders in Limburg



Klimaatstresstest voor Dagvlinders in Limburg

Tekst

Michiel Wallis de Vries

Foto's

Kim Huskens, Chris van Swaay en Michiel Wallis de Vries

Met medewerking van

Bas Oteman

Rapportnummer

VS2019.023

Projectnummer

P-2018.126

Productie

De Vlinderstichting
Mennonietenweg 10
Postbus 506
6700 AM Wageningen
T 0317 46 73 46
E info@vlinderstichting.nl
www.vlinderstichting.nl

Subsidiegever

Provincie Limburg

Deze publicatie kan worden geciteerd als

Wallis de Vries, M.F. & Oteman, B. (2019). *Klimaatstresstest voor Dagvlinders in Limburg*. Rapport VS2019.023, De Vlinderstichting, Wageningen.

Trefwoorden

Klimaatextremen, dagvlinders, populaties, monitoring

september 2019



provincie limburg



Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van De Vlinderstichting, noch mag het zonder een dergelijke toestemming gebruikt worden voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Inhoud

Samenvatting	4
1. Inleiding.....	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doelstelling	6
2. Methode.....	7
2.1 Overzicht van de analyse	7
2.2 Soortenselectie	7
2.3 Monitoringdata op populatieniveau.....	8
2.4 Omgevingsdata	8
2.4 Klimaatdata.....	10
2.5 Statistische analyse.....	11
2.6 Aanbevelingen voor lokale populaties.....	13
2.7 Leeswijzer	13
3. Invloeden van klimaat en omgeving	14
Boswitje	14
Bruin blauwtje	16
Bruin dikkopje	17
Bruine eikenpage	18
Donker pimperlblauwtje	20
Geelsprietdikkopje	21
Grote vos	23
Grote weerschijnvlinder	24
Heideblauwtje	26
Heivlinder	29
Iepenpage.....	31
Kaasjeskruidikkopje.....	32
Keizersmantel	33
Klaverblauwtje	34
Kleine ijsvogelvlinder.....	35
Kleine parelmoervlinder	37
Oranje zandoogje	39
Sleedoornpage	40
Spiegeldikkopje	42
Veldparelmoervlinder	44
4. Synthese	46
Literatuur	49

Samenvatting

Klimaatverandering is niet alleen een kwestie van een geleidelijke opwarming, maar gaat juist ook gepaard met een toename van weersextremen van zowel droogte als hevige neerslag. Voor een duurzaam behoud van biodiversiteit is het van belang om de risico's daarvan in beeld te krijgen voor onze kenmerkende bedreigde soorten. Dit rapport presenteert daarom de resultaten van een klimaatstresstest voor bedreigde dagvlinders voor de provincie Limburg.

De klimaatstresstest is uitgevoerd door de invloed van klimaatfactoren op de populatieontwikkeling van dagvlinders vast te stellen aan de hand van gegevens uit het landelijk meetnet vlinders. De aantalsverandering van jaar-op-jaar is daartoe voor alle soorten met voldoende data met standaard lineaire modellen verklaard op basis van een combinatie van klimaatfactoren en omgevingscondities die van belang kunnen zijn om klimaatinvloeden te mitigeren. Als indicatoren voor klimaatextremen zijn met name beschouwd: het neerslagtekort, neerslagpieken, hitte en late nachtvorst.

Over alle soorten bezien waren de invloeden van temperatuur en neerslag in de zomer het vaakst significant. De zomertemperatuur heeft meestal een positieve invloed op de aantalsontwikkeling, maar hitte is vooral voor soorten uit heidegebieden een negatieve factor. De invloed van de neerslag is afhankelijk van de biotoop van de soort en de balans tussen het positieve effect van een goed aanbod van nectar of waardplanten en het negatieve effect van een kortere vliegtijd of inundatie. Perioden met forse buien in voorjaar of zomer en late vorst vormen een risico voor een kleiner aantal soorten.

Ook de lokale condities zijn, juist voor het opvangen van de klimaatinvloeden, van belang:

- grotere leefgebieden vergroten de veerkracht van populaties,
- reliëf is van toegevoegde waarde voor het bufferen van de invloed van droogte, hitte en extreme regenval
- bodemvocht is van positieve invloed om perioden van droogte op te kunnen vangen.

Droogte is al met al een belangrijke factor voor tweederde van de soorten: hetzij via verdroging van het leefgebied op lange termijn, hetzij via de overleving en voortplanting op korte termijn. Meer aandacht voor klimaatadaptatie verdient daarom een hoge prioriteit bij water- en natuurbeheerders.

Klimaatadaptatie voor het behoud van de leefgebieden van bedreigde dagvlinders is op verschillende manieren te verwezenlijken.

- stabilisatie van waterhuishouding en voorkomen van drainage en inundatie
- benutting van reliëf, variatie in bodem en vochtgradiënten
- het vergroten van de variatie in het microklimaat door aandacht voor heterogeniteit in het terreinbeheer
- aanpassing van begrazingsintensiteit en maaibeheer aan natte of droge jaren

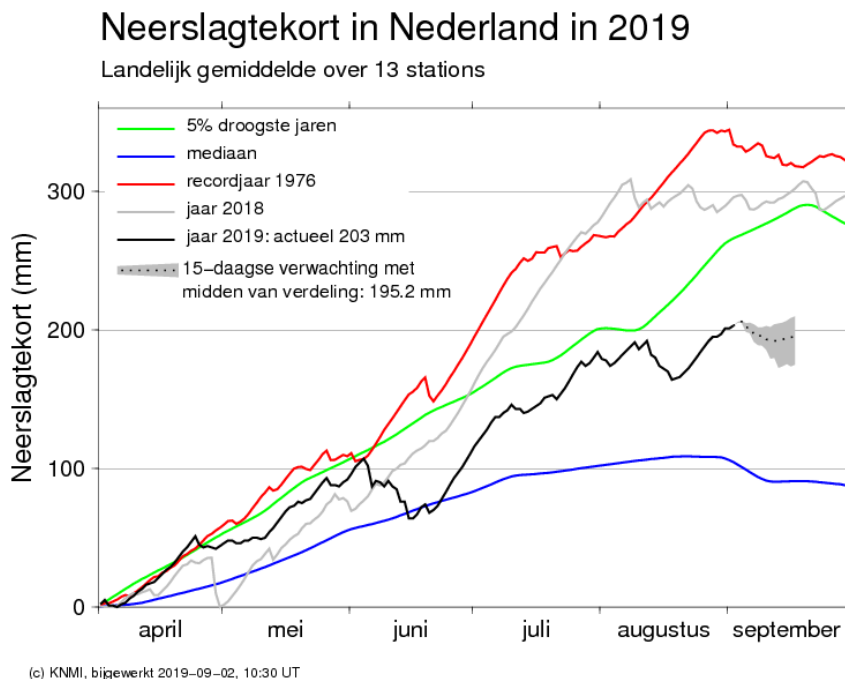
Voor de provincie Limburg is klimaatadaptatie met name een topprioriteit voor de heivlinder, maar vraagt deze ook aandacht voor 14 andere bedreigde soorten.

1. Inleiding

Klimaatverandering is al geruime tijd aan de gang, maar de zomers van 2018 en 2019 wijzen ons nadrukkelijk op de risico's van toenemende klimaatextremen, onder meer voor het behoud van de biodiversiteit. Voor droogtegevoelige soorten vormen deze extremen een grote bedreiging. Bedreigde soorten zouden door de extra schade van klimaatextremen – bovenop de gevolgen van versnippering, vermisting en verzuring – zelfs geheel uit Nederland kunnen verdwijnen. Voor een goed inzicht in dergelijke gevolgen is het nodig een klimaatstresstest uit te voeren voor de dagvlindersoorten waarvoor in de Wet Natuurbescherming actieve bescherming is vereist. Op basis van de uitslag van deze stresstest kunnen maatregelen worden getroffen om de leefgebieden van deze soorten klimaatbestendig te maken.

1.1 Aanleiding

Klimaatverandering vormt een uitdaging voor de samenleving, maar niet minder voor de natuur. In het kader van natuurbescherming wordt er echter nog weinig aandacht aan besteed. Vooral gaat het dan om het bevorderen van verbindingen om het opschuiven van de arealen van soorten met geleidelijke opwarming mogelijk te maken. De invloed van klimaatextremen wordt daarbij nog onvoldoende meegenomen. Toch wijst een groeiend aantal studies juist op de gevolgen daarvan (bijv. Easterling *et al.*, 2000; Wallis de Vries *et al.*, 2011; McDermott *et al.*, 2016). De extreme zomers van 2018 en 2019 (Figuur 1.1) hebben de urgentie benadrukt van de opgave om klimaatextremen te kunnen opvangen.



Figuur 1.1: Het neerslagtekort in 2018 en 2019 was uitzonderlijk, net als 2014 en 2016 extreem natte zomers brachten (bron: KNMI).

Vaak wordt gedacht dat er op locatieniveau weinig maatregelen kunnen worden genomen om leefgebieden klimaatbestendig te maken, maar dat is wel degelijk mogelijk, wanneer goed gebruik gemaakt wordt van variatie in reliëf, waterhuishouding en microklimaat (Oliver *et al.*, 2010; De Frenne *et al.*, 2013; Suggitt *et al.*, 2018). In het pilotproject [Klimaatbestendig beheer voor de heidefauna](#) (Wallis de Vries *et al.*, 2018a) is dit voor de natte heide verkend door de

uitvoering van kleinschalige maatregelen te richten op uitbreiding van leefgebied over de vochtgradiënt van nat naar droog.

Om de gevoeligheid van soorten voor klimaatextremen inzichtelijk te maken is een klimaatstresstest nodig. Hierin wordt de invloed van klimaatextremen op de populatiegrootte van elke soort gekwantificeerd, zodat aangegeven kan worden voor welke soorten het nodig is om het leefgebied klimaatbestendig te maken. Dagvlinders lenen zich goed voor de uitvoering van een klimaatstresstest. Als koudbloedige dieren met een korte levenscyclus reageren ze snel op veranderingen in het klimaat. Door de langjarige tellingen uit het landelijk meetnet vlinders zijn vanaf 1992 de veranderingen van jaar op jaar op honderden locaties verspreid over het land goed gekwantificeerd. Tot voor kort was het niet goed uitvoerbaar om de respons van soorten op klimaatextremen te kwantificeren, omdat daarvoor ook gedetailleerde informatie op locatieniveau nodig is. Eerdere analyses lieten daarom geen overtuigende effecten van klimaatextremen zien (Wallis de Vries *et al.*, 2011; Malinowska *et al.*, 2014). Daarvoor moeten namelijk zowel de neerslag als de lokale condities voor bodem, grondwatertrap en reliëf bekend zijn. Deze gegevens zijn nu zeer gedetailleerd beschikbaar, waardoor een klimaatstresstest veel beter uitvoerbaar is om op de beheerpraktijk toegesneden informatie te leveren.

Door de analyse op landelijke schaal uit te voeren kunnen betrouwbaarder uitspraken over de gevolgen van klimaatextremen worden gedaan. Voor de provincies is het echter belangrijk dat de rapportage op provinciaal niveau wordt doorvertaald. Die lijn is in deze rapportage gevolgd.

De resultaten van de klimaatstresstest zullen van nut zijn bij het ontwikkelen van beleid voor klimaatbestendig beheer van en landgebruik in relatie tot biodiversiteit in bredere zin. Oplossingsrichtingen voor kwetsbare soorten zullen op basis van de resultaten kunnen worden gezocht in aanpassing van de waterhuishouding en benutting van heterogeniteit in het landschap. Spreiding van risico's zou voorts ook kunnen worden bereikt door bijplaatsing van vlinders in kansrijke, maar onbezette gebieden.

1.2 Doelstelling

Doel van deze rapportage is om voor alle bedreigde soorten dagvlinders in Limburg, voor zover mogelijk de gevoeligheid voor klimaatextremen vast te stellen door een kwantitatieve analyse van populatietrends in relatie tot extreem weer. Daarbij wordt tevens de invloed van lokale condities ten aanzien van bodem, reliëf en waterhuishouding meegenomen.

Op basis van klimaatscenario's is vervolgens de kwetsbaarheid van soorten voor de toekomst doorvertaald. Op locatieniveau is per soort zo veel mogelijk inzichtelijk gemaakt in hoeverre de lokale condities kunnen worden aangepast om het leefgebied van populaties klimaatbestendig te maken. Hieruit volgen aanbevelingen voor de uitvoering van maatregelen.

2. Methode

De analyse heeft zich gericht op de soorten dagvlinders met populaties in Nederland waarvoor provincies een verantwoordelijkheid hebben voor actieve soortenbescherming, c.q. alle soorten die opgenomen zijn op de Rode Lijst Dagvlinders inclusief wettelijk beschermde soorten. Voor soorten met voldoende gegevens is de invloed van klimaatinvloeden per populatie bepaald. Voor de andere soorten is dit op kwalitatieve wijze gedaan. De klimaatinvloeden zijn zoveel mogelijk gekoppeld aan eigenschappen van de leefgebieden op populatieniveau om tot aanbevelingen voor uitvoering van maatregelen te komen.

2.1 Overzicht van de analyse

Voor de geselecteerde soorten met voldoende gegevens zijn de data van het landelijk meetnet vlinders (NEM) benut om voor de periode 1992-2018 de jaar-op-jaar veranderingen in talrijkheid te verklaren op basis van verschillende indicatoren voor klimaatextremen in het lopende en voorafgaande jaar. Deze klimaatgegevens zijn beschikbaar via de weerstations van het KNMI. Als indicatoren voor klimaatextremen zijn met name beschouwd: het neerslagtekort, neerslagpieken, hitte en late nachtvorst. Voor elke soort is de invloed hiervan beschouwd tijdens de vliegtijd van de vlinders en het hele daaraan voorafgaande jaar. De condities tijdens de winter zijn buiten beschouwing gelaten, omdat extreem weer in deze tijd van winterrust van weinig invloed is op de populatieontwikkeling (het geleidelijk milder worden van de winters kan wel van invloed zijn, maar op basis van eerder onderzoek is de verwachting is dat specifieke condities in afzonderlijke winters van weinig invloed is; Roy *et al.*, 2001; Wallis de Vries *et al.*, 2011).

De klimaatinvloeden zijn zoveel mogelijk geanalyseerd op het niveau van afgebakende populaties. Hiervoor zijn behalve de oppervlakte ook indicaties van bodemvocht en reliëf meegenomen als omgevingsfactoren waardoor klimaatinvloeden al of niet opgevangen kunnen worden.

De gevonden verbanden geven aanwijzingen voor de kritische factoren die veranderingen in populatiegrootte van elke soort verklaren. Ze zijn verder benut om de populatieontwikkeling te vergelijken onder het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van de door het KNMI gebruikte referentieperiode van 1981-2010. Dit toekomstscenario is voorts afgezet tegen de verwachte areaalverschuiving bij klimaatopwarming volgens de *Climatic risk atlas of European butterflies* (Settele *et al.*, 2008).

Bij elke soort zijn de consequenties van de gevonden invloeden doorvertaald naar de populaties in de provincie, met aanbevelingen voor maatregelen om eventueel bedreigende klimaatinvloeden en andere knelpunten op te heffen.

In de volgende paragrafen zijn de verschillende stappen in deze analyse verder toelicht.

2.2 Soortenselectie

De analyse heeft van klimaatinvloeden heeft zich in eerste instantie gericht op de 32 soorten dagvlinders met een actuele Rode Lijst-status (Tabel 2.1).

De gele luzernevlinder, hoewel bedreigd, is daarbij niet meegenomen omdat dit een trekvlinder is zonder vaste populaties in Nederland. De soort kan in Nederland de winter niet overleven. De aantallen worden dus bepaald door factoren buiten ons land, zodat een analyse van beschermingsmaatregelen in relatie tot klimaatverandering van weinig praktische waarde is.

Toegevoegd zijn twee thans niet bedreigde soorten met een wél ernstig bedreigde status op de vorige Rode Lijst uit 2006: grote weerschijnvlinder en iepenpage. Op grond daarvan zijn deze soorten nog steeds wettelijk beschermd.

Ook toegevoegd is de keizersmantel, die op de vorige Rode Lijst als 'verdwenen uit Nederland' te boek stond, maar nu als niet meer bedreigd geldt; gezien deze nog

maar recente kentering is het de vraag hoe duurzaam de huidige populaties zijn en is de keizersmantel daarom uit voorzorg toch meegenomen.

Bont dikkopje en groot dikkopje hadden op de vorige Rode Lijst een weinig bedreigde status (respectievelijk kwetsbaar en gevoelig) en gelden thans als niet meer bedreigd. Beide komen in deze klimaatstresstest daarom niet aan bod. Voor Limburg gaat het om 24 soorten, waarvan er 4 sinds 1990 zijn verdwenen (gentiaanblauwtje, grote parelmoervlinder, kommavlinder en zilveren maan; Tabel 2.1).

2.3 Monitoringdata op populatieniveau

Voor de analyse van de jaar-op-jaar veranderingen in talrijkheid zijn de data van het landelijk meetnet vlinders (NEM) benut uit de periode 1992-2018. Voor 28 van de 34 soorten waren er voldoende gegevens voor een kwantitatieve analyse (voor 8 soorten met een beperkt aantal waarnemingen, voor 20 soorten met >100 datapunten).

Een cruciaal onderdeel van de analyse is het betrekken van de condities op het locatieniveau van elke monitoringroute bij de analyse. Daarvoor zijn populaties afgebakend op basis van waarnemingen uit de Nationale Database Flora en Fauna (NDF; over alle soorten gerekend 1346 populaties; d.d. 17 sept 2018), waar de monitoringroutes aan zijn toegedeeld. Een populatie is daarbij het leefgebied binnen een 'minimum convex' polygoon rond een cluster van minimaal 10 waarnemingen met een precisie van <100 m, gerekend vanaf 1990 (zie Van der Zee *et al.*, 2017); voor 11 populaties waarvan de waarnemingen eenzelfde coördinaat hadden werd een minimale oppervlakte van 100 m² aangehouden. Als maximale onderlinge afstand tussen waarnemingen binnen eenzelfde populatie is 500 meter aangehouden; voor mobiele soorten is dit een kleine afstand – en zouden sommige onderscheiden populaties beter bij elkaar gevoegd kunnen worden – maar voor het vaststellen van de lokale condities ten aanzien van reliëf van bodemvocht is deze schaal juist wel geschikt en daarom voor alle soorten aangehouden.

Voor een enkele zeldzame soort (kaasjeskruidikkopje) en enkele wijder verbreide soorten (bruin blauwtje, geelsprietdikkopje, oranje zandoogje) waren nog geen populaties afgebakend. Voor de eerste vanwege gebrek aan data, voor de andere omdat er in grotere datasets complicaties optraden bij de afbakening van populaties en er bij het geelsprietdikkopje in oudere waarnemingen vaak niet meer te achterhalen is of de soort betrouwbaar is onderscheiden van het zwartsprietdikkopje. Voor de drie wijder verbreide soorten zijn de omgevingsdata in plaats van aan populatiepolygonen gekoppeld aan de coördinaten van monitoringroutes waarop de soorten zijn geteld.

2.4 Omgevingsdata

De eigenschappen van de omgeving binnen de afgebakende populaties zijn bepaald aan de hand van oppervlakte, reliëf en bodemtype.

Als oppervlakte is eenvoudig de grootte van de polygoon van elke populatie genomen.

Voor reliëf – feitelijk de variatie in reliëf – is het Actueel Hoogte bestand Nederland (AHN) gebruikt om voor elke populatie de gemiddelde hoogte en de hoogte variatie te berekenen op een schaal van 5x5 m (meer detail leek niet van veel toegevoegde waarde, terwijl de benodigde capaciteit voor dataverwerking er wel enorm door vergroot zou worden). Hiervoor hebben we de 'Zonal Statistics As Table' tool in ArcGIS 10.6 gebruikt. Voor de analyse is de standaardafwijking van de hoogten van alle 5x5 m cellen binnen elke populatiepolygoon in de analyse gebruikt als indicator van variatie in reliëf; deze is overigens sterk gecorreleerd met het verschil tussen hoogste en laagste punt in een polygoon ($r=0,95$). Voor 11 populaties was de berekening hiervan vanwege een te kleine oppervlakte niet mogelijk.

Gegevens over bodemfysische eenheid (PAWN 25 m; <https://data.nhi.nu/>) zijn op een andere manier gecombineerd met de vlinderpopulaties. Voor elke populatie is voor elke bodemfysische eenheid een ruimtelijk histogram gemaakt met de ArcGIS

Tabel 2.1: Lijst van beschouwde soorten met hun actuele status op de Rode Lijst (RL); voor soorten met een RL-status (anders dan TNB of Verdwenen uit Nederland) heeft de provincie een verantwoordelijkheid voor actieve soortenbescherming. **Vetgedrukt** zijn de soorten waarvoor een kwantitatieve analyse is uitgevoerd. De RL-status is die van de actuele Rode Lijst (Van Swaay, 2019). Soorten waarvan de status is veranderd (voorheen niet bedreigd of nu juist wel bedreigd) zijn met * aangeduid.

Afgebakende populaties: deze kolom geeft aan of de populaties van de soort ruimtelijk goed te omgrenzen zijn.

Voldoende data: hiermee is aangegeven of een kwantitatieve statistische analyse van monitoringdata zinvol was (x: <100 datapunten, X: >100 datapunten).

De rechter kolom geeft het aandeel (in procenten) per provincie van het aantal bezette kilometer-hokken voor alle dagvlinders met populaties in Nederland. Geel gemarkeerd zijn de combinaties waarbij het aandeel groter is dan het aandeel van die provincie in de landoppervlakte in Nederland (naar Van Swaay, 2019).

Voor na 1990 verdwenen soorten is het laatste jaar van waarneming tussen haakjes aangeduid.

	RL-status	Afgebakende Populaties	Voldoende data	Limburg
Boswitje	BE	X	x	100
Bruin blauwtje	GE		X	5
Bruin dikkopje	EB	X		100
Bruine eikenpage	BE	X	X	14
Donker pimperlblauwtje	EB	X		100
Geelsprietdikkopje	BE*		X	39
Gentiaanblauwtje	BE	X	X	(2005)
Grote parelmoervlinder	EB	X	X	(2012)
Grote vos	KW			33
Grote weerschijnvlinder	TNB* ¹	X	x	9
Heideblauwtje	KW	X	X	5
Heivlinder	KW	X	X	4
Iepenpage	TNB* ¹	X		48
Kaasjeskruidikkopje	GE			100
Keizersmantel	TNB* ¹	X	x	18
Klaverblauwtje	EB	X	x	100
Kleine ijsvogelvlinder	KW	X	X	17
Kleine parelmoervlinder	KW	X	X	16
Kommavlinder	BE	X	X	(1998)
Oranje zandoogje	GE		X	11
Sleedoornpage	BE	X	X	12
Spiegeldikkopje	KW	X	X	54
Veldparelmoervlinder	EB	X	x	77
Zilveren maan	BE	X	X	(1991)

RL-status: EB: Ernstig bedreigd, BE: Bedreigd, KW: Kwetsbaar, GE: Gevoelig, TNB: Thans niet bedreigd; ¹wel wettelijk beschermd op basis van passieve soortenbescherming.

tool 'Zonal Histogram'. Deze tool telt het aantal cellen van elk type binnen de aangegeven polygoon en maakt hier een tabel van. Voor een beperkt aantal kleine polygonen of puntpopulaties (met waarnemingen van slechts één coördinaat) is steeds de waarde op het middelpunt van de populatiepolygoon genomen. De bodemfysische eenheden zijn vervolgens vertaald naar een score van 1 tot 5 die overeenkomt met de berekende hoeveelheid moeilijk opneembaar vocht in de wortelzone (in cm water op een wortelzone met een dikte van 30 cm; Wösten *et al.*, 2012). Voor elk populatiepolygoon is het naar oppervlakteaandeel gewogen gemiddelde van deze score in de analyse gebruikt als indicator van het beschikbare

bodemvocht (voor puntpopulaties is de score van het bodemtype van de betreffende locatie genomen).

Verkend is of gegevens van de grondwatertrappenkaart ook benut konden worden als alternatieve indicator voor bodemvocht, maar deze bron is niet gebruikt omdat grote delen van Nederland (hoge zandgronden, duinen, rivierengebied en Zuid-Limburg) hierin niet zijn gedekt.

2.4 Klimaatdata

De weersgegevens zijn afkomstig van het KNMI: op 26-02-2019 zijn de gegevens voor alle 50 meetpunten gedownload voor de periode 1991-2018, voor zover beschikbaar. De coördinaten van deze stations zijn omgezet naar het Rijksdriehoeksstelsel (RD) met de 'Project' tool in ArcGIS. Voor het middelpunt van elke vlinderpopulatie is voor elke beschikbare dag een interpolatie gemaakt voor:

- maximum temperatuur (Tx),
- minimum temperatuur (Tn),
- etmaal gemiddelde temperatuur (Tg),
- etmaalsom neerslag (RH),
- gewasverdamping (EV24): dit is de referentiegewasverdamping volgens de formule van Makkink. De referentiegewasverdamping is de hoeveelheid water die verdampt uit een grasveld dat goed voorzien is van water en nutriënten. Deze waarde wordt in de hydrologie gebruikt als basis om te kunnen berekenen hoeveel water verdampt uit oppervlaktes grond met diverse soorten gewassen. De verzadigingsdampspanning neemt bij benadering kwadratisch toe met de temperatuur, waardoor hitte tot een extra hoge verdamping leidt.

De KNMI-data zijn afkomstig van de volgende 50 meetpunten:

IJmond, Valkenburg, Voorschoten, IJmuiden, De Kooy, Schiphol, Vlieland, Wijdenes, Berkhout, Hoorn (Terschelling), Wijk Aan Zee, Houtribdijk, De Bilt, Soesterberg, Stavoren, Lelystad, Leeuwarden, Marknesse, Deelen, Lauwersoog, Heino, Hoogeveen, Eelde, Hupsel, Huibertgat, Nieuw Beerta, Twenthe, Cadzand, Vlissingen, Hoofdplaat, Oosterschelde, Vlake V.D. Raan, Hansweert, Schaar, Westdorpe, Wilhelminadorp, Stavenisse, Hoek Van Holland, Tholen, Woensdrecht, R'Dam-Geulhaven, Rotterdam, Cabauw, Gilze-Rijen, Herwijnen, Eindhoven, Volkel, Eil, Maastricht, Arcen.

De interpolaties zijn gedaan middels een Shepard's Inverse Distance Weighting (IDW), op basis van de drie dichtstbijzijnde punten. De analyse was ingesteld op twee dimensies en had een power (p) van 4 (om ervoor te zorgen dat meetpunten die dichtbij zijn relatief zwaar wegen). Voor deze interpolatie is de C# plugin CSharpIDW gebruikt. Op basis van deze geïnterpoleerde gegevens zijn de volgende klimaatindicatoren voor elke populatie berekend:

- Neerslagoverschot in het voorjaar: $RH - EV$, gesommeerd over de periode 1 april – 15 juni.
- Neerslagoverschot van voorjaar tot het eind van de zomer: $RH - EV$, gesommeerd over de periode 1 april - 31 augustus.
- Late Vorst: het aantal dagen met $T_n < 0$ in de periode 15 april – 31 augustus.
- Buien met zware neerslag in het voorjaar: het aantal dagen met $RH > 20$ in de periode 1 mei – 30 juni.
- Buien met zware neerslag dagen zomer: het aantal dagen met $RH > 20$ in de periode 1 juli – 31 augustus.
- Hitte dagen: het aantal dagen met $T_x > 30$
- Gemiddelde voorjaarstemperatuur: gemiddelde T_g in de periode 1 april – 15 juni.
- Gemiddelde zomertemperatuur: gemiddelde T_g in de periode 16 juni – 31 augustus.

In dit rapport is het neerslagoverschot voor de leesbaarheid verder aangeduid als 'neerslag' en zijn de dagen met zware neerslag aangeduid als 'buien'.

2.5 Statistische analyse

De analyses zijn steeds op landelijke schaal uitgevoerd zodat een zo groot mogelijke dataset kon worden benut. De uitkomsten zijn vervolgens in meer detail op het niveau van de provincie Limburg behandeld.

Verwachtingen

Effecten van klimaatfactoren zullen sterk wisselen tussen de soorten in afhankelijkheid van hun ecologische relaties, maar soms ook worden beïnvloed door de lokale condities.

Droogte en hitte kunnen zowel voor soorten van droge als vochtiger biotopen negatief doorwerken. Hoge temperaturen en droogte kunnen voor koudbloedige dieren tot op zekere hoogte echter ook positief uitpakken vanwege een snellere ontwikkeling en betere voortplanting. Door de sterk toenemende verdamping bij hitte, kan de droogtestress bij hitte eveneens extreem worden.

Een neerslagrijke periode kan negatief doorwerken door beperking van de vliegtijd en soms ook door inundatie van het leefgebied, maar deze kan ook een positief effect hebben door een betere groei van waardplanten en meer bloei van nectarplanten.

Van late vorst en hevige neerslag (buien) worden alleen negatieve effecten verwacht op met name de overleving van rupsen of poppen in het voorjaar en de vliegtijd en voortplanting van de vlinders.

De populatieontwikkeling zal vaak positiever zijn bij een grotere oppervlakte leefgebied, omdat zowel grotere populaties als omgevingsvariatie ervoor kunnen zorgen dat fluctuaties in populatiegrootte worden gedempt.

Op reliëfrijke locaties, waar het leefgebied meer verspreid over de vochtgradiënt kan voorkomen, mag worden verwacht dat voor sommige soorten de effecten van klimaatextremen minder groot zijn.

Effecten van droogte zullen naar verwachting minder sterk zijn op sterker vochthoudende bodems, terwijl effecten van inundatie daar eerder zullen optreden.

Vergelijking van bestaande en verdwenen populaties

Behalve de analyse van de jaar-op-jaar veranderingen in populatie-ontwikkeling is ook een vergelijking gemaakt tussen de eigenschappen van de omgeving van bestaande en verdwenen populaties van een soort. Daarbij is 'verdwenen' opgevat als een populatie zonder waarnemingen na 2015 (dus de afgelopen drie jaar).

In deze vergelijking is getoetst of er een verschil was in oppervlakte, variatie in reliëf en bodemvocht tussen bestaande en verdwenen populaties (t-test of

Data-voorbereiding

De jaar-op-jaar veranderingen in de aantallen vlinders (of eitjes voor enkele soorten) op de monitoringroutes zijn geanalyseerd op basis van $\ln(n+1)$ -getransformeerde aantallen, waarbij gevallen werden uitgesloten waarin zowel in het lopende jaar als het voorafgaande jaar geen vlinders (eitjes) werden geteld. Het $\ln(n+1)$ -getransformeerde aantal in het voorafgaande jaar werd als covariabele in de analyse meegenomen. De oppervlakte van de populatiepolygoon werd van tevoren $\log_{10}$ -getransformeerd.

Voor de analyse zijn voor elke soort de klimaatvariabelen in de vliegtijd van het lopende teljaar meegenomen samen met degene over het hele voorafgaande jaar. Voor de sleedoornpage berust de monitoring op eitellingen en zijn de in de winter getelde eitjes gekoppeld aan de condities in de voorafgaande vliegtijd.

Voor de neerslag werden ook optimumverbanden tot de mogelijkheden gerekend en zijn daarom ook de kwadratische componenten van het neerslagoverschot meegenomen in de analyse.

Bij de doorwerking van het klimaat van het voorafgaande jaar werd verondersteld dat vooral de neerslagbalans over het hele groeiseizoen van belang is. Voor het vaststellen van mogelijke interacties tussen klimaatinvloeden en lokale condities zijn daarom twee mogelijke interacties meegenomen: één tussen het neerslagoverschot van april tot eind augustus en het reliëf (om te toetsen of droogte anders doorwerkt in reliëfrijke dan wel –arme gebieden) en één tussen het neerslagoverschot van april tot eind augustus en het bodemvocht (om te toetsen of droogte anders doorwerkt in droge dan wel natte gebieden).

Data-exploratie

Voor elke soort zijn allereerst correlaties tussen de verklarende variabelen van klimaat en omgeving onderzocht. Van onderling sterk gecorreleerde variabelen ($r > 0,70$) zou er slechts één in de analyse opgenomen mogen worden. Zulke sterke correlaties deden zich echter voor geen enkele soort voor.

Vervolgens werd eerst een ‘stepwise forward’ lineaire regressie uitgevoerd om potentieel significante variabelen op te sporen. Bij effecten van late vorst en hevige neerslag werden speciaal op negatieve invloeden gelet.

Lineaire modellen

De significante variabelen uit de stepwise regressie werden vervolgens opgenomen in een lineair model met de verklarende klimaat- en omgevingsvariabelen, het $\ln(n+1)$ -getransformeerde aantal in het voorafgaande jaar werd als covariabele en populatie-ID als random factor (voor het verdisconteren van overige, willekeurige verschillen tussen populaties). Voor de drie soorten zonder populatiepolygonen werden de individuele monitoringroutes als random factor opgenomen. In het uiteindelijke model werden alleen de significante variabelen opgenomen. De residuen weken over het geheel niet sterk af van een normale verdeling (Shapiro Wilk W 0,945 of groter).

Bij de bespreking van elke soort zijn de significante verbanden tussen de jaarlijkse aantalsverandering en de verklarende klimaat- en omgevingsvariabelen uiteen gezet (met het aantal datapunten en de totale verklaarde variatie [R^2] van het lineaire model). Ter illustratie is daarbij steeds een figuur opgenomen met het percentage van de variatie dat door elke variabele wordt verklaard. Bij positieve verbanden is dit percentage van een plusteken voorzien en bij negatieve verbanden van een minteken.

Klimaatscenario's

De statistisch significante effecten zijn gebruikt om de gevolgen van waarschijnlijke klimaatscenario's, zoals opgesteld door het KNMI, door te rekenen. Hiervoor zijn de KNMI'14 (http://www.klimaatscenario's.nl/scenarios_samengevat/index.html) scenario's voor 2030 gebruikt, omdat deze de ontwikkelingen in de nabije toekomst duidelijk maken. Zo wordt inzichtelijk gemaakt welke gevolgen klimaatverandering voor het duurzaam behoud met zich meebrengt.

De populatieontwikkeling in de referentieperiode en onder het klimaatscenario (zie Figuur 3.14 voor een voorbeeld) is vergeleken aan de hand van de gemiddelde verandering van de populatie-index (met 100 als startwaarde van de index). Ten opzichte van de referentieperiode 1981-2010 voorziet het gemiddelde klimaatscenario van 2030 een opwarming van de gemiddelde voorjaarstemperatuur van 0,8 graden en van 1,0 voor de zomertemperatuur. Het aantal dagen per jaar met late vorst neemt met 1-2 dagen af. Het neerslagtekort in het voorjaar neemt gemiddeld met 1-3 mm af, maar in de zomer neemt dit met 4-6 mm toe. Hevige neerslag neemt in het voorjaar nauwelijks toe en in de zomer evenmin (0,1-0,2 dagen per jaar). Het aantal hittedagen neemt met 2-3 per jaar wel duidelijk toe.

Kanttekening bij deze scenario's is wel dat klimaatextremen er nog niet goed in zijn opgenomen, aangezien voor 2030 dezelfde standaardafwijking van de genoemde klimaatvariabelen van jaar op jaar is gehanteerd als in de referentieperiode. Klimaatextremen zijn in deze scenario's dus waarschijnlijk onderschat.

Een andere scenario-ontwikkeling is ontleend aan de *Climatic risk atlas for European butterflies* (Settele *et al.*, 2008), waarin areaalverschuivingen van de behandelde soorten zijn gemodelleerd onder toekomstige klimaatscenario's.

Voor vijf zeldzame soorten waarvoor onvoldoende gegevens beschikbaar waren voor een statistische analyse (Tabel 2.1) is op basis van soortspecifieke ecologische kennis en de voorspelde areaalverschuiving alleen een kwalitatieve beoordeling opgesteld van de populatieontwikkeling onder invloed van klimaatfactoren.

2.6 Aanbevelingen voor lokale populaties

Voor afzonderlijke soorten is een kort overzicht gegeven van de populaties in de provincie met hun status en eigenschappen ten aanzien van actuele status, oppervlakte en voor zover zinvol reliëf en bodemvocht. Op basis daarvan en de gevonden klimaatinvloeden zijn aanbevelingen gedaan om de klimaatbestendigheid van de populaties waar mogelijk te vergroten. Daarbij is ook gewezen op andersoortige knelpunten voor een duurzaam behoud van de soorten, zoals vermesting, verzuring en beheer.

2.7 Leeswijzer

In Hoofdstuk 3 worden de resultaten voor elke soort als volgt gepresenteerd:

- Elke soort wordt eerst kort getypeerd.
- De resultaten voor de analyse van jaar-op-jaar veranderingen in de aantallen vlinders is samengevat in een figuur en in een tabel. In de tabel staat het aantal datapunten en de totale verklaarde variatie [R^2] van het lineaire model, met de significante variabelen (hoe groter de F-waarde, hoe sterker het verband). In de figuur staat het percentage van de variatie dat door elke variabele wordt verklaard (de F-waarde als percentage van de F-waarden over alle significante variabelen). Bij positieve verbanden is dit percentage van een plusteken voorzien en bij negatieve verbanden van een minteken.
- De gevonden verbanden worden beknopt toegelicht. Daarbij wordt ook aangegeven of verdwenen populaties (zonder waarnemingen na 2015) een leefgebied met een kleinere oppervlakte hadden (populaties met een oppervlakte beneden de genoemde kritische waarde zijn betiteld als 'van kleine omvang').
- Vervolgens wordt de verwachte areaalverschuiving van de soort bij klimaatverandering op Europese schaal besproken (Settele *et al.*, 2008)
- Daarbij wordt ook de verwachte aantalsontwikkeling onder het klimaatscenario van 2030 in Nederland vergeleken met die in de referentieperiode 1981-2010.
- De status van de populaties in Nederland en in de provincie Limburg wordt toegelicht, met een typering van de populaties naar omvang en vochtcondities.
- Afgesloten wordt met aanbevelingen voor het klimaatbestendig maken van het leefgebied en overige maatregelen voor een duurzaam behoud van de soort.

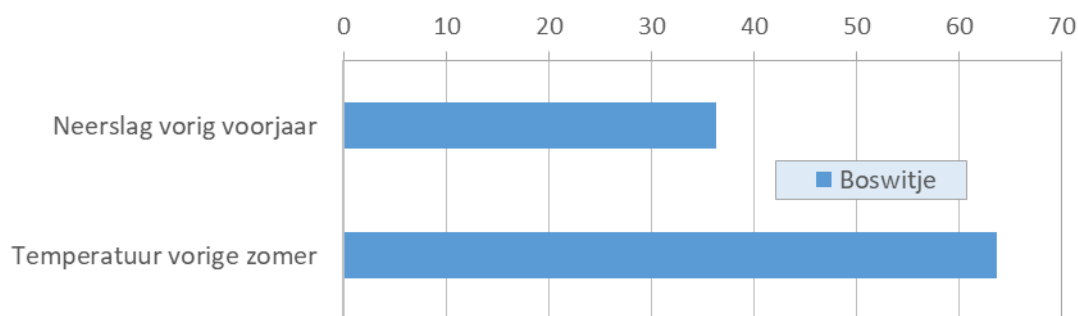
In Hoofdstuk 4 wordt een synthese gegeven van de resultaten van de gehele analyse, met de implicaties voor de bescherming van de soorten op provinciaal niveau.

3. Invloeden van klimaat en omgeving

Voor alle 20 soorten met actuele populaties in de provincie Limburg worden in dit hoofdstuk de invloeden van klimaat en omgeving besproken. Voor 15 soorten was dit mogelijk aan de hand van een kwantitatieve analyse. Voor elke soort worden aanbevelingen gegeven voor maatregelen om de klimaatbestendigheid van de leefgebieden te vergroten en een duurzaam behoud in bredere zin te bevorderen.

Boswitje

Het boswitje heeft zich begin jaren '90 van de vorige eeuw in Zuid-Limburg gevestigd, maar geldt door het lokale voorkomen nog steeds als bedreigd. Hij is te vinden in structuur- en kruidenrijke bosranden met vlinderbloemigen als veldlathyrus, rolklaver en vogelwikke. De soort profiteert van klimaatopwarming maar is kwetsbaar voor droogte in het voorjaar.



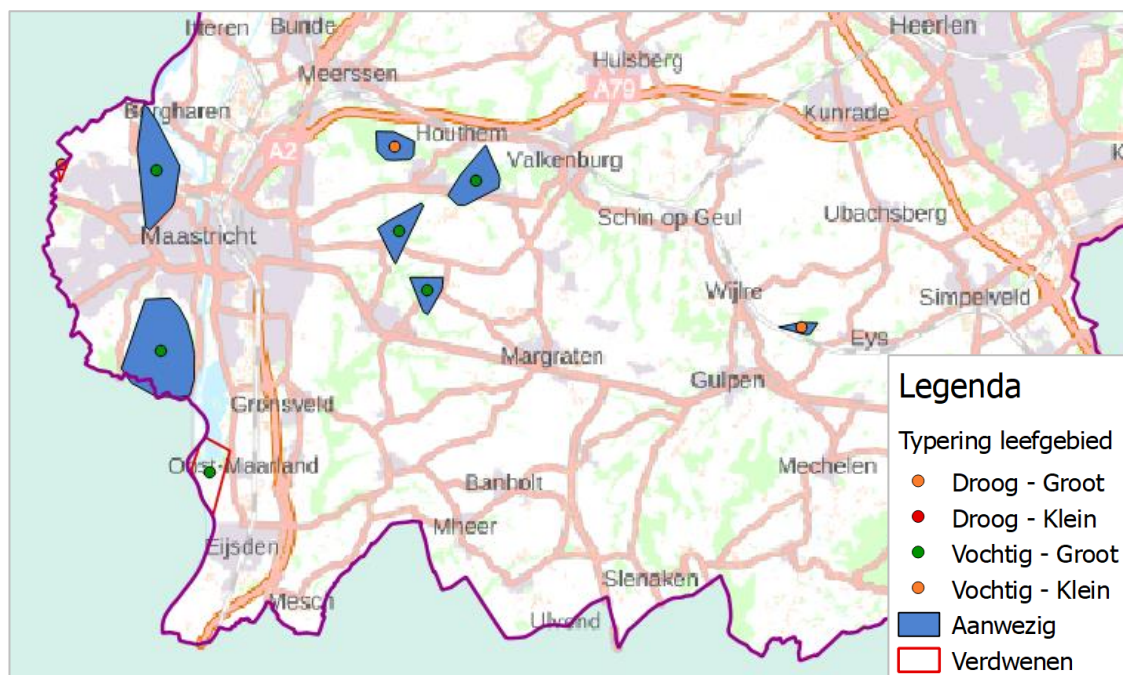
Figuur 3.1: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen boswitjes verklaart.

Tabel 3.1: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor het boswitje (significantie: $-/+ p < 0,05$; $--/++ p < 0,01$; $---/+++ p < 0,001$; $----/++++ p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	81	
R ²	0,50	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag vorig voorjaar	10,28	++
Temperatuur vorige zomer	18,04	++

Door het lokale voorkomen van het boswitje was de hoeveelheid gegevens voor analyse beperkt. De talrijkheid is groter na een en neerslagrijk voorjaar en een warme zomer in het voorgaande jaar. Variatie in lokale condities was niet aantoonbaar van invloed. Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht. Het klimaatscenario van 2030 geeft ook een positieve ontwikkeling ten opzichte van het klimaat in 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +128). Het boswitje lijkt echter kwetsbaar voor droogte in het voorjaar.

Alle 9 sinds 1993 bekende populaties van het boswitje in Nederland liggen in Limburg. Daarvan zijn er 2 (20%) verdwenen. Eén ervan betrof een kleine locatie vlakbij het Albertkanaal en een andere bij Eijsden, beide waarschijnlijk satellietpopulaties van grotere populaties in de omgeving.



Figuur 3.2: Ligging en typering van de populaties van het boswitje in Limburg.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het vooral belangrijk om:

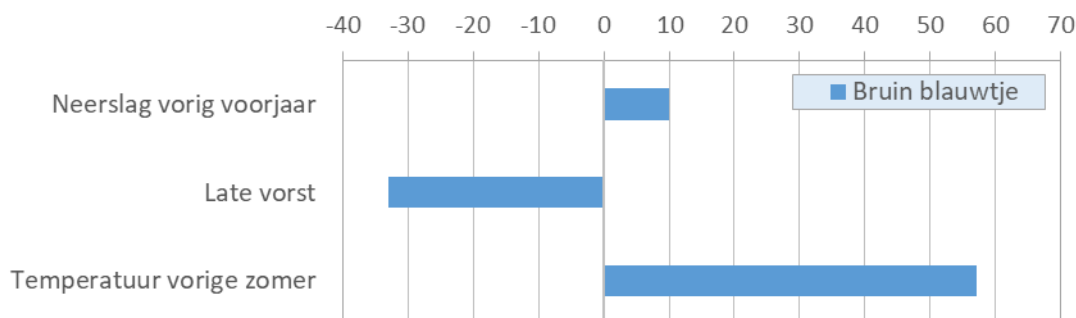
- te zorgen voor variatie in het microklimaat door kleinschalig bosrandbeheer op verschillende exposities ten opzichte van de zon

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de kleine leefgebieden te vergroten
- verruiging tegen te gaan

Bruin blauwtje

Het bruin blauwtje is verspreid op veel plaatsen te vinden, maar door de afgenomen populatiegrootte is de Rode Lijst-status nog gevoelig. De soort komt vooral voor in structuurrijke droge graslanden waar de bodem voldoende gebufferd is voor de waardplanten, vooral zachte ooievaarsbek en reigersbek. Het bruin blauwtje lijkt weinig kwetsbaar voor klimaatextremen en van klimaatverandering vooral te profiteren.



Figuur 3.3: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen bruin blauwtjes verklaart.

Tabel 3.2: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor het bruin blauwtje (significantie: $-/+ p < 0,05$; $--/++ p < 0,01$; $---/+++ p < 0,001$; $----/++++ p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	2303	
R ²	0,65	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag vorig voorjaar	21,76	++++
Late vorst	71,53	----
Temperatuur vorige zomer	123,96	++++

De talrijkheid van het bruin blauwtje is vooral groter na een warme zomer in het voorgaande jaar, waarin ook de derde generatie zich goed ontwikkelt. Late vorst en voorjaarsdroogte zijn van negatieve invloed. Variatie in lokale condities was niet aantoonbaar.

Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht. Het klimaatscenario van 2030 geeft ook een positieve ontwikkeling ten opzichte van het klimaat in 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +49). Het bruin blauwtje lijkt weinig kwetsbaar voor klimaatextremen onder klimaatverandering omdat de kans op late vorst waarschijnlijk afneemt; alleen voorjaarsdroogte zou de soort parten kunnen spelen.

Voor het bruin blauwtje zijn nog geen populaties afgebakend, zodat de ontwikkelingen niet op populatieniveau kunnen worden besproken. De soort komt door de hele provincie voor, maar buiten het Maasdal toch vrij dun verspreid.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het vooral belangrijk om:

- te zorgen dat open pioniermilieus niet dicht groeien in extreem natte jaren

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- schrale pioniermilieus op landschapsschaal te bevorderen door natuurontwikkeling en uitbreiding van droge schraallanden
- in Zuid-Limburg ook de connectiviteit tussen leefgebieden te verbeteren (zie Wallis de Vries *et al.*, 2018b)



Bruin dikkopje

Het bruin dikkopje komt alleen nog in Zuid-Limburg voor en geldt ondanks een recente uitbreiding nog steeds als ernstig bedreigd. Hij komt voor op open kalkrijke hellingen met rolklaver. Het bruin dikkopje lijkt vooralsnog vooral te profiteren van klimaatverandering.

Bij gebrek aan gegevens kon er geen statistische analyse van de klimaatinvloed worden uitgevoerd. Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht. In combinatie met de huidige gunstige populatieontwikkeling lijkt er dus geen reden voor zorgen over de invloed van klimaatextremen op het bruin dikkopje.

Van alle 4 sinds 1990 bekende populaties van het bruin dikkopje in Nederland bevinden zich in Zuid-Limburg en er zijn er geen verdwenen. Twee van de vier populaties ('t Rooth en Wrakelberg) zijn evenwel van kleine omvang, hoewel er vanuit 't Rooth nu kolonisatie van de Bemelerberg heeft plaatsgevonden.



Figuur 3.4: Ligging en typering van de populaties van het bruin dikkopje in Limburg.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het vooral belangrijk om:

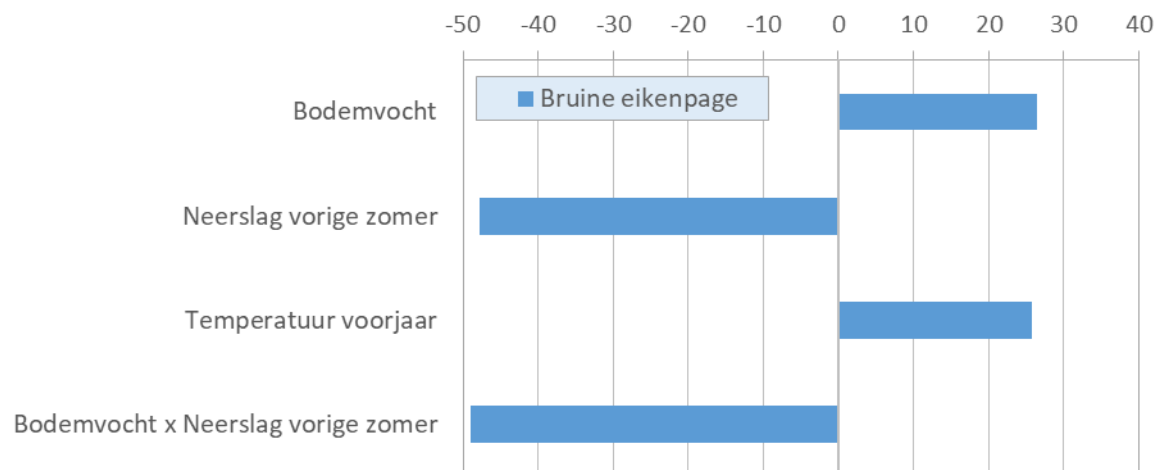
- te zorgen voor variatie in vochtcondities in het leefgebied door spreiding ervan ten aanzien van bodemdpte en microklimaat in voormalige groeves en op kalkhellingen (Nijssen *et al.*, 2016)

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de kleine leefgebieden te vergroten en de connectiviteit ertussen te verbeteren (zie ook Wallis de Vries *et al.*, 2018b); de potenties hiervoor worden thans in kaart gebracht.
- verloren leefgebied op de zandgronden te herstellen door vermindering van stikstofdepositie en verbetering van buffercapaciteit van de bodem

Bruine eikenpage

De bruine eikenpage is een bedreigde soort die vooral op de hoge zandgronden op veel plaatsen is verdwenen. De vlinder is afhankelijk van structuurrijke droge bosranden met een combinatie van kwarrig groeiende eikjes en nectarrijke plekken. Kleine populaties op droge bodem lopen het grootste risico om te verdwijnen.



Figuur 3.5: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen bruine eikenpages verklaart.

Tabel 3.3: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de bruine eikenpage (significantie: + $p < 0,05$; -- $p < 0,01$).

Aantal waarnemingen	209	
R ²	0,37	
Variabele	F-waarde	sign.
Bodemvocht	5,36	+
Neerslag vorige zomer	9,67	--
Temperatuur voorjaar	5,22	+
Bodemvocht x Neerslag vorige zomer	9,92	--

Verdwenen populaties zijn significant vaker van kleine omvang (<20 ha; $p < 0,01$).

De talrijkheid van de bruine eikenpage is vooral groter na een droge vliegtijd in het vorige jaar en na een warm voorjaar, in het bijzonder op vochtiger locaties. De significante interactie tussen bodemvocht en neerslag in de vorige zomer duidt erop dat vooral vochtiger locaties van natte zomers te lijden hebben. Uit veldonderzoek zijn echter ook aanwijzingen gebleken voor een negatieve invloed van late vorst op de overleving van rupsen: op 11 eikjes waarop jonge rupsen van bruine eikenpage zaten (omgeving Bergen NH) werden er na nachtvorst op 23-24 mei 2015 geen rupsen teruggevonden op vijf eikjes met meer dan 75% vorstschade aan de blaadjes terwijl er op 4 van de 6 eikjes rupsen werden teruggevonden op eikjes met minder grote vorstschade (Fischer's Exact test $p < 0,05$; Lever & Wallis de Vries, ongepubl. data).

Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht. Het klimaatscenario van 2030 geeft ook een licht positieve ontwikkeling ten opzichte van het klimaat in 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +22). Naar verwachting neem de invloed van late vorst met klimaatopwarming af (al blijft de kans daarop zeker aanwezig). Van de overige significante invloeden lijkt voor de bruine eikenpage alleen verdroging van de bodem een risico.

Van alle 24 sinds 1990 bekende populaties van de bruine eikenpage in Nederland zijn er 6 (25%) verdwenen. In Limburg zijn er van drie populaties (Boshuizerbergen, Pastoorswei en Mulderskop) nog recente waarnemingen, maar de populatie bij de Mulderskop is met de laatste waarnemingen uit 2016 mogelijk verdwenen. Daarentegen is in de omgeving van Lottum recent nog een nieuwe waarschijnlijke populatie ontdekt. De populaties lijken qua oppervlakte leefgebied van voldoende omvang maar de populatiegrootte is sterk verminderd, waarschijnlijk door afname van de kwaliteit van het leefgebied. Herstelmaatregelen worden in 2019 in beeld gebracht.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het vooral belangrijk om:

- te zorgen voor variatie in vochtcondities door spreiding van het leefgebied over vochtgradiënten
- te zorgen voor variatie in het microklimaat door kleinschalig bosrandbeheer op verschillende exposities ten opzichte van de zon

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om (zie Wallis de Vries & Huskens, 2016):

- stikstofdepositie te verminderen
- bodemverzuring op te heffen
- verruiging van leefgebied tegen te gaan
- overbegrazing van eikjes en nectarplanten te voorkomen

Donker pimperlauwtje

Het donker pimperlauwtje is een Europees beschermde soort en komt sinds 2006 alleen nog in het Roerdal in Nederland voor. De status op de Rode Lijst is dan ook ernstig bedreigd. De populatie bevindt zich op bermen en graslanden met grote pimperl, grotendeels in een agrarische omgeving. Hier worden maatregelen gepland en uitgevoerd om het leefgebied duurzaam uit te breiden. In relatie tot klimaatopwarming is vooral verdroging van het leefgebied een risico.

Voor het donker pimperlauwtje zijn er niet voldoende gegevens voor een kwantitatieve analyse. De soort lijkt op Europese schaal op lange termijn wel achteruit te kunnen gaan onder invloed van klimaatverandering, maar op middellange termijn nog niet. Zolang de vochtige graslanden met grote pimperl niet onder droogte te lijden hebben, zal het donker pimperlauwtje waarschijnlijk goed kunnen stand houden. Zomerdroogte vormt echter wel een groot risico omdat met name in het Roerdal het waterverbruik door de akkerbouw hoog is. Vermindering hiervan is dus een belangrijk aandachtspunt voor een duurzaam behoud van deze Habitatrictlijnsoort.

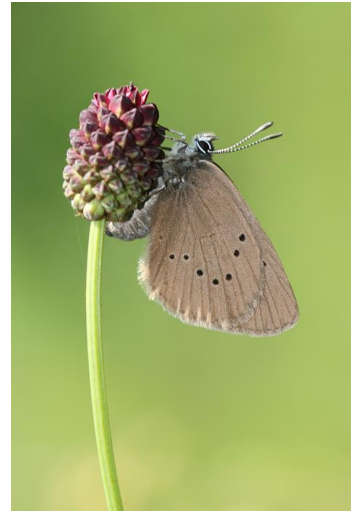
Van het donker pimperlauwtje zijn er van de 3 sinds 1990 bekende populaties 2 (67%) verdwenen. Er is één populatie in Roerdal in Limburg aanwezig.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor het donker pimperlauwtje vooral belangrijk om:

- te zorgen voor uitbreiding van het leefgebied over vochtgradiënten (waarbij het van belang is om droge en vochtige gebieden te ontwikkelen)

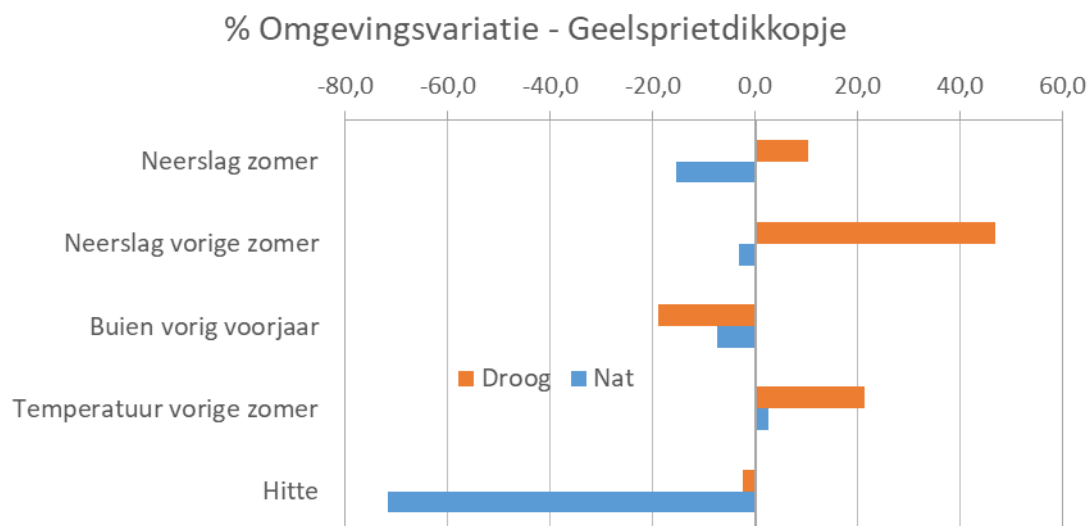
Voorts moet er ook aan worden gewerkt om (zie Wynhoff & Huskens, 2016):

- glanshaverhooilanden met grote pimperl te herstellen
- kleine leefgebieden te vergroten, bijvoorbeeld door natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond
- het maaibeheer van hooilanden en ook van bermen met grote pimperl te optimaliseren
- betreding van het leefgebied in de vliegtijd te voorkomen



Geelsprietdikkopje

Het geelsprietdikkopje is een nieuwkomer op de Rode Lijst met door een aanhoudend sterke achteruitgang direct een bedreigde status. De soort leeft vooral in extensief gebruikte heischrale milieus en vochtige schraallanden langs bosranden. Zowel in droge als vochtige leefgebieden vormen hete en droge zomers een bedreiging.



Figuur 3.6: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen geelsprietdikkopjes verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.4: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor het geelsprietdikkopje (significantie: $-/+ p < 0,05$; $--/+ p < 0,01$; $---/+ p < 0,001$; $----/+ p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	1491	
R ²	0,54	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag zomer	7,62	++
Neerslag vorige zomer	44,91	++++
Buien vorig voorjaar	39,93	---
Temperatuur vorige zomer	30,91	++++
Hitte	14,58	---
Vocht x Neerslag vorige zomer	18,71	----

De klimaatinvloeden op de talrijkheid van het geelsprietdikkopje verschillen tussen droge en vochtiger leefgebieden. In droge leefgebieden zijn neerslagrijke en warme zomers bevorderlijk. In vochtige leefgebieden heeft met name hitte in de zomer een sterk negatief effect. Buien in het voorjaar hebben een negatief effect tijdens de laatste periode van de larvale ontwikkeling. Zowel in droge als vochtige leefgebieden vormen hete en droge zomers dus een bedreiging voor de populaties.

Bij klimaatopwarming wordt in Europa een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht, maar omdat Nederland zich in het centrum daarvan bevindt zal dat hier vooralsnog weinig veranderingen teweeg brengen. De huidige analyse geeft onder het klimaatscenario van 2030 een gunstiger ontwikkeling te zien voor de aantalsontwikkeling in populaties van droge leefgebieden ten opzichte van het klimaat in 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +20), maar een negatieve ontwikkeling voor de populaties van vochtige leefgebieden (gemiddeld indexverschil -11). Of de positievere ontwikkeling in droge leefgebieden op termijn stand houdt is echter de vraag.

Voor het geelsprietdikkopje zijn nog geen populaties afgebakend, zodat de ontwikkelingen niet op populatieniveau kunnen worden besproken. In Limburg komt de soort redelijk wijd verbreid voor in het Heuvelland, maar daarbuiten slechts lokaal in de Meinweg, de omgeving van Venlo en de Maasduinen.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor het geelsprietdikkopje vooral belangrijk om:

- te zorgen voor variatie in vochtcondities door spreiding van het leefgebied over vochtgradiënten

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- uitbreiding van leefgebied te realiseren door herstel van droge en vochtige schraallanden, bijvoorbeeld door natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond (zie Van der Zee *et al.*, 2017; Wallis de Vries & Bult, 2017)
- stikstofdepositie te verminderen
- bodemverzuring op te heffen

Grote vos

De grote vos is de laatste jaren minder zeldzaam geworden in de zuidelijke en oostelijke delen van Nederland. Daardoor is de Rode Lijst-status veranderd van ernstig bedreigd naar kwetsbaar. De soort komt voor in structuurrijke bossen op meestal leemhoudende bodems, waar de rupsen op boswilg, iep en zoete kers gevonden kunnen worden. De grote vos lijkt de komende decennia vooral te zullen profiteren van klimaatverandering.



Voor de grote vos zijn er nog niet voldoende gegevens voor een analyse van klimaatinvloeden. De toename van waarnemingen in de laatste jaren suggereren dat de soort profiteert van de klimaatopwarming. Dit stemt overeen met de voorspelde noordwaartse areaaluitbreiding onder invloed van klimaatverandering, die in onze streken de komende decennia de herkolonisatie van Nederlandse bossen vooral zal bevorderen.

De grote vos wordt verspreid waargenomen en de afbakening van populaties is daarom moeilijk. Er zijn er sinds 2007 twaalf bekend, waarvan er vijf (42%) zonder recente waarnemingen zijn, maar het is de vraag of dit betekent dat de soort er ook niet meer zit. Uit Limburg zijn twee populaties bekend, uit het Weerterbos en van de Sint Pietersberg; de laatste zou zijn verdwenen (Figuur 3.7), maar in 2019 is de grote vos er weer gezien.

Voor de grote vos zijn er geen duidelijke maatregelen nodig om de populaties klimaatbestendiger te maken. Verbetering van de habitatkwaliteit is mogelijk door:

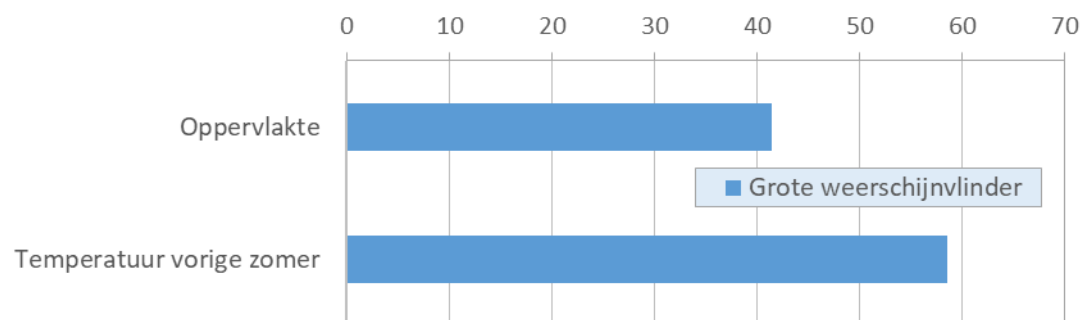
- vergroting van structuurvariatie in bossen door kleinschalig bos(rand)beheer
- bevorderen van dood hout in het bos (voor de overwintering)
- aanplant van iep en zoete kers in bossen op leemhoudende bodem



Figuur 3.7: Ligging van de populaties van de grote vos in Limburg (blauw – aanwezig, rood – geen waarneming na 2015).

Grote weerschijnvlinder

De grote weerschijnvlinder gold op de vorige Rode Lijst nog als ernstig bedreigd, maar door het recente herstel in de oostelijke helft van ons land staat hij er nu helemaal niet meer op. Wel staat de soort door zijn eerdere status nog als wettelijk beschermd te boek. De grote weerschijnvlinder is een mobiele soort die vooral te vinden is in structuurrijke vochtige loofbossen en wilgenbroekbos met boswilg of ook wel grauwe wilg. Op middellange termijn lijkt de grote weerschijnvlinder van klimaatopwarming te profiteren, mits vochtige bossen behouden blijven.



Figuur 3.8: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen grote weerschijnvlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.5: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de grote weerschijnvlinder (significantie: -/+ $p < 0,05$; (+) $p < 0,10$).

Aantal waarnemingen	65	
R ²	0,50	
Variabele	F-waarde	sign.
Oppervlakte	3,97	(+)
Temperatuur vorige zomer	5,6	+

Voor de grote weerschijnvlinder berust de analyse alleen op een kleine hoeveelheid gegevens uit de laatste jaren, waardoor het resultaat alleen een indicatie van de omgevingsinvloed vormt. De positieve invloed van een warme zomer in het voorgaande jaar op de aantallen bevestigt wel het beeld dat de soort profiteert van de opwarming. Het is niet verrassend dat de aantallen hoger lijken in grotere leefgebieden ($p=0,051$).

De bij klimaatopwarming verwachte areaalverschuiving van de grote weerschijnvlinder betekent in onze streken een noordwaartse uitbreiding. In de tweede helft van de 21^e eeuw zou dit echter kunnen omslaan in een afname wanneer Nederland bij verdere opwarming aan de zuidrand van het areaal van de grote weerschijnvlinder komt te liggen. In 2030 wordt nog wel een gunstige ontwikkeling verwacht ten opzichte van het klimaat van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +26). Deze verwachting wel dat het bodemvocht in zijn leefgebied op peil blijft.

Figuur 3.9: Ligging en typering van de populaties van de grote weerschijnvlinder in Limburg.



Van de 31 sinds 1990 bekende populaties van de grote weerschijnvlinder in Nederland is er slechts één kleine populatie verdwenen (3%). In Limburg gaat het om 4 populaties (Weerterbos [2 deelpopulaties], Wijffelterbroek en Sint Pietersberg), die allemaal nog aanwezig zijn.

De laatste jaren worden zwervende individuen van de grote weerschijnvlinder door heel Limburg gezien, zodat het te verwachten is dat de soort zich binnen enkele jaren ook op nieuwe locaties zal vestigen.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor de grote weerschijnvlinder vooral belangrijk om:

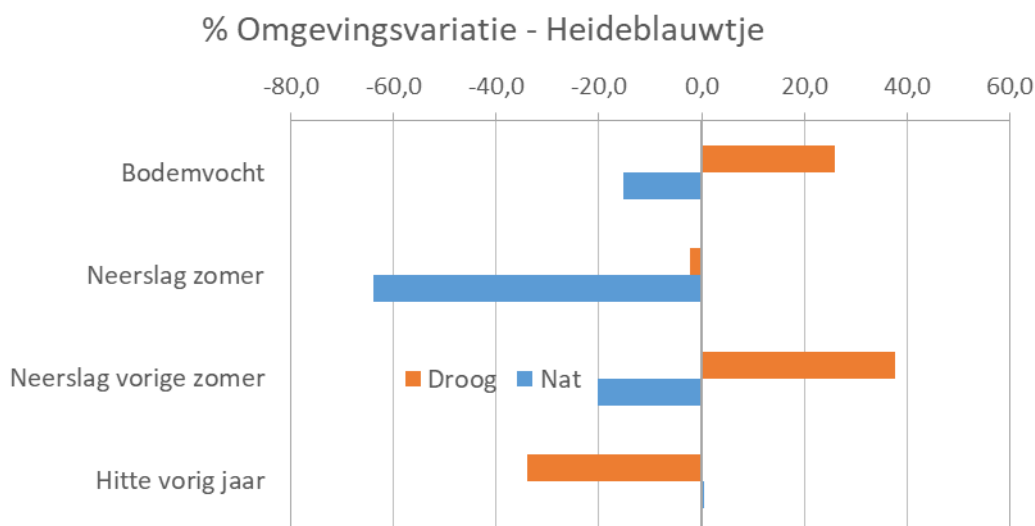
- te zorgen voor een goede waterhuishouding voor het behoud van vochtige loofbossen

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de leefgebieden te vergroten door de structuurvariatie in vochtige loofbossen te bevorderen

Heideblauwtje

Het heideblauwtje staat als kwetsbaar op de Rode Lijst door een afname in zowel verspreiding als talrijkheid. In gebieden met voldoende natte heide kan de soort zich nog goed handhaven. Verdroging vormt echter een probleem dat wordt versterkt door klimaatopwarming. Door behoud van voldoende natte leefgebieden kan dit worden opgevangen.



Figuur 3.10: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen heideblauwtjes verklaart in droge en natte leefgebieden.

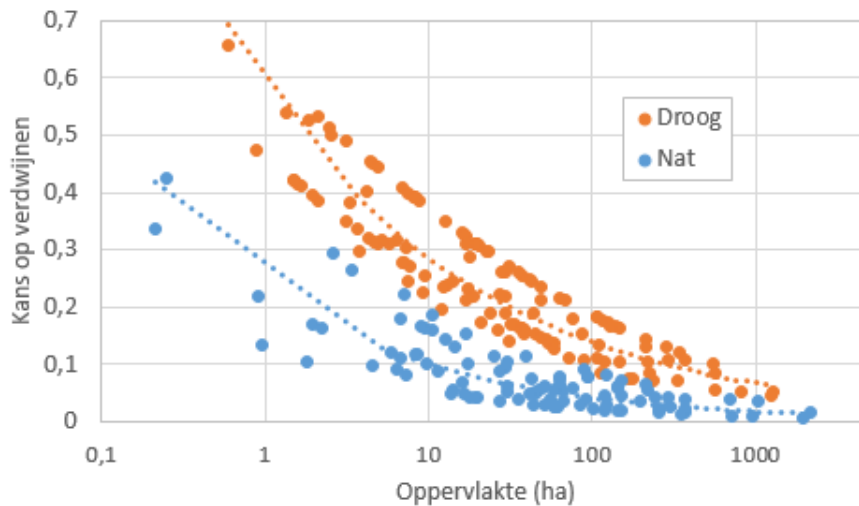
Tabel 3.6: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor het heideblauwtje (significantie: ns $p > 0,10$; - $p < 0,01$; -- $p < 0,001$; --- $p < 0,0001$).

	Droog leefgebied		Nat leefgebied	
Aantal waarnemingen	445		335	
R ²	0,13		0,15	
Variabele	F-waarde	sign.	F-waarde	sign.
Bodemvocht	15,94	++++	1,66	ns
Neerslag zomer	1,39	ns	6,91	--
Neerslag vorige zomer	23,2	+++	2,19	ns
Hitte vorig jaar	20,86	---	0,06	ns

Verdwijnen populaties van het heideblauwtje zijn vaker van kleine omvang ($p = 0,0001$) en het betreft vooral drogere leefgebieden ($p = 0,01$). De kritische oppervlakte ligt rond 24 ha. In droge leefgebieden is de kans op verdwijnen ca. drie keer zo groot als in natte leefgebieden (Figuur 3.11).

Ook in de veranderingen in talrijkheid is er een verschil tussen droge en natte leefgebieden, met een significante interactie tussen bodemvocht en neerslag in de vorige zomer ($p < 0,001$). Binnen de droge leefgebieden zijn de droogste locaties in het nadeel. De aantallen zijn er hoger na een natte zomer en lager na een hete zomer. In de natte leefgebieden is een natte zomer juist negatief voor de talrijkheid.

Daarnaast was er ook nog een invloed van het reliëf, met een significante interactie tussen reliëf en neerslag in de vorige zomer ($p < 0,001$). In droge leefgebieden geeft een voorafgaande droge zomer extra lage aantallen in gebieden met weinig reliëf. In natte leefgebieden daarentegen, levert juist een natte vorige zomer lage aantallen in reliëfrijke gebieden. De verschillende doorwerking van het reliëf is



Figuur 3.11: Kans op verdwijnen van populaties van het heideblauwtje uit droge en natte leefgebieden van verschillende oppervlakte (populaties zijn als verdwenen beschouwd wanneer de laatste waarneming van 2015 of eerder dateert, terwijl er daarvoor wel waarnemingen uit minimaal vijf jaren bekend zijn).

mogelijk als volgt te verklaren:

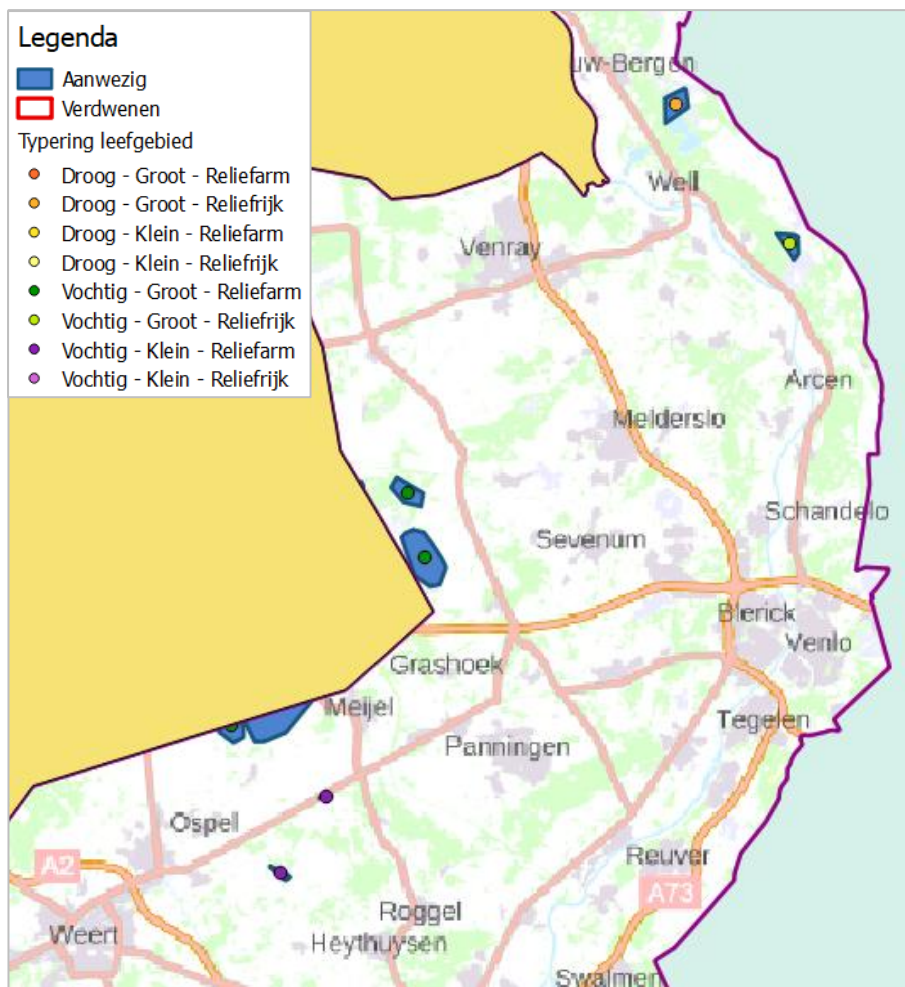
- In droge leefgebieden betekent meer reliëf dat er ook een grotere kans is op laagten die wat vochtiger blijven in droge jaren, zodat de populatie minder door droogte wordt getroffen
- In natte leefgebieden betekent reliëf doorgaans dat heideblauwtjes in de laagten zitten. Natte zomers zorgen hier voor inundatie, wat sterfte en dus lagere aantallen heideblauwtjes geeft.

Het areaal van het heideblauwtje schuift bij verdere klimaatopwarming noordwaarts op, maar omdat Nederland zich redelijk centraal in het areaal bevindt (zij het dicht bij de noordwestelijke rand die door Engeland loopt), heeft de opwarming in dit opzicht weinig gevolgen voor het heideblauwtje. Het klimaat van 2030 geeft dan ook nauwelijks een afwijkende ontwikkeling te zien ten opzichte van de periode 1981-2010. Veeleer is van een meer geleidelijke bedreiging sprake door verdroging van het leefgebied.

Tabel 3.17: Aantal sinds 1990 bekende populaties van het heideblauwtje dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Heideblauwtje	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	196	48	244	20
Limburg	8		8	0
Droog - Groot - Reliëfrijk	1		1	0
Vochtig - Groot - Reliëfrijk	1		1	0
Vochtig - Groot - Reliëfarm	3		3	0
Vochtig - Klein - Reliëfarm	3		3	0

Van alle 244 sinds 1990 bekende populaties van het heideblauwtje in Nederland zijn er 48 (20 %) verdwenen (Tabel 3.17). Limburg telt daarvan slechts 8 populaties, waarvan er echter nog geen is verdwenen. De grootste populaties liggen in de Peelregio (Figuur 3.12). Daarbuiten is het voorkomen erg versnipperd, met twee populaties in de Maasduinen en twee kleine in de Groote Moost en De Zoom.



Figuur 3.12: Ligging en typering van de populaties van het heideblauwtje in Limburg.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor het heideblauwtje vooral belangrijk om:

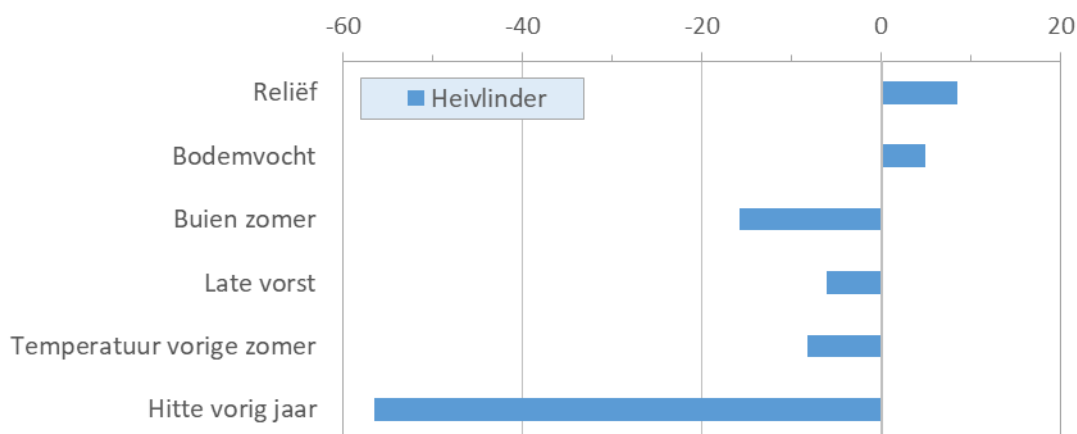
- de vochtcondities in natte leefgebieden te behouden
- droge leefgebieden geleidelijk te vernatten
- in reliëfarme gebieden inundatie in het zomerhalfjaar zoveel mogelijk te voorkomen

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- kleine leefgebieden te vergroten
- stikstofdepositie en bodemverzuring te verminderen, met name in droge leefgebieden
- jonge vitale struik- en dopheivegetaties te behouden door kleinschalig te begrazen, te maaien of in sterk vergraste situaties te branden of te chopperen.

Heivlinder

De status van de heivlinder is kwetsbaar. De aantallen van de soort zijn de laatste jaren sterk gedaald. Op de zandgronden komt de soort voor op droge heide en stuifzand met voldoende dynamiek om open plekken te handhaven. In droge zomers kan het nectaraanbod echter beperkend zijn. Vooral hetere zomers vormen zowel op korte als op lange termijn een bedreiging voor de heivlinder.



Figuur 3.13: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen heivlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.8: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de heivlinder (significantie: -/+ $p < 0,05$; --/++ $p < 0,01$; ---/+++ $p < 0,001$).

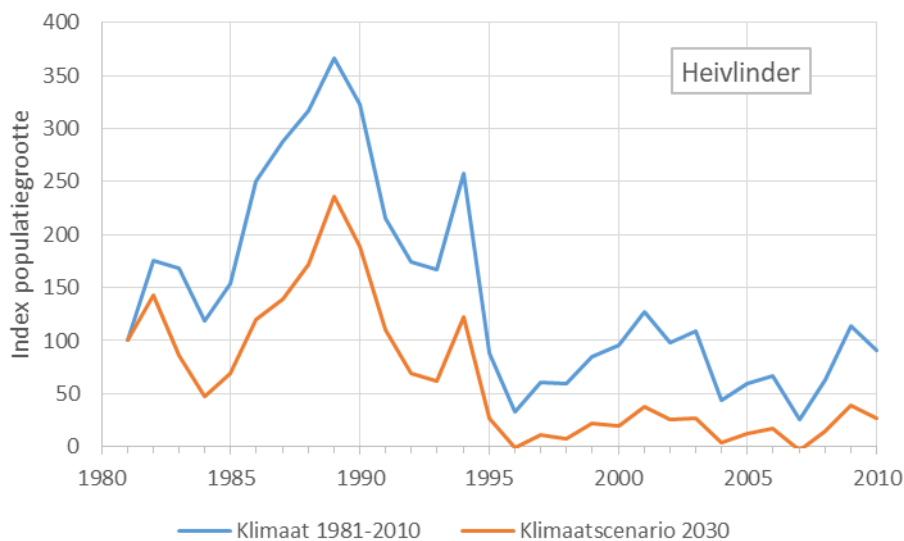
Aantal waarnemingen	1420	
R ²	0,26	
Variabele	F-waarde	sign.
Reliëf	9,15	++
Bodemvocht	5,21	+
Buien zomer	17,00	---
Late vorst	6,61	-
Temperatuur vorige zomer	8,91	--
Hitte vorig jaar	60,81	---

Verdwenen populaties van de heivlinder lagen in kleinere leefgebieden dan nog aanwezige populaties ($p < 0,0001$), waarbij de kritische oppervlakte rond 70 ha ligt.

Reliëf en bodemvocht komen de talrijkheid ten goede, vermoedelijk door een grotere dynamiek, grotere variatie in microklimaat en een beter nectaraanbod in de vliegtijd van de vlinders. Vooral hitte en buien in de vorige zomer leiden tot lage aantallen; late vorst lijkt voor de rupsen ook van negatieve invloed te zijn. De extreem warme zomer van 2003 zorgde eerder al voor een daling van de aantallen heivlinders. Daarbij was in de vliegtijd sprake van een sterk zwervgedrag, wat vermoedelijk door het verdrogen van het leefgebied werd veroorzaakt (Wallis de Vries *et al.*, 2011).

Het areaal van de heivlinder gaat bij aanhoudende klimaatverandering naar verwachting vooral krimpen omdat de zuidgrens noordelijker komt te liggen en de noordwaartse uitbreiding in Scandinavië beperkt blijft. Voor Nederland zou dat de komende decennia voor de heivlinder nog weinig gevolgen moeten hebben omdat ons land zich centraal in het areaal bevindt. De huidige analyse geeft echter een sterk verslechterde populatieontwikkeling van de heivlinder onder het verwachte

klimaat van 2030 ten opzichte van de periode 1981-2010 (Figuur 3.14; gemiddeld indexverschil –81).



Figuur 3.14: Gesimuleerde populatieontwikkeling van de heivlinder in Nederland bij het klimaat van de referentieperiode 1981-2010 en het klimaatscenario van 2030.

Tabel 3.9: Aantal sinds 1990 bekende populaties van de heivlinder dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Heivlinder	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	110	42	152	28
Limburg	4	3	7	43
Droog - Groot	3		3	0
Droog - Klein	1	2	3	67
Vochtig - Klein		1	1	100

Van alle 152 sinds 1990 bekende populaties van de heivlinder in Nederland zijn er 42 (28 %) verdwenen (Tabel 3.9). In Limburg zijn er slechts 7 populaties bekend, waarvan er 3 (43 %) zijn verdwenen. Dit waren alle drie kleine satellietpopulaties. De huidige populaties liggen in de Maasduinen, Groote Heide bij Venlo, Weerter- en Budelerbergen en de Brunssummerheide (Figuur 3.15).

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor de heivlinder belangrijk om:

- de vochtcondities rond de droge voortplantingslocaties zo te houden dat er voldoende nectarbronnen op korte afstand beschikbaar zijn
- voldoende structuurvariatie te bieden in de kruidlaag voor een grotere spreiding van warm naar koeler microklimaat (dus geen hoge begrazingsintensiteit in droge zomers)
- vliegdenen te behouden zodat de vlinders dekking kunnen vinden op hete dagen

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- kleine leefgebieden te vergroten
- stikstofdepositie en bodemverzuring te verminderen
- reliëfrijke overgangen tussen stuivend zand en heide te koesteren.

Figuur 3.15: Ligging en typering van de populaties van de heivlinder in Limburg.



iepenpage

De iepenpage is net als de grote weerschijnvlinder van ernstig bedreigd op de vorige Rode Lijst naar niet meer bedreigd opgeschoven. Behalve door een reële recente areaaluitbreiding is dit ook het gevolg van betere kennis over hoe de soort waar te nemen is. De iepenpage is nog wel wettelijk beschermd. De soort leeft op iepen in een grote variatie aan biotopen. De soort zal de komende decennia vooral profiteren van klimaatopwarming.



Van de iepenpage zijn nog te weinig gestandaardiseerde tellingen om een analyse van klimaatinvloeden mogelijk te maken. Nederland bevindt zich net in de noordelijke helft van het areaal van de iepenpage. De soort zal zich bij verdere klimaatopwarming naar verwachting de komende decennia blijven uitbreiden. Beperkende factor daarbij is dat iepen buiten de stedelijke omgeving schaars zijn in Nederlandse bossen. Alleen bossen op löss en leemhoudende bodem zijn kansrijk.

Er zijn 21 populaties bekend, waarvan er één (5%) is verdwenen. In Limburg zijn er 8 populaties bekend, inclusief de (mogelijk) verdwenen populatie. Buiten de stedelijke omgeving bevinden zich alleen twee populaties op de Sint Pietersberg en langs het miljoenenlijntje tussen Eys en Wijlre.



Figuur 3.16: Ligging van de populaties van de iepenpage in Limburg.
(blauw – aanwezig, rood – geen waarneming na 2015)

Voor de iepenpage lijken er geen specifieke klimaatgerichte maatregelen nodig; zie voor verdere informatie Vliegthart (2015).

Kaasjeskruiddikkopje

Het kaasjeskruiddikkopje heeft zich pas de laatste tien jaar in Nederland als standvlinder gevestigd en staat nu als gevoelig op de Rode Lijst. De soort komt voor op droge, warme, kalkrijke bodem met een vrij ruige maar schaarse begroeiing met de waardplant kaasjeskruid. Het kaasjeskruiddikkopje zal naar verwachting sterk kunnen profiteren van klimaatopwarming.



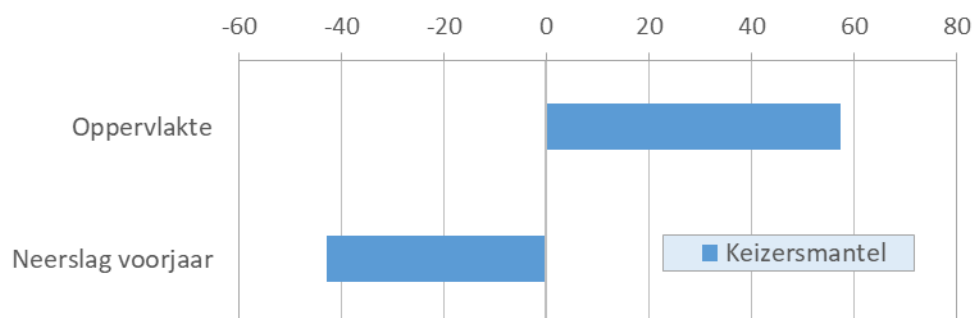
Van het kaasjeskruiddikkopje zijn er nog onvoldoende gegevens voor een analyse van klimaatinvloeden. De soort bevindt zich in Nederland aan de noordrand van zijn verspreiding en de komende eeuw wordt een sterke noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht. Recent lijkt de soort zich ook in Zeeland te vestigen. Het kaasjeskruiddikkopje zal dus vooral profiteren van klimaatopwarming.

Voor het kaasjeskruiddikkopje zijn nog geen populaties afgebakend. De soort wordt verspreid door heel Zuid-Limburg waargenomen, met concentraties rond Maastricht (Sint Pieterberg, Hoge Fronten, Zuid-Willemsvaart), Eys en de oostelijke rand van het Maasdal.

Het kaasjeskruiddikkopje lijkt geen specifieke klimaatgerichte maatregelen nodig te hebben. Door bloemrijke ruderaal plekken op kalk- of leemhoudende bodem te bevorderen kan het leefgebied worden uitgebreid.

Keizersmantel

De keizersmantel heeft net als enige andere mobiele bossoorten zijn populatie in Nederland de laatste jaren belangrijk kunnen uitbreiden. De vlinder is nu niet meer bedreigd, waar hij eerst nog als landelijk verdwenen op de Rode Lijst stond. Zijn leefgebied bestaat uit open plekken in bossen met viooltjes. Deze zijn vooral te vinden op leemhoudende en kalkrijke bodems. De soort lijkt van klimaatopwarming vooral te profiteren.



Figuur 3.17: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen keizersmantels verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.10: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de keizersmantel (significantie: $-/+ p < 0,05$; $--/++ p < 0,01$).

Aantal waarnemingen	62	
R ²	0,31	
Variabele	F-waarde	sign.
Oppervlakte	8,24	++
Neerslag voorjaar	6,16	-

Voor de keizersmantel zijn nog maar weinig gegevens voor een uitgebreide analyse van klimaatinvloeden. De huidige analyse laat zien dat de talrijkheid groter is in grotere leefgebieden en bij een droger voorjaar, wanneer de rupsen zich ontwikkelen.

Nederland bevindt zich centraal in het areaal van de keizersmantel. Bij klimaatopwarming zal dat de komende eeuw naar verwachting zo blijven. De toegenomen aantallen keizersmantels wijzen erop dat de herkolonisatie wordt bevorderd door de warme zomers. Uit de huidige analyse komt nog geen verschil naar voren in de ontwikkeling bij het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van het klimaat van 1981-2010.

Van alle 23 sinds 1990 bekende populaties van de keizersmantel in Nederland zijn er 3 kleine locaties (13 %) weer verdwenen. In Limburg gaat het om 6 populaties die allemaal aanwezig zijn (Sint Jansberg, Weerterbos, Sint Pietersberg en drie populaties langs het Geuldal).

Voor de keizersmantel lijken er geen specifieke klimaatgerichte maatregelen nodig. De vlinder profiteert van kleinschalig bos(rand)beheer, waardoor plekken met bosviooltjes meer licht krijgen en het nectaraanbod wordt vergroot (Omon *et al.*, 2015).

Figuur 3.18: Ligging van de populaties van de keizersmantel in Limburg.



Klaverblauwtje

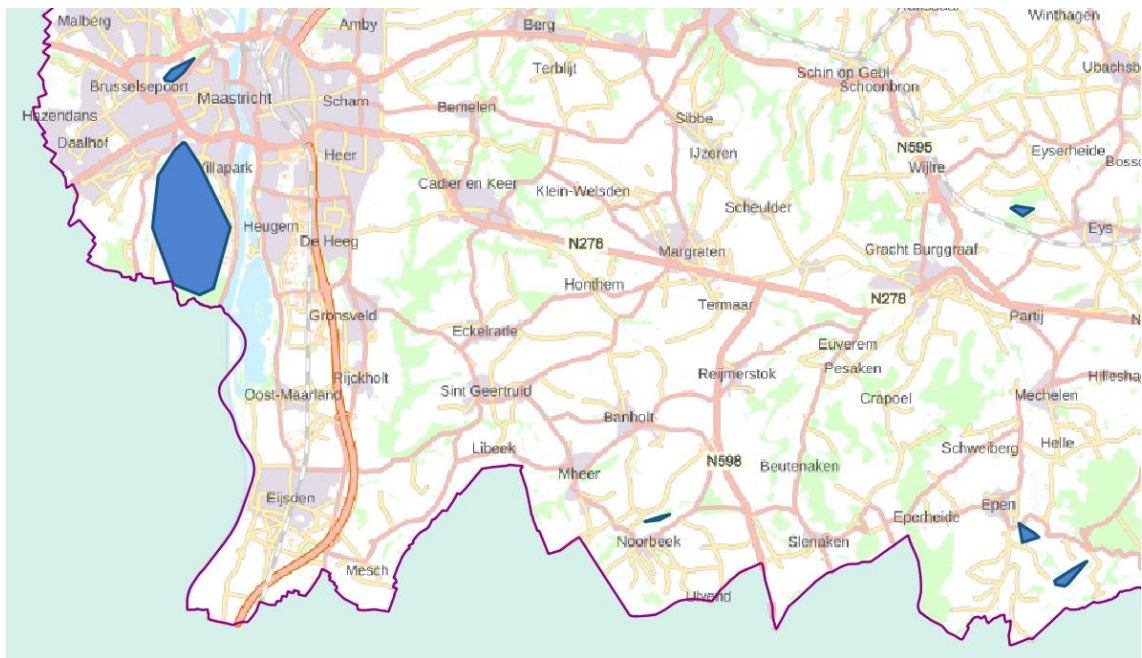
Het klaverblauwtje is enige decennia uit Nederland verdwenen geweest maar heeft zich de laatste twintig jaar opnieuw in Nederland weten te vestigen. Hij staat nu als ernstig bedreigd te boek. De vlinder komt voor op kruidenrijke (kalk)graslanden met rode klaver die niet te schraal, maar ook niet te rijk zijn. Vermoedelijk zal het klaverblauwtje van klimaat-opwarming kunnen profiteren.



Er zijn nog te weinig gegevens ($n=29$) van het klaverblauwtje voor een goede analyse van klimaatinvloeden. Toch duiden deze op een significante positieve invloed van warm weer in de vorige zomer ($F_{1,23}=7,88$, $p<0,05$; model- $R^2=0,82$). Dit leidt tot een verwachte toename bij het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van het klimaat van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +47).

Nederland bevindt zich aan de uiterste westrand van het areaal van het klaverblauwtje. Bij klimaatopwarming wordt in onze streken een kleine uitbreiding van het areaal verwacht, wat aansluit bij de recente herkolonisatie.

Alle zes bekende populaties bevinden zich in Zuid-Limburg en zijn nog aanwezig (Figuur 3.19); nieuwe vestigingen lijken de komende jaren goed mogelijk wanneer er voldoende bloemrijk grasland ontwikkeld wordt.



Figuur 3.19: Ligging van de populaties van het klaverblauwtje in Limburg.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor het klaverblauwtje vooral belangrijk om:

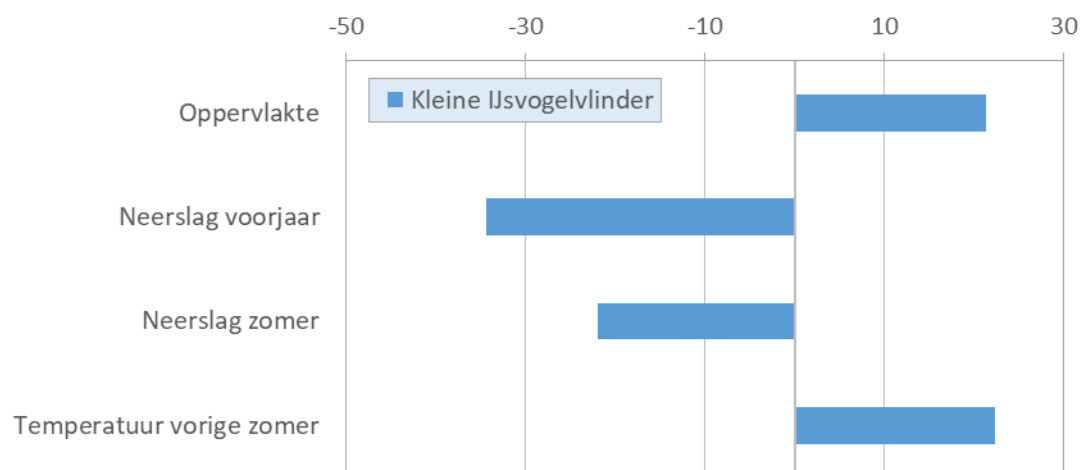
- te zorgen voor variatie in vochtcondities in het leefgebied door spreiding ervan ten aanzien van bodemdikte en microklimaat in voormalige groeves en op kalkhellingen (Nijssen *et al.*, 2016)

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de kleine leefgebieden te vergroten en de connectiviteit ertussen te verbeteren (zie ook Wallis de Vries *et al.*, 2018b); de potenties hiervoor worden in 2019 in kaart gebracht.

Kleine ijsvogelvinder

De kleine ijsvogelvinder staat als kwetsbaar op de Rode Lijst. De recente populatieontwikkeling is positief. De soort komt voor in structuurrijke, vochtige loofbossen met kamperfoelie. Naar verwachting zal de soort voorlopig profiteren van klimaatopwarming wanneer vochtige loofbossen behouden blijven.



Figuur 3.20: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen kleine ijsvogelvinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.11: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de kleine ijsvogelvinder (significantie: -/+ $p < 0,05$; --/++ $p < 0,01$).

Aantal waarnemingen	345	
R ²	0,25	
Variabele	F-waarde	sign.
Oppervlakte	6,42	+
Neerslag voorjaar	10,33	--
Neerslag zomer	6,62	-
Temperatuur vorige zomer	6,74	++

Verdwenen populaties van de kleine ijsvogelvinder zijn relatief klein ($p < 0,001$), waarbij de kritische oppervlakte 22 ha bedraagt.

Ook de talrijkheid wordt positief beïnvloed door de oppervlakte leefgebied. De kleine ijsvogelvinder is talrijker na een warme zomer en minder talrijk bij veel neerslag in zowel het voorjaar als de zomer.

Nederland bevindt zich centraal maar wel in de noordelijke helft van het areaal van de kleine ijsvogelvinder. De komende decennia zullen dus naar verwachting een uitbreiding voor de soort opleveren, mits vochtige loofbossen behouden blijven. De populatieontwikkeling onder het klimaatscenario van 2030 is ook positiever dan bij het klimaat van 1981-2010 (gemiddelde indexverschil +31).

Tabel 3.12: Aantal sinds 1990 bekende populaties van de kleine ijsvogelvinder dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Kleine ijsvogelvinder	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	73	12	85	14
Limburg	11	1	12	8
Groot	9		9	0
Klein	2	1	3	33

Van de 85 sinds 1990 bekende populaties van de kleine ijsvogelvinder in Nederland zijn er 12 verdwenen (14 %) (Tabel 3.12). In Limburg gaat het om 12 populaties, waarvan er slechts één (8%) kleine populatie (bij de Schoorkuilen langs de A2) is verdwenen (Figuur 3.21). In het Heuvelland wordt de kleine ijsvogelvinder wel incidenteel waargenomen, maar (nog) zonder blijvende vestiging.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het voor de kleine ijsvogelvinder vooral belangrijk om:

- te zorgen voor een goede waterhuishouding voor het behoud van vochtige loofbossen

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

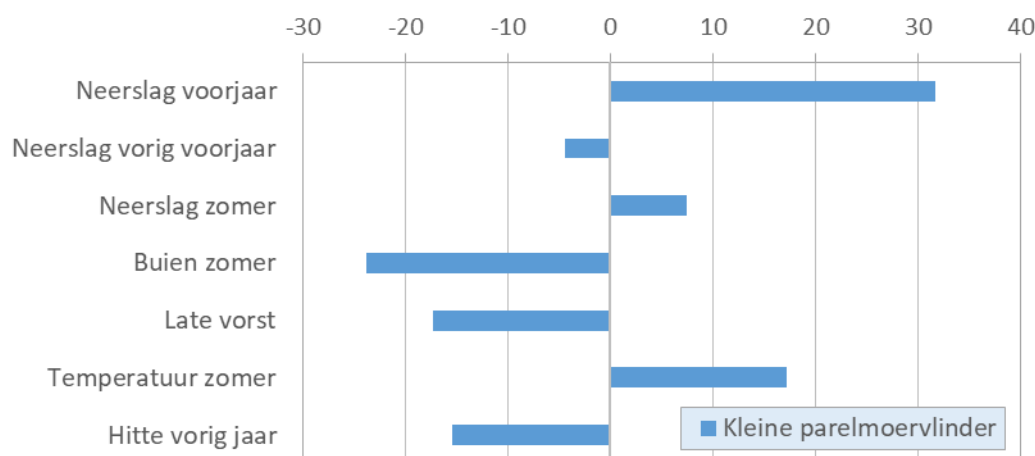
- de leefgebieden te vergroten door de structuurvariatie in vochtige loofbossen en bosranden met kleinschalig cyclisch beheer te bevorderen



Figuur 3.21: Ligging en typering van de populaties van de kleine ijsvogelvinder in Limburg.

Kleine parelmoervlinder

De kleine parelmoervlinder is kwetsbaar gebleven op de Rode Lijst. In de kustduinen lopen de aantallen terug, maar in het binnenland breidt de soort uit. Hier zijn vooral graslanden met natuurontwikkeling en natuurakkers geschikt omdat hier vaak massaal akkerviooltjes in een pioniermilieu voorkomen. De kleine parelmoervlinder profiteert enerzijds van klimaatopwarming, maar is anderzijds gevoelig voor klimaatextremen.



Figuur 3.22: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen kleine parelmoervlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.13: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor de kleine parelmoervlinder (significantie: – $p < 0,05$; – – $p < 0,01$; +++ $p < 0,001$; – – – – /++++ $p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	1481	
R ²	0,28	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag voorjaar	53,87	++++
Neerslag vorig voorjaar	7,62	--
Neerslag zomer	12,66	+++
Buien zomer	40,45	----
Late vorst	29,52	----
Temperatuur zomer	29,34	++++
Hitte vorig jaar	26,37	----

Verdwenen populaties van de kleine parelmoervlinder zijn relatief klein ($p < 0,01$), waarbij de kritische oppervlakte 30 ha bedraagt.

De aantallen kleine parelmoervlinders variëren met een behoorlijk aantal klimaatvariabelen. Lage aantallen worden vooral veroorzaakt door ten eerste droogte en late vorst in het lopende voorjaar, en ten tweede droge en koele zomers met zware buien en hitte in de vorige zomer; het negatieve effect van een nat voorjaar is ten opzichte van de andere invloeden van minder belang en heeft vooral betrekking op extreem natte jaren.

De positieve invloed van zomerwarmte weerspiegelt een algemene reactie van een warmteminnende soort als de kleine parelmoervlinder, maar de negatieve effecten van hitte en droogte vormen daar de keerzijde van (Wallis de Vries, 2016).

De kleine parelmoervlinder bereikt in Nederland de noordwestgrens van zijn areaal (de soort ontbreekt in Groot-Brittannië). Naar verwachting zal de soort zijn areaal bij klimaatopwarming uitbreiden. Onder het klimaatscenario van 2030 is de populatieontwikkeling gunstiger dan bij het klimaat van 1981-2010 (gemiddeld

indexverschil +18), maar door extreme jaren kunnen grote schommelingen worden verwacht die tot lokale extinctions leiden op met name kleinere droogtegevoelige locaties.

Tabel 3.14: Aantal sinds 1990 bekende populaties van de kleine parelmoervlinder dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Kleine parelmoervlinder	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	61	27	88	31
Limburg	11	4	15	27
Groot	5	5	10	0
Klein	6	4	10	40

Van de 88 sinds 1990 bekende populaties van de kleine parelmoervlinder in Nederland zijn er 27 verdwenen (31 %). In Limburg betreft het 15 populaties, waarvan er 4 (27%) zijn verdwenen. Deze waren allemaal klein van omvang. De meeste populaties bevinden zich in Midden-Limburg, drie liggen in het Heuvelland en één bij Mook in Noord-Limburg. In 2019 zijn verspreid veel kleine parelmoervlinders gezien, wat waarschijnlijk voor herkolonisaties en mogelijk ook nieuwe vestigingen heeft geleid.

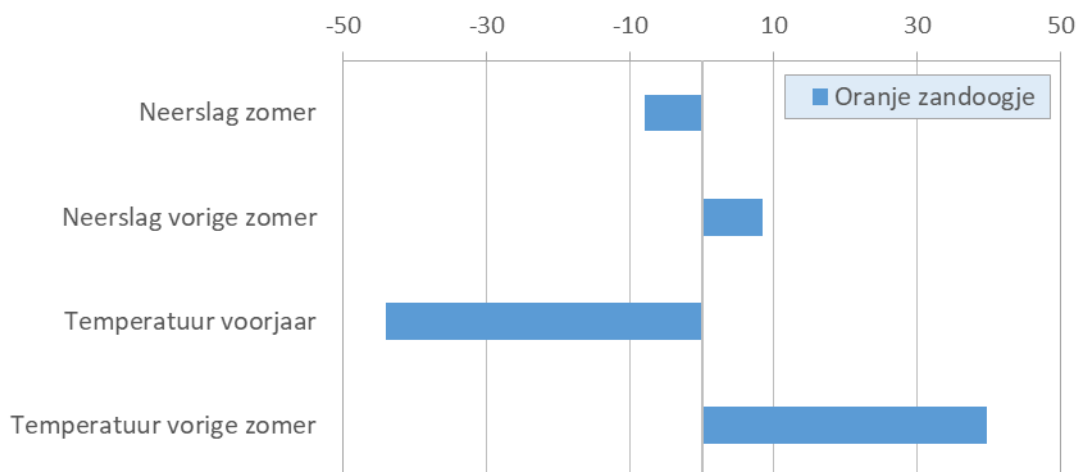
De kleine parelmoervlinder is bij uitstek een soort van dynamische pioniermilieus die door zijn grote mobiliteit en grote voortplantingscapaciteit kan inspelen op snelle veranderingen in de omgeving. Maatregelen voor het vergroten van de klimaatbestendigheid van zijn leefgebied lijken dan ook niet zinvol. Wel is het beter om in droge zomers extensief te beheren en dus ook geen hoge begrazingsintensiteit toe te laten. Voorts kan er effectief aan worden gewerkt om leefgebieden te creëren in natuurontwikkelingsgebieden op voormalige landbouwgrond (via natuurakkers en begrazing zonder ontgronding) en het agrarisch gebied (akkerranden).



Figuur 3.23: Ligging en typering van de populaties van de kleine parelmoervlinder in Limburg.

Oranje zandoogje

Het oranje zandoogje was eerder niet bedreigd maar door de populatieafname in het noordoosten van Nederland staat de soort nu als gevoelig op de Rode Lijst. Hij is veel te vinden op overgangen van bosranden naar ruige, vochtige graslanden. De soort lijkt te profiteren van klimaatopwarming, maar warme voorjaren hebben daarbij wel een sterk negatieve invloed.



Figuur 3.24: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen oranje zandoogjes verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.15: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor het oranje zandoogje (significantie: -- -/+++ $p < 0,001$, --- -/++++ $p < 0,0001$).

Aantal waarnemingen	1514	
R ²	0,36	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag zomer	13,94	---
Neerslag vorige zomer	14,95	+++
Temperatuur voorjaar	77,8	----
Temperatuur vorige zomer	70,3	++++

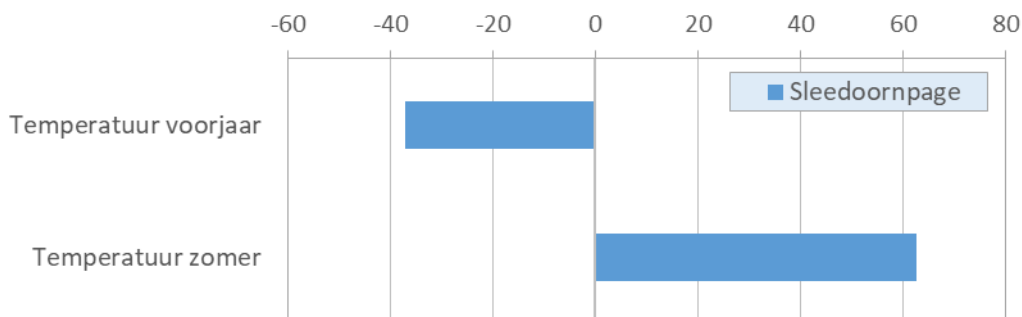
Het oranje zandoogje is talrijker na een warme en ook vochtige zomer, maar beduidend minder talrijk na een warm voorjaar. In een natte zomer zijn de aantallen lager.

Het oranje zandoogje heeft buiten het Middellandse zeegebied een vooral atlantische verspreiding. Nederland bevindt zich aan de noordgrens van het areaal. Bij klimaatopwarming wordt een noordwaartse uitbreiding van het areaal verwacht, die een toename in Nederland aannemelijk maakt. Dit wordt bevestigd door een gunstiger ontwikkeling bij het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +14). De negatieve invloed van een warm voorjaar kan deze ontwikkeling echter ongunstig beïnvloeden, zeker in drogere gebieden.

Voor het oranje zandoogje zijn nog geen populaties afgebakend, zodat de ontwikkelingen niet op populatieniveau kunnen worden besproken. In Limburg is de soort vooral in de Peel regio talrijk, maar daarbuiten meer verspreid voorkomend, met name in de Meinweg, de omgeving van Heerlen, het Geuldal en de Sint Pietersberg. Voor zowel een klimaatbestendiger als kwalitatief hoogwaardig leefgebied is het belangrijk om in vochtige milieus te zorgen voor geleidelijke overgangen van bosranden en houtwallen naar graslanden op verschillende exposities ten opzichte van de zon.

Sleedoornpage

De sleedoornpage is en blijft een bedreigde soort in Nederland. De soort is gebonden aan vitale sleedoornstruwelen in zowel natuurlijke als stedelijke omgeving. Over het geheel profiteert de sleedoornpage van klimaatopwarming, al lijkt een warm voorjaar ongunstig te zijn.



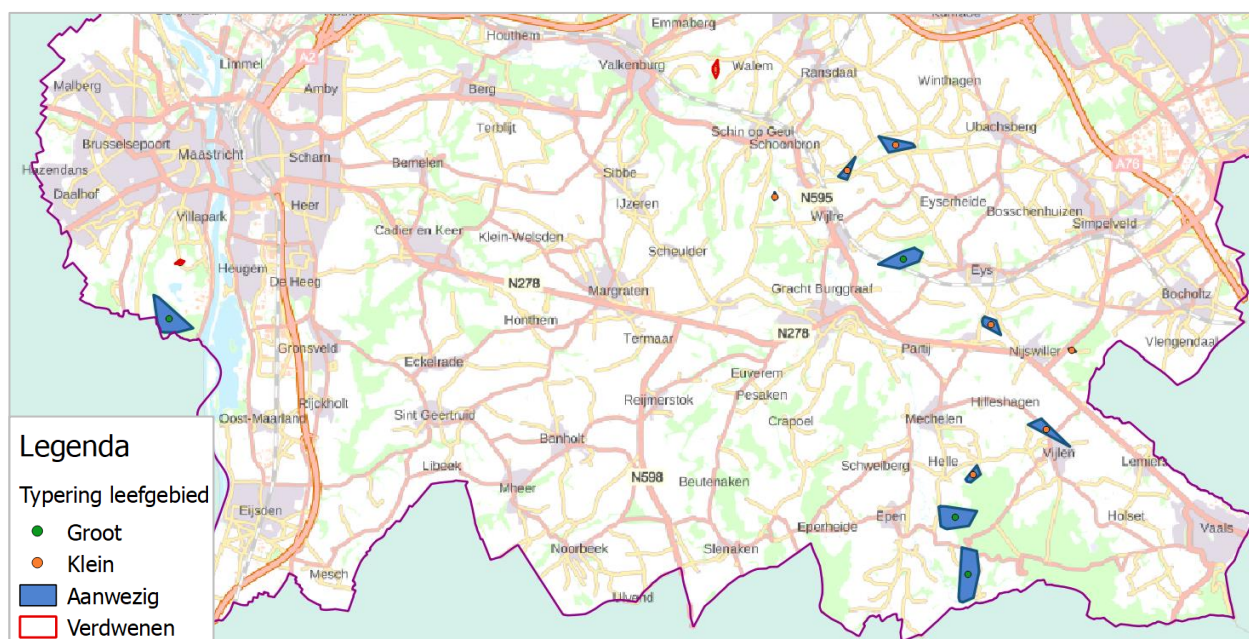
Figuur 3.25: Richting en percentage van de klimaatvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen sleedoornpages verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.16: Samenvatting van significante klimaatvariabelen voor de sleedoornpage (significantie: ---/+++ $p < 0,001$).

Aantal waarnemingen	426	
R ²	0,37	
Variabele	F-waarde	sign.
Temperatuur voorjaar	7,16	---
Temperatuur zomer	12,07	+++

Verdwenen populaties van de sleedoornpage zijn relatief klein ($p < 0,05$), waarbij de kritische oppervlakte 15 ha bedraagt.

De sleedoornpage is talrijker in warme zomers maar juist wat minder talrijk na een warm voorjaar, mogelijk door een negatief effect van droogte op de ontwikkeling van de rupsen.



Figuur 3.26: Ligging en typering van de populaties van de sleedoornpage in Limburg.

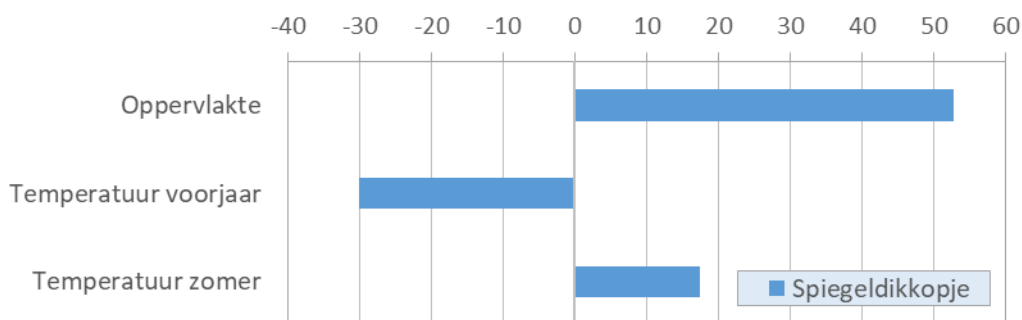
Nederland bevindt zich in de noordelijke helft van het verspreidingsgebied van de sleedoornpage, zodat over het geheel een positieve ontwikkeling bij klimaatopwarming wordt verwacht. Dit blijkt ook uit een positievere ontwikkeling bij het klimaatscenario van 2030 ten opzichte van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +23).

Van alle 72 sinds 1990 bekende populaties van de sleedoornpage in Nederland zijn er 9 (13%) verdwenen. In Limburg zijn er van de 13 populaties twee (15%) verdwenen, beide van kleine omvang. De grotere populaties bevinden zich vooral in de oostelijke helft van het Heuvelland en op de Sint Pietersberg (Figuur 3.26)

Voor een klimaatbestendig leefgebied voor de sleedoornpage zijn geen speciale acties nodig. Voor een duurzaam behoud is in stedelijke en agrarische omgeving vooral een gefaseerd snoeibeheer van sleedoornstruwelen belangrijk. In natuurgebieden op kalkrijke of leemhoudende bodem is extensieve begrazing een prima beheer.

Spiegeldikkopje

Het spiegeldikkopje staat als kwetsbaar op de Rode Lijst. De soort heeft nog steeds maar een paar grote populaties en een beperkt verspreidingsgebied in de Peelregio. Hier is de vlinder zowel te vinden in vochtige bossen met natte bloemrijke ruigten met hennegras als in de natte velden pijpenstrootje van de Peelvenen. Hoewel het spiegeldikkopje zou kunnen profiteren van klimaatopwarming vormt de toenemende warmte in het voorjaar wel een risico.



Figuur 3.27: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen spiegeldikkopjes verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.17: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor het spiegeldikkopje (significantie: + $p < 0,05$; – $p < 0,01$; +++ $p < 0,001$).

Aantal waarnemingen	102	
R ²	0,21	
Variabele	F-waarde	sign.
Oppervlakte	13,4	+++
Temperatuur voorjaar	7,62	--
Temperatuur zomer	4,41	+

Verdwenen populaties van het spiegeldikkopje zijn relatief klein ($p < 0,05$), waarbij de kritische oppervlakte 70 ha bedraagt.

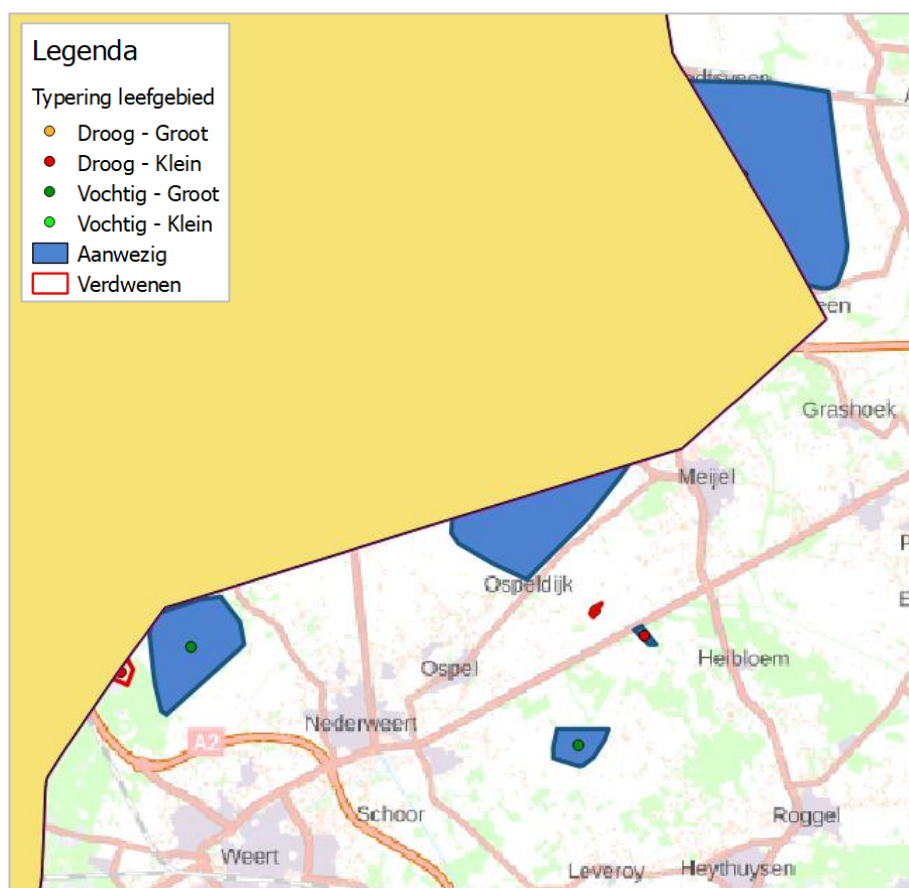
Het spiegeldikkopje is ook talrijker in grotere leefgebieden. Na een warm voorjaar zijn de aantallen lager, terwijl warmte in de vliegtijd van de vlinders een positieve invloed heeft. De negatieve invloed van een warm voorjaar kan worden verklaard door uitdroging van de waardplanten in een periode wanneer de rupsen hard moeten groeien (Wallis de Vries, 2013).

Het spiegeldikkopje bereikt in Nederland de noordwestgrens van zijn areaal. Bij klimaatopwarming wordt een positieve ontwikkeling verwacht. Door de negatieve invloed van warme voorjaren is de gevonden ontwikkeling bij het klimaatscenario van 2030 echter juist wat minder gunstig dan bij het klimaat van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil –10).

Tabel 3.18: Aantal sinds 1990 bekende populaties van het spiegeldikkopje dat aanwezig is of verdwenen (zonder waarnemingen na 2015).

Spiegeldikkopje	Aanwezig	Verdwenen	Totaal	% Verdwenen
Nederland	8	5	13	38
Limburg	4	2	6	33
Droog - Klein	1	1	2	50
Vochtig - Groot	3		3	0
Vochtig - Klein		1	1	100

Van de 13 sinds 1990 bekende populaties van het spiegeldikkopje in Nederland zijn er 5 verdwenen (38 %). In Limburg gaat het om 7 populaties, waarvan er 2 (29 %) kleine zijn verdwenen. De grootste populaties zijn die van het de Mariapeel, de Groote Peel en het Weerterbos. De Zoom en de Groote Moost zijn in 2015-2016 opnieuw gekoloniseerd nadat ze er in, respectievelijk, 2009 en 2005 waren verdwenen in een reeks van jaren met toenemende voorjaarsdroogte. In 2019 is vermoedelijk daardoor de populatie spiegeldikkopjes in het Weerterbos met 70% afgenomen ten opzichte van 2018 (tellingen Natuur- en Vlinderwerkgroep Nederweert)!



Figuur 3.28: Ligging en typering van de populaties van het spiegeldikkopje in Limburg (de populaties van de Groote Peel en Mariapeel zijn als 'Vochtig – groot' getypeerd).

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het belangrijk om:

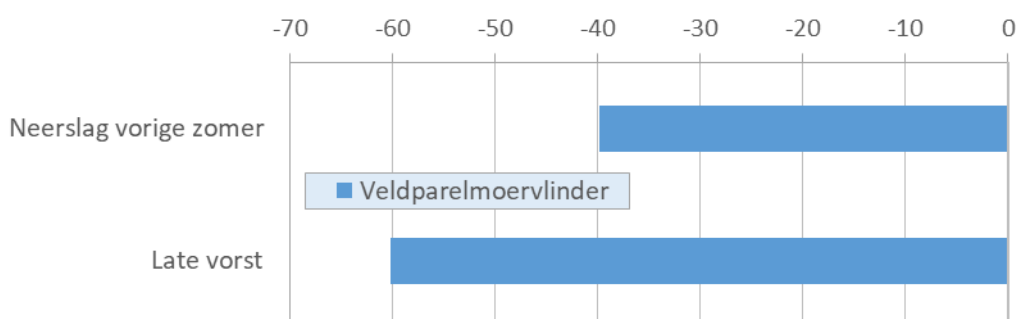
- te zorgen voor een stabiele waterhuishouding om voorjaarsdroogte te voorkomen in vochtige ruigte in beekdalen en randzones rond hoogvenen

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om (zie Wallis de Vries, 2013) :

- de leefgebieden te vergroten en via stapstenen te verbinden
- te zorgen voor voldoende nectarbronnen
- stikstofdepositie te verminderen

Veldparelmoervlinder

De veldparelmoervlinder is nog steeds een ernstig bedreigde soort, maar de populatieontwikkeling is niet ongunstig, met enkele nieuwe vestigingen in Zuid-Limburg en één in Noord-Brabant. De vlinder is kenmerkend voor structuurrijke droge schraallanden op enigszins gebufferde tot kalkrijke bodem. Wanneer uitbreiding van het leefgebied kan worden gerealiseerd, dan kan de veldparelmoervlinder sterk profiteren van klimaatopwarming.



Figuur 3.29: Richting en percentage van de klimaat- en omgevingsvariatie die de jaar-op-jaar verschillen in de aantallen veldparelmoervlinders verklaart in droge en natte leefgebieden.

Tabel 3.19: Samenvatting van significante klimaat- en omgevingsvariabelen voor de veldparelmoervlinder (significantie: – $p < 0,05$; – – $p < 0,01$).

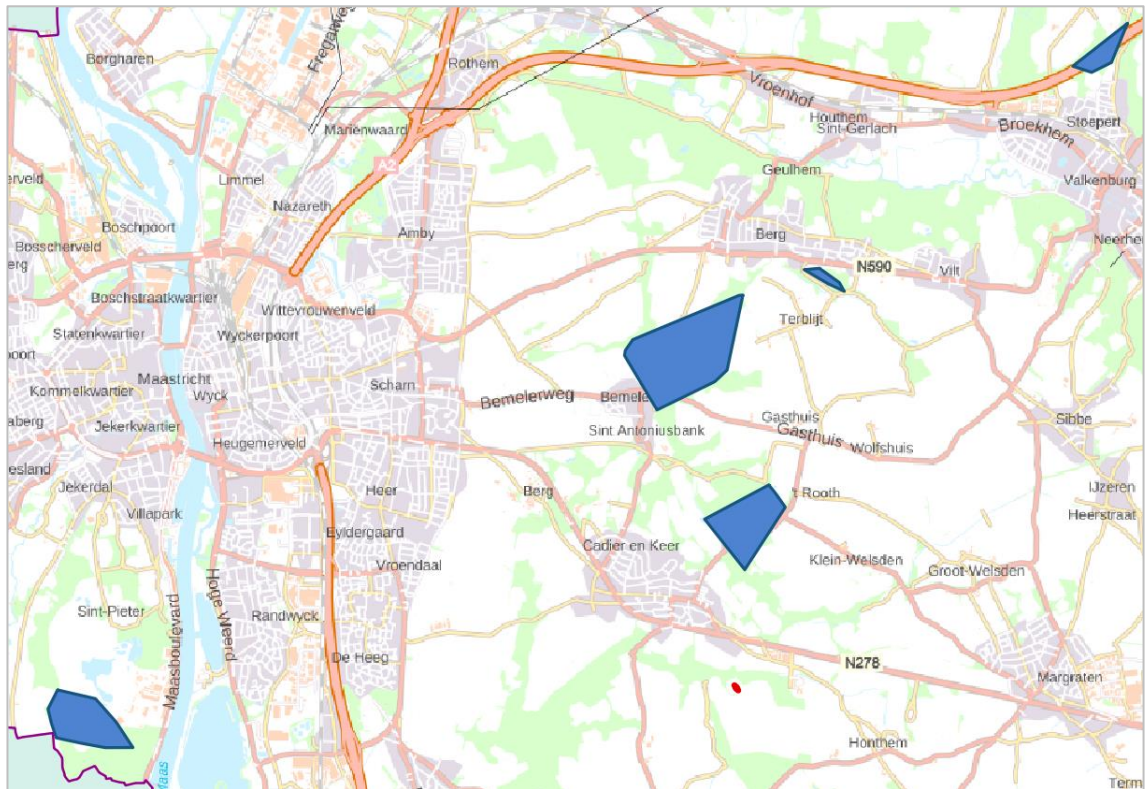
Aantal waarnemingen	24	
R ²	0,40	
Variabele	F-waarde	sign.
Neerslag vorige zomer	7,1	–
Late vorst	10,72	– –

Ondanks het geringe aantal datapunten voor de veldparelmoervlinder kwamen er toch twee significante klimaatinvloeden uit de analyse naar voren: de aantallen veldparelmoervlinders zijn lager na een voorjaar met late vorst. Mogelijk zijn juist de poppen daarvoor gevoelig. Ook een natte zomer tijdens de vroege ontwikkeling van de rupsen lijkt voor deze warmteminnende soort ongunstig.

Toch is de veldparelmoervlinder ook kwetsbaar voor droogte in de zomer. Na het droge voorjaar van 2011 verdween de soort op diverse droge kalkhellingen, waaronder de Bemelerberg. Op het aangrenzende natuurontwikkelingsgebied, met een diepere bodem met meer vochthoudend vermogen, overleefde hij echter en kon van daaruit de Bemelerberg op nieuw koloniseren (Van Noordwijk *et al.*, 2013). Dit laat zien dat leefgebieden op vochtiger bodem in droge jaren ook een belangrijke functie als refugium kunnen vervullen.

De veldparelmoervlinder bereikt in Nederland de noordwestgrens van zijn areaal. Bij klimaatopwarming wordt dan ook een uitbreiding verwacht. De ontwikkeling onder het klimaatscenario van 2030 wordt ook extreem veel positiever voorspeld dan bij het klimaat van 1981-2010 (gemiddeld indexverschil +3800). Ondanks de nog zwakke basis voor deze voorspelling ligt een positieve populatieontwikkeling bij klimaatopwarming voor de veldparelmoervlinder wel voor de hand, mits er voldoende leefgebied beschikbaar komt.

Van de 7 sinds 2007 bekende populaties van de veldparelmoervlinder in Nederland is er één kortstondige (de Wolfskop) weer verdwenen (14 %), mogelijk door een illegale brand in het voorjaar die de rupsen in de as heeft gelegd. Buiten Limburg komt er maar één populatie van de soort voor. De vijf actuele Limburgse populaties zijn afgebeeld in Figuur 3.30.



Figuur 3.30: Ligging van de populaties van de veldparelmoervlinder in Limburg.

Voor een klimaatbestendig leefgebied is het vooral belangrijk om:

- te zorgen voor variatie in vochtcondities in het leefgebied door spreiding ervan ten aanzien van bodemdiepte en microklimaat in voormalige groeves en op kalkhellingen (Van Noordwijk *et al.*, 2013; Nijssen *et al.*, 2016)
- voldoende structuurvariatie te bieden in de kruidlaag voor een grotere spreiding van warm naar koeler microklimaat (dus geen hoge begrazingsintensiteit in droge zomers)

Voorts moet er ook aan worden gewerkt om:

- de kleine leefgebieden te vergroten en de connectiviteit ertussen te verbeteren (zie ook Wallis de Vries *et al.*, 2018b); de potenties hiervoor worden thans in kaart gebracht
- verloren leefgebied op de zandgronden te herstellen door vermindering van stikstofdepositie en verbetering van buffercapaciteit van de bodem

4. Synthese

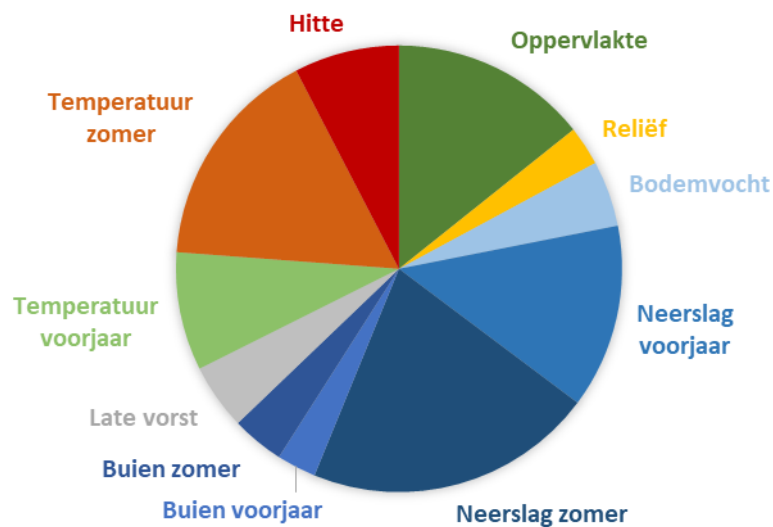
Klimaatverandering lijkt in het natuur- en het waterbeheer eindelijk de hoge prioriteit te krijgen die het verdient. Vooral de omgang met extremen van droogte en hevige neerslag vereisen daarbij extra aandacht. De hier uitgevoerde klimaatstresstest voor bedreigde dagvlinders onderstreept dat en geeft handvatten voor de uitvoering van maatregelen.

De klimaatstresstest voor dagvlinders heeft zich gericht op 34 soorten bedreigde en wettelijk beschermde dagvlindersoorten in Nederland. Voor de provincie Limburg gaat het om 20 soorten.

Over alle soorten bezien zijn de invloeden van temperatuur en neerslag (c.q. neerslag minus verdamping) in de zomer het vaakst significant (Figuur 4.1). De zomertemperatuur heeft meestal een positieve invloed op de aantalsontwikkeling (15 van de 17 gevallen), maar hitte is voor acht soorten uit heidegebieden een negatieve factor. De invloed van de neerslag is even vaak positief als negatief (19 om 17 gevallen), afhankelijk van de biotoop van de soort en de balans tussen het positieve effect van een goed aanbod van nectar of waardplanten en het negatieve effect van een kortere vliegtijd of inundatie. Perioden met forse buien in voorjaar of zomer vormen voor zeven soorten een risico en late vorst voor vijf soorten. Ook de lokale condities zijn van belang (22% van de gevallen), juist ook voor het opvangen van de klimaatinvloeden:

- grotere leefgebieden vergroten de veerkracht van populaties,
- reliëf is vooral voor heideblauwtje en heivlinder van toegevoegde waarde om de invloed van droogte, hitte en extreme regenval te bufferen
- bodemvocht is bij drie soorten (bruine eikenpage, heideblauwtje en heivlinder) van positieve invloed om perioden van droogte op te kunnen vangen.

Droogte is al met al een belangrijke factor voor tweederde van de soorten: hetzij via verdroging van het leefgebied op lange termijn, hetzij via de overleving en voortplanting op korte termijn. Meer aandacht voor klimaatadaptatie verdient daarom een hoge prioriteit bij water- en natuurbeheerders.



Figuur 4.1: Verdeling van 105 significante invloeden van klimaat en omgeving op de populatieontwikkeling van bedreigde dagvlinders.

Een duurzame bescherming van de voor klimaatverandering kwetsbare soorten vergt niet alleen maatregelen voor klimaatadaptatie. Ook andere knelpunten vergen de aandacht. Sterker: juist doordat andere reeds bestaande bedreigingen de staat van instandhouding van de bedreigde soorten al hebben verzwakt, kan de toevoeging van klimaatverandering het voortbestaan van de soorten op het spel zetten. Om de andere knelpunten op te heffen is vooral actie nodig ten aanzien van:

- vergroting van leefgebieden en de connectiviteit ertussen op landschapsschaal
- vermindering van stikstofdepositie en herstel van buffercapaciteit in verzuurde bodems op zandgronden.

In tabel 4.1 zijn de prioriteiten voor klimaatadaptatie, uitbreiding van leefgebied en afname van stikstofbelasting aangegeven voor de behandelde soorten op basis van de huidige analyse en kennis over soorteigenschappen (zie Wallis de Vries, 2014).

- Klimaatadaptatie heeft in Limburg, in tegenstelling tot sommige provincies met meer sterk klimaatgevoelige soorten, alleen topprioriteit voor de heivlinder.
- De prioriteit is voor klimaatadaptatie even hoog als voor uitbreiding van leefgebied en afname van stikstofbelasting voor het heideblauwtje.
- Voor een reeks van 13 soorten is klimaatadaptatie wel nodig, maar lijkt dit goed te verwezenlijken door generieke maatregelen of eenvoudiger maatwerk in biotoopbeheer.
- Voor een beperkte groep van vijf soorten is geen specifieke klimaatadaptatie nodig.

Klimaatadaptatie voor het behoud van de leefgebieden van bedreigde dagvlinders is op verschillende manieren te verwezenlijken.

Een grotere flexibiliteit in het waterbeheer is daarbij een absolute noodzaak.

Vooraf is een sterkere nadruk nodig op het opbouwen van buffers in het grondwater op de hoge zandgronden voor de overbrugging van droge perioden. Dit moet in principe mogelijk zijn omdat ook in de toekomst in een gemiddeld jaar nog steeds een neerslagoverschot wordt verwacht. Het vergt echter nog een verdere omslag in het denken bij de waterbeheerders van ontwatering naar waterbehoud – en dat zonder dat kwetsbare vochtige leefgebieden in natte jaren door inundatie verdrinken.

Concrete acties voor klimaatadaptatie van de leefgebieden voor bedreigde dagvlinders zijn met name gericht op:

- stabilisatie van waterhuishouding en voorkomen van drainage met:
 - geleidelijke vernatting in verdroogde leefgebieden
 - in natte terreinen uitbreiding van leefgebied hoger op de gradiënt
- benutting van reliëf, variatie in bodemtype en vochtgradiënten om te zorgen voor risicospreiding tegen extremen van droogte en inundatie door spreiding
- het voorkomen van inundatie van leefgebied in reliëfarme gebieden
- het vergroten van de variatie in het microklimaat door:
 - kleinschalig bosrandbeheer op verschillende exposities ten opzichte van de zon
 - structuurvariatie in de kruidlaag te bevorderen voor een grotere spreiding van warm naar koeler microklimaat (dus aanpassing van begrazingsintensiteit en maaibeheer aan droge of juist natte zomers)
 - vliegdenen in droge heidegebieden te behouden zodat de vlinders dekking kunnen vinden op hete dagen
- behoud van het nectaraanbod in droge jaren door aanpassing van begrazingsintensiteit en maaibeheer, waarbij bloemrijke graslanden of bermen in de naaste omgeving van heidegebieden van toegevoegde waarde kunnen zijn.

Tabel 4.1: Prioriteitstelling voor klimaatadaptatie ten opzichte van de opgaven voor uitbreiding van leefgebied en afname van stikstofbelasting voor bedreigde en beschermde soorten dagvlinders in de provincie Limburg.

Rood: zeer hoge prioriteit, **Oranje:** hoge prioriteit, **Lichtgroen:** nodig en goed te realiseren, **Donkergroen** of niet gekleurd: geen specifieke acties nodig.

Soort	Rode Lijst status	Prioriteitstelling		
		Klimaat-adaptatie	Uitbreiding leefgebied	Afname N-belasting
Boswitje	BE			
Bruin blauwtje	GE			
Bruin dikkopje	EB			
Bruine eikenpage	BE			
Donker pimperlblauwtje	EB			
Geelsprietdikkopje	BE			
Grote vos	KW			
Grote weerschijnvlinder	TNB ¹			
Heideblauwtje	KW			
Heivlinder	KW			
Iepenpage	TNB ¹			
Kaasjeskruidikkopje	GE			
Keizersmantel	TNB ¹			
Klaverblauwtje	EB			
Kleine ijsvogelvlinder	KW			
Kleine parelmoervlinder	KW			
Oranje zandoogje	GE			
Sleedoornpage	BE			
Spiegeldikkopje	KW			
Veldparelmoervlinder	EB			

¹ Wel opgenomen op de Rode Lijst Dagvlinders van 2006; grote weerschijnvlinder en iepenpage zijn nog wel wettelijk beschermd.

Literatuur

- De Frenne, P., Rodríguez-Sánchez, F., Coomes, D.A., Baeten, L., Verstraeten, G. et al. (2013) Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (46), 18561–18565
- Davies, Z.G., Wilson, R.J., Coles, S. & Thomas, C.D. (2006) Changing habitat associations of a thermally constrained species, the silver-spotted skipper butterfly, in response to climate warming. *Journal of Animal Ecology* 75 (1), 247-256.
- Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changnon, S.A., Karl, T.R. & Mearns, L.O. (2000) Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 289 (5487), 2068-2074
- Franco, A.M.A., Hill, J.K., Kitschke, C., Collingham, Y.C., Roy, D.B., Fox, R., Huntley, B. & Thomas, C.D. (2006) Impacts of climate warming and habitat loss on extinctions at species' low-latitude range boundaries. *Global Change Biology* 12 (8), 1545-1553.
- Lawson, C.R., Bennie, J.J., Thomas, C.D., Hodgson, J.A. & Wilson, R.J. (2013) Active management of protected areas enhances metapopulation expansion under climate change. *Conservation Letters* 7, 111–118.
- Malinowska, A.H., Strien, A.J., Verboom, J., Wallis de Vries, M.F. & Opdam, P. (2014) No evidence of the effect of extreme weather events on annual occurrence of four groups of ectothermic species. *PLoS ONE* 9(10), e110219.
- McDermott Long, O., Warren, R., Price, J., Brereton, J.M., Botham, M.S. & Franco, A.M.A. (2016) Sensitivity of UK butterflies to local climatic extremes: which life stages are most at risk? *Journal of Animal Ecology* 86, 108-116.
- Nijssen, M., Scherpenisse, M., Verbeek, P., Crombaghs, B., Possen, B., van Rijsselt, E. & de Mars, H. (2016) *Beheer en inrichting van mergelgroeves en rotsen*. Rapport 2016/OBN203-HE, VBNE, Driebergen.
- Nijssen, M. & Siepel, H. (2010) The characteristic fauna of inland drift sands. In: Fanta, J. & Siepel, H. (editors) *Inland drift sand landscapes*, pp. 255-278, KNNV Publishing, Zeist
- Norda, L., M. Koopmans, W. Beekman, H.J.W. Vermeulen, A. Woldering, D. Maes & R. Van Diggelen (2019) *Omgang met boszones rond heideveentjes*. OBN-rapport, VBNE, Driebergen (in druk).
- Oliver, T., Roy, D.B., Hill, J.K., Brereton, T. & Thomas, C.D. (2010) Heterogeneous landscapes promote population stability. *Ecology Letters* 13 (4), 473-484.
- Omon, B., Veling, K. & Wallis de Vries, M.F. (2015) De keizersmantel als indicator voor het herstel van lichte en viooltjesrijke hellingbossen. *De Levende Natuur* 116 (5), 204-207.
- Roy, D.B., Rothery, P., Moss, D., Pollard, E. & Thomas, J.A. (2001) Butterfly numbers and weather : predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *Journal of Animal Ecology* 70 (2), 201-217.
- Settele, J., Kudrna, O., Harpke, A., Kühn, I., Swaay, C. van, Verovnik, R., Warren, M., Wiemers, M., Hanspach, J., Hickler, T., Kühn, E., Halder, I. van, Veling, K.,

Vliegenthart, A., Wynhoff, I. & Schweiger, O. (2008) *Climatic risk atlas of European butterflies*. BioRisk 1, Special Issue, Pensoft, Sofia.

Suggitt, A.J., Wilson, R.J., Isaac, N.J.B., Beale, C.M., Auffret, A.G., August, T. et al. (2018) Extinction risk from climate change is reduced by microclimatic buffering. *Nature Climate Change* 8, 713–717.

Van der Zee, F.F., Bobbink, R., Wallis de Vries, M.F., Oostermeijer, J.G.B., Luijten, S.H. & de Graaf, M. (2017) *Naar een Actieplan Heischrale Graslanden: hoe behouden en herstellen we heischrale graslanden in Nederland?* Rapport 2812, Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Van Noordwijk, C.G.E., Eijters, M.J., Smits, N.A.C., Bobbink, R., Kuiters, A.T., Verbaarschot, E., Versluijs, R., Kuper, J.T., Floor-Zwart, W., Huiskes, H.P.J., Remke, E. & Siepel, H. (2013) *Uitbreiding en herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallanden: Eindrapportage 2e fase O+BN onderzoek*. Rapport nr. 2013/OBN177-HE, Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Van Swaay, C.A.M. (2019) *Basisrapport Rode Lijst Dagvlinders 2019 volgens Nederlandse en IUCN-criteria*. Rapport VS2019.001, De Vlinderstichting, Wageningen.

Vliegenthart, A. (2015) *De actuele status van de iepenpage in Nederland - 2015*. Rapport VS2015.19, De Vlinderstichting, Wageningen
Wallis de Vries, M.F. (2013) Het spiegeldikkopje tussen hoop en vrees. *Natuurhistorisch Maandblad* 102 (1), 1-5.

Wallis de Vries, M.F. (2013) Het spiegeldikkopje tussen hoop en vrees. *Natuurhistorisch Maandblad* 102 (1), 1-5.

Wallis de Vries, M.F. (2014) Linking species assemblages to environmental change: moving beyond the specialist-generalist dichotomy. *Basic and Applied Ecology* 15, 279-287.

Wallis de Vries, M.F. & Bult, R. (2018) *25 jaar natuurontwikkeling na ontgronden: effecten op vegetatie en dagvlinders*. Rapport Monitoring OBN-18-NZ, VBNE, Driebergen.

Wallis de Vries, M.F. & Huskens, K. (2016) *Leefgebied voor de bruine eikenpage in Limburg : knelpunten en kansen*. Rapport VS2016.41, De Vlinderstichting, Wageningen.

Wallis de Vries, M.F. & Manger, R. (2019). *Ontwikkeling van de habitatkwaliteit van heideveentjes voor de veenvlinders in Drenthe tussen 2005 en 2018*. Rapport VS2019.004, De Vlinderstichting, Wageningen.

Wallis de Vries, M.F., Baxter, W. & van Vliet, A.J.H. (2011) Beyond climate envelopes: effects of weather on regional population trends in butterflies. *Oecologia* 167 (2), 559-571.

Wallis de Vries, M.F., Noordijk, J., Smit, J., Lambriks, N., van Rijsewijk, A. & Zollinger, R. (2018a). *Naar een klimaatbestendige heidefauna in Noord-Brabant: Rapportage Fase 2*. Rapport VS2018.021, De Vlinderstichting / Stichting RAVON / EIS-Kenniscentrum Insecten, Wageningen.

Wallis de Vries, M.F., Nijssen, M. & Ozinga, W. (2018) *Versterking van connectiviteit voor soorten van hellingschraallanden*. Rapport OBN 224-HE, VBNE, Driebergen.

Wösten, H. de Vries, F., Hoogland, T., Massop, H., Veldhuizen, A., Vroon, H., Wesseling, J., Heijkers, J. & Bolman, A. (2012) *BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland*. Alterra-rapport 2387, Wageningen.

Wynhoff, I. & Huskens, K. (2016) *Overleven naast elkaar : donker pimperlblauwtjes en mieren*. Rapport VS2016.03, De Vlinderstichting, Wageningen.