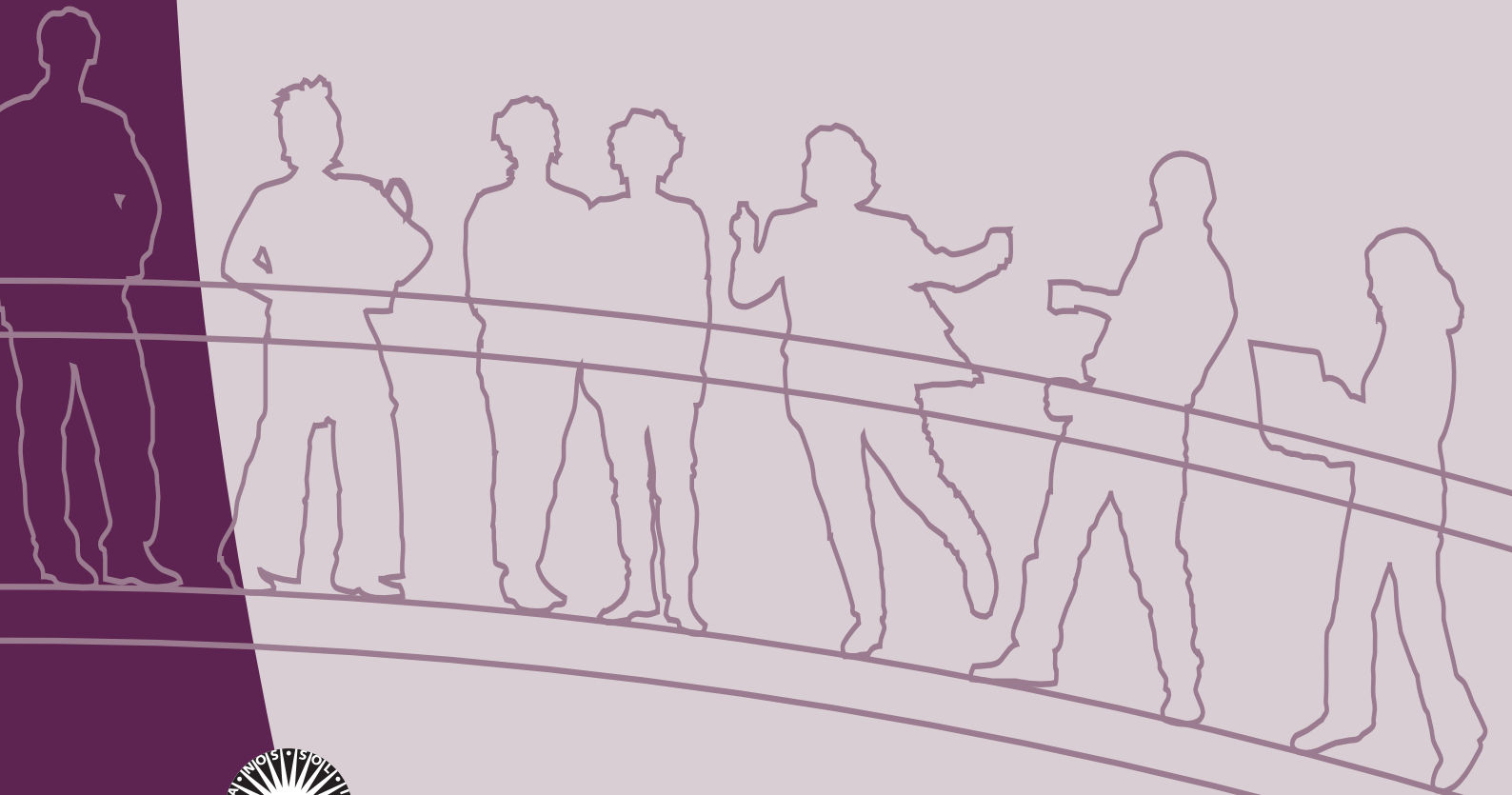


Wetenschapswinkel
Biologie

Klimaatverandering en biodiversiteitspatronen in Nederlandse duinecosystemen

Nanda 't Lam



Universiteit Utrecht

Klimaatverandering en biodiversiteitspatronen in Nederlandse duinecosystemen

Veranderingen in de verspreiding van hogere planten, dagvlinders en libellen in relatie tot temperatuurstijging

Nanda 't Lam

Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht

Natuurwetenschap en Samenleving, Faculteit Bètawetenschappen, Universiteit Utrecht

November, 2006

P-UB-2006-08

Wetenschapswinkels slaan een brug tussen maatschappij en wetenschap. Verbonden aan de universiteit geven zij advies en doen onderzoek.

Colofon

Rapportnummers	P-UB-2006-08 NWS-E-2006-157
ISBN	90-5209-157-9
Prijs	€ 5,20
Verschenen	november 2006
Druk	eerste
Titel	Klimaatverandering en biodiversiteitspatronen in Nederlands duinecosystemen Veranderingen in de verspreiding van hogere planten, dagvlinders en libellen in relatie tot temperatuurstijging
Auteur	N. 't Lam
Begeleider	dr. P.A. Verweij, Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit Utrecht
Projectcoördinator	ir. M.A. Vaal, Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht
Opdrachtgever	Stichting Duinbehoud, Leiden
Reproductie	Document Diensten Centrum Uithof
Uitgever	Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht Padualaan 8, 3584 CH Utrecht. tel. 030-253 7363 www.bio.uu.nl/wetenschapswinkel
Copyright	Het is niet toegestaan (gedeelten van) deze uitgave te vermenigvuldigen door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook. Overname van gedeelten van de tekst, mits met bronvermelding, is wel toegestaan. Toezending van een bewijsexemplaar wordt zeer op prijs gesteld.

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
1.1 <i>Klimaatverandering</i>	11
1.2 <i>Nederlands duingebied</i>	11
1.3 <i>Beleidskader</i>	13
1.4 <i>Huidig onderzoek</i>	13
1.5 <i>Leeswijzer</i>	14
2 Ecologische effecten van klimaatverandering	15
2.1 <i>Inleiding</i>	15
2.2 <i>Verwachte effecten op habitats</i>	15
2.3 <i>Verwachte effecten op planten en dieren</i>	16
2.4 <i>Terugkoppeling</i>	17
3 Populaties in versnipperde landschappen	18
3.1 <i>Inleiding</i>	18
3.2 <i>Kwetsbaarheid</i>	18
3.3 <i>Voorkomen van soorten</i>	19
3.4 <i>Processen in populaties</i>	19
3.5 <i>Terugkoppeling</i>	20
4 Onderzoeksmethode	21
4.1 <i>Inleiding</i>	21
4.2 <i>Literatuurstudie: klimaatverandering, metapopulaties en versnippering</i>	21
4.3 <i>Analyse: verspreiding soorten in de praktijk</i>	21

4.4	<i>Externe invloeden</i>	24
4.5	<i>Terugkoppeling</i>	25
5	Ontwikkelingen in verspreidingspatronen	26
5.1	<i>Inleiding</i>	26
5.2	<i>Potentiële indicatorsoorten</i>	26
5.3	<i>Huidige ontwikkelingen</i>	28
5.4	<i>Externe invloeden</i>	31
6	Discussie	37
6.1	<i>Inleiding</i>	37
6.2	<i>Onderzoeksmethoden</i>	37
6.3	<i>Resultaten</i>	38
7	Conclusies en aanbevelingen	41
7.1	<i>Inleiding</i>	41
7.2	<i>Conclusies</i>	41
7.3	<i>Aanbevelingen</i>	42
	Begrippenlijst	44
	Literatuurlijst	46
	Bijlagen	
	<i>Bijlage 1 Onderzoeksmodel</i>	54
	<i>Bijlage 2 Interviews met terreinbeheerders</i>	55
	<i>Bijlage 3 Ecologische soortgroepen van doelsoorten van het duinecosysteem</i>	56
	<i>Bijlage 4 Vertaling herkomst hogere planten naar klimaatindicatie</i>	57
	<i>Bijlage 5 Vertaling hardheid dagvlinders naar klimaatindicatie</i>	58
	<i>Bijlage 6 Indicatorsoorten als doelsoorten van het duinecosysteem</i>	59
	<i>Bijlage 7 Overzicht resultaten analyse</i>	60
	<i>Bijlage 8 Overzicht soortgegevens</i>	62
	<i>Bijlage 9 Overzicht voorkomen hogere planten naar habitattype</i>	64

Voorwoord

Voor u ligt het rapport met de beschrijving van een onderzoek naar verspreidingspatronen van hogere planten, dagvlinders en libellen in het Nederlands duingebied, met de nadruk op veranderingen in verspreidingspatronen die in verband kunnen worden gebracht met klimaatverandering. De resultaten zullen door Stichting Duinbehoud gebruikt worden in de communicatie met beleidsmakers over dit onderwerp, en dragen er hopelijk toe bij dat de kwaliteit van de corridorfunctie van het duingebied beter kan worden gewaarborgd.

De uitvoering vond plaats in opdracht van, en in samenwerking met, Stichting Duinbehoud. Daar heb ik in het kader van het master programma Natural Resources Management van het Departement Biologie, Faculteit Bètawetenschappen aan Universiteit Utrecht, in de periode van maart tot en met oktober 2006 mijn afstudeerstage volbracht.

Enkele personen die mij tijdens het onderzoek hebben begeleid of geholpen wil ik hierbij bedanken. John van Vliet van de Stichting Duinbehoud hielp mij bij mijn onderzoek en voorzag mijn teksten van commentaar. Leo van Breukelen (Waternet), Lucien Knol (Natuurmonumenten), Hans Lucas (Duinwaterbedrijf Zuid-Holland), Ruud Luntz (Natuurmonumenten), Rienk Slings (PWN), Hans Wondergem (Staatsbosbeheer) en Piet Zumkehr hielpen mij in de beginfase inzicht te krijgen in de aspecten van klimaatverandering in het Nederlands duingebied. Leo van Breukelen, Lucien Knol, Joop Mourik (Waternet) en Mariek Eggenkamp-Rotteveel Mansveld (Vlinderstichting) voorzagen mij van data over het voorkomen van de onderzochte planten, dagvlinders en libellen in enkele duingebieden. Voor de begeleiding vanuit de universiteit wil ik Pita Verweij van Natuurwetenschap en Samenleving, en Marc Zitzen en Manon Vaal van de Wetenschapswinkel Biologie bedanken.

Nanda 't Lam

November 2006, Leiden

Samenvatting

Dit rapport geeft inzicht in de verspreidingspatronen van hogere planten, dagvlinders en libellen in het Nederlands duingebied en de veranderingen in verspreidingspatronen die in verband gebracht kunnen worden met klimaatverandering. De resultaten zullen door Stichting Duinbehoud gebruikt worden in de communicatie met beleidsmakers over dit onderwerp.

Sinds de 20^e eeuw verandert het klimaat: de zeespiegel stijgt, de gemiddelde hoeveelheid neerslag neemt toe en er is een tendens naar extreme neerslag. Daarnaast is er een wereldwijde temperatuurstijging gaande door de toename in de uitstoot van broeikasgassen door menselijke activiteiten: het versterkte broeikaseffect. In de 20^e eeuw is in Nederland de gemiddelde temperatuur met ongeveer 1°C toegenomen en dit zal tot 2100 verder stijgen. Door een stijging van de temperatuur verschuiven temperatuurgrenzen naar het noorden en intensiveert de waterkringloop met veranderende klimaatpatronen als gevolg. Op planten en dieren heeft klimaatverandering directe effecten door opwarming en indirecte effecten door een verandering in habitatkwaliteit. Populaties die zich niet aan deze veranderingen kunnen aanpassen zullen zich willen verplaatsen naar geschiktere gebieden.

Het Nederlands duingebied heeft, door de geografische ligging van zuid naar noord, hierbij een belangrijke potentiële corridorfunctie. Het gebied is echter versnipperd geraakt door de vele functies die het voor de mens moet vervullen. Het is onduidelijk of planten en dieren de snelheid waarmee de huidige temperatuurstijging plaatsvindt kunnen bijhouden. Stichting Duinbehoud heeft daarom de Wetenschapswinkel Biologie van de Universiteit Utrecht benaderd om hier onderzoek naar te doen. De stichting wil meer inzicht krijgen in de huidige verspreidingspatronen van planten en dieren in het duingebied.

De focus van het onderzoek lag op het analyseren van veranderingen in de verspreiding van hogere planten, dagvlinders en libellen in de 20^e eeuw. Dit onderzoek richtte zich op de volgende onderzoeksvraag: *Welke veranderingen in verspreiding hebben plaatsgevonden voor populaties van hogere planten, dagvlinders en libellen in het Nederlandse duinecosysteem, die in verband gebracht kunnen worden met klimaatverandering?* De uitvoering vond plaats op basis van literatuuronderzoek en veldexpertise van terreinbeherende organisaties en vrijwilligers die participeren in monitoring. Het onderzoeksgebied beperkte zich tot de Speciale Beschermingszones in het kader van de Natura 2000 Habitatrictlijn in de vastelandsduinen (van Hoek van Holland tot Den Helder).

Van 31 hogere planten, 12 dagvlinders en 12 libellen, die als potentiële klimaatindicator zijn geselecteerd, is de verspreiding onderzocht. Voor zes nieuwkomers in het onderzoeksgebied, één verdwenen soort en tien soorten met een areaalverandering konden deze ontwikkelingen in verband worden gebracht met de stijgende temperatuur. Op 12 soorten hebben naast de temperatuurstijging waarschijnlijk ook vermesting, verdroging en verzuring een rol gespeeld bij veranderingen in de verspreiding. De verschuivingen in verspreiding waren voornamelijk in noordelijke richting. Specialistische soorten met een beperkt verspreidingsvermogen leken zich negatiever te ontwikkelen dan generalistische soorten met een groot verspreidingsvermogen. Zeven soorten ondervonden geen barrières bij de

verspreiding over het duingebied. Elf soorten komen in het meest zuidelijke duingebied (Voornes Duin) en het meest noordelijke duingebied (Den Helder-Callantsoog) voor, maar van deze soorten is de verspreiding over de andere duingebieden niet optimaal. Voor acht soorten zijn het Noordzeekanaal of de natuurlijke scheiding in kalkrijkdom van de bodem in de nabijheid van het Noordzeekanaal, mogelijk barrières bij de verspreiding vanaf het Noord-Hollands Duinreservaat in noordelijke richting.

Op grond van dit onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- *Ontsnipering*: creëer droge bermen, oevers en houtwallen/ singels als belangrijke voorzieningen (voedsel, voortplanting) voor de migratie van dagvlinders. Voor libellen zijn, vooral door de te verwachten verdroging in het landschap door klimaatverandering, kleine droogvallende poelen als voortplantingsbiotoop noodzakelijk ter versterking van de populaties.
- *Aanpassing natuurbeleid*: ontwikkel bufferzones rondom beschermde natuurgebieden. Flexibele voorschriften voor deze zones maken aanpassing van landgebruik en landruil mogelijk wanneer omstandigheden in de toekomst daarom vragen. Reguleer of beperk extra stressfactoren van buiten het natuurgebied reguleren of beperken, zodat de natuurlijke veerkracht van het systeem wordt verhoogd. Betrek juridisch onbeschermde natuur bij de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden, zodat migratie en natuurlijke veerkracht van populaties worden gefaciliteerd.
- *Aanpassing ruimtelijk beleid*: richt de ruimte die nodig is om in het kader van klimaatverandering water te bergen, zodanig in dat het tevens een functie voor migrerende soorten of tijdelijk leefgebied voor soorten kan bieden. Daarnaast kan klimaat onderdeel gemaakt worden van beleidsmiddelen als de Watertoets en de Milieu Effect Rapportage, zodat nieuwe ingrepen worden getoetst aan de klimaatbestendigheid van het gebied waar de ingreep is gepland.
- *Verder onderzoek*: gedetailleerde analyse van bestaande data over de verspreiding van soorten op kilometerhokniveau is mogelijk en waardevol.

Summary

This report provides insight in changes in distribution patterns of higher plants, butterflies and dragonflies in the Dutch coastal dune area, which can be related to climate change. The results will be used by the Dutch Society for Dune Conservation in their communication with policy makers.

Since the 20th century the climate is changing: the sea level rises, the mean annual precipitation increases and there is a tendency towards more extreme precipitation. Beside this, there is a world wide temperature rise going on through the increase of greenhouse gas emission caused by human activities: the global warming effect. The mean annual temperature in The Netherlands increased with approximately 1°C in the 20th century and this will increase further until 2100. Because of the temperature rise isotherms move northwards, the water circular course intensifies and subsequently climate patterns change. Climate change has a direct warming effect on flora and fauna as well as indirect effects due to changing habitat quality. Populations, which can't adjust to these changes, want to move to more suitable habitats.

Due to the geographical position from South to North, the Dutch coastal dune area has in this context an important potential corridor function. But the area has become fragmented because of the many functions it has to fulfil for human activities. It is unclear whether flora and fauna can keep up with the speed at which the current temperature rise is taking place. The Dutch Society for Dune Conservation therefore asked the Science Shop Biology of Utrecht University to investigate current distribution patterns of flora and fauna in the coastal dune area. The society wants to get more supported argumentation about this subject with the intention to improve the quality of the corridor function.

The focus of this research was to analyse changes in the distribution of higher plants, butterflies and dragonflies in the 20th century. The following research question was therefore studied: *Which changes in distribution have taken place for populations of higher plants, butterflies and dragonflies in the Dutch dune area that can be related to the temperature rise?* The research has been carried out on the base of literature and field expertise of land managers and monitoring volunteers. The research was restricted to the special areas of conservation as outlined by the EU-Habitat Directive in the mainland dunes (from Hoek van Holland to Den Helder).

The distributions of 31 higher plants, 12 butterflies and 12 dragonflies, that are selected as potential climate indicators, have been researched. These developments could be related to the temperature rise for six new species in the research area, one extinct species and ten species with a distribution change. Beside the temperature rise, acidification, desiccation and nutrification have played a role on the distribution of 12 species. The latter caused the extinction of two species and the change in distribution of ten species. Changes in distribution have been noticed mainly in northern direction. Specialist species with limited dispersal abilities seemed to develop more negatively than generalist species with great dispersal abilities. Seven species didn't experience obstacles during their migration throughout the research area. Eleven species are seen in the most southern (Voornes Duin) and most northern (Den

Helder-Callantsoog) dune area, but their distribution over the other dune areas is not optimal. Eight species may experience obstacles (North Sea canal, natural segregation in calcium richness of the soil nearby the North Sea canal) from the Noord-Hollands Dune reserve northwards.

On the base of this research the main following recommendations are formulated:

- *Defragmentation*: create dry verges, shores and wooded banks/ canals as important provisions (food/ reproduction) to facilitate migration of butterflies. Small ponds, which dry out at the surface in summer, are necessary as a habitat for the reproduction of dragonflies and improve the natural resilience of the populations.
- *Adaptation of nature policy*: develop buffer zones around protected nature areas. Flexible prescriptions for these zones allow adjusting land use and land exchange when circumstances in future ask for it. Regulate or reduce extra stress factors from outside the nature reserve to improve the natural resilience of the system. Enclose juridical unprotected nature in the spatial structure of nature areas, to facilitate migration and the natural resilience of populations.
- *Adaptation of spatial policy*: arrange the areas for water storage that is necessary in the context of climate change, in such a way that they can fulfil a function for migrating species or temporal habitat for species as well. Thereby, it is possible to include climate in policy instruments as the Watertoets and Environmental Impact Assessment. In this way, new interventions in the landscape can be examined on the climate resistency of the area where the intervention is planned.
- *Further research*: detailed analysis of current available datasets about the presence of species on kilometre-scale is possible and valuable.

Hoofdstuk 1

Inleiding

1.1 Klimaatverandering

Het voorkomen van planten en dieren is nauw gerelateerd aan het klimaat [Rooney 1996; Woodward 1987]. Veranderingen in het klimaat hebben dus consequenties voor de verspreiding van planten- en diersoorten. Sinds de 20^e eeuw verandert het klimaat: de zeespiegel stijgt, de gemiddelde hoeveelheid neerslag neemt toe en er is een tendens naar extremere neerslag en temperaturen [Boxel 2002; IPCC 2001a; Oene *et al.* 2001; MNP 2005]. Natuurlijke oorzaken van deze klimaatveranderingen zijn vulkanisme, verminderde zonneactiviteit en de effecten van de El-Niño cyclus. Daarnaast is er een wereldwijde temperatuurstijging gaande door de toename in de uitstoot van broeikasgassen door menselijke activiteiten: het versterkte broeikas-effect. In de 20^e eeuw is de gemiddelde temperatuur toegenomen met ongeveer 0,7°C wereldwijd en 1°C in Nederland [IPCC 2001a; MNP 2005]. Voorzien wordt dat tot 2100 de wereldwijde gemiddelde temperatuur van 1,4 tot 5,8 °C zal stijgen ten opzichte van 1990 [Bridgewater & Woodin 1990; MNP 2005]. Klimaatmodellen van het KNMI [Hurk *et al.* 2006] verwachten voor Nederland een stijging in temperatuur van 0,9 tot 2,8 °C.

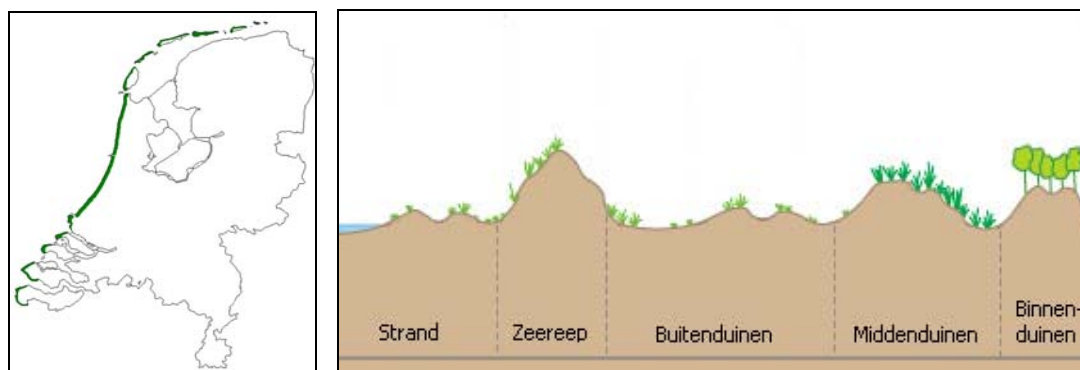
Een dergelijke temperatuurstijging zal de waterkringloop intensiveren en daarbij veranderende klimaatpatronen tot gevolg hebben [Opdam & Wasscher 2004]. Zo worden de winters gemiddeld natter en neemt de hevigheid van extreme regenbuien in de zomer toe, terwijl het aantal zomerse regendagen juist minder wordt. Zachte winters en warme zomers zullen vaker voorkomen [Hurk *et al.* 2006]. Daarnaast zijn er indirecte gevolgen voor de natuur omdat o.a. de grondwaterstand, bodemstructuur en beschikbaarheid van voedingsstoffen veranderen [Boxel 2002]. Dit tesamen zal een groot scala aan invloeden hebben op individuen, populaties en gemeenschappen [Aspinall & Matthews 1994; Oene *et al.* 1999]. Een belangrijk gevolg is dat de regionale biodiversiteit verandert. Enerzijds zullen populaties zich uitbreiden, inkrimpen of uitsterven. Anderzijds zullen populaties zich verplaatsen naar nieuwe gebieden [Aspinall & Matthews 1994; Rooney 1996]. Dit is afhankelijk van de ontstane veranderingen in habitat, het adaptatievermogen, de mobiliteit van soorten en versnippering van het landschap. Verwacht wordt dat uiteindelijk soorten met een noordelijke verspreiding, die fysiologisch zijn aangepast aan koude, in Nederland uitsterven en worden vervangen door mobiele warmteminnende zuidelijke soorten [NIBI 2005].

In het kader van behoud van biodiversiteit kan een landschap bij klimaatverandering, naast het bieden van een geschikt habitat voor soorten met weinig verspreidingsmogelijkheden, daarom ook een belangrijke corridorfunctie hebben bij de verandering in verspreiding van populaties [Bennett 1999]. Het Nederlandse duingebied heeft een belangrijke potentiële corridorfunctie door de geografische ligging en hoge natuurwaarden.

1.2 Nederlands duingebied

De Nederlandse duin- en kustzone onderscheidt zich van de rest van Nederland door de grote

verscheidenheid aan ecologische kwaliteiten en geïsoleerde hogere ligging ten opzichte van de Nederlandse vlakte [Bosch *et al.* 1995]. De kuststrook van het Zwin in Zeeland tot aan Rottumeroog in de Waddenzee is een vrijwel aaneengesloten, langgerekt, 300 km lang duingebied van zuid naar noord (figuur 1.1), met een totale oppervlakte van ongeveer 400 km². Het ligt tussen andere belangrijke duingebieden aan de kust van Denemarken, België, Noord-Frankrijk en op de waddeneilanden van Duitsland en Denemarken. In Zeeland is het kustlandschap gevormd door kustprocessen waardoor een delta is ontstaan. De duingebieden in Zuid- en Noord-Holland behoren tot de vaste landskust. Vanaf Den Helder naar het Noorden staat het landschap weer onder invloed van kustprocessen en maken de duingebieden onderdeel uit van de waddeneilanden.



Figuur 1.1 Links: schematische weergave kuststrook (dikgedrukte lijn) van Nederland. Rechts: Landschapsecologische zonerings van het duinlandschap. Bron: kaart (eigen bewerking): anonymous [(datum onbekend)]; figuur (eigen bewerking): Buuren [2004].

De kustduinen kenmerken zich door de aanwezigheid van veel reliëf, een zandige bodem en een sterk door de zee beïnvloed klimaat. Van de kust naar het binnenland is er een gradiënt in zout, kalkgehalte, en ouderdom van de bodem en vegetatie (fig. 1.1) [MNP 2006]. Aan het strand en de zeereep heerst een sterke zeeïnvloed. Ook de buitenduinen worden gekenmerkt door een zeeïnvloed en daarnaast de kalkrijkdom en openheid van de vegetatie. De middenduinen zijn kalkrijk, er liggen grote valleien en er heeft zich veel struweel gevormd. De binnenduinen zijn kalkarm en bosrijk. De duinzoom is kalkarm en plaatselijk komt er kwel voor. Het landschap bestaat hier uit bossen en half-agrarisch grondgebruik [Vertegaal 2000]. Ook veel klimaatsfactoren vertonen een gradiënt vanaf de kust landinwaarts. Zo bereiken luchtvochtigheid, windsnelheid, aantal uren zonneshijn en verdamping aan de kust hun grootste waarde. En onder invloed van het 'salt-spray' mechanisme worden stoffen, vooral chloriden, door de lucht vanuit zee landinwaarts aangevoerd. Tevens zijn van zuid naar noordoost langs de kust verschillen in temperatuur en luchtvochtigheid waarneembaar [Bakker *et al.* 1979]. Bovendien komt in de nabijheid van het maaiveld een luchtlaag voor met klimaateigenschappen die sterk kunnen afwijken van het algemene klimaat in de duinen. Onder invloed van verschillen in expositie ten opzichte van de inkomende zonnestraling, de afstand van het grondwater tot het maaiveld, bodemverschillen en de mate en soort van begroeiing vertoont dit zogenaamde microklimaat van plaats tot plaats grote verschillen [Bakker *et al.* 1979].

Deze variatie in landschap en klimaat maakt het duingebied soortenrijk; het is het meest vlinderrijke gebied van Nederland [Stichting Duinbehoud (jaar onbekend)], van de Nederlandse broedvogels broedt circa 1/3 in de duinen [Hustings *et al.* 2004; RIKZ 2006] en van de Nederlandse flora komt circa 2/3 van de soorten in de duinen voor en is circa 10% vrijwel uitsluitend of geheel aan de duinen gebonden [MNP 2006]. Grote delen van het duingebied zijn internationaal van belang door het voorkomen van relatief ongerepte habitattypen in grote oppervlaktes (o.a. duinvalleien, zandverstuivingen, open duinvegetaties) en grote populaties van bedreigde soorten (o.a. Bontbekplevier, Blauwe kiekendief, Slanke gentiaan, orchideeën, Aardbeivlinder).

1.3 Beleidskader

Vanwege de hoge natuurwaarde zijn grote delen van het duingebied aangewezen als Speciale Beschermingszone onder de EU-Habitatrichtlijn (1992). Deze richtlijn heeft als doel een bijdrage te leveren aan het behoud van de biodiversiteit in de Europese lidstaten. De Speciale Beschermingszones vormen een Europees ecologisch netwerk van beschermde natuurgebieden: Natura 2000. De Habitatrichtlijn verplicht lidstaten ertoe om voor de Speciale Beschermingszones en de habitattypen en habitatsoorten die daar voorkomen instandhoudingsdoelen te definiëren. De Nederlandse overheid heeft deze inmiddels geformuleerd en deze worden in de (nog op te stellen) Beheersplannen verder uitgewerkt.

De EU Habitatrichtlijn is in Nederland opgenomen in de Ecologische Hoofdstructuur en in 2005 verankerd in de Natuurbeschermingswet. De Nederlandse overheid heeft in 1990 het concept Ecologische Hoofdstructuur (EHS) geïntroduceerd als reactie op de versnippering van leefgebieden. Doel van de EHS is een ruimtelijk samenhangend netwerk van natuurgebieden te ontwikkelen om zo de duurzame instandhouding van biodiversiteit in een landschap, waar de druk op de ruimte groot is, te kunnen behouden. Aan elk EHS natuurgebied worden inmiddels natuurdoeltypen [Bal *et al.* 1995] toegekend. De natuurdoeltypen worden gebruikt als toetsbare doelstelling voor een natuurgebied. Het is nog onduidelijk in hoeverre deze natuurdoeltypen aansluiten bij de instandhoudingsdoelen van de Habitatrichtlijn.

1.4 Huidig onderzoek

Het Nederlands duingebied is door de smalle, bijna lintvormige structuur en de noord-zuid positionering vatbaar voor de gevolgen van klimaatverandering, die zich naar verwachting in dezelfde richting ontwikkelt; als gevolg van de temperatuurstijging wordt verwacht dat temperatuurgrenzen (isothermen) naar het noorden opschuiven [Davis 1989]. Van nature vormt het duingebied een keten van verwante biotopen over 6,5 breedtegraad met het daarbij behorende klimaatverschil, zodat planten en dieren bij klimaatschommelingen van noord naar zuid en terug kunnen migreren. Maar het duingebied is tegenwoordig versnipperd geraakt door de vele functies (o.a. drinkwatervoorziening, stedenbouw, infrastructuur en recreatiegebied) die het moet vervullen. Voor soorten kunnen deze ontwikkelingen *barrières* vormen die hun migratiemogelijkheden beperken. Het is daarom onduidelijk of soorten de snelheid van de klimaatverandering kunnen bijhouden [Leeuwen & Opdam 2003; Nagelkerke & Alkemade 2003].

Stichting Duinbehoud is een onafhankelijke landelijke organisatie die zich inzet voor het behoud van natuur en landschap langs de Nederlandse kust. Om de kwaliteit van de corridorfunctie van het duingebied zo goed mogelijk te waarborgen wil deze stichting meer inzicht krijgen in de huidige ecologische ontwikkelingen met betrekking tot de verspreiding van soorten in dit gebied. Stichting Duinbehoud heeft daarom de Wetenschapswinkel Biologie van Universiteit Utrecht benaderd om daar onderzoek naar te verrichten. Met de resultaten hiervan wil de stichting beter onderbouwd over klimaatverandering en de gevolgen voor planten en dieren van het duinecosysteem kunnen communiceren met beleidsmakers. Op lokaal beleidsniveau zal dit kunnen bijdragen aan het nemen van gerichte ontsnipperingsmaatregelen en op nationaal niveau kan het een bijdrage leveren aan de verdere uitwerking van het Natura 2000 beleid.

De volgende hoofdonderzoeksvraag stond daarom centraal:

Welke veranderingen in verspreiding hebben plaatsgevonden voor populaties van hogere planten, dagvlinders en libellen in het Nederlandse duinecosysteem, die in verband gebracht kunnen worden met klimaatverandering?

Deelvragen

- 1 Welke ecologische effecten van klimaatverandering zijn te verwachten?
- 2 Voor welke soorten zijn veranderingen in verspreidingspatronen te verwachten?
- 3 Wat zijn de recente ontwikkelingen in de verspreiding van deze soorten?
- 4 Welke van deze ontwikkelingen kunnen gerelateerd worden aan een stijgende temperatuur?

Het risico van klimaatverandering voor planten en dieren wordt bepaald door de mate van versnippering van het ecosysteem, de mate waarin zij afhankelijk zijn van habitatkwaliteit en hun gevoeligheid voor temperatuur [Opdam & Klijn 2003]. De onderstaande hypothesen zijn daarom getoetst:

- Warmteminnende mobiele en generalistische soorten laten een verandering in verspreiding in noordelijke richting zien, omdat door de temperatuurstijging isothermen naar het noorden opschuiven [Davis 1989].
- Warmteminnende minder mobiele en specialistische soorten laten een inkrimping in verspreidings*areaal* zien, omdat voor deze soorten minder geschikte habitatplekken voorhanden zijn, en als deze er zijn, zijn ze moeilijk te bereiken door de versnippering van het landschap.

Het onderzoek richtte zich op de verspreiding van soorten en is daarom benaderd vanuit de metapopulatie-theorie [Opdam 1987; Moilanen & Hanski 1998]. De nadruk lag op het vaststellen van veranderingen in de verspreiding van soorten in zuid-noord richting in de 20^e eeuw. De wetenschappelijke onderbouwing bleef beperkt door de complexiteit van (de gevolgen van) klimaatverandering en andere landschappelijke ontwikkelingen, zoals vermessing en verdroging. Er wordt slechts een doorkijk gegeven naar de mogelijke barrières die soorten bij hun verspreiding ondervinden. Het onderzoek concentreerde zich op de vastelandsduinen. Dit zijn de duingebieden tussen Hoek van Holland (Zuid-Holland) en Den Helder (Noord-Holland). Daarnaast beperkte het onderzoek zich tot de landschapsecologische zone van de jonge duinen. Dit is het meest natuurlijke en meest aaneengesloten deel van het duingebied. Het onderzoek is uitgevoerd op basis van literatuur en veldexpertise van deskundigen.

1.5 Leeswijzer

De volgende twee hoofdstukken beschrijven achtergronden van de ecologische effecten van klimaatverandering in duinecosystemen en het functioneren van populaties in versnipperde landschappen. Daarna worden in hoofdstuk 4 de methoden beschreven die zijn gebruikt voor dit onderzoek. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van de analyse naar de verspreiding van enkele soorten besproken. Na de discussiepunten ten aanzien van de resultaten en de methoden die zijn gebruikt (hoofdstuk 6), volgt aan de hand van de opgestelde hoofdonderzoeksvraag de conclusie van het onderzoek. Het rapport eindigt met een advies voor Stichting Duinbehoud over de beleidsmatige toepassing en inpassing van de resultaten en een eventueel vervolgtraject. Cursief gedrukte woorden zijn opgenomen in de begrippenlijst.

Hoofdstuk 2

Ecologische effecten van klimaatverandering

2.1 Inleiding

De ecologische effecten van klimaatverandering kunnen opgedeeld worden in effecten op *habitats* en effecten op planten en dieren. Hieronder staan de verwachte effecten binnen beide categorieën beschreven. De uiteindelijke (grootte van de) effecten zijn onzeker. Dit hangt vooral af van de CO₂-uitstoot in de toekomst.

2.2 Verwachte effecten op habitats

Door de zeespiegelstijging ontstaat er een direct verlies aan duinhabitatplekken en een daling van de grondwaterspiegel als gevolg van de duinversmalling. Hierdoor schuift ook de zone met intensieve salt-spray op, zodat vegetatiezones zich zullen verplaatsen [Opdam & Klijn 2003]. Bij onvoldoende brede duinen kunnen bepaalde vegetatietypen om die reden niet meer gedijen.

Klimaatverandering heeft daarnaast effect op de kwaliteit en kwantiteit van het watersysteem. Temperatuur en luchtstromingspatronen beïnvloeden de waterkringloop [Opdam & Wasscher 2004]. Meer neerslag leidt tot hogere grondwaterstanden en ook verzuring en een grotere beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem [Boxel 2002]. Een veranderende verhouding tussen bodem organische en minerale bestanddelen en een veranderende bodemstructuur leidt meestal tot een verminderd waterbergend vermogen [o.a. Nicholson 1989; Fulu 2005]. Hierdoor zal meer runoff van neerslag (en daarmee erosie) plaatsvinden. De hogere, droge en meest voedselarme duinen, zijn hier vatbaar voor. Daarnaast heeft de bodem invloed op de grondwateraanvulling en de chemische samenstelling van grond- en oppervlaktewater. Enerzijds zijn hogere grondwaterstanden gunstig voor het behoud van vochtige duinvalleien, anderzijds leidt dit tot voedselverrijking van het nu nog voedselarme water [Boxel 2002]. Zowel temperatuur als (bodem)vocht beïnvloeden de microbiële activiteit en dus de afbraak van stoffen en stikstof *mineralisatie*. In droge hogere duinen ontstaat daardoor bij vernatting een betere afbraak van stoffen, zodat er een betere stikstof mineralisatie optreedt. In de nattere bodems blijft dit effect beperkt.

De conditie van planten wordt sterk beïnvloed door klimaat gestuurde ecosysteemvariabelen als stikstof beschikbaarheid, zuurgraad van de bodem, vochtigheid van de bodem en lichtval op de bodem [Oene & Berendse 2001]. Planten die thuishoren in de droge en voedselarme milieus moeten door vernatting concurreren met sneller groeiende soorten die gebruik maken van de verrijking aan voedingsstoffen. Hierdoor treedt een vergrassing en verruiging van duinvegetaties op [Boxel 2002]. Tevens zorgt de toename van de CO₂-concentratie in de atmosfeer voor vergrassing [Chen *et al.* 1996]. Voor herbivoren zijn de veranderingen in vegetatie van belang, omdat dit de voedselkwaliteit beïnvloedt en als gevolg daarvan hun broedsucces. Nieuwe verstuingen ontstaan door de toename aan vegetatiebedekking en vochtigheid steeds minder vaak spontaan en bestaande verruigingen groeien sneller dicht

[Boxel 2002; Bakker *et al.* 1979]. De natuurlijke dynamiek van verstuingen verdwijnt, en dit levert mogelijk een afname in biodiversiteit op door het wegvallen van pionierstadia [Janssen & Salman 1992]. Daarnaast zijn deze ontwikkelingen ongunstig voor koudbloedige dieren (amfibieën, reptielen en insecten), omdat zij kale open plekken nodig hebben om op te kunnen warmen.

Leeuwen & Opdam [2003] verwachten echter dat de bijdrage van klimaatverandering aan de hierboven beschreven effecten relatief klein is ten opzichte van andere ontwikkelingen in het landschap. Milieuthema's zoals *verdroging*, *vermesting* en *verzuring* blijven bepalend voor de kwaliteit van natuur.

2.3 Verwachte effecten op planten en dieren

De twee directe aspecten van klimaatverandering, de temperatuurstijging en het frekwenter optreden van extreem weer, hebben het grootste effect op flora en fauna. Deze effecten van klimaatverandering zijn soortafhankelijk en voorspellingen zijn dan ook moeilijk te maken. Er worden vijf categorieën van mogelijke veranderingen op soorten onderscheiden [Opdam & Klijn 2003].

Effecten op de fysiologie

Temperatuur, CO₂-concentratie en neerslag hebben invloed op de prestatie van organismen. Het grijpt direct in op verschillende stadia van de levenscyclus door beïnvloeding van fysiologische processen, zoals fotosynthese, ademhaling, groeisnelheid en voortplanting. Door de temperatuurstijging nemen de conditie en voortplanting van individuen af, populaties worden vatbaarder voor ziekten en het aantal virusuitbraken binnen *populaties* neemt toe [MNP 2005]. Hiermee wordt ook de concurrentie tussen soorten beïnvloed [Petchy *et al.* 1999].

Effecten op de fenologie

Temperatuur grijpt in op de timing van jaarlijks terugkerende verschijnselen, zoals bladontplooiing, bladval, start van bloei, vorming en rijping van zaden, trek van vogels en verschijnen van insecten [Walther *et al.* 2002]. Volgens Gienapp gaan de aanpassingen waarschijnlijk niet snel genoeg en ontstaat er een 'mismatch'. Recent is voor vogels aangetoond [KNAW 2005] dat dieren die te vroeg of te laat broeden ten opzichte van de voedselpiek in het voorjaar minder jongen groot brengen, die bovendien lichter zijn. Op Europese schaal is een verlenging van het groeiseizoen vastgesteld [Menzel & Fabian 1999; RIVM 1999]. Men verwacht dat door fenologische veranderingen populatiegroottes veranderen en de kans op uitsterven van een populatie toeneemt [Leeuwen & Opdam 2003]. Dit verband is tot op heden in slechts enkele gevallen aangetoond [Opdam & Klijn 2003].

Genetische aanpassing

Over genetische aanpassing van soorten aan veranderende klimaatomstandigheden is weinig bekend. Verwacht wordt dat soorten met een korte generatietijd en snelle populatiegroei zich snel genetisch kunnen aanpassen [Opdam & Klijn 2003]. Het is echter de vraag of genetische aanpassingen bij soorten zodanig snel verlopen dat deze de klimaatverandering kunnen bijhouden.

Verschuiving van verspreidingsarealen

Het areaal van een soort is het mondiale verspreidingsgebied. Arealen worden beïnvloed door temperatuur, direct via de energiehuishouding, of indirect via de beschikbaarheid van en hoeveelheid aan voedsel. Door de opwarming van de aarde verschuiven de isothermen naar het noorden en zullen de arealen volgen. Verwacht wordt dat isothermen 100 km opschuiven voor elke 1 °C opwarming [Davis 1989]. Arealen verschuiven doordat populaties

in het zuiden van het areaal uitsterven en zich nieuwe populaties aan de noordzijde vestigen. Een groot aantal studies naar dit proces (tabel 2.1) laat zien dat verspreidingsarealen in Europa waarneembaar naar het noorden opschuiven.

Tabel 2.1: Gepubliceerde aanwijzingen voor effecten van recente klimaatverandering (sinds 1980) op soorten in Noord-West Europa. Een positief verband is aangeduid met +. Bron: Opdam & Klijn [2003].

Soort	Schaal	Fenologie	Populatie ontwikkeling	Areaal- verschuiving	Bron
Korstmossen	Nederland		Toename	+	Herk <i>et al.</i> 2002
Hogere planten	Diverse locaties EU	+			Penuelas & Fillela 2003
Hogere planten	Nederland		+/- toename		Tamis <i>et al.</i> 2003
Kleine vlinders	Nederland	+		+	Ellis <i>et al.</i> 1997
Dagvlinders	UK			+	Warren <i>et al.</i> 2001
Dagvlinders	Europa			+	Parmesan <i>et al.</i> 1999
Tijgermot	UK		afname		Conrad <i>et al.</i> 2002
Bont zandoogje	UK			+	Hill <i>et al.</i> 1999
Libellen	Nederland		toename	+	Ketelaar 2003
Insectenplagen	Nederland		toename	+	Moraal 2003
Broedvogels	UK	+		+	Thomas & Lennon 1999; Crick <i>et al.</i> 1999
Rietzanger	Nederland			+	Foppen <i>et al.</i> 1999
Bonte vliegenvanger	Nederland	+	-/ afname		Both 2002
Auerhoen	UK		afname		Moss <i>et al.</i> 2001

Effecten op verspreiding binnen het areaal

De toename van weersextremen heeft mogelijk een toename in fluctuaties van het aantal individuen in een populatie tot gevolg. Deze effecten slaan het hardst toe in sterk versnipperde landschappen, omdat deze populaties een geringe veerkracht tegen grootschalige storingen hebben [Foppen *et al.* 1999].

2.4 Terugkoppeling

Uit het oogpunt van klimaatverandering moet het Nederlandse duinecosysteem benaderd worden als 'doorvoerland' voor soorten. Het is van belang dit proces te faciliteren ter voorkoming van het uitsterven van soorten doordat zij zich niet kunnen aanpassen aan veranderingen in milieuomstandigheden, voedselwebben of fluctuaties in populaties als gevolg van weersextremen en fenologische veranderingen.

Op basis van de verhouding van Davis [1989] tussen temperatuurstijging en de afstand waarover isothermen opschuiven heeft de temperatuurstijging van $\pm 1^\circ\text{C}$ in de 20^e eeuw in theorie geleid tot ± 100 km verschuiving van areaalgrenzen in die eeuw. Maar de effecten van klimaatverandering op de fysiologie en fenologie beïnvloeden individuen ook en daarmee de demografische processen van kolonisatie, extinctie en migratie. Deze processen bepalen de ruimtelijke verspreiding van soorten en beïnvloeden de snelheid waarmee arealen verschuiven. Door de stijging van de temperatuur kunnen nieuwe, ook invasieve, soorten Nederland koloniseren.

Hoofdstuk 3

Populaties in versnipperde landschappen

3.1 Inleiding

In een dichtbevolkt land als Nederland, waarin het landschap allerlei functies heeft, zoals stedelijk gebied, agrarisch gebied en weg- en waterinfrastructuur, raakt de natuur steeds meer versnipperd. Versnippering is “het proces, waarbij het leefgebied van een soort steeds verder uiteenvalt in kleinere eenheden (snippers of fragmenten) habitat, die worden gescheiden door als habitat ongeschikt terrein of een barrière” [Dorp 1999; Opdam & Hengeveld 1990]. Hierdoor kan ook de populatie uiteenvallen in een metapopulatie en/ of in een reeks kleinere populaties die onderling geen contact meer hebben. In dit hoofdstuk wordt de theorie beschreven die van belang is voor een inzicht in de dynamiek van soorten op landschapsschaal. Deze kennis is noodzakelijk voor het bepalen van verspreidingspatronen van planten en dieren.

3.2 Kwetsbaarheid

Versnippering van leefgebieden kan een natuurlijk verschijnsel zijn. Door storingen in het ecosysteem zoals erosie, brand en overstromingen kunnen de habitats van populaties (tijdelijk) kleiner worden of zelfs van elkaar gescheiden raken. Natuurlijke landschappen kenmerken zich vaak door een heterogeen patroon. De planten en dieren die daarin leven zijn in de loop van de evolutie aan een zekere mate van natuurlijke dynamiek aangepast. Daarom zijn soorten van stabiele milieus vaak gevoeliger dan soorten van dynamische milieus. In dynamische milieus zijn habitats in ruimte en tijd slechts kort beschikbaar. Soorten in deze milieus kenmerken zich door een hoge reproductiesnelheid, een korte generatieduur, een goed verbreidingsvermogen en een grote tolerantie voor milieuveranderingen. Hun populaties worden door ‘natuurlijke’ verstoringen gedecimeerd en elders opnieuw opgebouwd. In stabiele milieus die een lange ontwikkelingsduur kennen en qua structuur en functioneren over een lange tijd onveranderd blijven, ligt de populatiedichtheid van soorten vaak in de buurt van de draagkracht van het systeem. Soorten in deze milieus kennen een lange levens- en generatieduur, hebben complexe biotische relaties (mutualisme, symbiose e.d.) met andere soorten, produceren een klein aantal nakomelingen en hebben een geringe tolerantie voor milieuveranderingen.

Door menselijke ingrepen in het landschap (bijvoorbeeld infrastructurele werken, omvorming tot landbouwgebied) krijgt versnippering echter een extra dimensie. Leefgebieden worden hierdoor in veel gevallen permanent van elkaar gescheiden door ongeschikt terrein, zodat populaties bij versnippering door natuurlijke oorzaken niet of moeilijker (tijdelijk) kunnen uitwijken naar andere gebieden. Daarnaast brengen onnatuurlijke barrières vaak een extra sterfterisico voor soorten mee (bijvoorbeeld aanrijding door verkeer). In het algemeen zijn soorten met een beperkt *dispersievermogen* (bepaalde soorten dagvlinders en loopkevers), soorten met een grote oppervlaktebehoefte (grote landzoogdieren) en soorten met specifieke milieueisen (bijvoorbeeld hogere planten van stabiele milieus) het meest gevoelig voor versnippering. Bij planten zijn ook de levensduur van zaden en de noodzaak

van kruisbestuiving van belang [Dorp *et al.* 1999]. Door versnippering wordt het beschikbare leefgebied slecht benut. Doordat een deel van de plekken onbezet is, en de verdeling over goede en matige leefgebieden niet optimaal, is de groeipotentie van metapopulaties ten opzichte van continue populaties lager. Dit geldt ook voor duurzame metapopulaties.

3.3 Voorkomen van soorten

De factoren die het voorkomen van soorten in een landschap beïnvloeden zijn habitatkwaliteit, oppervlakte en isolatie. De ruimtelijke factoren oppervlakte en isolatie hangen af van de grootte van het *territorium* van de soort. De habitatkwaliteit is de mate waarin een plek aan de fysiologische voorwaarden ('habitateisen') van een soort voldoet. Dit heeft een direct effect op demografische processen zoals geboorte en sterfte in een populatie, maar ook de kans op immigratie en emigratie van individuen. Uiteindelijk wordt zodoende ook de uitsterfkans van een populatie beïnvloed. De mate van natuurlijkheid van een gebied hangt vaak samen met de oppervlakte. Grote gebieden zijn in abiotisch opzicht vaak zeer gevarieerd en hebben een grote variatie aan ecotopen en gradiënten. Kleine gebieden zijn homogener, hebben scherpe grenzen en worden sterk beïnvloed door de directe omgeving. Dieren moeten andere habitats kunnen bereiken. Of dit mogelijk is en in welke mate, wordt bepaald door de isolatie: de afstand tussen gelijksoortige habitats, de aanwezigheid van verbindende elementen tussen habitats in de vorm van stapstenen en verbindingzones, en de weerstand van het tussenliggende gebied. Het laatste wordt bepaald door de barrièrewerking van landschapselementen voor trekkende organismen. Dit hangt samen met de snelheid en wijze van voortbewegen van de soort, de aanwezigheid van voedsel en predatoren e.d., de aard en structuur van de begroeiing en de aard en breedte van infrastructuurle werken of urbane gebieden. Voor de meeste diersoorten is er in Nederland geen sprake van volledig geïsoleerde populaties. Meestal gaat het om relatief kleine lokale populaties die niet volledig geïsoleerd zijn van elkaar.

3.4 Processen in populaties

Bij metapopulaties treden op populatieniveau extinctie en kolonisatie geregeld op. Deze processen bepalen de ruimtelijke structuur van een metapopulatie. De kans op lokaal uitsterven hangt samen met kenmerken van het systeem, zoals de oppervlakte en habitatkwaliteit en kenmerken van de soort, zoals de groeisnelheid van de populatie, de amplitude en frequentie van aantalschommelingen en de sterkte van emigratie en immigratie. Verkleining van de habitat van een soort heeft tot gevolg dat de lokale populatie kleiner wordt, waardoor de uitsterfkans toeneemt. Dit geldt vooral voor territoriale soorten, omdat die zich beter over de beschikbare ruimte verdelen. Bij kleine aantallen wordt de lokale populatie extra kwetsbaar voor tijdelijk ongunstige milieumomstandigheden zoals een nat voorjaar, een droge zomer of een strenge winter. Ook toevallige variatie in demografische processen kan leiden tot lokaal uitsterven.

De kans op kolonisatie is afhankelijk van de mate van isolatie van een habitat, de mobiliteit of het dispersievermogen van individuen en de habitatkwaliteit van de vestigingsplek. Het proces van herkolonisatie verloopt meestal in twee stappen: 1) de individuen moeten vanuit een brongebied de lege plek kunnen bereiken en 2) zij moeten zich er vervolgens kunnen vestigen en handhaven [Dorp 1999]. De ruimtelijke rangschikking van habitats beïnvloedt de dispersie (zowel bij passieve als actieve dispersie). Hoe sterker de dispersiestroom, hoe groter de samenhang. En omgekeerd: bij afnemende samenhang neemt het percentage onbewoonde leefplekken toe [Leeuwen & Opdam 2003].

Een metapopulatie kan in stand blijven als de frequentie van extinctie en kolonisatie in de afzonderlijke habitats gelijk zijn [Dorp 1999; Bergers & Kalkhoven 1997]. Wanneer extinctie vaker optreedt dan kolonisatie, zal de metapopulatie op den duur uitsterven en als extinctie minder vaak optreedt dan kolonisatie, zal deze zich verder kunnen uitbreiden. Tevens kan de groei van een populatie in een bepaald gebied worden beïnvloed door populaties in aangrenzende gebieden, doordat concurrentie (vb. voor voedsel of licht) tussen beide populaties optreedt. De dichtheid van beide populaties bepaald de mate en het effect van competitie op de populatie. Daarnaast moet de metapopulatie groot genoeg zijn om toevallig gelijktijdig uitsterven van alle deelpopulaties te voorkomen. In Nederland, waar het landschap sterk onder druk staat, vormen metapopulaties meestal een tussenfase tussen een continue populatie en een aantal geïsoleerde populaties [Bergers & Kalkhoven 1997].

3.5 Terugkoppeling

De populaties in het onderzoeksgebied maken waarschijnlijk onderdeel uit van een metapopulatie over de grenzen van het onderzoeksgebied heen. Dit wil zeggen dat veranderingen in verspreiding van soorten in het onderzoeksgebied door extinctie en kolonisatie van populaties in én buiten het onderzoeksgebied tot stand gebracht kunnen zijn. Ook zijn veranderingen in verspreiding mogelijk het gevolg van tijdelijke kolonisatie en extinctie in plaats van een klimaateffect op langere termijn. Metapopulaties zijn gevoeliger voor klimaatverandering dan continue populaties, omdat een metapopulatie zich langzamer herstelt van de gevolgen van weersextremen.

Relictpopulaties, concurrentie tussen soorten en barrières in het landschap beïnvloeden de snelheid van de klimaateffecten op de verspreiding van soorten. Populaties die niet meer effectief reproduceren kunnen lang aanwezig blijven maar functioneren feitelijk niet meer. Concurrentie tussen soorten beïnvloedt de populatiegrootte en dus kolonisatie, extinctie en migratie. Barrières bepalen of soorten andere leefgebieden kunnen bereiken.

Hoofdstuk 4

Onderzoeksmethoden

4.1 Inleiding

Er zijn al vele signalen bekend van veranderende verspreiding van soorten in Nederland. Echter een onderbouwde benadering onderbreekt. Dit onderzoek richtte zich daar op. Er is een twee-sporenonderzoek uitgevoerd: een literatuurstudie en parallel aan deze studie een diagnostisch onderzoek. Uiteindelijk zijn beide delen gekoppeld om zo de veranderingen in verspreiding van enkele soorten aan de temperatuurstijging te kunnen relateren (zie bijlage 1). In dit hoofdstuk staat de aanpak van het onderzoek beschreven.

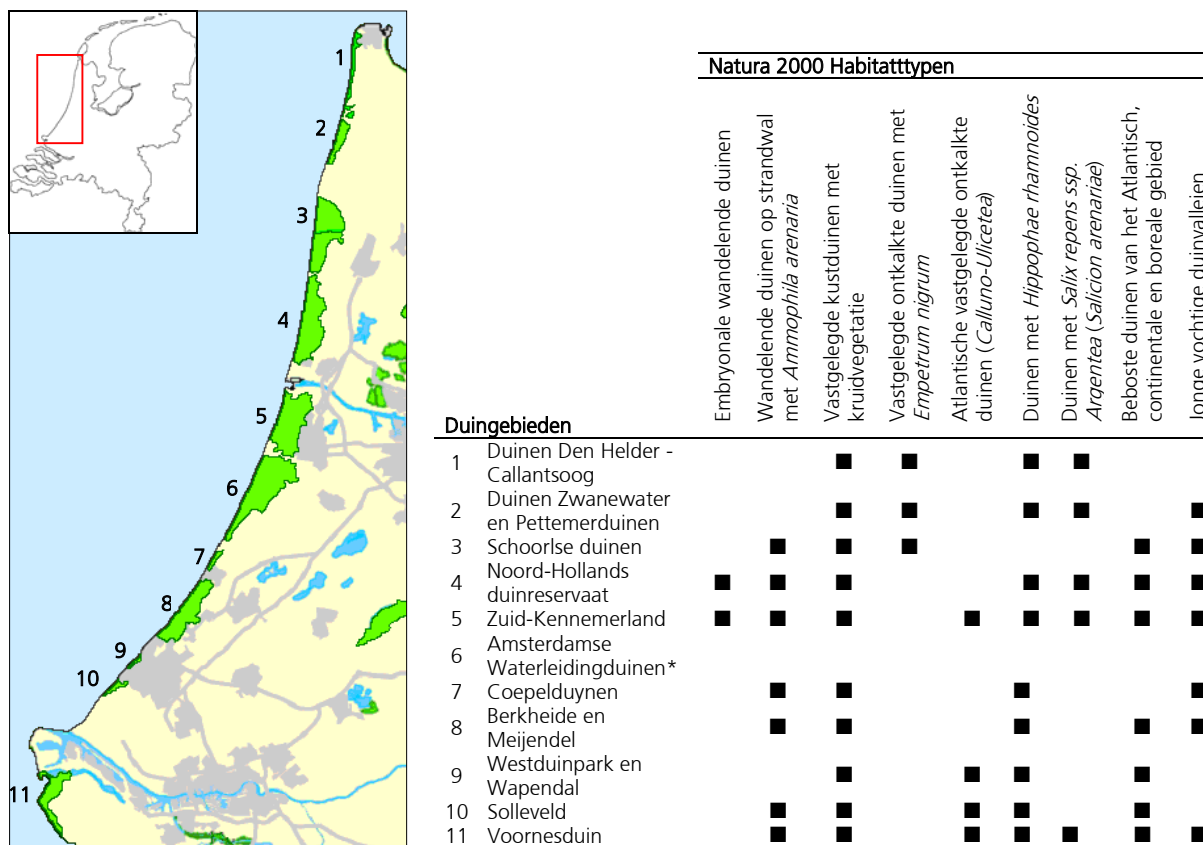
4.2 Literatuurstudie: klimaatverandering, metapopulaties en versnippering

Klimaatverandering heeft directe effecten (temperatuurstijging en veranderende klimaatpatronen) op de verspreiding van soorten, maar ook indirecte effecten door veranderende milieuomstandigheden. Dit kan ook leiden tot migratie van soorten. Om inzicht te krijgen in al deze (te verwachten) veranderingen in het duinecosysteem is hier een literatuurstudie naar verricht (deelvraag 1). Om inzicht te krijgen in het functioneren van populaties in versnipperde landschappen is hier een literatuurstudie naar verricht. Onderdeel hiervan was de metapopulatietheorie en versnippering. De resultaten van deze fase staan beschreven in hoofdstuk 2 en 3 van dit rapport. Het vormde de theoretische achtergrond van het onderzoek waarbinnen de resultaten van de analyse zijn geïnterpreteerd.

4.3 Analyse: verspreiding soorten in de praktijk

4.3.1 Landschappelijke afbakening

Het onderzoek beperkte zich tot de Natura 2000 *Speciale Beschermingszones* (figuur 4.1). Dit zijn de (juridisch) belangrijkste natuurgebieden. Daarnaast vindt vooral in deze gebieden archivering van ecologische waarnemingen plaats en is er veld expertise aanwezig. Alleen de Natura 2000 habitattypen die tot de zeereep en het binnenduingebied behoren zijn in het onderzoek meegenomen (figuur 4.1). Dit omvat het gebied vanaf het strand tot aan de duinzoom en is tevens het meest natuurlijke deel van het duinecosysteem. De Amsterdamse Waterleidingduinen zijn niet aangewezen als Speciale Beschermingszone, maar worden wel in het onderzoek meegenomen omdat hier veel ecologisch onderzoek en monitoring plaatsvindt. Het is onbekend welke (vergelijkbare) Natura 2000 habitattypen er voorkomen.



Figuur 4.1 Onderzoeksg gebied en duingebied (Natura 2000 Habitatrichtlijnen) [LNV (datum onbekenda)]. Geen van deze Speciale Beschermingszones zijn aangewezen omdat er een habitatsoort voorkomt. (kaart Nederland: Geologisch (datum onbekend), kaart duingebieden (eigen bewerking): LNV 2005).

4.3.2 Selectie soortgroepen

Dit onderzoek beperkte zich tot de uitwerking van enkele soortgroepen, namelijk hogere planten, dagvlinders en libellen. Om tot deze keuze te komen zijn gesprekken met de terreinbeherende organisaties (bijlage 2) gevoerd. De signalen van verschuivingen die in het veld zijn waargenomen en de beschikbaarheid aan informatie (data en publicaties) werden besproken. De bovengenoemde groepen worden het langst gemonitord, waardoor er de meeste kennis over beschikbaar is. Bovendien leken deze soortgroepen het meest interessant op basis van de signalen die terreinbeheerders waarnemen. Binnen de soorten en soortgroepen is er een grote spreiding in verspreidingsvermogen van de soorten (niet mobiel - zeer mobiel) en de niche bandbreedte varieert eveneens sterk (generalisten – specialisten). Dit maakte een goede analyse mogelijk. Daarnaast zijn hogere planten en insecten belangrijke schakels in het voedselweb van duinecosystemen.

4.3.3 Selectie potentiële indicatorsoorten

Binnen de soortgroepen is een verdere selectie gemaakt van potentiële indicatorsoorten voor temperatuur. Van belang hierbij was of het biotoop van de soort in het duingebied aanwezig is en of de soort warmte- of koudeminnend is. Deze onderzoeksfase leverde een overzicht op van duinsoorten waarvoor areaalverschuivingen kunnen worden verwacht (deelvraag 2).

Duinsoorten

Uitgangspunt bij de selectie van duinsoorten zijn de door Bal *et al.* [1995] geformuleerde *doelsoorten* van het duinecosysteem. Voor de hogere planten vermeldt de standaardlijst van de in Nederland voorkomende planten

[Tamis 2005] van alle doelsoorten de ecologische soortgroep waarin zij voorkomen. Alle in Nederland voorkomende planten die tot de ecologische soortgroepen van het duinecosysteem (bijlage 3) behoren zijn geselecteerd als duinsoorten. Het voorkomen van dagvlinders is vooral afhankelijk van de vegetatiestructuur en in mindere mate het vegetatietype [Bink 1992]. Het duingebied kent wat betreft libellen ook geen karakteristieke duinsoorten [Dijkstra *et al.* 2002]. Voor beide soortgroepen zijn ook slechts een aantal doelsoorten geformuleerd. Aanvullend is daarom met behulp van monitoringverslagen een overzicht gemaakt van alle soorten die in het duingebied zijn waargenomen. Deze zijn ook beschouwd als duinsoorten.

Temperatuurindicatie: warmte- of koudeminnend

Met behulp van atlasgegevens is bepaald van welke duinsoorten de noordelijke of zuidelijke *areaalgrens* in Nederland ligt. Deze soorten bevinden zich in Nederland mogelijk aan de rand van hun verspreidingsareaal. Voor de hogere planten zijn soorten aanvullend ingedeeld volgens geografische herkomst, volgens Tamis [2005]. Binnen Europa is alleen onderscheid gemaakt tussen een noordelijke of zuidelijke herkomst. Dit is vertaald naar soorten van koude of warme gebieden (bijlage 4). Ten opzichte van de ligging van Nederland zijn alleen de soorten met een herkomst uit Noord-Europa en het Middellandse zeegebied interessant, omdat dit overeenkomt met de grootste klimaatverschillen. Soorten met een herkomst uit andere werelddelen zijn buiten beschouwing gelaten. Hoewel klimaat sterk bepalend is voor het voorkomen van soorten [Rooney 1996; Woodward 1987], kunnen ook andere natuurlijke oorzaken (bv bodemtype, scheiding land-water) de ligging van de areaalgrens bepalen. Daarom is aanvullend door middel van literatuuronderzoek de temperatuurgevoeligheid van de soorten bepaald. Voor hogere planten is dit aan de hand van de *Ellenberg-waarde* voor temperatuur [INBO 2006] gedaan. Voor dagvlinders bepaalt de hardheid van de vlinder de tolerantie voor koude en warmte [Bink 1992] (bijlage 5). Voor libellen is dergelijke informatie over temperatuurgevoeligheid niet bekend. Er is tevens literatuuronderzoek verricht naar aanwijzingen dat soorten Mediterraan of Scandinavisch zijn of soorten waarvan op basis van hun ecologie relaties met klimaatverandering worden verwacht. Ook uit de interviews kwamen soorten naar voren waarvan in het veld veranderingen in verspreiding/ populatiegrootte worden waargenomen en die men in verband brengt met temperatuurstijging.

Duinsoorten waarvan een zuidelijke of noordelijke areaalgrens in Nederland ligt (en/ of voor hogere planten van oorsprong uit Noord-Europa of Middellandse Zeegebied komen) én temperatuurgevoelig zijn voor warmte of koude wogen in het onderzoek zwaarder als potentiële indicatorsoort dan soorten die slechts op één van de criteria een klimaatindicatie geven. Soorten die alleen in literatuur en/ of interviews zijn genoemd en geen klimaatindicatie geven op basis van de andere criteria zijn buiten beschouwing gelaten.

4.3.4 Uitwerking indicatorsoorten

Huidige ontwikkelingen

Van de indicatorsoorten is met behulp van atlassen, literatuur en de expertise van medewerkers van de terreinbeherende organisaties vastgesteld welke soorten in de verschillende duingebieden vroeger voorkwamen en welke soorten er nu voorkomen (deelvraag 3). Door het gebruik van voornamelijk bestaande literatuur, verschilde de indeling in tijdsperioden per soortgroep (tabel 4.1). De oudste verspreidingskaarten in atlassen zijn vooral gebaseerd op persoonlijke veldwaarnemingen in plaats van structurele monitoring. Periode 1 is daarom bij benadering vastgesteld op de periode waarin het aantal waarnemingen en de gebiedsdekking van de inventarisaties een zo volledig mogelijk beeld geven van het voorkomen van soorten in Nederland. De onderstaande tabel laat zien dat de tijdsperiode waarover verspreidingspatronen zijn vastgesteld ±85-100 jaar omvat. Een dergelijke tijdsperiode maakt het mogelijk areaalverschuivingen vast te stellen die gerelateerd kunnen worden aan de temperatuurstijging in de 20^e eeuw.

Tabel 4.1 Overzicht van de indeling in tijdsperioden voor de bepaling van de verspreiding van soorten en gebruikte bronnen per soortgroep: ¹Bink 1992; ²Dijkstra *et al.* 2002; ³Eggenkamp-Rotteveel Mansveld *et al.* 1999, 2001a, 2001b; ⁴Eggenkamp-Rotteveel Mansveld 2006; ⁵Geijskens & van Tol 1983; ⁶Knol 2006; ⁷LNV 2006; ⁸Manger 1999; ⁹Mennema 1980-1989; ¹⁰Mostert & van Geest 1993; ¹¹Mourik *et al.* 1995; ¹²Mourik 2006; ¹³Tax 1989; ¹⁴Velzen 2000; ¹⁵Vertegaal 2000; ¹⁶Wasscher & van Velzen 1998; ¹⁷Wijker 2001.

	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4
Hogere planten	1920-1950 Atlas ⁹	1950-1980 Atlas ⁹ Veldexpertise ^{6,12}	1979-2006 Database ⁷ Veldexpertise ^{6,12}	
Dagvlinders	1900-1980 Atlas ^{1,13} Literatuur ¹⁵ Veld expertise ^{4,6}	1980-1986 Atlas ¹³	1998-2006 Atlas ^{1,11} Monitoringverslagen ³ Veldexpertise ^{4,6}	
Libellen	1920-1950 Atlas ^{2,5} Literatuur ¹⁵	1950-1983 Atlas ⁵ Veldexpertise ^{4,6}	1990-1999 Atlas ^{2,16,17} Monitoringverslagen ^{8,10,14} Veldexpertise ^{4,6}	2000-2006 Monitoringverslagen ^{10,14} Veldexpertise ^{4,6}

N.B.: voor hogere planten beslaat periode 1 tevens literatuurgegevens vanaf ±1550, maar vanaf 1920 vond monitoring pas gestructureerd plaats. De bedekkinggraad van de waarnemingen voor en na 1950 is gelijk [Mennema 1980]. Voor dagvlinders beslaat periode 1 ook incidentele waarnemingen uit de periode 1880-1900 [Tax 1989]. voor libellen beslaat periode 1 voornamelijk waarnemingen tussen 1920-1930 en 1940-1950 [Dijkstra *et al.* 2002].

Het voorkomen van de potentiële indicatorsoorten in ruimte en tijd is verwerkt in schematische kaarten. Vervolgens is ook literatuuronderzoek gedaan naar de ecologie van de soorten (specialist/ generalist, mobiliteit, habitateisen) en de status op de Rode Lijst. Dit laatste geeft aanwijzingen over de populatieontwikkelingen van de soort op landelijk niveau. Met behulp van deze informatie en de schematische kaarten konden alle soorten in drie groepen ingedeeld worden: soorten die nieuw of verdwenen zijn in het duingebied; soorten die een verandering in hun verspreiding laten zien; en soorten die geen duidelijke patroon laten zien.

4.4 Externe invloeden

Uit hoofdstuk 2 is gebleken dat de effecten van klimaatverandering op de milieuomstandigheden in het duinecosysteem gering zijn in vergelijking met de landelijke milieuthema's, zoals vermessing, verdroging en verzuring. Daarom is geprobeerd relaties te leggen tussen de effecten van deze milieuthema's op het duinecosysteem en verspreidingspatronen die soorten laten zien. Hiervoor is een literatuuronderzoek verricht om te bepalen wat de belangrijkste ontwikkelingen in het landschap waren en welke gevolgen deze hadden op de kwaliteit van het duinecosysteem. Vervolgens is met behulp van literatuur over habitateisen onderzocht door welke van de ontwikkelingen de verspreiding van soorten eveneens beïnvloed kan zijn.

Voor soorten die 'gaten' in hun verspreiding van zuid naar noord laten zien is onderzocht welke natuurlijke en onnatuurlijke barrières dit mogelijk kunnen veroorzaken. Van soorten die gedurende de onderzoeksperiode in alle duingebieden zijn waargenomen is aangenomen dat zij geen barrières ondervinden. Soorten die zijn verdwenen uit het duingebied zijn buiten beschouwing gelaten, omdat voor deze soorten ontsnippering mogelijk te laat komt.

4.5 Terugkoppeling

In de laatste fase van het onderzoek zijn de resultaten uit de vorige twee fasen aan elkaar gekoppeld om zo de huidige ontwikkelingen in de verspreiding van duinsoorten te kunnen relateren aan de stijging van de temperatuur

(deelvraag 4). Van belang hierbij was de mate waarin de soort als potentiële klimaatindicator beschouwd kon worden. Van zeldzame soorten is, in vergelijking met algemene soorten, de kans kleiner dat zich een stabiele (meta)populatie in het duingebied bevindt. De grootte van deze (meta)populaties en daarmee ruimtelijke verspreiding, zal daarom meer in de tijd fluctueren. Soorten waarbij geen relaties gelegd konden worden met andere ontwikkelingen in het landschap zijn als ongevoelig daarvoor beschouwd. Bij soorten waarbij deze relaties wel gelegd konden worden, is geen afweging gemaakt tussen de grootte van die effecten en de grootte van het klimaateffect. Zo konden de soorten uiteindelijk ingedeeld worden in vier groepen: soorten waarbij waarschijnlijk een klimaateffect waarneembaar is, soorten die ook door andere ontwikkelingen beïnvloed zijn, soorten waarbij het klimaateffect onzeker is en soorten waarop klimaat waarschijnlijk geen effect heeft gehad.

Hoofdstuk 5

Huidige ontwikkelingen in verspreidingspatronen

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staan de resultaten beschreven van de analyse naar de verspreiding van soorten hogere planten, dagvlinders en libellen. Eerst staan de duinsoorten die als potentiële indicatorsoort voor klimaat in het onderzoek zijn gehanteerd beschreven. Vervolgens worden de verspreidingspatronen van deze soorten beschreven. Daarna zijn relaties gelegd met andere ontwikkelingen en barrièrewerking in het landschap.

5.2 Potentiële indicatorsoorten

In tabel 5.1 staan alle duinsoorten die in dit onderzoek als potentiële klimaatindicator zijn beschouwd. Er konden meer warmteminnende duinsoorten dan koudeminnende duinsoorten worden geselecteerd. Er komen geen dagvlinders in het duingebied voor waarvan een zuidelijke areaalgrens in Nederland ligt. Slechts een beperkt aantal soorten zijn op basis van hun temperatuurgevoeligheid én ligging van areaalgrenzen (of herkomst) geselecteerd. Deze soorten zijn als klimaatindicator het meest betrouwbaar.

De Noordse winterjuffer is de enige Natura 2000 habitatsoort. Van deze soort komt geen *duurzame populatie* in Nederland voor en is daarom beschermd onder de Flora en Fauna wet (LNV 2006). Dwergbloem, dwergglas, gele hoornpapaver, aardbeivlinder, bruin blauwtje, grote vos en de tengere pantserjuffer zijn volgens Bal *et al.* [1995] doelsoorten van het duinecosysteem (bijlage 6). Dit zijn vanwege hun (inter)nationale voorkomen voor Nederland waardevolle soorten. Negentien hogere planten, 5 dagvlinders en 3 libellen staan genoemd op de Rode Lijst (bijlage 8), waaronder de zwaarwegende klimaatindicatoren Franse silene, korenbloem, kruidvlinder, purperorchis, aardbeivlinder, bruin blauwtje, bruine winterjuffer, tengere pantserjuffer en noordse winterjuffer. Blauwe leeuwenbek, dolik, meekrap, groot geaderd witje en keizersmantel zijn volgens de Rode Lijst uit Nederland verdwenen soorten en zijn daarom niet verder geanalyseerd.

In de interviews die in de startfase van dit onderzoek zijn gevoerd, zijn soorten genoemd waarvan terreinbeheerders veldsignalen waarnemen die zij in verband brengen met klimaatverandering. Enkele van deze soorten konden op basis van de gehanteerde criteria niet als potentiële indicatorsoort worden geselecteerd en zijn daarom niet in de analyse meegenomen. Rond wintergroen en Duits viltkruid zijn beide inheems [Tamis *et al.* 2005] en hebben ook geen areaalgrens in Nederland [Mennema *et al.* 1980-1989]. Ook van de kleine vos ligt geen areaalgrens in Nederland [NLBIF (datum onbekend)] en deze vlinder heeft een hoge tolerantie voor zowel warmte als koude [Bink *et al.* 1992].

Tabel 5.1 Potentiële indicatorsoorten voor temperatuur per soortgroep. De vetgedrukte soorten wegen zwaarder als indicatorsoort, omdat van deze soorten zowel een areaalgrens in Nederland ligt (en/ of voor hogere planten hun herkomst noordelijk of zuidelijk is) én de soorten temperatuurgevoelig zijn.

A. Hogere planten. Bronnen: ligging areaalgrens: Mennema [1980-1989], herkomst: Tamis [2005], Ellenberg waarde voor temperatuur: INBO [2006], literatuur: Roos *et al.* [2004]. Soorten met een herkomst uit het Middellandse zeegebied (MZ) zijn beschouwd als warmteminnend en uit Noord-Europa (NE) koudeminnend (bijlage 4).

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Areaalgrens in Nederland	Herkomst	Ellenberg waarde voor temperatuur	Aanwijzing klimaateffect in
<i>Warmteminnend</i>					
Bijenorchis	<i>Ophrys apifera</i>	Nee	Inheems	Matig warm, warm	Literatuur
Blauw kweldergras	<i>Puccinellia fasciculata</i>	Ja	Inheems	Onbekend	
Bokkenorchis	<i>Himantoglossum hircinum</i>	Nee	Inheems	Warm	Interview
Bosrank	<i>Clematis vitalba</i>	Ja	Inheems	matig warm, warm	
Dodemansvingers	<i>Oenanthe crocata</i>	Nee	MZ	Onbekend	
Dolik	<i>Lolium temulentum</i>	Nee	MZ	Warm	
Druifkruid	<i>Chenopodium botrys</i>	Nee	MZ	Onbekend	
Dwergbloem	<i>Centunculus minimus</i>	Nee	inheems	matig warm, warm	Interview
Dwergvlas	<i>Radiola linoides</i>	Nee	Inheems	matig warm, warm	Literatuur
Franse silene	<i>Silene gallica</i>	Nee	MZ	Warm	
Gele hoornpapaver	<i>Glaucium flavum</i>	Nee	Inheems	matig warm, warm	Interview, literatuur
Grijze mosterd	<i>Hirschfeldia incana</i>	Nee	MZ	matig warm, warm	
Klein kaasjeskruid	<i>Malva neglecta</i>	Nee	MZ	matig warm, warm	
Kleine majer	<i>Amaranthus blitum</i>	Nee	MZ	Warm	
Korenbloem	<i>Centaurea cyanus</i>	Nee	MZ	matig warm, warm	
Kruidvlier	<i>Sambucus ebulus</i>	Ja	Inheems	Matig warm, warm	
Kuifhyacint	<i>Muscari comosum</i>	Nee	MZ	Warm, extreem warm	
Meekrap	<i>Rubia tinctorum</i>	Nee	MZ	Onbekend	
Paarse morgenster	<i>Tragopogon porrifolius</i>	Nee	MZ	Onbekend	
Postelein	<i>Portulaca oleracea</i>	Nee	MZ	Onbekend	
Purperorchis	<i>Orchis purpurea</i>	Ja	Inheems	Warm	
Trosglidkruid	<i>Scutellaria columnae</i>	Nee	MZ	Onbekend	
Zeekool	<i>Crambe maritima</i>	Nee	Europa	Matig warm, warm	Literatuur
Zeelathyrus	<i>Lathyrus japonicus</i>	Nee	Inheems	Matig warm, warm	Interview
Zeevenkel	<i>Chritimum maritimum</i>	Ja	Inheems	Matig warm, warm	Interview
<i>Koudeminnend</i>					
Alpenbes	<i>Ribes alpinum</i>	Nee	NE	Koel, matig warm	
Blauwe leeuwebek	<i>Linaria arvensis</i>	Nee	NE	Onbekend	
Lavendelhei	<i>Andromeda polifolia</i>	Nee	Inheems	Koel, matig warm	Interview
Kraaihei	<i>Empetrum nigrum</i>	Ja	Inheems	Onbekend	Interview, literatuur
Noordse rus	<i>Juncus balticus</i>	Ja	Inheems	Onbekend	
Noorse ganzerik	<i>Potentilla norvegica</i>	Nee	NE	Onbekend	
Rankende helmblom	<i>Ceratocarpus claviculata</i>	Ja	Inheems	Onbekend	
Rond kaasjeskruid	<i>Malva pusilla</i>	Nee	NE	Onbekend	
Smal streepzaad	<i>Crepis tectorum</i>	Nee	NE	Onbekend	
Zandvarkensgras	<i>Polygonum oxyspermum</i>	Nee	NE	Onbekend	

B. Dagvlinders. Bronnen: ligging areaalgrens en hardheid: Bink [1992], literatuur: ¹Roos *et al.* [2004], ²WUR [2006]. Zeer harde of bijzonder harde soorten zijn beschouwd als warmteminnend en vrij kwetsbare soorten als koudeminnend (bijlage 5)

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Areaalgrens in of nabij Nederland	Hardheid	Aanwijzing klimaateffect in
<i>Warmteminnend</i>				
Aardbeivlinder	<i>Pyrgus malvae</i>	Ja	Matig hard	Literatuur ²
Bruin blauwtje	<i>Plebeius agestis</i>	Nee	Zeer hard	Interview
Dambordje	<i>Melanargia galathea</i>	Ja	Zeer hard	
Gele luzernevlinder	<i>Colias hyale</i>	Ja	Matig hard	
Groot geaderd witje	<i>Aporia crataegi</i>	Ja	Matig hard	
Grote vos	<i>Nymphalis polychloros</i>	Ja	Vrij hard	Interview
Koninginnepage	<i>Papilio machaon</i>	Ja	Zeer hard	Interview, literatuur ^{1,2}
Koningspage	<i>Iphiclides podalirius</i>	Ja	Hard	
Landkaartje	<i>Araschnia levana</i>	Ja	Matig hard	Interview, literatuur ¹
Oranje luzernevlinder	<i>Colias croceus</i>	Ja	Bijzonder hard	
Oranjetipje	<i>Anthocharis cardamines</i>	Ja	Matig hard	Interview
Tijgerblauwtje	<i>Lampides boeticus</i>	Ja	Hard	
Valse luzernevlinder	<i>Colias alfacariensis</i>	Ja	Zeer hard	
<i>Koudeminnend</i>				
Bont zandoogje	<i>Pararge aegeria</i>	Nee	Vrij kwetsbaar	Interview, literatuur ¹
Keizersmantel	<i>Argynnis paphia</i>	Ja	Vrij kwetsbaar	

C. Libellen. Bronnen: ligging areaalgrens: Dijkstra *et al.* [2002], literatuur: ¹Dumortier *et al.* 2005; ²Libellenwerkgroep Fryslan (datum onbekend); ³INBO [2006]; ⁴Roos *et al.* 2004; ⁵Swaay & Groenendijk 2004; ⁶WUR 2006

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Areaalgrens in of nabij Nederland	Aanwijzing klimaateffect in
<i>Warmteminnend</i>			
Bruine winterjuffer	<i>Sympecma fusca</i>	Ja	Interview, literatuur ⁶
Grote keizerlibel	<i>Anax imperator</i>	Ja	Literatuur ⁴
Houtpantserjuffer	<i>Lestes viridis</i>	Ja	Literatuur ¹
Kleine roodoogjuffer	<i>Erythromma viridulum</i>	Ja	Literatuur ^{4,6}
Tengere pantserjuffer	<i>Lestes virens</i>	Ja	Literatuur ⁶
Vuurlibel	<i>Crocothemis erythraea</i>	Ja	Interview, literatuur ^{1,4,5,6}
Zadellibel	<i>Hemianix ephippiger</i>	Nee	Literatuur ^{4,5,6}
Zuidelijke glazenmaker	<i>Aeshna affinis</i>	Ja	Interview, literatuur ^{4,6}
Zwervende heidelibel	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	Ja	Interview, literatuur ^{4,5}
Zwervende pantserjuffer	<i>Lestes barbarus</i>	Ja	Interview, literatuur ³
<i>Koudeminnend</i>			
Noordse winterjuffer	<i>Sympecma paedisca</i>	Nee	Literatuur ^{4,6}
Noordse witsnuitlibel	<i>Leucorrhinia rubicunda</i>	Ja	
Venwitsnuitlibel	<i>Leucorrhinia dubia</i>	Ja	Literatuur ^{4,6}

5.3 Huidige ontwikkelingen

In deze paragraaf staan de resultaten van de analyse naar de veranderingen in verspreiding van de potentiële indicatorsoorten. De resultaten worden per soortgroep in relatie tot habitateisen, mobiliteit, landelijke populatie ontwikkelingen en status op de Rode Lijst besproken. In bijlage 8 staat een overzicht van deze gegevens. Van lavendelhei, het dambordje en de Noordse winterjuffer waren geen verspreidingsgegevens beschikbaar en deze zijn daarom verder buiten beschouwing gelaten.

5.3.1 Hogere planten

Nieuwe en verdwenen soorten

Dodemansvinger, grijze mosterd, paarse morgenster, rond kaasjeskruid, zeekool en zeelathyrus zijn nieuwkomers in het duingebied. Deze zijn in de periode 1950-1985 (Rond kaasjeskruid zelfs in de periode 1975-2005) voor het eerst waargenomen. Alleen rond kaasjeskruid is een koudeminnende soort. Dodemansvinger en rond kaasjeskruid, beide met een goed verspreidingsvermogen, zijn nog alleen in het Voornes Duin waargenomen, grijze mosterd (beperkt verspreidingsvermogen) van Solleveld tot in het Noord-Hollands Duinreservaat en zeekool (figuur 5.1) en zeelathyrus (beide met een goed verspreidingsvermogen) zijn al van het Voornes Duin tot in de duinen bij Den Helder en Callantsoog verspreid waargenomen. De snelle verspreiding van zeekool en zeelathyrus over het duingebied komt omdat dit planten zijn waarvan de zaden door zee in noordelijke richting worden meegevoerd [Vliet 2006]. Door de temperatuurstijging kunnen de zaden nu ook noordelijker tot ontkieming komen. Dodemansvingers en zeelathyrus staan op de Rode Lijst, landelijk zijn de populaties van deze soorten niet toegenomen.



Figuur 5.1 Zeekool (*Crambe maritima*) is één van de nieuwkomers in het duingebied (foto: stichting Duinbehoud).

Blauw kweldergras is na 1950 niet meer waargenomen in het duingebied, maar de populatiegrootte in Nederland is niet afgenomen. De soort komt alleen zeer zeldzaam in Zeeland vlak langs de kust voor. De soort is

sterk afhankelijk van kruisbestuiving [Weeda *et al.* 2003] en gebonden aan natte, zilte voedselrijke gronden. De noordelijke areaalgrens van kruidvlies, volgens deze analyse verdwenen uit het duingebied, loopt door Schotland en Nederland. Het is slecht mobiele soort die voorkomt op zonnige tot licht beschaduwde plaatsen op vochtige, matig voedselrijke tot voedselrijke, kalkrijke, humushoudende grond. Deze habitatplekken zijn schaars in het duingebied. Kruidvlies trekt weinig insecten aan. Vermoedelijk speelt buurbestuiving door middel van de wind een belangrijke rol in de verspreiding van de soort [Weeda *et al.* 2003]. De soort is in Nederland sterk afgenomen. De purperorchis is alleen in de periode 1950 en 1980 in het Voornes Duin waargenomen. Het is een zeer zeldzame soort waarvan de populatie in Nederland matig is afgenomen. Het is een specialistische soort die alleen in het habitatype vastgelegde kustduinen met kruidenvegetatie (alleen op kalkrijke hellingen) voorkomt. Het habitatype bevindt zich wel in alle duingebieden waar dit onderzoek zich op richtte.

Veranderde verspreiding

Tien warmteminnende soorten laten een verandering in verspreiding zien. Van de bosrank en zeevenkel ligt de noordelijke areaalgrens in Nederland. Franse silene, kleine majer, korenbloem, kuifhyacint, postelein en trosglidkruid komen oorspronkelijk uit het Middellandse zeegebied. Ook de bijenorchis heeft zich uitgebreid. De meeste soorten zijn redelijk tot goed mobiel, alleen de kuifhyacint is slecht mobiel. Gele hoornpapaver kwam voor 1950 al verspreid over het duingebied lokaal voor, maar is tegenwoordig een goed verspreide soort. De zaden worden dan ook vooral via water en wind over lange afstanden getransporteerd. Het verspreidingsareaal van dwergvlies is aan de zuidkant ingekrompen. De soort komt nu alleen nog in de noordkop (Noord-Holland) voor, wat het einde van het onderzoeksgebied vormt. Het is daarom niet bekend of de soort zich ook naar het noorden toe heeft uitgebreid.

Van vijf koudeminnende soorten is ook een verandering in de verspreiding waarneembaar. Noordse rus komt tot aan duinen bij Den Helder voor, maar laat een zuidelijke inkrimping van het verspreidingsareaal zien. Door de beperking van het onderzoeksgebied is het onduidelijk of de soort zich ook naar het noorden toe heeft uitgebreid. Noordse rus heeft een goed verspreidingsvermogen. Bij smal streepzaad en bokkenorchis is ook een inkrimping aan de zuidkant van hun verspreidingsareaal waarneembaar. De eerste soort heeft een redelijk goed verspreidingsvermogen en is in de periode 1950 en 1980 ook in de duinen bij Den Helder waargenomen. Tegenwoordig is de meest noordelijke vindplaats het Noord-Hollands duinreservaat. De bokkenorchis komt voor tot aan het Noordzeekanaal en laat een noordelijke uitbreiding zien. Het verspreidingsareaal van alpenbes en rankende helmbloem heeft zich zowel in noordelijke als zuidelijke richting uitgebreid. Van de rankende helmbloem ligt de zuidelijke areaalgrens in Nederland en de soort heeft een slecht verspreidingsvermogen. De soort is vaak aangewezen op zelfbestuiving [Weeda *et al.* 2003]. De alpenbes komt van oorsprong uit Noord-Europa en is een redelijk goede verspreider.

Kraaihei laat een uitbreiding in zuidelijke richting zien. Ook de Noorse ganzerik laat een tegengestelde verandering in verspreiding zien, namelijk een inkrimping van het areaal aan de noordzijde. Dit is opmerkelijk aangezien de soort weinig habitateisen stelt (generalist).

Klein kaasjeskruid laat geen verandering in de verspreiding zien.

5.3.2 Dagvlinders

Nieuwe en verdwenen soorten

Er zijn geen nieuwe soorten in het duingebied waargenomen. De grote vos is sinds 1980 niet meer in het duingebied waargenomen, maar de soort is (nog) niet uit Nederland verdwenen. De soort is zwerflustig en wordt in Zuid-Nederland slechts zeldzaam waargenomen [NLBIF (datum onbekend)].

Veranderde verspreiding

Zes indicatorsoorten laten een noordwaartse uitbreiding/ verschuiving van hun verspreidingsareaal zien. Van vijf van deze soorten ligt de noordelijke areaalgrens in Nederland: aardbeivlinder, koninginpage, landkaartje en oranjetipje (figuur 5.2). De aardbeivlinder neemt in de duingebieden in populatiegrootte af, maar de soort gaat in heidegebieden juist vooruit [CBS 2006]. De oranje luzernevlinder laat een inkrimping van het areaal aan de noordzijde zien. Dit is een zwerver en generalist. Daarom wordt het verspreidingspatroon waarschijnlijk bepaald door dwaalgasten die bij warme zomers Nederland in trekken (*invasies*), in plaats van een populatie die zich in het duingebied bevindt. Het bont zandoogje heeft geen areaalgrens in Nederland liggen, maar laat wel een noordwaartse uitbreiding in de verspreiding zien.



Figuur 5.2 Het landkaartje (*Araschnia levana*) en de koninginpage (*Papilio machaon*) zijn twee soorten die zich in noordelijke richting hebben uitgebreid (foto: stichting Duinbehoud).

Het bruin blauwtje laat geen verandering in de verspreiding zien.

5.3.3 Libellen

Nieuwe en verdwenen soorten

De bruine winterjuffer en zuidelijke glazenmaker zijn nieuwe soorten in het duingebied. De zadellibel is alleen in de periode 1990-1999 in het duingebied waargenomen. Dit zijn allen warmteminnende en goed verbreidende soorten. Het voorkomen van de zadellibel in Nederland wordt vooral bepaald door het weer in de voortplantingsgebieden en in de gebieden waar de soort omheen moet trekken om Nederland te bereiken. Het wordt niet beperkt door specifieke biotoopvoorkeuren. De soort is (nog) niet inheems voor Nederland [Dijkstra *et al.* 2002]. De zuidelijke glazenmaker wordt sinds 1991 in België waargenomen en wordt daar de laatste jaren steeds vaker gezien [INBO 2006]. In het Noord-Hollands Duinreservaat waren slechts twee waarnemingen bekend [Wijker 2001]. Noordwijk was de noordelijkste vindplaats van de Zuidelijke glazenmaker in de duinen. Van tijd tot tijd komt er een invasie uit het Middellandse Zeegebied [Jurzitza 2000]. Deze soort is ook (nog) niet inheems voor Nederland [Dijkstra *et al.* 2002]. De noordse winterjuffer is in de onderzoeksperiode niet in het onderzoeksgebied waargenomen. In Nederland is de soort zeer sterk afgenomen en inmiddels zeer zeldzaam, maar de soort is nog niet uit Nederland verdwenen.

Veranderde verspreiding

Vijf soorten laten een noordwaartse uitbreiding van hun verspreidingsareaal zien: grote keizerlibel (figuur 5.3), houtpantserjuffer, kleine roodoogjuffer, tengere pantserjuffer en zwervende heidelibel. De grote keizerlibel en houtpantserjuffer laten tevens een uitbreiding van hun verspreidingsareaal in zuidelijke richting zien. Dijkstra *et al.* [1990] bevestigt dat de kleine roodoogjuffer sterk vooruit is gegaan in Nederland. Deze soort werd pas in 1936 voor het eerst in Nederland gezien en tot 1969 zijn er slechts weinig waarnemingen bekend. Inmiddels is ze algemeen [Bos & Wasscher 2002]. De tengere pantserjuffer is een kritische soort en wordt als kwetsbaar aangemerkt op de Rode Lijst. Dijkstra *et al.* [2002] geven aan dat de soort zich in Noordwest-Europa vrijwel alleen in venige wateren

voortplant, maar zich in Zuid-Europa ook in droogvallende wateren kan voortplanten. De soort laat geen toename in populatiegrootte zien [Dijkstra *et al.* 2002]. De zwervende pantserjuffer laat een inkrimping aan de noordzijde van het verspreidingsareaal zien, maar volgens Dijkstra *et al.* [2002] is de soort sinds de jaren 1990 vooral in de duinen in aantal toegenomen. De venwitsnuitlibel is de enige koudeminnende soort waarvan een veranderend verspreidingspatroon waarneembaar is. Deze soort heeft zich in zuidelijke richting uitgebreid.



Figuur 5.3 De grote keizerlibel (*Anax imperator*) heeft zich in noordelijke richting uitgebreid (foto: stichting. Duinbehoud).

Alleen de vuurlibél en noordse witsnuitlibél laten geen verandering in verspreiding zien. De vuurlibél is sinds 1900 echter wel vooruit gegaan in Nederland [Dijkstra *et al.* 2002].

5.3.4 Mobiliteit en habitateisen

Er zijn geen duidelijke relaties waarneembaar tussen mobiliteit, habitateisen en de verspreidingspatronen die de potentiële indicatorsoorten laten zien. Er lijkt een aanwijzing dat van de slecht mobiele specialistische soorten meer soorten uit het duingebied zijn verdwenen, dan van de goed mobiele generalistische soorten. Van de eerste groep zijn twee van de zes soorten verdwenen en van de tweede groep is geen soort verdwenen. Echter gaat het om kleine aantallen, waardoor een goede analyse niet mogelijk is.

5.4 Externe invloeden

5.4.1 Beïnvloeding door landelijke milieuthema's

De mogelijke veranderingen als gevolg van klimaatverandering sluiten aan bij de milieuthema's en daaraan gerelateerde ontwikkelingen in het duinecosysteem. Het gaat hier om de volgende belangrijkste effecten:

- Nutriëntenverrijking (vermesting) van bodem en (grond)water als gevolg van de intensivering van de landbouwsector en verhoogde grondwaterstanden door klimaatverandering;
- Verdroging als gevolg van klimaatverandering en waterwinning ten behoeve van de drinkwatervoorziening en landbouwproductie;
- Verdwijnen van vochtige duinvalleien met pioniervegetaties als gevolg van vergrassing, vermesting, verdroging en vastlegging van de duinen (helmaanplant), waardoor zandverstuivingsprocessen verminderen;
- Vergrassing en verruiging van de vegetatie als gevolg van vermesting en wegvallen van begrazingsbeheer (figuur 5.4);
- Verzuring van bodem en (grond)water als gevolg van de intensivering van de landbouwsector.



Figuur 5.4 Vergrassing (links) en verruiging (rechts) in de duinen (foto: stichting Duinbehoud).

Voor drieëntwintig potentiële indicatorsoorten konden relaties gelegd worden met de bovenstaande ontwikkelingen in het landschap. Deze staan hieronder per soortgroep beschreven en in tabel 5.2 samengevat.

Hogere planten

Vermesting is nadelig voor bosrank en kuifhyacint, want dit zijn soorten van een voedselarm milieu. Daarentegen is het een positieve ontwikkeling voor kleine majer en klein kaasjeskruid. Vergrassing en verruiging van het duingebied is nadelig voor soorten van korte gesloten vegetaties. Dit zijn bijenorchis, bokkenorchis, paarse morgenster. Voor de ruigtesoort kruidvlier daarentegen zal de vergrassing en verruiging juist positief zijn voor de populatie. Blauw kweldergras, postelein, Noorse ganzerik en smal streepzaad zijn alle gebonden aan pioniervegetaties. Verdroging is voor de noordse rus, een soort indicatief voor een nat milieu, nadelig. Verzuuring is nadelig voor de bijenorchis, bokkenorchis, bosrank en kuifhyacint. Dit zijn allen soorten van een basisch milieu. Kraaihei en rankende helmbloem zijn echter soorten van een zuur milieu. Zij hebben vermoedelijk baat bij verzuuring.

Dagvlinders

Verdroging is nadelig voor het oranjetipje. Dit is een soort van vochtige heide, gras- en hooilanden. Vooral het wegvallen van het begrazingsbeheer en vermessing vanuit landbouwgebieden heeft ervoor gezorgd dat schrale duingraslanden te ruig zijn geworden zijn voor de aardbeivlinder en bruin blauwtje. Door de vergrassing en verruiging verdwijnen ook waardplanten voor het bruin blauwtje en oranjetipje of raken ze ongeschikt voor de eiafzet [INBO, 2006]. Daarentegen is deze ontwikkeling positief voor de ruigtesoorten grote vos en koninginpage. Tevens zijn de ontwikkelingen in bosbeheer relevant voor dagvlinders. Het bosbeheer is in de loop van de tijd veranderd, waardoor open lichtrijke bossen met mantel- en zoomvegetaties zijn verdwenen en loofbossen zijn vervangen door naaldhoutaanplantingen [NLBIF (datum onbekend)]. Dit is nadelig voor de grote vos, een soort van mantel- en zoombegroeiingen. Direct biotoopverlies (veranderend landgebruik, stedelijk en/ of agrarisch gebied, naaldhoutaanplantingen) was waarschijnlijk ook een belangrijke oorzaak van de achteruitgang van de aardbeivlinder en koninginpage [ETI 2006].

Libellen

Voor libellen is vooral de waterkwaliteit van hun voortplantingsbiotoop van belang. Sommige soorten hebben een duidelijke voorkeur voor het type water. Aan de hand van deze informatie is het effect van de milieuthema's bepaald. Vermesting en het verdwijnen van pioniervegetaties beïnvloeden de soorten het meest. Een lichte verrijking van het water (door menselijke ingrepen, voedselrijke kwel of bladafval) is gunstig voor de tengere pantserjuffer en kan in bepaalde gevallen dus als storingsindicator worden opgevat. Daarnaast heeft de tengere pantserjuffer een voorkeur voor verlandings- c.q. pioniervegetaties. Het hoofdverspreidingsgebied van de zadellibel bestaat uit voedselrijke wateren, vaak in pionierachtige situaties. De venwitsnuitlibel prefereert vrij zure en voedselarme wateren. De larven zijn gevoelig voor uitdroging. De zwervende pantserjuffer heeft een voorkeur voor voedselarme wateren. Volgens Jurzitza [2000] is de zwervende pantserjuffer mogelijk ook positief beïnvloed door de aandacht voor herstel van waterbiotopen in het duingebied.

Tabel 5.2 Potentiële indicatorsoorten waarvan populaties, en daarmee de ruimtelijke verspreiding van de soort, mogelijk positief (+) of negatief (-) zijn beïnvloed door andere landschappelijke ontwikkelingen.

	Vermesting	Verdroging	Verzuring	Direct biotoopverlies	Vergrassing/verruiging	Verdwijnen pioniervegetaties	Verdwijnen mantel- en zoombegroeiing
<i>Hogere planten</i>							
Blauw kweldergras			-		-		
Bokkenorchis			-		-		
Bosrank							-
Kleine majer	+						
Klein kaasjeskruid	+						
Kruidvlier					+		
Kuifhyacint	-		-				
Paarse morgenster					-		
Postelein						-	
Kraaihei			+		-		
Noordse rus		-					
Noorse ganzerik						-	
Rankende helmbloem			+				
Smal streepzaad						-	
<i>Dagvlinders</i>							
Aardbeivlinder				-	-		
Bruin blauwtje					-		
Grote vos							-
Koninginnepage				-			
Oranjetipje		-			-		
<i>Libellen</i>							
Bruine winterjuffer	-						
Tengere pantserjuffer	+	-				-	
Venwitsnuitlibel			+				
Zadellibel	+					-	
Zwervende heidelibel		-					
Zwervende pantserjuffer	-	-				-	

5.4.2 Barrièrewerking

In de vaste landsduinen zijn de duingebieden voornamelijk versnipperd geraakt door menselijke ingrepen. De grootste barrières zijn de Europoort bij Hoek van Holland, stedelijke bebouwing van Katwijk, Noordwijk, Den Haag, Scheveningen en Zandvoort en het Noordzeekanaal (figuur 5.5). Daarnaast is de Coepelduynen slechts een klein natuurgebied (198 ha) dat ligt ingeklemd tussen de steden Noordwijk en Katwijk. In de Amsterdamse Waterleidingduinen hebben veel ingrepen (o.a. infiltratiekanalen) plaatsgevonden ten behoeve van de drinkwaterwinning. Bovendien kunnen insecten en kleine fauna barrièrewerking ondervinden van verkeerswegen en spoorlijnen (bijvoorbeeld Haarlem-Zandvoort) [Grift *et al.* 2005].

Naast deze door menselijke ingrepen ontstane barrières zijn ook natuurlijke barrières aanwezig. Zo onderscheiden de Oude en *Jonge duinen* zich onder andere door verschillen in kalkrijkdom. In het Noord-Hollands duinreservaat komt deze scheiding tot uiting. De duinen ten noorden van Bergen (*Oude duinen*) zijn kalkarm en ten zuiden van Bergen kalkrijk (Jonge duinen). Daarnaast vormen de duinen tussen Den Helder en Callantsoog slechts een smalle duingordel. Het Zwanewater en de Pettemerduinen onderscheiden zich in klimaat van de rest van het duingebied [Knol 2006]. Door de luchtstroming vanaf zowel de Noordzee als het IJsselmeer is het gebied in de winter relatief warmer en in de zomer relatief koeler (een uitgesproken zeeklimaat) dan de rest van het duingebied.



Figuur 5.5 Ruimtelijke onderbrekingen in het duinlandschap die voor planten en dieren bij migratie barrières kunnen vormen. Van links naar rechts: Europoort (foto: Dekker (datum onbekend)), Noordzeekanaal nabij IJmuiden (foto: RWS 2006), stedelijke bebouwing van Noordwijk (foto: Hoogheemraadschap Rijnland 2004).

In tabel 5.3 staan de soorten die in de onderzoeksperiode nog niet in alle duingebieden zijn waargenomen. De verdwenen soorten zijn buiten beschouwing gelaten, omdat voor deze soorten ontsnipperingsmaatregelen waarschijnlijk te laat komen. Binnen de soortgroepen kan geen relatie tussen de mobiliteit van de soort en de mate van verspreiding over het duingebied gelegd worden.

Tabel 5.3 Voorkomen van indicatorsoorten in de duingebieden in de 20^e eeuw. De duingebieden zijn naar geografische ligging gesorteerd. Alleen de soorten die gedurende de hele onderzoeksperiode niet in alle duingebieden zijn waargenomen en niet uit het duingebied zijn verdwenen staan weergegeven.

Potentiële indicatorsoorten	Duingebieden van Zuid naar Noord										
	Voornes Duin	Solleveld	Westduinpark & Wapendal	Berkheide & Meijndel	Coepelduynen	Amsterdamse Waterleidingduinen	Zuid-Kennemerland zuid	Noord-Hollands duinreservaat	Schoorlse duinen	Zwanewater en Pettemerduinen	Duinen Den Helder – Callantssoog
<i>Hogere planten</i>											
Alpenbes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bijenorchis	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bokkenorchis	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bosrank	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dodemansvingers	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dwergbloem	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dwergvlas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Franse silene	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Grijze mosterd	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Klein kaasjeskruid	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kleine majer	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Korenbloem	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kraaihei	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kuifhyacint	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Noordse rus	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Noorse ganzerik	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Paarse morgenster	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Postelein	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Smal streepzaad	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trosglidkruid	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zeekool	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zeelathyrus	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zeevenkel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Vervolg tabel 5.3

Potentiële indicatorsoorten	Duingebieden van Zuid naar Noord										
	Voornes Duin	Solleveld	Westduinpark & Wapendal	Berkheide & Meijndel	Coepelduynen	Amsterdamse Waterleidingduinen	Zuid-Kennemerland zuid	Noord-Hollands duinreservaat	Schoolse duinen	Zwanewater en Petteerderduinen	Duinen Den Helder – Callantssoog
<i>Dagvlinders</i>											
Aardbeivlinder	■			■	■	■	■	■			■
Bont zandoogje	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■
Bruin blauwtje	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■
Gele luzernevlinder	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
<i>Koninginnepage</i>											
Landkaartje	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■
Oranje Luzernevlinder	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■
Oranjetipje	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
<i>Libellen</i>											
Bruine winterjuffer	■		■	■	■	■	■	■			
Noordse witsnuitlibel	■			■	■	■	■	■	■	■	■
Tengere pantserjuffer	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Venwitsnuitlibel				■	■	■	■	■	■	■	
Vuurlibel				■	■	■	■	■	■		
Zadellibel			■	■							
Zuidelijke glazenmaker	■	■	■	■	■				■		

Rankende helmbloem, gele hoornpapaver, grote keizerlibel, houtpantserjuffer, kleine roodoogjuffer, zwervende heidelibel en zwervende pantserjuffer zijn in alle duingebieden in één of meer onderzoeksperiode(n) waargenomen. De gele hoornpapaver heeft een beperkt verspreidingsvermogen, maar komt voor in de zeereep waar weinig barrièrewerking is. Van bovengenoemde soorten wordt aangenomen dat zij bij migratie geen barrières ondervinden. Elf soorten zijn niet in alle duingebieden waargenomen, maar wel in het meest zuidelijke en meest noordelijke duingebied. Deze soorten ondervinden daarom geen 'ontoegankelijke' barrières, maar de verspreiding is niet optimaal. Alle negen nieuwe soorten zijn (nog) niet in alle duingebieden waargenomen. Van deze soorten is het onduidelijk of dit komt omdat de soorten zich nog aan het uitbreiden zijn, of omdat zij bij de migratie daadwerkelijk barrières ondervinden. Van de nieuwkomers heeft paarse morgenster echter een zeer goed aan de wind aangepast verspreidingsmechanisme [Weeda *et al.* 2003] en hebben zeekool en zeelathyrus goede verspreidingsmogelijkheden via zeewater. Rond kaasjeskruid trekt veel bijen en andere insecten aan. Wanneer insectenbestuiving uitblijft, treedt zelfbestuiving op [Weeda *et al.* 2003]. Alleen grijze mosterd vertoont geen zaadverspreiding over lange afstanden. De drie nieuwe libellensoorten zijn mobiel tot uitstekend mobiel. Bokkenorchis, Franse silene, kleine majer, postelein, trosglidkruid, zeevenkel en de aardbeivlinder zijn geen nieuwe soorten in het duingebied maar worden (nog) niet ten noorden van het Noord-Hollands duinreservaat waargenomen. De natuurlijke scheiding in kalkrijkdom kan het verspreidingspatroon van de bokkenorchis en kleine majer verklaren, want dit zijn kalkminnende soorten. Het is aannemelijk dat het Noordzeekanaal een barrière voor de aardbeivlinder vormt, omdat dit een honkvaste soort is die afhankelijk is van een mozaïekstructuur op kleine schaal. De verspreiding van Franse silene is beperkt, omdat deze soort afhankelijk is van bestuiving door nachtvinders [Weeda *et al.* 2003]. Alleen voor deze insecten zijn de witte bloemen van Franse silene in de schemering goed zichtbaar. De warmteminner postelein komt niet boven 53° NB voor [Weeda *et al.* 2003]. Deze grens ligt echter ter hoogte van Texel. Het is daarom onduidelijk waarom postelein, terwijl het een goede verspreider is, (nog) niet ten noorden van het Noord-Hollands Duinreservaat is waargenomen. Trosglidkruid is voor de verspreiding afhankelijk van zoogdieren en (water)vogels. Het Noordzeekanaal vormt een barrière voor zoogdieren, waardoor de verspreiding van trosglidkruid van het Noord-Hollands Duinreservaat mogelijk ook wordt beperkt. Zeevenkel is van nature een plant van rotskusten en kan zich in Nederland alleen vestigen op onnatuurlijke stenige ondergrond, zoals de beschoeiing voor zeedijken. De soort heeft daarom weinig

vestigingsmogelijkheden in Nederland. Opmerkelijk is dat geen van de dagvlinders in het Zwanewater & Pettemerduinen zijn waargenomen. Dit kan komen door de afwijkende klimatologische omstandigheden in het gebied, de geïsoleerde ligging van het gebied of de beperkte aanwezigheid van de voor dagvlinders belangrijke open duinlandschappen.

Hoofdstuk 6

Discussie

6.1 Inleiding

Dit onderzoek is er in geslaagd veranderingen in de verspreiding van duinsoorten vast te stellen en te analyseren in het licht van zowel de huidige temperatuurstijging als andere ontwikkelingen in het landschap. Daarmee is het doel van het onderzoek bereikt, maar door de gehanteerde methode en complexiteit van klimaatverandering moeten de resultaten binnen de juiste kaders geïnterpreteerd worden. In dit hoofdstuk worden daarom de waarde van de methode en resultaten van dit onderzoek besproken. Er wordt niet ingegaan op de verspreiding van individuele soorten. Deze discussie heeft plaatsgevonden in hoofdstuk 5.

6.2 Onderzoek

6.2.1 Onderzoekstrategie

Zoals reeds aangegeven in de inleiding is er relatief veel onderzoek verricht naar veranderende verspreidingsarealen van soorten in Noord-West Europa. Dergelijke effectgerichte onderzoeken richtten zich op hele soortgroepen of een specifieke soort. Er waren tot op heden geen praktische analyses op duinecosysteemniveau, voor meerdere soortgroepen tegelijk, bekend. In vergelijking met verschillende andere publicaties [Herk *et al.* 2002; INBO 2006; NIBI 2005Roos *et al.* 2004] zijn in dit onderzoek duidelijke en transparante criteria (ligging areaalgrenzen, herkomst, temperatuurgevoeligheid) gehanteerd voor de bepaling van potentiële indicatorsoorten en deze soorten zijn vervolgens getoetst met behulp van expert knowledge. De soorten zijn verder op gedetailleerd niveau uitgewerkt naar verspreidingspatroon, habitateisen en soortkenmerken. Het beeld van de effecten van klimaatverandering op de verspreiding van planten en diersoorten dat uit dit onderzoek naar voren is gekomen, kan niet direct worden vertaald naar andere landschapstypen in Nederland. Het duinecosysteem is één van de meest dynamische landschapstypen in Nederland en planten en dieren van dynamische milieus kunnen klimaatverandering beter opvangen dan soorten van stabiele milieus.

Dit onderzoek gaat ervan uit dat migratie bij klimaatverandering gefaciliteerd moet worden, zodat de huidige natuurwaarden (biodiversiteit) zoveel mogelijk worden behouden. De vraag is echter in hoeverre men moet streven naar deze strategie of juist moeten accepteren dat de biodiversiteit door klimaatverandering verandert. Uit de discussies die op de LNV Klimaat Adaptatiedag¹ (14/06/2006) werden gevoerd, kwam naar voren dat ook beleidsmakers met deze vraag worstelen. Er zijn ook argumenten die kunnen pleiten tegen het verbinden van leefgebieden. Zo kunnen verbindingen de verspreiding van virus- en dierziekten, plaagsoorten of vuur faciliteren. Doel

¹ Deze dag werd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit georganiseerd. Doel van deze dag was de visie op de taak van de overheid om Nederland klimaatbestendig te maken, met betrokkenen (kennisinstellingen, belangenorganisaties en beleidsmakers) uit te diepen. Daarbij stond de vraag centraal hoe (het gebruik van) de groene ruimte zich moet en kan aanpassen aan klimaatverandering.

van ontsnipperen is vaak het bevorderen van de migratie van dieren (en planten) door stedelijk en landbouwgebied. Dit brengt verhoogde verkeersveiligheidsrisico's en risico's op landbouwschade met zich mee.

6.2.2 Onderzoekmethode

De verspreiding van de soorten is voornamelijk gebaseerd op verspreidingskaarten in atlassen. Deze verspreidingskaarten zijn op grote schaal, zodat het aflezen van het voorkomen van soorten in de betreffende relatief kleine duingebieden, zoals Westduinpark & Wapenveld, Solleveld, Coepelduynen en de Duinen tussen Den Helder en Callantsoog, aan nauwkeurigheid te wensen over laat. Voor het Zwanewater en Pettemerduinen kwamen de data uit het interview met de terreinbeheerder bijvoorbeeld niet overeen met verspreidingsgegevens op basis van de atlassen. In dit geval zijn voor de analyse de gegevens uit de interviews gebruikt.

Echter, de grove analyse die in dit onderzoek is uitgevoerd laat zien dat het mogelijk is veranderingen in verspreiding op een relatief kleine schaal (± 150 km lengte) vast te stellen. Dit komt mede door de tijdsperiode waarover waarnemingsdata zijn gebruikt (85-100 jaar) en de omvang van de areaalverschuivingen die als gevolg van de temperatuurstijging kon worden verwacht (ongeveer 100 km). Hieruit blijkt dat de gehanteerde methode een goede manier is om een eerste inzicht in de mogelijke veranderingen in verspreiding van planten en dieren op nationaal niveau te krijgen.

De kleine ruimtelijke schaal brengt ook beperkingen met zich mee. Er waren soorten die zich in het noorden van het onderzoeksgebied bevonden en een inkrimping in de verspreiding aan de zuidzijde van hun areaal lieten zien (bv dwergglas, noordse rus). Het is onduidelijk of die soorten zich verder naar het noorden (waddeneilanden) hebben kunnen verplaatsen of dat de Noordzee voor deze soorten een barrière vormde.

6.3 Resultaten

6.3.1 Soorten als indicator voor klimaatverandering

Uit de resultaten van dit onderzoek kan niet worden opgemaakt of de indicatorsoorten waarvan een areaalgrens in Nederland ligt (en/ of voor hogere planten oorspronkelijk uit Noord-Europa of het Middellandse zeegebied komen) betere indicatorsoorten zijn, dan soorten waarbij dit niet het geval is. De verspreidingspatronen van de 'zwaardere' indicatorsoorten laten naar verhouding niet vaker een verandering in verspreiding in noordelijke richting zien dan de andere indicatorsoorten. Ook heeft deze analyse geen of weinig inzicht gegeven in de relaties tussen mobiliteit, versnippering en het waargenomen verspreidingspatroon. Oorzaken hiervoor kunnen zijn de grofheid van de analyse en de schaal van het onderzoeksgebied. Met name het effect van versnippering op soorten kan per schaalniveau aanzienlijk verschillen [HNS 1996].

6.3.2 Metapopulatietheorie

De verspreiding van de indicatorsoorten in tijd en ruimte is vertaald naar vier mogelijke veranderingen in verspreidingsareaal van soorten, te weten: 1) uitbreiding richting het noorden, 2) uitbreiding richting het zuiden, 3) inkrimping aan de zuidzijde van het areaal en 4) inkrimping aan de noordzijde van het areaal. Het onderzoeksgebied is dus als een geïsoleerd gebied beschouwd, zodat alleen verandering 1 en 3 in verband gebracht kunnen worden met klimaatverandering. De opwarming van de aarde ontwikkelt zich immers in noordelijke richting. Vanuit de metapopulatietheorie kunnen echter al deze veranderingen in verspreiding in verband gebracht worden met klimaatverandering. Zo kan binnen het onderzoeksgebied een uitbreiding van het verspreidingsareaal van een soort in zuidelijke richting ook tot stand zijn gebracht door een populatie van dezelfde soort uit gebieden ten zuiden van het onderzoeksgebied. Ook populaties ten oosten van het onderzoeksgebied kunnen habitatplekken in het onderzoeksgebied koloniseren, zonder dat klimaat hier een rol in speelt.

Uit de resultaten lijkt op te maken dat er meer nieuwe (zuidelijke) soorten in het duingebied zijn gekomen dan dat er soorten uit het duingebied zijn verdwenen en dat er meer uitbreidingen dan inkrimpingen van arealen zijn vastgesteld. Een toenemende biodiversiteit is ook de trend op Europees niveau. Dit kan echter een tijdelijk effect zijn, omdat het verschijnen van nieuwe soorten sneller gaat dan het verdwijnen van soorten. Relictpopulaties kunnen lang in een gebied aanwezig blijven, terwijl ze niet meer effectief reproduceren.

De resultaten laten zien dat soorten zich niet continu in een gebied vinden. De purperorchis is bijvoorbeeld alleen in de periode 1950-1980 in het Voornes Duin waargenomen en postelein alleen in de periode 1920-1950 en tussen 1975 en nu. Dit ondersteunt het frekwenter voorkomen van lokale extinctie en kolonisatie bij metapopulaties.

6.3.3 Areaalverschuivingen

In literatuur zijn voor 16 van de 57 potentiële indicatorsoorten aanwijzingen te vinden die de resultaten van dit onderzoek ondersteunen (tabel 6.1). Alleen de verschuiving van het oranjetipje naar het noorden die in dit onderzoek is vastgesteld is tegenstrijdig met de verwachting van Roos *et al.* [2004]. Zij verwachten dat de soort zich niet uitbreidt door klimaatverandering. Maar uit dit onderzoek komt naar voren dat het oranjetipje ook door veel landschappelijke ontwikkelingen wordt beïnvloedt.

Tabel 6.1 Potentiële indicatorsoorten waarvan aanwijzingen van veranderingen in verspreiding gerelateerd aan klimaatverandering in de literatuur bekend zijn.

	Aanwijzing	Bron
<i>Hogere planten</i>		
Bijenorchis	Uitbreiding vastgesteld	Roos <i>et al.</i> 2004
Kraaihei	Afname verwacht	Roos <i>et al.</i> 2004
Zeekool	Uitbreiding vastgesteld	Roos <i>et al.</i> 2004
<i>Dagvlinders</i>		
Aardbeivlinder	Uitbreiding vastgesteld	Roos <i>et al.</i> 2004
Bont zandoogje	Uitbreiding noordwaarts vastgesteld	Parmesan <i>et al.</i> 1999
Koninginnepage	Uitbreiding noordwaarts vastgesteld	Roos <i>et al.</i> 2004
Landkaartje	Uitbreiding noordwaarts vastgesteld	Parmesan <i>et al.</i> 1999; Vlinderstichting (datum onbekend)
Oranjetipje	Uitbreiding noordwaarts vastgesteld	INBO 2006; Parmesan <i>et al.</i> 1999
Oranje luzernevlinder	Verwacht geen uitbreiding	Roos <i>et al.</i> 2004
	Vestiging vastgesteld	EIS 2005
<i>Libellen</i>		
Kleine roodoogjuffer	Positieve beïnvloeding door warme zomers	Jurzitza 2000
Tengere pantserjuffer	Voortplanting vastgesteld	Wasscher & van Velzen 1998
Vuurlibel	Vestiging en uitbreiding vastgesteld	Bos & Wasscher 2002; Dijkstra <i>et al.</i> 2002; Jurzitza 2000; Roos <i>et al.</i> 2004
Zadellibel	Vaker waargenomen, vaker voortplanting vastgesteld	Dijkstra <i>et al.</i> 2002; Jurzitza 2002; Roos <i>et al.</i> 2004; Wasscher & van Velzen 1998
Zuidelijke glazenmaker	Vaker waargenomen	Roos <i>et al.</i> 2004
Zwervende heidelibel	Vestiging en uitbreiding vastgesteld	Roos <i>et al.</i> 2004
Zwervende pantserjuffer	In warme zomers tijdelijke invasies waargenomen	Dijkstra <i>et al.</i> 2002

De verschuivingen die zijn vastgesteld lijken kleiner dan de verwachte verschuivingen van ong. 100 km per eeuw. De grootte van areaalverschuivingen bij niet-trekkende dagvlinders in Europa varieerde ook van 35 tot 240 km [Parmesan *et al.* 1999]. In Nederland is eerder sprake van vertragende dan versnellende effecten tussen de verschuiving van isothermen en de verschuiving van arealen. Het effect van versnippering speelt hierbij vermoedelijk een belangrijke rol. Ook kan concurrentie tussen soorten en de bandbreedte van de temperatuurgevoeligheid van soorten (dus de mate waarin soorten temperatuurveranderingen kunnen opvangen) de snelheid waarmee arealen opschuiven beïnvloeden.

De meeste veranderingen in verspreiding van de potentiële indicatorsoorten vonden plaats in noordelijke richting. Dit is in overeenstemming met het opschuiven van temperatuurgrenzen bij een temperatuurstijging. Slechts

vijf soorten laten alleen een verandering in zuidelijke richting zien die op basis van dit onderzoek verklaard konden worden door ecologische aspecten van de soort of andere landschappelijke ontwikkelingen. Parmesan *et al.* [1999] toonde ook een vergelijkbare verdeling tussen dagvlindersoorten die naar het noorden (63%) en zuiden (3%) zijn opgeschoven.

6.3.4 Invasieve soorten

Nieuwe soorten in een gebied kunnen problemen geven voor de inheemse flora en fauna. Overlast door dergelijke invasieve soorten kan zich op diverse niveaus manifesteren [NPB 2006]. Op ecologisch vlak kunnen ze zich sterk uitbreiden op hun nieuwe groeiplaats dat ze het uitsterven van inheemse soorten tot gevolg kunnen hebben. Ongebreideld voorkomen van agressieve soorten, bv. in het geval van verwilderde watersierplanten, kan problemen veroorzaken voor de waterrecreatie (visvangst, pleziervaart worden gehinderd), waterhuishouding (door hun massale voorkomen kan een dusdanige biomassa ontstaan zodat de afwatering in het gedrang kan komen). En sommige invasieve soorten vormen een bedreiging voor de volksgezondheid. De ervaring leert dat controle en poging tot verwijdering van dergelijke soorten een moeilijke en kostenintensieve klus is. In dergelijke situaties ontstaat dus een spanningsveld. Enerzijds zal men invasieve soorten willen weren om aanwezige natuurwaarden te behouden. Anderzijds is klimaatverandering een (deels) natuurlijk verschijnsel en vormt de invasie van nieuwe soorten daar een onderdeel van. Daarbij moeten de maatschappelijke belangen worden afgewogen. Het is niet bekend of onder de nieuwkomers die in dit onderzoek zijn vastgesteld zich invasieve soorten bevinden.

6.3.5 Versnippering

Versnippering lijkt voor de meeste soorten die in dit onderzoek zijn geanalyseerd geen groot probleem te vormen. Volgens Bergers & Kalkhoven [1996] ondervindt echter 71% van de dagvlinders effecten van versnippering. Zo zijn volgens Grift *et al.* [2005] de aardbeivlinder en het bruin blauwtje soorten die erg gevoelig zijn voor versnippering, maar komt dit alleen voor de aardbeivlinder uit dit onderzoek naar voren.

Hoofdstuk 7

Conclusies en aanbevelingen

7.1 Inleiding

Uit dit onderzoek is gebleken dat het mogelijk is veranderingen in verspreidingspatronen van soorten op basis van atlasgegevens en veldexpertise vast te stellen die (in zekere mate) in verband gebracht kunnen worden met de temperatuurstijging in de 20^e eeuw. In dit hoofdstuk staan de conclusies die aan de hand van de onderzoeksvraag, hypothesen en discussiepunten uit dit onderzoek getrokken kunnen worden.

7.2 Conclusies

Welke veranderingen in verspreiding hebben plaatsgevonden voor populaties van hogere planten, dagvlinders en libellen in het Nederlandse duinecosysteem, die in verband gebracht kunnen worden met klimaatverandering?

In dit onderzoek is vastgesteld dat er in de duinen planten- en diersoorten nieuw zijn, verdwenen zijn, of dat hun verspreidingsareaal is uitgebreid, ingekrompen of verschoven; en dat dit in meerdere of mindere mate in verband gebracht kan worden met klimaatverandering (tabel 7.1).

De veranderingen in verspreiding vonden voornamelijk in noordelijke richting plaats. De veranderingen van de verspreiding van enkele soorten in zuidelijke richting konden in verband worden gebracht met ecologische aspecten van de soort en/ of andere landschappelijke ontwikkelingen zoals vermesting, verdroging en verzuring. Daarom kan de hypothese dat warmteminnende mobiele en generalistische soorten een verandering in verspreiding in noordelijke richting laten zien, bevestigd worden. Het is echter niet zeker of de veranderingen in verspreiding door populaties binnen en/ of ten zuiden van het onderzoeksgebied tot stand zijn gebracht.

De veranderingen in verspreiding leken negatiever te zijn voor slecht mobiele en specialistische soorten dan voor goed mobiele en generalistische soorten. De resultaten ondersteunen hiermee de hypothese dat warmteminnende slecht mobiele en specialistische soorten een inkrimping in verspreidingspatroon en/ of afname van populatiegrootte laten zien, maar waren te summier om de hypothese te kunnen bevestigen.

Tabel 7.1 Overzicht van de ontwikkelingen in de verspreiding van de potentiële klimaatindicatorsoorten in dit onderzoek en de relatie met de stijging van de temperatuur:

groen¹ = waarschijnlijk een klimaateffect (temperatuurstijging) waarneembaar;

blauw² = naast klimaatverandering speelden waarschijnlijk ook andere landschappelijke ontwikkelingen een rol bij de verspreiding;

rood³ = klimaatverandering heeft waarschijnlijk geen effect gehad op de verspreiding;

zwart⁴ = het klimaateffect is onzeker.

Vetgedrukte⁵ soorten wogen zwaarder als potentiële klimaatindicator.

	Nieuw	Verdwenen	Verandering in Noordelijke richting	Verandering in Zuidelijke richting	Verandering in beide richtingen	Onveranderde verspreiding
Hogere planten	Dodemansvingers ¹	Blauw	Bijenorchis ⁴	Kraaihei ²	Alpenbes ^{4,5}	Klein
	Grijze mosterd ^{1,5}	kweldergras ²	Bokkenorchis ^{2,5}	Noorse ganzerik ³	Bosrank ^{2,5}	kaasjeskruid ^{3,5}
	Rond kaasjeskruid ¹	Kruidvlier ³	Dwergvlas ¹		Rankende	
	Zeekool ¹		Franse silene ^{1,5}		helmbloem ²	
	Zeelathyrus ¹		Kleine majer ^{2,5}		Smal streepzaad ³	
			Korenbloem ¹		Trosglidkruid ¹	
			Kuifhyacint ^{1,5}			
			Noordse rus ²			
			Paarse morgenster ⁴			
			Postelein ²			
		Zeevenkel ¹				
Dagvlinders		Grote vos ²	Aardbeivlinder ²	Oranje luzernevlinder ³		Bruin blauwtje ³
			Bont zandoogje ¹			
			Koninginnepage ^{1,5}			
			Landkaartje ¹			
			Oranjetipje ²			
Libellen	Bruine winterjuffer ⁴	Noordse winterjuffer ¹	Zwervende heidelibel ²	Venwitsnuitlibel ²	Grote keizerlibel ¹	
	Zadellibel ⁴			Zwervende pantserjuffer ³	Houtpantserjuffer ¹	
	Zuidelijke glazenmaker ¹					

7.3 Aanbevelingen

Ten aanzien van ontsnippering, aanpassing van beleid en verder onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen voor de toekomst worden gedaan.

Ontsnippen

Voor dagvlinders zijn droge bermen, oevers en houtwallen of singels de meest effectieve voorzieningen in het kader van ontsnippen [Bergers & Kalkhoven 1996]. Afhankelijk van de mobiliteit en generatieduur van soorten, kunnen dergelijke voorzieningen dagvlinders voedsel of voortplantingsbiotoop bieden. Libellen kunnen grote afstanden afleggen, maar ter versterking van populaties zijn kleine droogvallende poelen voor de eiafzet van belang. Het belang van dergelijke voorzieningen neemt toe door de verdroging in het landschap die door klimaatverandering toeneemt.

Aanpassing van het natuurbeleid

Juridisch beschermde natuurgebieden worden aangewezen op basis van de huidige aanwezige natuurwaarden. Onder invloed van klimaatverandering ontstaan echter verschuivingen binnen ecosystemen. Het is van belang in het natuurbeleid hier rekening mee te houden. Pernetta *et al.* [1994] en Markham *et al.* [1993] beschrijven in dit verband enkele beheersstrategieën die voor het Nederlandse duinecosysteem mogelijkheden bieden.

- Wijs *bufferzones* rond beschermde natuurgebieden aan en ontwikkel voor deze zones flexibele zoneringsvoorschriften, zodat aanpassing van landgebruik en landruil mogelijk is wanneer de omstandigheden in

de toekomst veranderen. Bovendien beperkt de bufferzone de externe invloeden op het beschermde natuurgebied (zie volgend punt).

- Reguleer of beperk extra stressfactoren van buiten het systeem, zoals verdroging, vermesting, verzuring, maar ook ziekten, plagen en exoten, juridisch of fysiek (bijvoorbeeld: bufferzones). Dit leidt anders tot additionele stress op de populaties die onder druk staan van klimaatverandering. Als de overige condities optimaal zijn, is de voortplanting waarschijnlijk ook succesvoller en kan het systeem ook klimaatveranderingen en –extremen beter opvangen.
- Benut juridisch onbeschermde natuur, zoals tuinen, parken, agrarisch cultuurlandschap, bermen e.d. bij de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden. Deze (tijdelijke) natuur kan als een belangrijke stepping stone voor migrerende soorten functioneren of tijdelijk leefgebied voor soorten bieden. In het laatste geval wordt de natuurlijke veerkracht van de metapopulatie versterkt.
- Stuur natuurbeheer en –ontwikkeling op condities en dynamische processen, zodat meer gradiënten/ diversiteit in een gebied ontstaat. Planten en dieren krijgen hierdoor meer mogelijkheden bij veranderende milieuomstandigheden naar andere delen van het natuurgebied uit te wijken.

Aanpassing van het ruimtelijk beleid

Nederland 'klimaatbestendig' maken vergt veel ruimtegebruik, met name wat betreft de wateropgave die er voor Nederland ligt. De toename van grilligheid van het klimaat (meer natte winters en droge zomers) vraagt om het bergen van neerslag in de winter om zo de tekorten in de zomer aan te kunnen vullen. Dit is vooral nodig om de landbouwproductie in stand te kunnen houden. De ruimte die hiervoor nodig is, biedt kansen voor natuur. Dergelijke gebieden kunnen zo ingericht worden dat het stepping stones of tijdelijke leefgebieden zijn voor (migrerende) soorten. Ditzelfde geldt voor de nodige aanpassingen en uitbreiding van onze kustverdediging om de veiligheid tegen zeespiegelstijging te waarborgen. Deze win-winsituatie (de noodzaak van waterberging combineren met kansen voor natuur) wordt onderschreven door beleidsmakers (LNV Klimaat Adaptatiedag, zie pag. 35).

Nieuw geplande ingrepen in het landschap moeten worden getoetst aan de Watertoets (WB 21^e eeuw) en er moet een Milieu Effect Rapportage uitgevoerd worden. Het verdient aanbeveling ook klimaat in deze beleidsmiddelen op te nemen. Hierdoor worden bij nieuwe ingrepen de gevolgen voor de klimaatbestendigheid van het gebied waar de ingreep is gepland inzichtelijk en kan zo mogelijk de ingreep aangepast worden.

Verder onderzoek

Dit onderzoek toont aan dat relaties tussen veranderende verspreidingspatronen en temperatuurstijging waarschijnlijk waarneembaar zijn. Een eerste onderzoek naar de aanwezige inventarisatiegegevens van flora en fauna in Nederland liet zien dat van een aantal soortgroepen (hogere planten en insecten) vrij gedetailleerde (kilometerhok) verspreidingsgegevens vanaf 1985 tot nu beschikbaar zijn. Een diepte-onderzoek op basis van deze data laat naar verwachting betere en meer nauwkeurige relaties tussen de verspreiding van soorten en temperatuurstijging zien. Met name niet vliegende insecten (bijvoorbeeld bepaalde loopkeversoorten) zijn gevoelig voor versnippering en daarom interessant voor een dergelijke gedetailleerde analyse. Het is van belang ook datasets uit naburige landen (Noord-Frankrijk, België en Denemarken) in de analyse te betrekken, zodat de effecten van versnippering op de verspreiding van soorten beter zichtbaar wordt.

Begrippenlijst

Areaal	Het mondiale gebied waar een soort voorkomt.
Areaalgrens	De denkbeeldige lijn om de buitenste plekken waar een soort wordt waargenomen [Bink 1992]
Barrière	Elk object dat de verplaatsing van een individu van de ene naar een andere plek beperkt [INBO 2001]
Bufferzone	Een zone tussen een te beschermen gebied en het gebied waar de bedreiging vanuit gaat met als doel het beperken van negatieve invloeden van buiten [Unie van Bosgroepen datum onbekend]
Dispersie	De eenmalige, ongerichte bewegingen van meestal jonge individuen (kunnen ook zaden, eieren of sporen zijn) naar een (mogelijke) vestigingsplaats [Opdam & Klijn 2003]
Doelsoort	Een soort die in het natuurbeleid met prioriteit aandacht krijgt vanwege de beperkte aanwezigheid en/ of negatieve trend op internationaal en/ of nationaal niveau [Bal <i>et al.</i> 1995]
Duurzame populatie	Wanneer de kans op voortbestaan gedurende 100 jaar onder bepaalde milieuocondities 95% is [Leeuwen & Opdam 2003]
Ellenberg-waarde	Rangorde getal dat de incidiatiewaarde van een plantensoort ten aanzien van een ecologische factor (bv stikstofrijkdom, kalkrijkdom) weerspiegelt [Inbo 2001]
Endemisch	Een endemische soort is een soort die bijna of helemaal nergens anders voorkomt dan in een bepaald klein gebied.
Fenologie	Jaarlijks terugkerende verschijnselen in de natuur, zoals het moment van bloei, bladontplooiing en bladval, de start van de vogeltrek en het verschijnen van vlinders of andere insecten [Vliet 2001]
Habitat	Het soortspecifieke complex van biotische en abiotische milieuocondities (synoniem voor biotoop) [Grift <i>et al.</i> 2005]
Invasie	Plotselinge, grootschalige verplaatsing van individuen, waardoor een soort in bovengemiddelde aantallen in een gebied verschijnt [Dijkstra <i>et al.</i> 2002]
Jonge duinen	Duinen gevormd tussen 1000 en 1600 na Chr. [EUCC 2006]
Mineralisatie	Het proces waarbij organische verbindingen in of op de bodem door micro-organismen worden omgezet in de minerale (anorganische) verbindingen [INBO 2001]
Natuurdoeltype	Een omschrijving van de gewenste natuurkwaliteit op basis van beeld, ecologie, voorkomende doelsoorten, habitattypen, beheer en medegebruik [Bal <i>et al.</i> 1995]
Oude duinen	Strandwallen met daarop duinen gevormd in de periode tussen 5000 en 3000 jaar geleden [EUCC 2006]

Populatie	Groep van organismen van dezelfde soort die samen voorkomen in een bepaald gebied [INBO 2001]
Relictpopulatie	Een gemeenschap van een soort die bijna uitgestorven is en soms gekenmerkt wordt door een versnipperde verspreiding over een geografisch gebied
Speciale Beschermingszone	Gebieden worden onder de Habitatrichtlijn aangewezen als Speciale Beschermingszone, als het een natuurlijk habitatype is. Dit zijn habitats die gevaar lopen te verdwijnen in hun natuurlijke verspreidingsgebied, habitats die een beperkt verspreidingsgebied hebben door hun achteruitgang en habitats die een beperkt verspreidingsgebied hebben door de intrinsieke waarde; en/ of er een duurzame populatie van een soort voorkomt die op Europees niveau bedreigd, kwetsbaar, zeldzaam en/ of <i>endemisch</i> is. De Europese Unie heeft een lijst van deze habitatsoorten opgesteld. [LNV 2005]
Territorium	Een tegen soortgenoten verdedigd leefgebied, hetzij door een individu, hetzij door een sociale groep. Het gebied waarbinnen een individu zijn dagelijkse activiteiten uitoefent zoals slapen, voedsel zoeken en jongen voeden.
Verdroging	Vermindering van de specifieke waterinhoud van een watervoerende laag en van de bodem door menselijke beïnvloeding [INBO 2001]
Vermesting	Het voedselrijker worden van het milieu, waardoor de ecologische processen en de natuurlijke kringlopen verstoord worden [INBO 2001]
Verzuring	De verhoging van de concentratie waterstofionen in bodem en water als natuurlijk proces of als gevolg van atmosferische deposities van zwavel- en stikstofverbindingen (zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak) of van veranderingen in de hydrologie of in de vegetatie [INBO 2001]

Literatuurlijst

Anonymous (datum onbekend)

Kaart Nederland. <http://www.cs.uu.nl/people/jeroen/kaart/kaartgrpr.html>. Sept. 2006.

Aspinall R. & K. Matthews (1994)

Climate change impact on distribution and abundance of wildlife species: an analytical approach using GIS. Environmental Pollution: 217-223.

Bakker T.W.M., J.A. Klijn, F.J. van Zadelhoff & C. ten Haaf (1979)

Duinen en duinvalleien: een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied. Nederlandse organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO.

Bal D., H.M. Beije, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen & P.J. van der Reest (1995)

Handboek natuurdoeltypen in Nederland. IKC Natuurbeheer. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Wageningen.

Bennet A.F. (1999)

Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN The World Conservation Union. United Kingdom.

Bergers P.J.M. & J.T.R. Kalkhoven (1997)

Versnippering van de natuur in Nederland. De aard en omvang van het probleem; de weg naar de oplossing. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. Wageningen. IN: Dorp D. van, K.J. Canters, J.T.R. Kalkhoven & P. Laan. (1999) Landschapsecologie. Natuur en landschap in een veranderende samenleving. Amsterdam.

Bink F.A. (1992)

Ecologische atlas van de dagvlinders van Noordwest-Europa. Haarlem.

Bos F. & M. Wasscher (2002)

Veldgids libellen. 3^e druk. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging KNNV. Utrecht.

Bosch J.W., S. Slabbers, J.M.F. Ulijn & P. Verhoeff (1995)

Toekomstverkenning, het landschap van de kustzone. Rapport IKC natuurbeheer. Studiereeks Bouwen aan Levend Landschap nr. 31, Wageningen.

Boxel J. van (2002)

Het klimaat verandert. En de duinen? Duin Themanummer Duurzaam Waterbeheer. 25^e jaargang no.4.

Bridgewater P. & S.J. Woodin (1990)

Global warming and nature conservation. Land Use Policy 7:165-168.

Buuren S. van (2004)

Opbouw duinlandschap. Stichting Deltawerken online. <http://www.deltawerken.com/Het-duinlandschap/36.html>.
Sept. 2006

CBS (2006)

Indexen dagvlinders. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/start.asp?LA=nl&DM=SLNL&lp=Search%2FSearch>. Aug. 2006.
Centraal Bureau voor de Statistiek.

Chen D., H.W. Hunt & J.A. Morgan (1996)

Responses of a C3 and C4 perennial grass to CO₂ enrichment and climate change: comparison between model predictions and experimental data. Ecological Modelling 87:11-27.

Davis M.B. (1989)

Lags in vegetation response to greenhouse warming. Climatic Change, 15, 75–82. IN: Malcolm J.R., A. Markham, R.P. Neilson & M. Garaci (2002). Estimated migration rates under scenarios of global climate change. Journal of Biogeography 29(7):835-850.

Dekker H.A. (datum onbekend)

Europoort600. <http://home.hccnet.nl/h.a.dekker/europoort.htm>. Sept. 2006

Dijkstra K.B., V.J. Kalkman, R. Ketelaar, M.J.T. van der Weide (red.) (2002)

De Nederlandse libellen. Nederlandse fauna 4. Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie, Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie, Jeugdbond voor Natuur- en Milieustudie, European Invertebrate Survey-Nederland.

Dorp D. van (red.) (1999)

Landschapsecologie: natuur en landschap in een veranderende samenleving. Amsterdam.

Dumortier M., L. de Bruyn, J. Peymen, A. Schneiders, T. van Daele, G. Weyemberh, D. van Straaten & E. Kuijken (2003)

Natuurrapport 2003. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud nr. 21. Brussel. http://www.inbo.be/content/page.asp?pid=BEL_NARA-NARA2003pdf-startpag.

Eggenkamp-Rotteveel Mansveld M., T. Schadenberg-Passchier & L. van Breukelen (1999)

Verslag dagvlindermonitoring 1998. KNNV Dagvlinderwerkgroep Zuid-Kennemerland.

Eggenkamp-Rotteveel Mansveld M., T. Schadenberg-Passchier, L. van Breukelen & J. Mourik (2001a)

Verslag dagvlindermonitoring 2000. KNNV Dagvlinderwerkgroep Zuid-Kennemerland.

Eggenkamp-Rotteveel Mansveld M., T. Schadenberg-Passchier, L. van Breukelen & J. Mourik (2001b)

Verslag dagvlindermonitoring 2001. KNNV Dagvlinderwerkgroep Zuid-Kennemerland.

EIS-Nederland (2005)

Waarnemingenverslag dagvlinders, libellen en sprinkhanen. European Invertebrate Survey Nederland i.s.m. De Vlinderstichting en Nederlandse Vereniging voor Libellenstudie.

ETI (2006)

SoortenBank. Dieren, planten en paddestoelen in Nederland. <http://www.soortenbank.nl/>. Juli 2006. ETI Bioinformatics.

EUCC (2006)

Natuur – Landschappen. Jonge duinen. Kustgids.nl. http://www.kustgids.nl/jonge_duinen/fr_index.html?jonge_duinen/main.html. Sept. 2006.

Foppen R., C.J.F. Ter Braak, J. Verboom, R. Reijnen (1999)

Dutch Sedge warblers (*Acrocephalus schoenobaenus*) and West African rainfall: empirical data and simulation modelling show low population resilience in fragmented marshlands. *Ardea* 87:113-127. IN: Opdam P. & Klijn (2003). *Klimaatverandering in de 21^e eeuw: consequenties voor het natuurbeleid*. Alterra Research Instituut voor de groene ruimte. Wageningen. Alterra-rapport 813.

Fulu T. (2005)

Perspective on water resources in China: interactions between climate change and soil degradation. *Climatic Change* 68(1/2):169-197.

Geijskens D.C. & J. van Tol (1983)

Libellen van Nederland: (Odonata). Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging KNNV. Utrecht.

Geologisch

Kaart Nederland contouren. <http://www.geologisch.nl/>. Sept. 2006.

Grift E.A. van der, G.W.T.A. Groot Bruinderink & M. Goossen (2005)

Ontsnippering Zuid-Kennemerland. Nut en noodzaak van faunapassages bij de Zandvoortselaan, spoorlijn Haarlem-Zandvoort en Zeeweg. Alterra-rapport 1198.

Hoogheemraadschap Rijnland (2004)

Waterkeringsbeheerplan. <http://www.rijnland.net/asp/get.asp?ltmltd=00004158&Posltd=00003002&Varltd=0000000> 1. Sept. 2006.

INBO (2001)

Natuurrapport 2001. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Instituut voor Natuurbehoud. http://www.inbo.be/content/page.asp?pid=BEL_NARA-NARA2001pdf-startpag. Sept. 2006.

INBO (2006)

Indicatorset klimaatveranderingen. Indicator: trend Zuid-Europese libellensoorten. <http://www.natuurindicatoren.be/>. Juli 2006. Instituut voor natuur- en bosonderzoek

Dumortier M, L. de Bruyn, J. Peymen, A. Schneiders, T. van Daele, G. Weyemberh, D. van Straaten & E. Kuijken (2003)

Natuurrapport 2003. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud nr. 21. Brussel.

IPCC (2001)

Third Assessment Report on Climate Change. Scientific-technical analysis. Cambridge University Press. Cambridge. Intergovernmental Panel on Climate Change

Janssen M.P.J.M. & A.H.P.M. Salman (1992)

Duinen voor de wind. Een toekomstvisie op het gebruik en beheer van de Nederlandse duinen. Stichting Duinbehoud.

Jurzitza G. (2000)

Libellengids. Soorten van West- en Zuid-Europa. Baarn.

Herk C.M. van, A. Aptroot & H.F. van Dobben (2002)

Long term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. Lichenologist 34:141-154.

Hurk B. van den, A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger en S. Drijfhout (2006)

KNMI Climate change scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01.

Hustings F., C. Borggreve, C. van Turnhout & J. Thissen (2004)

Basisrapport voor de Rode Lijst vogels volgens Nederlandse en IUCN-criteria. SOVON Vogelonderzoek Nederland.

KNAW (2005)

Berichten aan de pers. Vogelevolutie te traag voor aanpassing aan veranderend klimaat. http://www.knaw.nl/cfdata/nieuws/nieuws_detail.cfm?nieuws__id=372. Juli 2006. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.

Knol L. (2006)

Terreinopzichter. Natuurmonumenten. Schriftelijke mededeling. Mei 2006.

Libellenwerkgroep Fryslan (datum onbekend)

De Hynstebiter. <http://www.hynstebiter.nl/>. Aug. 2006.

Leeuwen B.H. van & P.F.M. Opdam (2003)

Klimaatverandering vergt aanpassing van het natuurbeleid. De Levende Natuur 104(3):122-124.

LNV (datum onbekenda)

Zeekust- en landduinen. <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/hoofdpagina.aspx?subj=habtypen&groep=2>. Juli 2006. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

LNV (datum onbekendb)

Database soorten in wetgeving en beleid. <http://www2.minInv.nl/thema/groen/ffwet/soorten/intro.htm>. Sept. 2006.

LNV (2005)

Natuurbescherming in Nederland. Brochure. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

LNV (2006)

Rode Lijsten. <http://www2.minInv.nl/cgi-bin/database/query.pl?config=/thema/groen/ffwet/soorten&snp=toon-regelgeving-kort&wet.wet=Rode+lijst>. Juli 2006. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Manger R. (1999)

Libellen in de duinen van de Noordkop. KNNV. Den Helder.

Mennema J. (red.) (1980-1989)

Atlas van de Nederlandse flora. I: Uitgestorven en zeldzame planten (1980). II: Zeldzame en vrij zeldzame planten (1985). III: Minder zeldzame en algemene soorten (1989). Amsterdam.

Menzel A. & P. Fabian (1999)

Growing season extended in Europe. Nature 397, p. 695.

MNP (2005)

Effecten van klimaatverandering in Nederland. MNP-rapportnummer: 773001034. Milieu en Natuur Planbureau.

MNP (2006)

Beschrijving duinen. Natuur in cijfers. Natuurcompendium. <http://www.mnp.nl/mnc/i-nl-1121.html>. Maart 2006. Milieu- en Natuurplanbureau.

Moilanen A. & I. Hanski (1998)

Metapopulation dynamics: effects of habitat quality and landscape structure. Ecology 79(7):2503-2516.

Mourik J., P. Kan, M. Eggenkamp-Rotteveel Mansveld & T. Schadenberg (1995)

Voorlopige atlas van de dagvlinders van Zuid-Kennemerland. KNNV Dagvlinderwerkgroep Zuid-Kennemerland. Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

Mourik J. (2006)

Ecoloog. Waternet. Schriftelijke mededeling. Mei 2006.

Mostert K. & G. van Geest (1993)

Dagvlinders in de duinstreek tussen Hoek van Holland en Den Haag.

Nagelkerke K. & R. Alkemade (2003)

Het modelleren van areaalsverschuivingen als gevolg van klimaatsverandering. De Levende Natuur 104:114-118

NIBI (2005)

Verschuivingen van areaalgrenzen van insecten onder invloed van een veranderend klimaat. Kennislink. <http://www.kennislink.nl/web/show?id=97675>. Juli 2006. Nederlands Instituut voor Biologie.

Nicholson S.E. (1989)

Land surface atmosphere interaction: physical processes and surface changes and their impacts. *Processes in Physical Geography* 12:36-65.

NLBIF (datum onbekend)

Dagvlinders. <http://nlbif.eti.uva.nl/bis/vlinders.php>. Juli 2006. Netherlands Biodiversity Information Facility.

NPB (2006)

Invasieve planten. Nationale plantentuin van België. http://www.br.fgov.be/PUBLIC/GENERAL/EDUCATION/EDUCATIONNL/infoblad_invasieve_planten.html. Sept. 2006.

Oene H. van, F. Berendse, J.R.M. Alkemade, M. Bakkenes, F. Ihle & C.G.F. de Kovel (1999)

Assessment of long-term effects of climate change on biodiversity and vulnerability of terrestrial ecosystems. Report no.: 410 200 032. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change.

Oene H. van, W.N. Ellis, M.M.P.D. Heijmans, D. Mauquoy, W.L.M. Tamis, A.J.H. van Vliet, F. Berendse. B. van Geel, R. van der Meijden & S.A. Ulenberg (2001)

Long-term effects of climate change on biodiversity and ecosystem processes. Report no.: 410 200 089. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change.

Oene H. van & F. Berendse (2001)

Predicting responses of ecosystem processes to climate change and nitrogen deposition. IN: Oene *et al.* Long-term effects of climate change on biodiversity and ecosystem processes. Report no: 410 200 089. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change.

Opdam P. (1987)

De metapopulatie: model van een populatie in een versnipperd landschap. *Landschap* 4(4):289.

Opdam P. & R. Hengeveld (1990)

Effecten op planten- en dierpopulaties. IN: RMNO. De versnippering van het Nederlandse landschap: onderzoeksprogrammering vanuit zes disciplineaire benaderingen. Publikatie RMNO nr. 45. Raad voor het Milieu- en Natuuronderzoek.

Opdam P. & J. Klijn (2003)

Klimaatverandering in de 21e eeuw: consequenties voor het natuurbeleid. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de groene ruimte. Alterra-rapport 813.

Opdam P. & D. Wascher (2004)

Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation* 117(3):285-297.

Parmesan C., N. Ryrholm, C. Stefanescu, J.K. Hill, C.D. Thomas, H. Descimon, B. Huntley, L. Kaila, J. Kullberg, T. Tammaru, J. Tennant, J.A. Thomas & M.S. Warren (1999)

Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399:579-583.

Petchy O.L., P.T. McPhearson, T.M. Casey & P.J. Morin (1999)

Environmental warming alters food web structure and ecosystem functioning. *Nature* 402:96-72.

RIKZ (2006)

Leidraad kustherstel, kustduinen. <http://www.ecologisch-herstel.nl/onderwerpen/ecosystemen/kustduinen/>. Maart 2006. Rijksinstituut voor Kust en Zee.

RIVM (1999)

Natuurbalans 1999. Alphen aan de Rijn

Rooney T.P., A.T. Smith & L.E. Hurd (1996)

Global warming and the regional persistence of a temperate-zone insect (*Tenodera sinensis*). *American Midland Naturalist* 136(1):84-93.

Roos R., S. Woudenberg, G. Dorren, E. Brunner & R. den Hollander (red.) (2004)

Opgewarmd Nederland. I.s.m. Stichting NatuurMedia en Stichting Natuur en Milieu.

RWS (2006)

Beeldbank VenW. Rijkswaterstaat. <https://www.rijkswaterstaat.nl/apps/beeldbankvenw/>. Sept. 2006.

Stichting Duinbehoud (jaar onbekend)

Vlinders. <http://www.natuurinformatie.nl/ndb.mcp/natuurdatabase.nl/i000371.html>. Maart 2006.

Swaay C. van & D. Groenendijk (2004)

Vlinders en libellen onder de meetlat: jaarverslag 2003. Rapportnr. VS2004.011. De Vlinderstichting. Centraal Bureau voor de Statistiek

Tamis W.L.M. (2005)

Changes in the flora of the Netherlands in the 20th century. *Gorteria*. Supplement 6.

Tax M.H. (1989)

Atlas van de Nederlandse dagvlinders. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland.

Velzen J.W. van (2000)

Waarnemingenoverzicht 1999. KNNV-Libellenwerkgroep Zuid-Kennemerland. Haarlem.

Vertegaal C.T.M. (red) (2000)

Beheersplan Berkheide, Meijendel, Solleveld 2000-2009. Duinwaterbedrijf Zuid-Holland. Staatsbosbeheer.

Vliet J. van (2006)

Medewerker beleid en ecologie Stichting Duinbehoud. Mondelinge mededelingen. Maart – Sept. 2006.

Vlinderstichting (datum onbekend)

Vlindernet. <http://www.vlinderstichting.nl/index.asp?CatID=10&SubCatID=161>. Aug. 2006.

Walther G., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T.J.C. Beebee, J. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg & F. Bairlein (2002)

Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416:389-395.

Wasscher M.Th. & J.W. van Velzen (1998)

Voorlopige atlas van de libellen in de Amsterdamse Waterleidingduinen. Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

Weeda E.J., R. Westra, CH. Westra & T. Westra (2003)

Nederlandse oecologische flora wilde planten en hun relaties. Deel 1-5. 3^e druk. Hilversum. KNNV uitgeverij. IVN Vereniging voor Natuur- en Milieueducatie.

Wijker A. (2001)

Libellenatlas Noord-Hollands Duinreservaat. PWN.

Woodward F.I. (1987)

Climate and plant distribution. Cambridge university press. Cambridge.

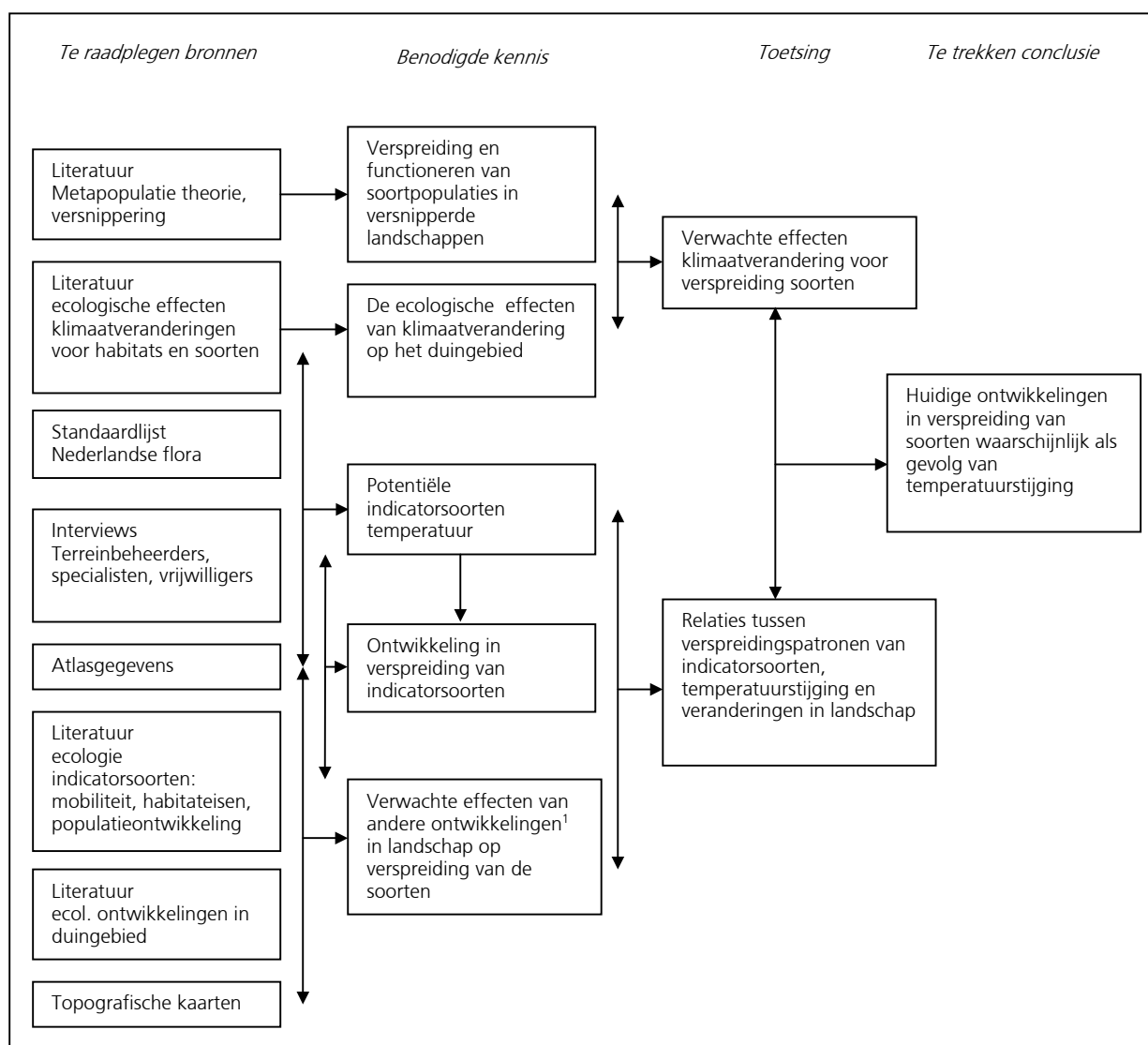
WUR (2006)

Natuurkalender. Veranderingen in areaal. <http://www.natuurkalender.nl/>. Juli 2006. Wageningen Universiteit en Researchcentrum

Bijlagen

Bijlage 1

Onderzoeksmodel



¹) effecten van milieuthema's als vermessing, verdroging, verzuring en versnippering op habitats.

Bijlagen

Bijlage 2

Interviews met vertegenwoordigers van terreinbeherende organisaties

Naam	Functie	Organisatie	Duingebieden
Dhr. H. Lucas	Natuurbeheerder	Duinwaterbedrijf Zuid-Holland	Solleveld, Meijndel en Berkheide
Dhr. L. van Breukelen	Ecoloog	Waternet	Amsterdamse Waterleidingduinen
Dhr. R. Slings	Beheersadviseur	PWN	Noord-Hollands duinreservaat
Dhr. L. Knol	Beheerder	Natuurmonumenten	Zwanewater en Pettemerduinen
Dhr. R. Luntz	Beheerder	Natuurmonumenten	Voornes Duin
Dhr. H. Wondergem		Staatsbosbeheer	Regio west
Dhr. P. Zumkehr	Duinconsulent	Stichting Duinbehoud	Waddeneilanden

Bijlagen

Bijlage 3

Ecologische soortgroepen van doelsoorten van het duinecosysteem (Tamis 2005)

Code	Ecologische soortgroep naar ecotopensysteem
G21	Soorten van gesloten korte vegetaties op natte voedselarme zure bodem
G22	Soorten van gesloten korte vegetaties op natte voedselarme zwak zure bodem
G23	Soorten van gesloten korte vegetaties op natte voedselarme basische bodem
G41	Soorten van gesloten korte vegetaties op vochtige voedselarme zure bodem
G42	Soorten van gesloten korte vegetaties op vochtige voedselarme zwak zure bodem
G62	Soorten van gesloten korte vegetaties op droge voedselarme zwak zure bodem
G63	Soorten van gesloten korte vegetaties op droge voedselarme basische bodem
H21	Soorten van struwelen en bossen op natte voedselarme zure bodem
H22	Soorten van struwelen en bossen op natte voedselarme zwak zure bodem
H27	Soorten van struwelen en bossen op natte matig voedselrijke bodem
H27br	Soorten van bronnen en kwelplekken in bos op natte matig voedselrijke bodem
H41	Soorten van struwelen en bossen op vochtige voedselarme zure bodem
H42	Soorten van struwelen en bossen op vochtige voedselarme zwak zure bodem
H43	Soorten van struwelen en bossen op vochtige voedselarme basische bodem
H47	Soorten van struwelen en bossen op vochtige matig voedselrijke bodem
H47kr	Soorten van struwelen en bossen op vochtige matig voedselrijke basische bodem
H62	Soorten van struwelen en bossen op droge voedselarme zwak zure bodem
H63	Soorten van struwelen en bossen op droge voedselarme basische bodem
H69	Soorten van struwelen en bossen op droge voedselrijke bodem
P21	Soorten van pioniervegetaties op natte voedselarme zure bodem
P22	Soorten van pioniervegetaties op natte voedselarme zwak zure bodem
P23	Soorten van pioniervegetaties op natte voedselarme basische bodem
P42	Soorten van pioniervegetaties op vochtige voedselarme zwak zure bodem
P61	Soorten van pioniervegetaties op droge voedselarme zure bodem
P62	Soorten van pioniervegetaties op droge voedselarme zwak zure bodem
P63	Soorten van pioniervegetaties op droge voedselarme basische bodem
R47	Soorten van ruigten op vochtige matig voedselrijke bodem
R47kr	Soorten van ruigten op vochtige matig voedselrijke basische bodem
R64	Soorten van ruigten op droge voedselarme bodem
R67	Soorten van ruigten op droge matig voedselrijke bodem
zG20	Soorten van gesloten korte vegetaties op zilte natte bodem
zG40	Soorten van gesloten korte vegetaties op zilte vochtige bodem
zP20	Soorten van pioniervegetaties op zilte natte bodem
zR20	Soorten van ruigten op zilte natte bodem
zW10	Soorten van zout water
bW10	Soorten van brak water

Bijlagen

Bijlage 4

Vertaling herkomst hogere planten naar klimaatindicatie

Herkomst	Beschrijving
Noord- en Oost-Europa	Koudeminner
Noord- en West-Europa	
Noord-Europa	
Midden- en West-Europa	Matige warmte tot warmteminner
Midden-Europa	
Oost-Europa	
West-Europa	
Midden- en Zuid-Europa	Warmteminner
Midden-, Zuid- en Oost-Europa	
Zuid- en Oost-Europa	Warmte- tot extreme warmte minner
Zuid- en West-Europa	
Zuid-Europa	
Middellandse Zeegebied	Extreme warmteminner
Oostelijk Middellandse Zeegebied	
Westelijk Middellandse Zeegebied	

Bijlagen

Bijlage 5

Vertaling hardheid dagvlinders naar klimaatindicatie

Hardheid	Tolerantie voor warmte	Tolerantie voor koude	Interpretatie naar klimaatindicator
Bijzonder kwetsbaar	gering	gering	Indifferent
Zeer kwetsbaar	gering	normaal	Koudeminnend
Kwetsbaar	gering	hoog	Koudeminnend
Vrij kwetsbaar	normaal	gering	Indifferent
Matig hard	normaal	normaal	Indifferent
Vrij hard	normaal	hoog	Indifferent
Hard	hoog	gering	Warmteminnend
Zeer hard	hoog	normaal	Warmteminnend
Bijzonder hard	hoog	hoog	Indifferent

Bron: [Bink 1992]

Bijlagen

Bijlage 6**Indicatorsoorten als doelsoort van het duinecosysteem**

Eenheid	Natuurdoeltype	Hogere planten		Dagvlinders			Libel	
		Dwergbloem	Dwergvlas	Gele hoornpapaver	Aardbeivlinder	Bruin blauwtje	Grote vos	Tengere pantserjuffer
Nagenoeg-natuurlijk	Dynamisch duinlandschap	■	■	■	■	■	■	■
Begeleid-natuurlijk	Gedempt-dynamisch duinlandschap	■	■	■	■	■	■	■
Half-natuurlijk	Duinbeek							■
	Duinmeer							■
	Slufter en groen strand			■				
	Duinrietland en -ruigte					■		
	Nat schraalgrasland	■	■			■		
	Bloemrijk grasland	■	■			■		
	Droog duingrasland en open duin			■	■	■		
	Droge duinheide							
	Natte tot vochtige voedselarme duinvallei	■	■	■	■			■
	Struweel, mantel- en zoombegroeiing						■	
	Hakhout							
	Bosgemeenschappen van kalkarm duin							
Bosgemeenschappen van kalkrijk duin								

De habitattypen Bosgemeenschappen van de duinzoom, Middenbos en Park- en stinzenbos zijn buiten beschouwing gelaten, omdat deze buit de landschapsecologische afbakening (van strand tot aan duinzoom) van dit onderzoek behoren. De multifunctionele eenheden zijn buiten beschouwing gelaten, omdat daar zijn geen doelsoorten voor geformuleerd [Bal *et al.* 1995].

Bijlagen

Bijlage 7

Overzicht resultaten analyse

In onderstaande tabellen staan de resultaten van de analyse naar het voorkomen van de potentiële indicatorsoorten in de verschillende duingebieden en tijdsperiodes.

N = nieuw, V = verdwenen, TV = tijdelijke vestiging, NU = noordelijke uitbreiding van het areaal, NV = noordwaartse verschuiving van het areaal, IN = inkrimping van areaal aan noordzijde, ZU = zuidelijke uitbreiding van areaal, IZ = inkrimping van areaal aan zuidzijde, NZU = uitbreiding van areaal aan noord- en zuidzijde, INZ = inkrimping van areaal aan noord- en zuidzijde, O = onveranderde verspreiding, MA = meer aaneengesloten verspreiding over het duingebied- = geen patroon te herkennen. Elk blokje staat voor een tijdsperiode welke gespecificeerd zijn per soortgroep. Lege cellen betekenen dat de soort in geen van de onderzoeksperiodes in het duingebied is waargenomen.

A. Hogere planten Periode 1 (links): 1920-1950; Periode 2 (midden): 1950-1980; Periode 3 (rechts): 1975-2005

		Duingebieden van Zuid naar Noord										
Potentiële indicatorsoorten	Ontwikkeling in Verspreiding	Voornes Duin	Solleveld	Westduinpark & Wapendal	Berkheide & Meijndel	Coepelduynen	Amsterdams Waterleidingduinen	Zuid-Kennemerland zuid	Noord-Hollands duinreservaat	Schoorlse duinen	Zwanewater en Pettemerduinen	Duinen Den Helder - Callantssoog
<i>Warmteminnend</i>												
Bijenorchis	NU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Blauw kweldergras	V	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bokkenorchis	IZ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bosrank	NZU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dodemansvingers	N	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dwergbloem	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dwergvlas	IZ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Franse silene	NU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Gele hoornpapaver	MA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Grijze mosterd	N	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Klein kaasjeskruid	O	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kleine majer	NU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Korenbloem	NV	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kruidvlier	V	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kuifhyacint	NV	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Meekrap	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Paarse morgenster	NU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Postelein	NU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Purperorchis	TV	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trosglidkruid	NZU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zeekeel	N	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zeevenkel	NU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zeelathyrus	N	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Koudeminnend</i>												
Alpenbes	NZU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Blauwe leeuwenbek	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Lavendelhei	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kraaihei	ZU	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Noordse rus	IZ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Noorse ganzerik	IN	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Vervolg tabel A. Hogere planten

Potentiële indicatorsoorten	Ontwikkeling in verspreiding	Duingebieden van Zuid naar Noord										
		Voornes Duin	Solleveld	Westduinpark & Wapendal	Berkheide & Meijendel	Coepelduynen	Amsterdams Waterleidingduinen	Zuid-Kennemerland zuid	Noord-Hollands duinreservaat	Schoorlse duinen	Zwanewater en Pettemerduinen	Duinen Den Helder – Callantsoog
Rankende helmbloem	NZU	□□■	■■■	■■■	■■■	□□■	□□■	■■■	□■	■■■	□□■	■■■
Rond kaasjeskruid	N	□□■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rond wintergroen	INZ	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□
Smal streepzaad	-	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□

B. Dagvlinders Periode 1: 1920-1950; Periode 2: 1980-1997; Periode 3: 2000-2006

Potentiële indicatorsoorten	Ontwikkeling in verspreiding	Duingebieden van Zuid naar Noord										
		Voornes Duin	Solleveld	Westduinpark & Wapendal	Berkheide & Meijendel	Coepelduynen	Amsterdams Waterleidingduinen	Zuid-Kennemerland zuid	Noord-Hollands duinreservaat	Schoorlse duinen	Zwanewater en Pettemerduinen	Duinen Den Helder – Callantsoog
<i>Warmteminnend</i>												
Aardbeivlinder	NV	■□□			■□□	■□□		■□□	□□■			
Bont zandogje	NU	■■■	□□■	■□■	■■■	■□■		■■■	■■■	□□■		□□■
Bruin blauwtje	O	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■		■■■	■■■	■□■		■□■
<i>Dambordje</i>												
Gele luzernevlinder	-	■■■	□□■	■□□	■□□	■□□		■□□	■□□	■□□		
Grote vos	V	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□		■□□	■□□	■□□		
<i>Koninginnepage</i>												
Landkaartje	NU	■□■	□□■	■□□	■□□	■□□	Geen gegevens	■□□	■□□	■□□		■□□
Oranje	IN	■□■	■□■	■□■	■□■	■□■		■□■	■□■	■□■		■□■
Luzernevlinder	IN	■□■	■□■	■□■	■□■	■□■		■□■	■□■	■□■		■□■
Oranjetipje	NV	■□□	■□■	■□□	■□■	■□■		■□■	■□■	■□□		

C. Libellen Periode 1: 1920-1950; Periode 2: 1950-1989; Periode 3: 1990-1997; Periode 4: 2000-2004

Potentiële indicatorsoorten	Ontwikkeling in verspreiding	Duingebieden van Zuid naar Noord										
		Voornes Duin	Solleveld	Westduinpark & Wapendal	Berkheide & Meijendel	Coepelduynen	Amsterdams Waterleidingduinen	Zuid-Kennemerland zuid	Noord-Hollands duinreservaat	Schoorlse duinen	Zwanewater en Pettemerduinen	Duinen Den Helder – Callantsoog
<i>Warmteminnend</i>												
Bruine winterjuffer	N	□□□■		□□□■	□□□■	□□□■	□■	□□□■	□□□■	□□□■		□□□■
Grote keizerlibel	NZU	□□□■	□□□■	□□□■	□□□■	□□□■	□■	□□□■	□□□■	□□□■	■□□■	□□□■
Houtpantserjuffer	NZU	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
Kleine roodoogjuffer	NU	□□□■	□□□■	□□□■	■■■	□□□■	■	□□□■	□□□■	□□□■	□□□■	□□□■
Tengere pantserjuffer	NU	□□□■	■□□□	■□□□	■□□□	■□□□	■	□□□■	□□□■	□□□■		□□□■
Vuurlibel	-				□□□□	□□□□	□■	□□□■	□□□□			
Zadellibel	N			□□□□	□□□□							
Zuidelijke glazenmaker	N	□□□■	□□□□	□□□□	□□□□	□□□□			□□□■			
Zwervende heidelibel	NU	□□□■	■□□■	□□□□	□□□□	□□□□	■	□□□■	□□□■	■□□□	□□□□	□□□■
Zwervende pantserjuffer	IN	■■■	■■■	■■■	■■■	■□■	■	■■■	■■■	■■■	■□■	■■■
<i>Koudeminnend</i>												
Noordse winterjuffer	V											
Noordse witsnuitlibel	-	□□□■			□□□□	□□□■	■	□□□■	□□□■	□□□■	□□□■	□□□■
Venwitsnuitlibel	ZU				□□□■		■	□□□■	□□□■	□□□■	□□□■	□□□■

Bijlagen

Bijlage 8**Overzicht soortgegevens**

	Ecologie		Landelijke ontwikkelingen [LNV (datum onbekendb)]		
	Habitat-eisen	Mobiliteit	Status Rode Lijst	Zeldzaamheid	Trend
<i>Hogere planten</i>					
Alpenbes		1			
Bijenorchis		1		Z	Niet afgenomen
Blauw kweldergras	S	0	GE	ZZ	Niet afgenomen
Blauwe leeuwenbek		1	VN	-	Maximaal afgenomen
Bokkenorchis	S	2	GE	ZZ	Niet afgenomen
Bosrank		1			
Dodemansvinger		1	GE	ZZ	Niet afgenomen
Dollik		2	VN	-	Maximaal afgenomen
Druifkruid		1			
Dwergbloem		0	BE	Z	Zeer sterk afgenomen
Dwergvlas		1	BE	Z	Zeer sterk afgenomen
Franse silene	S	2	EB	ZZ	Zeer sterk afgenomen
Gele hoornpapaver	S	0	GE	ZZ	Niet afgenomen
Grijze mosterd		0			
Klein kaasjeskruid		1			
Kleine majer		2			
Korenbloem	G	2	GE	A	Sterk afgenomen
Kraaihei		1			
Kruidvlier		2	BE	ZZ	Sterk afgenomen
Kuifhyacint	G	0			
Lavendelhei		1	KW	VZ	Matig afgenomen
Meekrap		0			
Noordse rus	S	2			
Noorse ganzerik	G	1			
Paarse morgenster		1		Z	Niet afgenomen
Postelein	G	2			
Purperorchis	S	2	KW	ZZ	Matig afgenomen
Rankende helmbloem		0			
Rond kaasjeskruid		1			
Smal streepzaad	G	1			
Trosglidkruid		1			
Zandvarkensgras		1	GE	ZZ	Niet afgenomen
Zeekool	S	1			
Zeelathyrus	S	1	GE	ZZ	Niet afgenomen
Zeevenkel	S	1	GE	Z	Niet afgenomen
<i>Dagvlinders</i>					
Aardbeivlinder	S	3	BE	VZ	Zeer sterk afgenomen
Bont zandoogje	S	3		ZA	Niet afgenomen
Bruin blauwtje	S	4	KW	VA	Sterk afgenomen
Dambordje		3			
Gele luzernevlinder	G	-		MA	
Grote vos	S	3	BE	Z	Zeer sterk afgenomen
Koninginnepage	G	3	GE	A	Sterk afgenomen
Landkaartje	S	5		VA	Niet afgenomen
Oranje luzernevlinder	G	8		A	
Oranjetipje	S	4		A	Niet afgenomen

	Ecologie		Landelijke ontwikkelingen [LNV (datum onbekendb)]		
	Habitatseisen	Mobiliteit	Status Rode Lijst	Zeldzaamheid	Trend
<i>Libellen</i>					
Bruine winterjuffer	G	5	BE	Z	Sterk afgenomen
Grote keizerlibel	G	5		ZA	Vooruit
Houtpantserjuffer	S	1		ZA	Vooruit
Kleine roodoogjuffer	G	5-6		MA	Sterk vooruit
Noordse winterjuffer		1	EB	ZZ	Zeer sterk afgenomen
Noordse witsnuitlibel		5		VZ	Niet afgenomen
Tengere pantserjuffer	S	2	KW	Z	Matig afgenomen
Venwitsnuitlibel		1		VZ	Matig afgenomen
Vuurlibel		5			
Zadellibel		6		UZ	
Zuidelijke glazenmaker		3			
Zwervende heidelibel	S	6		MA	Sterk vooruit
Zwervende pantserjuffer		4		MA	Sterk vooruit

Habitatseisen

Dagvlinders en libellen zijn als specialist (S) of generalist (G) beschouwd wanneer dit in literatuur [Bink 1992; Dijkstra *et al.* 2002; NLBIF (datum onbekend); ETI 2006; INBO 2006] staat beschreven. Voor hogere planten is dit bepaald aan de hand van het voorkomen in ecotootypen [Tamis 2005]. Hogere planten waarvan het ecotootype slechts in één Natura 2000 habitatype voorkomt (bijlage 9) zijn aangemerkt als specialist. Hogere planten die op basis van hun ecotootype in alle Natura 2000 habitattypen voorkomen zijn aangemerkt als generalist.

Mobiliteit

Hogere planten: 0 = geen aanpassingen voor lange afstandsdispersie aanwezig, 1 = aangepast aan één van de vectoren (wind, water, zoogdieren, vogels, mens), 2 = aangepast aan ten minste twee vectoren [Tamis, 2005]. Dagvlinders: 3 = honkvast, 4 = vrij honkvast, 5 = weinig honkvast, 6 = zwerflustig, 8 = goede trekker [Bink, 1992]. Libellen: 1 = matig mobiel, 2 = vrij mobiel, 3 = mobiel, 4 = zwerflustig, 5 = goed mobiel, 6 = uitstekend mobiel (Dijkstra *et al.* [2002] vertaald Bink [1992]).

**Status op de Rode Lijst:
Zeldzaamheid**

GE = gevoelig, KW = kwetsbaar, BE = bedreigd, EB = ernstig bedreigd, VN = verdwenen
MA = minder algemeen, A = algemeen, VZ = vrij zeldzaam, Z = zeldzaam, ZZ = zeer zeldzaam, UZ = uitermate zeldzaam

Bijlagen

Bijlage 9

Overzicht voorkomen hogere planten naar habitattype

Potentiële indicatorsoorten	Embryonale wandelende duinen	Wandelende duinen op strandwal met <i>Ammophila arenaria</i>	Vastgelegde kustduinen met kruidvegetatie	Vastgelegde ontkalkte duinen met <i>Empetrum nigrum</i>	Atlantische vastgelegde ontkalkte duinen (<i>Calluno-Ulicetea</i>)	Duinen met <i>Hippophae rhamnoides</i>	Duinen met <i>Salix repens</i> ssp. <i>Argentea</i> (<i>Salicion arenariae</i>)	Beboste duinen van het Atlantisch, continentale en boreale gebied	Jonge vochtige duinvalleien
Alpenbes	H		H			H	H		
Bijenorchis	G		G			G	G		
Blauw kweldergras									PG
Blauwe leeuwebek									
Bokkenorchis			G				G		
Bosrank	H		H			H	H		
Dodemansvingers									
Dolik			P			P			
Dwergbloem			P	P			P		
Dwergvlas			P	P			P		
Franse silene	P								
Gele hoornpapaver	P	P							
Grijze mosterd									
Kleinbloemig kaasjeskruid									
Kleine majer									
Korenbloem	P	P	P			P	P	P	
Kraaihei			G	G			G	G	H
Kruidvlier	R		R			R			R
Kuifhyacint	G	G	G			G	G	G	
Lavendelheide				G			G		
Meekrap	R		R			R	R	R	R
Noordse rus				G			G		
Noorse ganzerik	P	P	P			P	P	P	P
Paarse morgenster	G		G			G	G	G	
Postelein	P	P	P			P	P	P	P
Purperorchis			H						
Rankende helmbloem			H				H	H	
Rond kaasjeskruid									
Smal streepzaad	P	P	P			P	P	P	
Trosglidkruid	H		H			H	H	H	
Zandvarkensgras	P								
Zeekool	P								
Zeelathyrus	P	P							
Zeevenkel	P								

