

Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'

Effecten van klimaatverandering op insectenplagen
bij bomen

L.G. Moraal

werkdocumenten



wot
Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR

For quality of life

Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'

Effecten van klimaatverandering op insectenplagen bij bomen

L.G. Moraal

Werkdocument 53.7b

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, september 2007

De reeks 'Werkdocumenten' bevat tussenresultaten van het onderzoek van de uitvoerende instellingen voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT Natuur & Milieu). De reeks is een intern communicatiemedium en wordt niet buiten de context van de WOT Natuur & Milieu verspreid. De inhoud van dit document is vooral bedoeld als referentiemateriaal voor collega-onderzoekers die onderzoek uitvoeren in opdracht van de WOT Natuur & Milieu. Zodra eindresultaten zijn bereikt, worden deze ook buiten deze reeks gepubliceerd. De reeks omvat zowel inhoudelijke documenten als beheersdocumenten.

Dit werkdocument is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de WOT Natuur & Milieu

Auteur:

Leen G. Moraal

Dit document is opgesteld binnen het WOT-project 'CBD-2010, stand van zaken Nederland'.

Projectleiding: Dick Melman, Alterra

Eindredactie: Karin Sollart, WOT Natuur & Milieu

©2007 **Alterra**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen.

Tel: (0317) 47 47 00; fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.alterra@wur.nl

De reeks WOT-werkdocumenten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit werkdocument is verkrijgbaar bij het secretariaat. **Het document is ook te downloaden via www.wotnatuurenmilieu.wur.nl**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 47 78 44; Fax: (0317) 42 49 88; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Project WOT-04-006 (394) – 5230010.05

[Werkdocument 53.7b – september 2007]

F-0008 (2007)

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Klimaat en populatiedynamica van insecten	9
2.1 Directe klimaateffecten op insecten	9
2.1.1 Invloeden wintertemperatuur	9
2.1.2 Invloeden zomertemperatuur	10
2.2 Indirecte klimaateffecten via waardplant	11
2.2.1 Stress door droogte	11
2.2.2 Verandering synchronisatie activiteit plant en insect	11
2.3 Verschuivingen insectenplagen in Nederland	12
2.4 Case studies insectenplagen	12
2.4.1 Verschuivingen inheemse soorten	13
2.4.2 Zuid-Europese soorten in Nederland	15
2.4.3 Invasive Alien Species	17
3 Conclusies	21
Literatuur en websites	23
Bijlage 1 KNMI langjarige klimaatgegevens	25

Samenvatting

Sinds 1946 wordt jaarlijks het optreden van insectenplagen, op bomen en struiken in bossen, landschappelijke beplantingen en stedelijk gebied, met behulp van een netwerk van vrijwillige waarnemers geregistreerd. Daarbij worden de laatste decennia veel veranderingen bij plaaginsecten waargenomen. Zo treden er veranderingen op bij inheemse soorten: sommige eerst algemene plaagsoorten verdwijnen terwijl andere juist frequenter voorkomen. Daarnaast hebben we te maken met nieuwe soorten afkomstig uit Zuid-Europa en met '*Invasive Alien Species*' (uit ander continent) die ongewild zijn geïntroduceerd buiten het normale verspreidingsgebied en die bedreigend kunnen zijn voor biodiversiteit, economie en volksgezondheid. In dit rapport worden een aantal case studies van insectenplagen gegeven waarbij de veranderingen gerelateerd worden aan klimaatverandering.

Het blijkt dat het klimaat een belangrijke *overall* factor is bij de ontwikkeling van insectenpopulaties. Er zijn directe klimaateffecten op insecten (invloeden natte en zachte winters en hogere zomertemperaturen). Daarnaast zijn er indirecte klimaateffecten via waardplant (plantstress door droogte en verandering synchronisatie activiteit plant en insect). De uiteindelijke effecten van klimaatverandering op plaaginsecten bij bomen zijn divers en veelomvattend:

- Verdwijnen van sommige inheemse plaaginsecten.
- Verheviging van andere inheemse plaaginsecten.
- Klimaatstress maakt bomen gevoelig voor secundaire ziekten en plagen.
- Zuid-Europese soorten verschuiven naar onze streken.
- *Invasive Alien Species* (van andere continenten, door sterk toegenomen verkeer en handel) kunnen in het inmiddels geschiktere klimaat, nu wel in onze streken aanslaan.

Plaagsoorten kunnen verschillende ongewenste effecten hebben:

- *Hinder* – afscheiding kleverige honingdauw van bladluizen op auto's en terrasjes; of grote aantallen rupsen op ramen en deuren.
- *Gezondheidsklachten bij de mens* - irriterende haren Bastaardsatijnvlinder en Eikenprocessierups.
- *Ontsiering van bomen* – mineergangen en bruin worden van blad o.a. Paardenkastanjemineermot.
- *Vitaliteitsvermindering bomen* – bladvreter zoals de Kleine wintervlinder verzwakken bomen waardoor secundaire ziekten en plagen kunnen optreden.
- *Sterfte van bomen* – bastkevers zoals de Letterzetter kunnen in korte tijd veel bomen doen afsterven.

Om de effecten van klimaatverandering op insectenplagen te monitoren, volstaat het dus niet om bepaalde indicatorsoorten aan te wijzen, maar zal het noodzakelijk zijn een breed scala van (nieuwe) ziekten en plagen bij bomen in bossen en stedelijk groen te registreren. Daarnaast is het gewenst nieuwe exotische plaagsoorten tijdig te ontdekken omdat alleen in een zeer vroeg stadium een effectieve eliminatie kan plaatsvinden.

1 Inleiding

Sinds 1946 wordt jaarlijks het optreden van insectenplagen, op bomen en struiken in bossen, landschappelijke beplantingen en stedelijk gebied, met behulp van een netwerk van vrijwillige waarnemers geregistreerd. Het gaat om blad- en naaldvretende rupsen, zuigende insecten zoals bladluizen, bladmineerders, bastkevers, houtboorders en galvormers. Sommige plaaginsecten kunnen massaal optreden en toch weinig invloed op de vitaliteit van bomen hebben. Andere soorten zijn in staat om boomsterfte te veroorzaken. Sinds 1946 zijn bijna 30.000 records van insectenplagen verzameld. Bomen in bossen en beplantingen kunnen bedreigd worden door het optreden van insectenplagen. De belangrijkste soorten behoren tot de naald- en naaldvretende insecten, houtborende insecten en bastkevers.

De laatste decennia worden veel veranderingen bij plaaginsecten waargenomen. Zo treden er veranderingen op bij inheemse soorten: sommige eerst algemene plaagsoorten verdwijnen terwijl andere juist frequenter voorkomen. Daarnaast hebben we te maken met nieuwe soorten afkomstig uit Zuid-Europa en met uitheemse soorten (exoten) die bewust of onbewust zijn geïntroduceerd buiten het normale verspreidingsgebied en die bedreigend kunnen zijn voor biodiversiteit, volksgezondheid of economie (Moraal *et al*, 2004). Samenvattend zien we de volgende veranderingen:

- Verschuivingen inheemse insectenplagen;
- Zuid-Europese soorten in Nederland;
- Introducties vanuit ander continent '*Invasive Alien Species*'.

De vestiging van nieuwe uitheemse plagen of een verheving van inheemse plagen kan verschillende effecten hebben:

- Verminderde vitaliteit of sterfte van bomen – aantasting bomen;
- Invloed op ecosystemen - interacties van soorten;
- Effecten op volksgezondheid en recreatie - irriterende haren.

Het klimaat is een uiterst belangrijke factor bij de ontwikkeling van insecten. Veranderingen in het klimaatverandering zullen onherroepelijk veranderingen bij insectenpopulaties teweeg brengen. In de hoofdstukken hierna worden klimaat, en klimaatverandering in verband gebracht met sommige veranderingen van plagen zoals die worden waargenomen met het LNV project 'Monitoring van insectenplagen op bomen en struiken sinds 1946'.

2 Klimaat en populatiedynamica van insecten

Per insectensoort kunnen bepaalde ecologische levensstrategieën, de zogenaamde *'Life History Strategies'* zoals type voortplanting, mate van dispersie etc. worden onderscheiden (Siepel, 1994). Van de klimaatfactoren zijn bij de verspreiding en opbouw van plaagsoorten ondermeer de volgende van belang:

- Overwinteringskansen insect – wintertemperatuur;
- Synchronisatie insect en boom – klimaat stuurt uitkomen eitjes en uitlopen blad;
- Aantal generaties per jaar – soms afhankelijk van klimaat;
- Warmteminnendheid larve/adult – zomertemperatuur;
- Vitaliteit van bomen – droogtestress stimuleert secundaire organismen.

De klimaatfactoren zullen in de volgende paragrafen worden besproken waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen directe en indirecte effecten van het klimaat.

2.1 Directe klimaateffecten op insecten

In het klimaat zijn verschillende seizoenen te onderscheiden die een belangrijke invloed hebben op de ontwikkeling van insecten. Zo zijn gunstige zomeromstandigheden belangrijk voor een snelle larvale ontwikkeling. De wintervariabelen bepalen het succes voor een overwintering, en gunstige voorjaarsvariabelen moeten insecten tijdig uit hun diapauze halen. Aan de verschillende aspecten wordt hierna aandacht besteed.

2.1.1 Invloeden wintertemperatuur

Het klimaat in de winter is van groot belang omdat de minimum temperaturen bepalen of een soort kan overleven. In strenge winters kan er gemiddeld een mortaliteit van 70% bij eitjes van verschillende luizensoorten optreden (Leather *et al.*, 1993). Bij de eitjes van de Plakker is wel een wintermortaliteit van 85% vastgesteld. De Groene sparranluis overwintert in Engeland als actief levendbarend vrouwtje en is daarmee erg gevoelig voor winterkoude. Plagen van deze soort worden dan ook in verband gebracht met relatief warm winterweer (Leather *et al.*, 1993). Dat geldt ook voor andere vorstgevoelige bladluizen die in een actief stadium overwinteren.

In Zuid-Europa kunnen de wintertemperaturen voor de winterrust van insecten te hoog worden. Bepaalde zuidelijke soorten zullen wel naar het noorden móeten opschuiven omdat de wintertemperatuur in hun oorspronkelijke verspreidingsgebied te hoog is geworden. Het is te verwachten dat temperatuureffecten in koudere streken groter zullen zijn dan in warmere gebieden (Bale *et al.*, 2002). We kunnen dus in de toekomst meer invasies van zuidelijke soorten verwachten. Het in Nederland optreden van zuidelijke soorten zoals Eikenprocessierups en de Roodzwarte dennencicade zijn daarvan duidelijke voorbeelden (zie paragraaf 2.4.2).

Een ander aspect van de winter is dat sommige insecten, zoals de Plakker, specifieke kouderegimes nodig hebben voor inductie, handhaving en beëindiging van de winterrust (Tauber *et al.*, 1986 in: Harrington en Stork, 1995). Er zijn trouwens veel insecten die een koudeprikkel nodig hebben om te reactiveren (Leather *et al.*, 1993; Waldbauer, 1978 in: Ellis *et al.*, 2001). Milde winters versterken dus het risico van mismatch tussen plant en insect. Dit

kan mogelijk bijdragen in een teruggang in alle overwinteringstadia, maar het zal vooral gelden voor de overwintersaars in de late stadia van larve, pop en adult (Ellis *et al.*, 2001).

Een continentaal klimaat is relatief voorspelbaar: de winters zijn koud en de zomers zijn warm. Voor insecten is het dan belangrijk dat er een snelle stijging van de voorjaarstemperatuur optreedt die de beëindiging van de diapauze induceert. Aan deze voorspelbare situatie kunnen insecten zich vrij gemakkelijk aanpassen. De soortenrijkdom aan dagvlinders in een continentaal klimaat is dan ook veel hoger dan in een maritiem klimaat. Nederland heeft een zeeklimaat oftewel een wisselvallig klimaat. Voor insecten is het moeilijk zich aan de onvoorspelbaarheid van een dergelijk klimaat aan te passen. Bij klimaatverandering worden voor West-Europa zachtere en nattere winters voorspeld (KNMI). Maar zachte winters, met lange periodes van hogere temperaturen dan normaal, kunnen juist sterfte onder de overwintersaars opleveren. Door de relatief hoge omgevingstemperatuur wordt niet het gewenste lage niveau van het metabolisme vastgehouden waardoor energiereserves verbruikt worden en de insecten verzwakken (Irwin & Lee, 2003; Williams *et al.*, 2003). Verder is het aannemelijk dat deze omstandigheden het optreden van entomopathogene schimmels positief beïnvloeden waardoor veel mortaliteit bij de kwetsbare stadia van insecten (larven en adulten) kan ontstaan (Ferro, 1987).

Het lijkt tegenstrijdig dat sommige insecten die als larve of pop overwinteren het desondanks goed doen maar daar is een goede verklaring voor. De recentelijk succesvolle Paardenkastanjinemot overwintert als pop in het afgefallen blad en de overwintering in dit stadium zou in zachte en vochtige winters dus zeer ongunstig zijn. Echter, een hoge wintermortaliteit wordt bij deze soort ruimschoots gecompenseerd door het optreden van een groot aantal (3-4) generaties per jaar, waardoor aan het eind van het jaar alsnog zeer hoge dichtheden ontstaan. Na een decimering in de winter blijven er dan ook altijd voldoende exemplaren over, om in een volgende zomer weer hoge dichtheden te bereiken. Ook de Roodzwarte dennencicade overwintert in een laat stadium, namelijk als larve. Maar dan wel als actieve larve, die in de winter ondergronds aan worteltjes van wintergroene grassen, zoals Bochtige smele, voedingsstoffen blijft zuigen, waardoor de energievoorraad op peil blijft en de larve niet verzwakt.

2.1.2 Invloeden zomertemperatuur

Warmere zomers kunnen sommige insectensoorten zoals bladluizen en mijten in staat stellen door nog meer generaties dan anders te vormen. Klimaatverandering kan op dergelijke soorten dus een gunstig effect hebben. Maar ook op insecten met slechts één generatie per jaar profiteren want ze kunnen hun ontwikkeling sneller voltooien en in die actieve fase korter blootgesteld zijn aan ziekten, predatoren en parasieten. In Nederland zal de lengte van het groeiseizoen in de toekomst waarschijnlijk verder toenemen. De vraag is hoe planten hierop zullen reageren. Een langer groeiseizoen betekent mogelijk veranderingen in de nutriënten- en waterhuishouding met meer groei en meer verdamping. Of deze effecten ook daadwerkelijk optreden is afhankelijk van factoren zoals vorstschade in het voorjaar en de spreiding van de hoeveelheid neerslag en de temperatuur in het jaar. Voor insecten wordt bij hogere temperaturen verwacht dat ze hun verspreidingsgrenzen verder naar het noorden, of in bergland naar grotere hoogten, kunnen verleggen, waarbij lokale populaties aan de zuidgrens van het verspreidingsgebied uitsterven (Bale *et al.*, 2002; Harrington & Stork, 1995; Sutherst, 1990).

De Eikenprocessierups is als rups warmteminnend te noemen omdat de rupsen vooral in zonnige eikenlanen zitten en nauwelijks in koele eikenbossen. De plagen van deze soort beperken zich bijna alleen tot de zandgronden omdat deze een hogere warmte-uitstraling

hebben; in eiken op de koelere rivierklei en löss komen de rupsen nauwelijks voor. De larven van de Eikenprachtkever zijn eveneens warmteminnend omdat ze gangen aan de (warme) zuidkant van bomen maken. Een klimaat met warmere zomers kan deze soorten dus in de kaart spelen.

2.2 Indirecte klimaateffecten via waardplant

2.2.1 Stress door droogte

Veranderende neerslagpatronen worden als onderdeel voor klimaatverandering beschouwd. In onze streken worden drogere zomers - met minder neerslag in het groeiseizoen - voorspeld. De zomer van 2003 was een extreem droge zomer en daarmee is de vitaliteit van veel bomen negatief beïnvloed. De bomen worden gevoeliger voor secundaire insectenplagen - zoals bastkevers - die de bomen kunnen doen afsterven voordat ze zich kunnen herstellen.

Boomsoorten en ecosystemen verschillen in kwetsbaarheid voor temperatuurstijging en neerslagveranderingen. Soorten die in Nederland aan de zuidgrens van hun verspreidingsgebied zitten, zoals de fijnspar, krijgen te maken met toenemende droogte, waardoor hun vitaliteit afneemt en ze kwetsbaar worden voor secundaire plagen (zwakteparasieten) zoals bastkevers (Mohren & Nabuurs, 2004). Een van de meest beruchte secundaire plagen is die van de Letterzetter, *Ips typographus*, een bastkever die verzwakte bomen doet afsterven. Door het optreden van meerdere generaties per jaar kan er een snelle populatieopbouw van de kever plaatsvinden en kan de Letterzetter van secundair meer primair schadelijk worden.

Ook kan door een veranderend klimaat meer stormschade optreden, als er vaker extreme weersomstandigheden met hoge windsnelheden optreden. Oudere bossen met hoge bomen zijn gevoelig voor windworp, waarbij in één keer vele bomen worden geveld. Dit is een bekend verschijnsel in bossen op gematigde breedten (Mohren & Nabuurs, 2004). Bij grote hoeveelheden stormhout is er veel geschikt materiaal voor de Letterzetter die daardoor hoge dichtheden kan bereiken en veel bomen kan doen afsterven.

2.2.2 Verandering synchronisatie activiteit plant en insect

Voor de Kleine wintervlinder is het van belang dat het uitkomen van de eitjes synchron loopt met het uitlopen van de knoppen. De jonge rupsjes kunnen alleen een knop binnendringen die zich geopend heeft. Relatief eerder uitkomen van de eitjes leidt tot verhongering van de rupsjes. Relatief later uitkomen van de eitjes leidt eveneens tot sterfte omdat het oudere blad te stug is geworden. In een warm voorjaar komen de eitjes eerder uit.

Sinds vele jaren worden fenologische gegevens verzameld over het in het voorjaar uitlopen en bloeien van planten en bomen. Tegenwoordig wordt dat ondermeer gedaan met het project "Natuurkalender" (zie websites bij Literatuur). In het algemeen is de start van bladontplooiing en bloei in de negentiger jaren substantieel eerder in het seizoen in vergelijking met andere decennia. De periode tot circa 1970 laat nog de minste veranderingen zien. Wanneer de periode 1975-1987 wordt vergeleken met de periode 1988-2000, dan lopen veel bomen en struiken significant eerder uit.

Tabel 1. Bomen en struiken in Nederland en het aantal dagen van vervroegde bladontplooiing (Van Vliet & De Groot, 2001).

Boom / struik	Bladontplooiing vervroeging (in dagen)
Beuk	- 3
Meidoorn	- 7
Paardenkastanje	-12
Vlier	-12
Zomereik	-13
Lijsterbes	-13
Sleedoorn	-19

Uit tabel 1 blijkt dat er duidelijke verschillen zijn in respons op de temperatuurstoename tussen de verschillende soorten. De bladontplooiing bij beuk is slechts 3 dagen vervroegd, bij de zomereik is dat 13 dagen.

Overwintering van insecten gebeurt in alle stadia (ei, larve, pop, adult). De meeste insecten in koude klimaatzones overwinteren als larve of pop. Overwintering als ei wordt als voordelig beschouwd omdat er dan een betere synchronisatie mogelijk is tussen waardplant en insect zoals bij de Plakker en de Ringelrups (Nothnagle & Schultz, 1987; in Leather *et al.*, 1993).

2.3 Verschuivingen insectenplagen in Nederland

De laatste decennia worden veel veranderingen bij plaaginsecten in Nederland waargenomen. Zo treden er veranderingen op bij inheemse soorten: sommige eerst algemene plaagsoorten verdwijnen terwijl andere juist frequenter voorkomen. Daarnaast hebben we te maken met nieuwe soorten afkomstig uit Zuid-Europa en met uitheemse soorten (exoten) die bewust of onbewust zijn geïntroduceerd buiten het normale verspreidingsgebied en die bedreigend kunnen zijn voor biodiversiteit, volksgezondheid of economie (Moraal *et al.*, 2004).

Uit KNMI-temperatuurreksen (zie bijlagen) blijkt dat de gemiddelde wintertemperatuur en de gemiddelde winterneerslag de laatste decennia duidelijk zijn verhoogd. De winters zijn dus zachter en natter geworden (www.knmi.nl).

Uit onderzoek van de Alterra database sinds 1946 is gebleken dat veel insecten die als ei overwinteren het de laatste decennia beter doen dan insecten die als larve, pop of adult overwinteren (Moraal *et al.*, 2004). Ei-overwinteraars worden in de huidige natte en zachte winters minder aangetast door schimmels dan overwinterende larven, poppen en adulten. Een ander algemeen principe is dat vooral larven en adulten in een zachte winter een hoger metabolisme hebben, daardoor meer lichaamsvet verbranden en daarmee hun energiereserves verbruiken om verzwakt het voorjaar in te gaan (Irwin & Lee 2003; Tauber & Tauber, 1976; Williams *et al.*, 2003). Dat zal waarschijnlijk relatief minder gelden voor de eitjes omdat hierin, op dat tijdstip, nog weinig ontwikkeling heeft plaatsgevonden.

2.4 Case studies insectenplagen

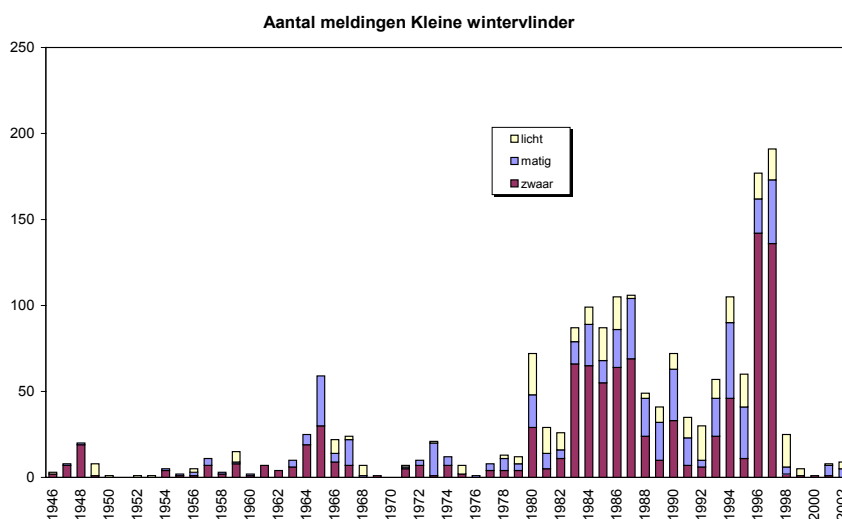
Aan de hand van een aantal case studies zal hierna worden beschreven hoe klimaatverandering een positieve of negatieve invloed kunnen hebben op het optreden van plaagsoorten. Bij de uitwerking wordt gebruik gemaakt van de gegevens van het LNV project 'Jaarlijkse monitoring van plagen sinds 1946'.

Hieronder worden een aantal case studies van verschillende plaaginsecten voor de Nederlandse situatie gepresenteerd. Er wordt een inschatting gegeven van de belangrijkste parameters. Vervolgens zullen hieruit algemene tendensen worden geformuleerd die inzichtelijk of voorspellend kunnen zijn bij het optreden van toekomstige insectenplagen in relatie met klimaatverandering en ecologische verbindingzones. Inheemse plagen gedragen zich anders dan nieuwe uitheemse plagen, daarom is bij de bespreking van de case studies het volgende onderscheid gemaakt:

- Verschuivingen inheemse soorten
- Zuid-Europese soorten in Nederland
- *Invasive Alien Species* (exoten) in Nederland

2.4.1 Verschuivingen inheemse soorten

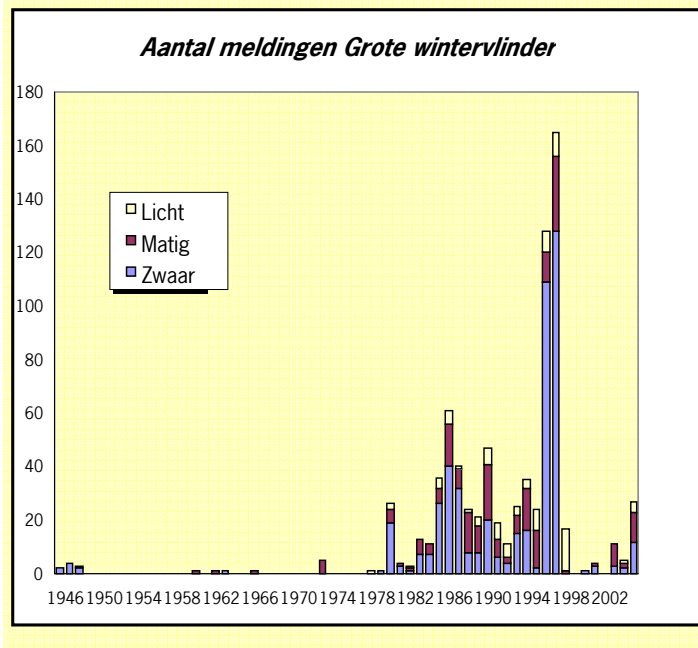
Inheemse plaaginsecten hebben, afhankelijk van de verspreiding van boomsoorten en de soortensamenstelling van het bos, vaak een brede landelijke verspreiding. Zo komt het Elzenhaantje bijna overal in ons land voor. Maar plagen van de Plakker treden voornamelijk op in eikenbossen in het Peel-gebied. Daarnaast zijn er typische 'stadse plagen' zoals de Perenprachtkever die bijna uitsluitend bij meidoorns in het warmere microklimaat van het stedelijk gebied voorkomen.



Figuur 1. Aantal meldingen van de Kleine wintervlinder sinds 1946.

Het aantal meldingen bij Alterra over plagen van de Kleine wintervlinder vertoont sinds de jaren zeventig een trend van verheviging (figuur 1). Het betreft hier een ei-overwinteraar die kennelijk goed reageert op de zachte winters en die een goede synchronisatie met het vervroegde uitlopen van eiken vertoont.

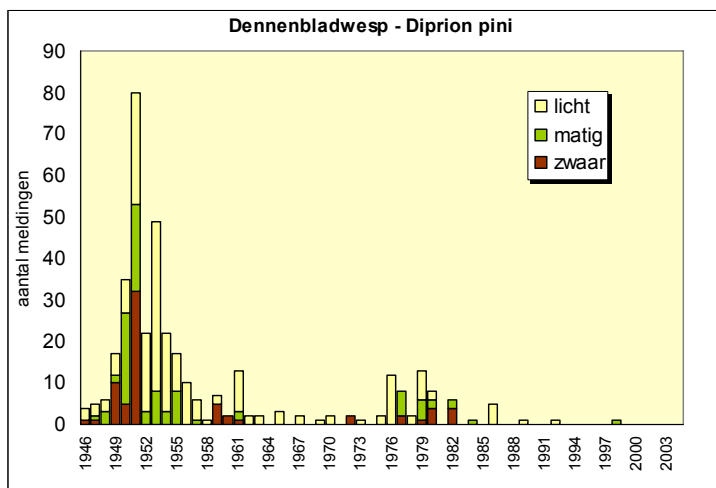
De populaties van de Kleine wintervlinder lijken in Europa naar het noorden op te schuiven. In 1994 werd in Finland voor het eerst ver in het noordoosten, kaalvraat waargenomen. Het gebeurde niet bij de ter plekke vrij zeldzame eik, maar bij de daar algemeen aanwezige inlandse vogelkers. Het is interessant dat de vogelkers een met zomereik vergelijkbare groeistrategie heeft: een vroege en snelle bladuitloop en een korte periode van scheutgroei in het voorjaar. In een dergelijke strategie past een lage concentratie van antivraatstoffen in het voorjaar. De in Finland verder naar het noorden opschuivende plagen worden in verband gebracht met de recente zachte winters als gevolg van klimaatverandering (Tikkanen *et al.*, 1998).



Figuur 2. Aantal meldingen van de Grote wintervlinder sinds 1946.

Net als bij de Kleine wintervlinder vertoont de Grote wintervlinder sinds de jaren zeventig een trend van verheviging (figuur 2). Het betreft hier eveneens een ei-overwinteraar.

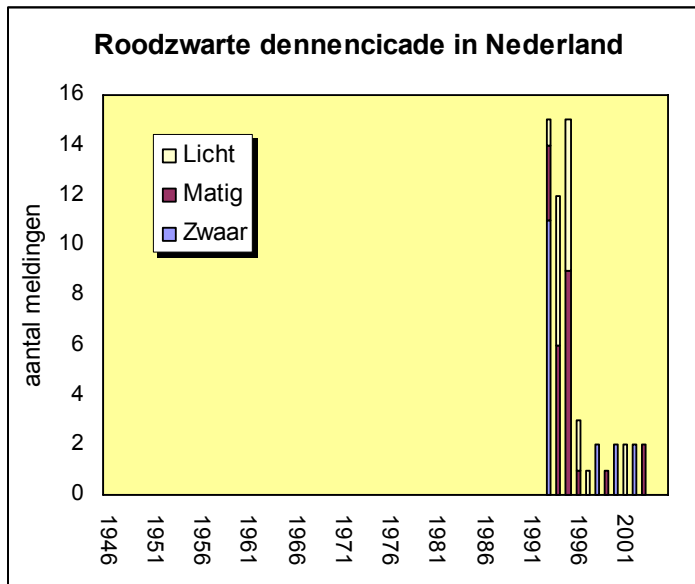
Sinds 1946 zijn er belangrijke verschuivingen in insectenplagen bij bomen in bos en landschap opgetreden. Sommige 'ouderwetse' grootschalige plagen zoals die van de Dennenbladwesp (een larve-overwinteraar) zijn praktisch verdwenen (fig. 3).



Figuur 3. In de periode '40-'50 traden er in dennenbossen nog hevige plagen op van de Dennenbladwesp. Sindsdien worden er nauwelijks meer aantastingen gevonden van deze popoverwinteraar.

2.4.2 Zuid-Europese soorten in Nederland

Sommige nieuwe uitheemse plaaginsecten zoals de Roodzwarte dennencicade (zie fig. 4) en de Eikenprocessierups, *Thaumetopoea processionea*, kennen een langzame kolonisatie (Moraal, 1996). Maar andere soorten zoals de Paardenkastanjiemineermot, *Cameraria ohridella*, hebben zich hier razendsnel verspreid. Deze soorten zullen hierna worden besproken.



Figuur 4. De Roodzwarte dennencicade, die oorspronkelijk thuishoort in het Middellandse Zeegebied, is sinds de jaren negentig in Nederland een plaaginsect.

De Eikenprocessierups hoort thuis in Zuid- en Centraal Europa. Sinds de eerste aantastingen in 1991 is deze soort in Nederland ingeburgerd. De eerste aantastingen kwamen voor bij Hilvarenbeek. Daarna heeft de rups het areaal met ca 10-15 km per jaar naar het noorden en noordoosten uitgebreid (Moraal, 2003b; Reemer & Moraal, 2004). Tot 2002 was het verspreidingsgebied vooral beperkt tot Noord-Brabant, Limburg en in Gelderland in het Rijk van Nijmegen. De laatste jaren is Eikenprocessierups boven de grote rivieren verder naar het noordoosten opgeschoven. In 2004 waren al veel rupsen aanwezig in het oostelijk deel van de provincie Utrecht in de Gelderse vallei en in de Achterhoek.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de verspreiding van de Eikenprocessierups van 1991-2003 (fig. 5 - bron Alterra).

De Zuid-Europese thujabastkever, *Phloeosinus aubei* – werd in 2004 voor het eerst in Nederland waargenomen. De larven maakten gangen onder de bast van door droogte verzwakte solitaire bomen en haagconiferen. Er was veel sterfte van verschillende soorten coniferen zoals *Thuja*, *Chamaecyparis* en *Juniperus* (Moraal, 2005). Het gevaar bestaat dat de inheemse Jeneverbes kan worden aangetast. De soort is op locaties in Midden Limburg en Noord-Brabant waargenomen. Bovengenoemde coniferen zijn overal op zeer grote schaal in Nederland aanwezig; van ruimtelijke isolatie is dus geen sprake.

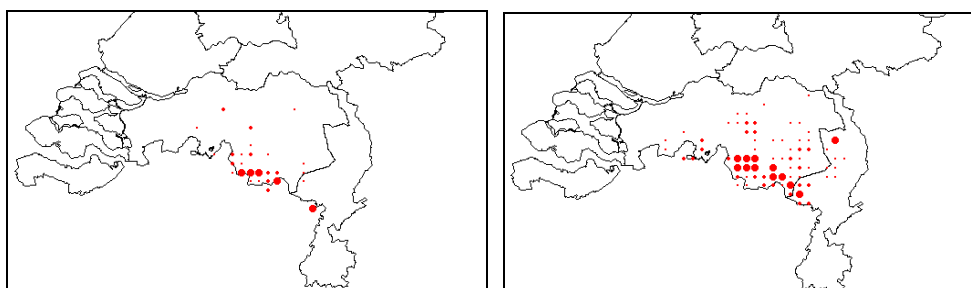
Uit de case studies blijkt bij inheemse soorten dat de ei-overwintersaars (o.a. Kleine wintervlinder) het goed doen hoewel ze slechts een generatie per jaar hebben. Ze hebben een

goede synchronisatie met het uitlopen van de bomen en ze zijn niet afhankelijk van (tijdelijk) verzwakte bomen. De Eikenprachtkever, *Agrilus biguttatus*, is een warmteminnende plaagsoort die afhankelijk is van verzwakte bomen (Moraal & Hilszczanski, 2000). Dat geldt ook voor de Zuid-Europese thujabastkever (tabel 2). Het zijn larve- of adult overwinteraars die hun kansen gekregen hebben door het (tijdelijke) grote aanbod van verzwakte bomen. Het aanbod van veel verzwakte bomen kan verschillende oorzaken hebben zoals, herhaalde kaalvraat door rupsen of door het planten van bomen op slechte groeiplaatsen. Maar ook hier kan klimaatverandering een bepalende factor worden door perioden van extreme droogte of juist extreme regenbuien op slecht vocht doorlaatbare bodems.

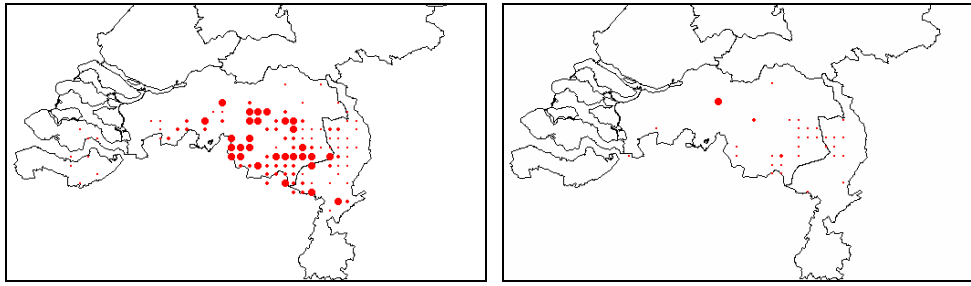
De Eikenprocessierups (tabel 2) is een primair insect, overwintert als ei en is een warmteminaar die het in Nederland goed doet. De Roodzwarte dennencicade (tabel 2) overwintert als larve, maar dan wel als winteractieve larve die zich kan blijven voeden door aan groenblijvende grassen zoals Bochtige smele te zuigen. Hierdoor kunnen energieverliezen in zachte winters worden aangevuld. In tabel 2 zijn voorbeelden genoemd van soorten die naar het noorden zijn opgeschoven. Eigenschappen die dit vergemakkelijken, zijn een groot dispersievermogen en een goede voortplanting. Daarnaast is het landschap van belang: biedt de potentiële migratieroute geschikte leefomstandigheden – zijn de waardplanten aanwezig? Zijn er barrières tussen het huidige en het potentiële nieuwe leefgebied? Zuidelijke soorten die op eigen kracht ons land bereiken zullen hier nooit massaal en hinderlijk voorkomen omdat ze hier voorlopig aan de rand van hun verspreidingsgebied zitten. Maar het stedelijk milieu heeft een ander microklimaat (hogere temperaturen) dan het landelijk gebied. Er zijn plaaginsecten zoals de Koningsschildluis die nu nog uitsluitend op bomen in het stedelijk milieu voorkomen. Klimaatverandering kan het dus mogelijk maken dat sommige 'stadse soorten' zich in het landelijk gebied kunnen manifesteren.

Tabel 2. Zuid-Europese soorten in Nederland

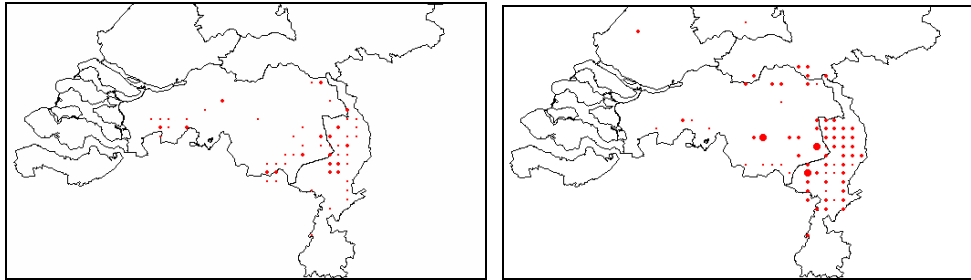
Soort	Nederlandse naam	Schadelijkheid	Oorsprong
<i>Argyresthia trifasciata</i>	Jeneverbesmineermot	++	Zuid-Europa
<i>Haematoloma dorsatum</i>	Roodzwarte dennencicade	+	Zuid-Europa
<i>Phloeosinus bicolor</i>	Tweekleurige thujabastkever	+	Zuid-Europa
<i>Phloeosinus thujae</i>	Thujabastkever	+	Zuid-Europa
<i>Pulvinaria floccifera</i>	Lange woldopluis	+	Zuid-Europa
<i>Thaumetopoea processionea</i>	Eikenprocessierups	+++	Zuid-Europa



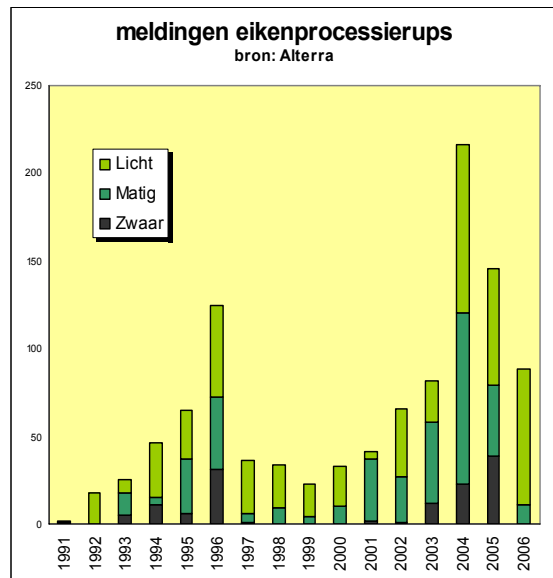
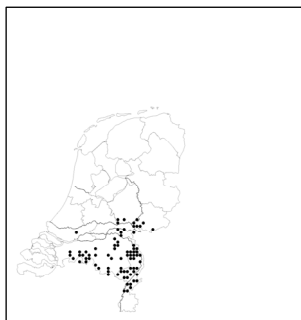
Figuur 5a. De eerste jaren van de kolonisatie van de Eikenprocessierups in de periode 1991-1993 (links) en plaagopbouw in de periode 1994-1995 (rechts).



Figuur 5b. De climax van de plaag in 1996 (links) en de instorting van de plaag in 1997 (rechts).



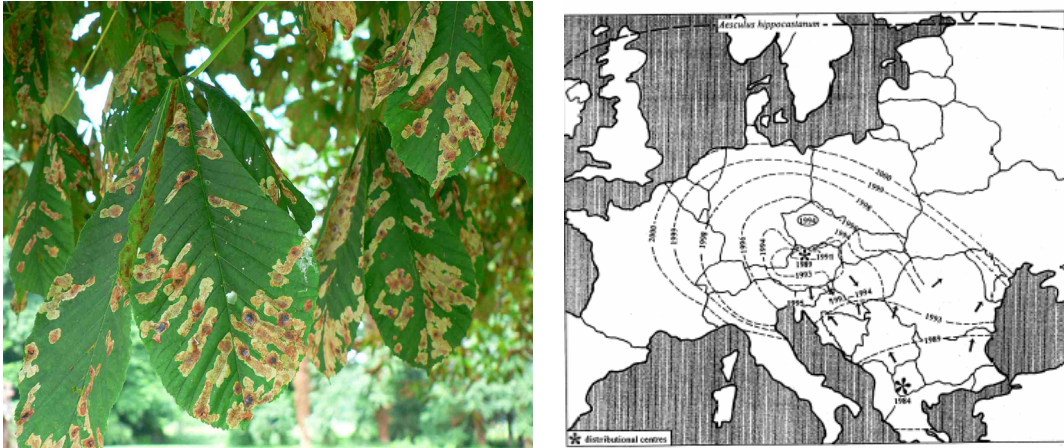
Figuur 5c. Herstelfase van 1998-2000 (links) en opnieuw uitbreiding en opbouw in 2001-2002 (rechts).



Figuur 5d. Uitbreiding naar het noordoosten in 2003 (links). In 2004, het veertiende jaar van de plaag, is een record aantal meldingen ontvangen (rechts).

2.4.3 Invasive Alien Species

Invasive Alien Species zijn exoten die door menselijke invloeden (transport, door sterk toegenomen verkeer en handel) vanuit een ander continent ons land binnenkomen. Daardoor is de kans aanzienlijk dat er af en toe een soort bijzit die hier een gat in de ecologische markt vult en zich razendsnel uitbreidt. Een voorbeeld hiervan is de Paardenkastanjemineermot die sinds 1997 in Nederland aanwezig is (Moraal, 2002). Deze soort stelt nauwelijks eisen aan het klimaat. De overwintering als pop is in onze vochtige zachte winters eigenlijk ongunstig maar een grote wintersterfte wordt gecompenseerd door de vorming van 3 generaties per jaar. Bedacht moet worden dat sommige Invasive Alien Species tegenwoordig wellicht meer kans van slagen hebben omdat het klimaat bij ons gunstiger is geworden (fig. 6).



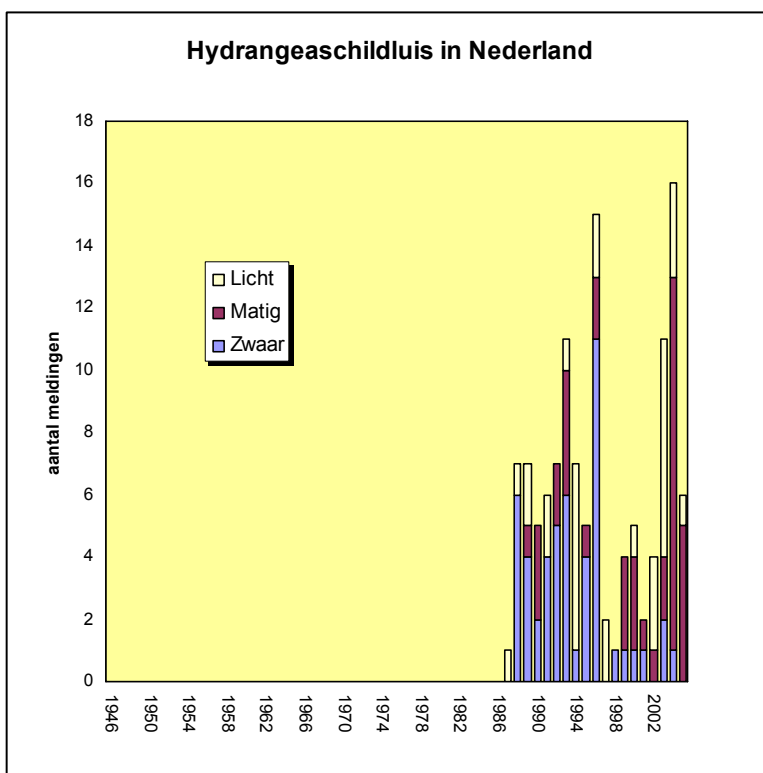
Figuur 6. Larvengangen van de Paardenkastanjemineermot (links). De Paardenkastanjemineermot heeft waarschijnlijk vanuit Azië via Macedonië geheel Europa veroverd – situatie in 2000 (rechts).

- Koningsschildluis, *Pulvinaria regalis* - Afkomstig uit Azië en USA. Dit is een grote, tot ca. 10 mm lange schildluis, die witte eizakken maakt en opvallend (vies) aanwezig is. Dit wordt als cosmetische schade gezien. Daarnaast wordt een kleverige honingdauw geproduceerd die overlast geeft aan geparkeerde auto's en terrasjes. De soort is in de zestiger jaren via Zuid-Frankrijk in 1987 naar Nederland gekomen en komt op allerlei bomen voor, vooral in de grote steden (Moraal, 1988). Er was sprake van een langzame verspreiding omdat de soort geen actieve en slechts een matige passieve verspreiding kent. De soort is afhankelijk van het warmere stedelijke microklimaat. Bij een verdergaande klimaatverandering kan deze soort zich mogelijk buiten het stedelijke milieu vestigen.
- Hydrangeaschildluis, *Eupulvinaria hydrangeae* – Oorspronkelijk afkomstig uit Azië en USA. De soort is sinds 1987 in Nederland aanwezig en komt op allerlei bomen voor in het stedelijk milieu. De levenswijze is vergelijkbaar met Koningsschildluis, *P. regalis* (fig.7 & 8).

Sommige 'Invasive Alien Species' hebben tegenwoordig wellicht meer kans van slagen omdat het klimaat bij ons inmiddels gunstiger is geworden. Soorten als Hydrangeaschildluis en Koningsschildluis komen tot nu toe bijna uitsluitend voor in het warmere stedelijke milieu. Het is te verwachten dat deze soorten zich bij voortschrijdende klimaatverandering ook buiten het stedelijk milieu kunnen manifesteren.



Figuur 7. De Hydrangeaschildluis komt voor op allerlei bomen – zoals hier op linde.



Figuur 8. De exotische Hydrangeaschildluis is sinds 1987 in Nederland aanwezig.

Tabel 3. 'Invasive Alien Species' in Nederland.

Nederlandse naam	Soort	Schadelijkheid	Oorsprong
Thujamineermot	<i>Argyresthia thuiella</i>	+	Noord-Amerika
Eleagnusbladvlo	<i>Cacopsylla fulguralis</i>	+	Azië
Paardenkastanjemineermot	<i>Cameraria ohridella</i>	++	Azië ?
Plataanschorswants	<i>Corythucha ciliata</i>	-	Noord-Amerika
Gleditschiagal mug	<i>Dasineura gleditchiae</i>	+	Noord-Amerika
Appelbloedluis	<i>Eriosoma lanigerum</i>	++	Noord-Amerika
Douglaswolluis	<i>Gilletteella cooleyi</i>	-	Noord-Amerika
Kleine dennenhoutkever	<i>Gnathotrichus materiarius</i>	-	Noord-Amerika
Rhododendroncicade	<i>Graphocephala fennahi</i>	++	Noord-Amerika
Dennenzaadwesp	<i>Megastigmus pinus</i>	-	Noord-Amerika
Douglaszaadwesp	<i>Megastigmus spermotrophus</i>	-	Noord-Amerika
Robiniabladwesp	<i>Nematus tibialis</i>	-	Noord-Amerika
Japanse thujabastkever	<i>Phloeosinus rudis</i>	+	Azië
Plataanvouwmijnmot	<i>Phyllonorycter platani</i>	+	Azië
Acaciamineermot	<i>Phyllonorycter robinella</i>	-	Noord-Amerika
Wheymouthwolluis	<i>Pineus strobi</i>	-	Noord-Amerika
Hydrangeaschildluis	<i>Pulvinaria hydrangeae</i>	++	Noord-Amerika
Koningsschildluis	<i>Pulvinaria regalis</i>	++	Azië

Door de explosief toegenomen handel met Azië zijn we beducht geworden voor ongewilde introducties van een Aziatische boktor en een Aziatische prachtkever die in enkele jaren tijd in de VS en Canada 15 miljoen (!!!) bomen deden sterven (Moraal en Wessels-Berk, 2007a en 2007b).

Wat zijn de consequenties van de veranderingen?

Insecten zijn koudbloedig en het klimaat, en klimaatverandering in extenso, heeft dus een enorme invloed op de ontwikkeling van populaties. Sinds 1946 zijn al veel verschuivingen zichtbaar geworden.

De meeste plaagsoorten worden geassocieerd met:

- *Hinder* - kleverige honingdauw van bladluizen op auto's en terrasjes of grote aantallen rupsen op ramen en deuren.
- *Gezondheidsklachten bij de mens* - irriterende haren Bastaardsatijnvlinder en Eikenprocessierups.
- *Ontsiering van bomen* – mineergangen en bruin worden van blad door bijvoorbeeld Paardenkastanjemineermot.
- *Vitaliteitsvermindering bomen* – bladvreter zoals de Kleine wintervlinder verzwakken bomen waardoor secundaire ziekten en plagen kunnen optreden.
- *Sterfte van bomen* – bastkevers zoals de Letterzetter kunnen in korte tijd veel bomen doen afsterven.

Verdwijnen van inheemse soorten

In bepaalde gevallen, zoals bij sterfte van bomen door de Letterzetter kan er een duidelijke economische schade ontstaan (Moraal, 2006). Het zal duidelijk zijn dat de mens een vermindering of verdwijnen van plagen niet direct als ongewenst zal beschouwen. Plaaginsecten kunnen weliswaar worden gedecimeerd maar als soort zullen ze, ten gevolge van hun potentieel hoge reproductie, regionaal niet snel uitsterven. De rupsen van de Kleine wintervlinder zijn het stapelvoedsel voor de Koolmees en hebben dus een ecologische impact (Visser & Rienks, 2003). Zo zijn er natuurlijk veel meer relaties tussen plaaginsecten en hun natuurlijke vijanden. Het is niet uit te sluiten dat op den duur wellicht verschuivingen tussen de trophische niveaus binnen een ecosysteem kunnen optreden.

Versijnen van uitheemse soorten

Voorlopig komen er meer nieuwe plagen bij – dan er als oude af gaan. Er komen steeds meer nieuwe bedreigingen. De Eikenprocessierups was in 2006 al weer zestien jaar in Nederland aanwezig – en helaas niet meer weg te denken. Op vele plaatsen is bestrijding noodzakelijk waardoor een aanzienlijke economische schade ontstaat (Moraal, 2006). Ook de sinds 2004 aanwezige Japanse thujabastkever heeft voor schadeposten gezorgd omdat op meerdere plaatsen jonge en oude afgestorven bomen moesten worden afgevoerd.

3 Conclusies

Uit het voorgaande blijkt dat het klimaat een belangrijke overall-factor is bij de ontwikkeling van insectenpopulaties. Bij veranderingen in het klimaat is het dus te verwachten dat er ook veranderingen bij insectenpopulaties optreden. De trends van meer zachte en natte winters zijn al duidelijk zichtbaar en deze klimaatfactoren hebben een selectieve invloed op overleving of mortaliteit van insecten. De laatste decennia zijn al vele verschuivingen van insectenplagen op bomen en struiken waargenomen.

De uiteindelijke effecten van klimaatverandering op plaaginsecten bij bomen zijn divers en veelomvattend:

- Verdwijnen van sommige inheemse plaaginsecten.
- Verheving van andere inheemse plaaginsecten.
- Klimaatstress maakt bomen gevoelig voor secundaire ziekten en plagen.
- Zuid-Europese soorten verschuiven naar onze streken.
- *Invasive Alien Species* (van andere continenten) kunnen in het inmiddels geschikter klimaat, nu wel in onze streken aanslaan.

Om de effecten van klimaatverandering op insectenplagen te monitoren, volstaat het dus niet om bepaalde indicatorsoorten aan te wijzen, maar zal het noodzakelijk zijn een heel scala van (nieuwe) ziekten en plagen bij bomen in bossen en stedelijk groen te registreren. Het netwerk van circa 450 vrijwilligers (beheerders) binnen het bestaande LNV-BO project 'Invasies, ziekten en plagen' is hiervoor een geschikt platform.

Literatuur en websites

- Bale, J.S., G.J. Masters, I.D. Hodkinson, C. Awmack, T.M. Bezemer, V.K. Brown, J. Butterfield, A. Buse, J.C. Coulson, J. Farrar, J.E.G. Good, R. Harrington, S. Hartley, T.H. Jones, R.L. Lindroth, M.C. Press, I. Symrnioudis, A.D. Watt & J.B. Whittaker. 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology* 8 (6): 1-16.
- Ellis, W.N., J.H. Kuchlein and R. de Vos. 2001. Hibernation matters in Lepidoptera, In: Van Oene, H., Ellis, W.N., Heijmans M.M.P.D., Mauquoy D., Tamis W.L.M., Van Vliet, A.J.H., Berendse F., Van Geel B., Van der Meijden R. and Ulenberg, S.A., Long-term effects of climate change on biodiversity and ecosystem processes. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, Bilthoven, pp. 67-77.
- Ferro, N.D. 1987. Insect pest outbreaks in agroecosystems. In: P. Barbosa & J.C. Schultz (eds). *Insect Outbreaks*. pp. 195-216. Academic Press, San Diego.
- Harrington, R. & N.E. Stork (eds). 1995. *Insects in a changing environment*. Academic Press, London. p. 198-215.
- Irwin, J.T. & R.E. Lee. 2003. Cold winter microenvironments conserve energy and improve overwintering survival and potential fecundity of the goldenrod gall fly, *Eurosta solidaginis*. *Oikos* 100: 71-78.
- Leather, S.R., K.F.A. Walters, & J.S. Bale. 1993. *The Ecology of Insect Overwintering*. Cambridge University Press, Cambridge. 255 pp.
- Mohren, F. & G. J. Nabuurs. 2004. *Bomen en bossen. Opgewarmd Nederland: klimaatverandering*. Stichting Natuurmedia Amsterdam. 224 pp.
- Moraal, L.G. 1988. Invasie van dopluizen in Nederlandse steden. *Tuin & Landschap* 10 (14): 20-21.
- Moraal, L.G. 1996. Bionomics of *Haematoloma dorsatum* (Hom., Cercopidae) in relation to needle damage in pine forests. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 69 (5): 114-118.
- Moraal, L.G. & J. Hilszczanski. 2000. The buprestid beetle, *Agrilus biguttatus* (F.) (Col.: Buprestidae), a recent factor in oak decline in Europ.. *Journal of Pest Science* 73 (5): 134-138.
- Moraal, L.G. 2002. Paardekastanjemineermot verspreidt zich stormachtig. *Tuin en Landschap* 24 (17): 34-36.
- Moraal, L.G. 2003. Eikenprocessierups en klimaatverandering. Sectie C2.3, *Natuurcompendium 2003*. pagina 158.
- Moraal, L.G., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, H. Siepel, M.J. Schelhaas & G.F.P. Martakis. 2004. Verschuivingen van insectenplagen bij bomen sinds 1946 in relatie met

klimateverandering. Met aandacht voor de effecten van stikstofdepositie, vochtstress, bossamenstelling en bosbeheer. Wageningen, Alterra-rapport 856. 52 pp.

- Moraal, L.G. 2004. Paardenkastanjeemermot veroverd Nederland. *Natura* 4: 100-101.
- Moraal, L.G. 2005. Thujabastkever nieuw fenomeen. *Tuin en Landschap* 27 (12): 46-48.
- Moraal, L.G. 2006. Plaaginsecten. In: Geldstromen in het soortenbeleid; achtergronden bij de Natuurbalans 2005 (ed. D. Melman). Milieu- en Natuurplanbureau. Rapport 408763014/2006. p. 23-25.
- Moraal, L.G. en B. Wessels-Berk. 2007a. Aziatische boktor dreigend gevaar voor bomen. *Tuin en Landschap* 29 (1): 32-33.
- Moraal, L.G. en B. Wessels-Berk. 2007b. Aziatische essenprachtkever kan ramp veroorzaken. *Tuin en Landschap* 29 (4): 40-41.
- Reemer, M., L.G. Moraal & D. Wijsman. 2004. Kleine beestjes: sterk in beweging: Ongewervelde dieren en het klimaat. In: R. Roos (ed.) Opgewarmd Nederland; Stichting Natuur en Milieu / Natuurmedia Utrecht. 224 pp.
- Sutherst, R.W. 1990. Impact of climate change on pest and diseases in Australasia. *Search* 21: 230-232.
- Tauber, M.J., C.A. Tauber. 1976. Insect seasonality, diapause maintenance, termination and post-diapause development. *Annual Review of Entomology* 21: 81-107.
- Tikkanen, O.P., H. Roininen, P. Niemelä, J. Tahvanainen & A. Zinojev. 1998. Use of host plants by Operoptera brumata (Lep., Geometridae) during the first recorded outbreak in the subcontinental boreal zone in Fennoscandia. *Journal of Applied Entomology* 122: 247-253.
- Visser, M.E. & F. Rienks, 2003. Klimaatsverandering rammelt aan voedselketens. *De Levende Natuur* 104 (3): 110-113.
- Williams, J.B., J.D. Shorthouse & R.E. Lee. 2003. Deleterious effects of mild simulated overwintering temperatures on survival and potential fecundity of rose-galling *Diplolepis* wasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Journal of Experimental Zoology* 298A: 23-31.

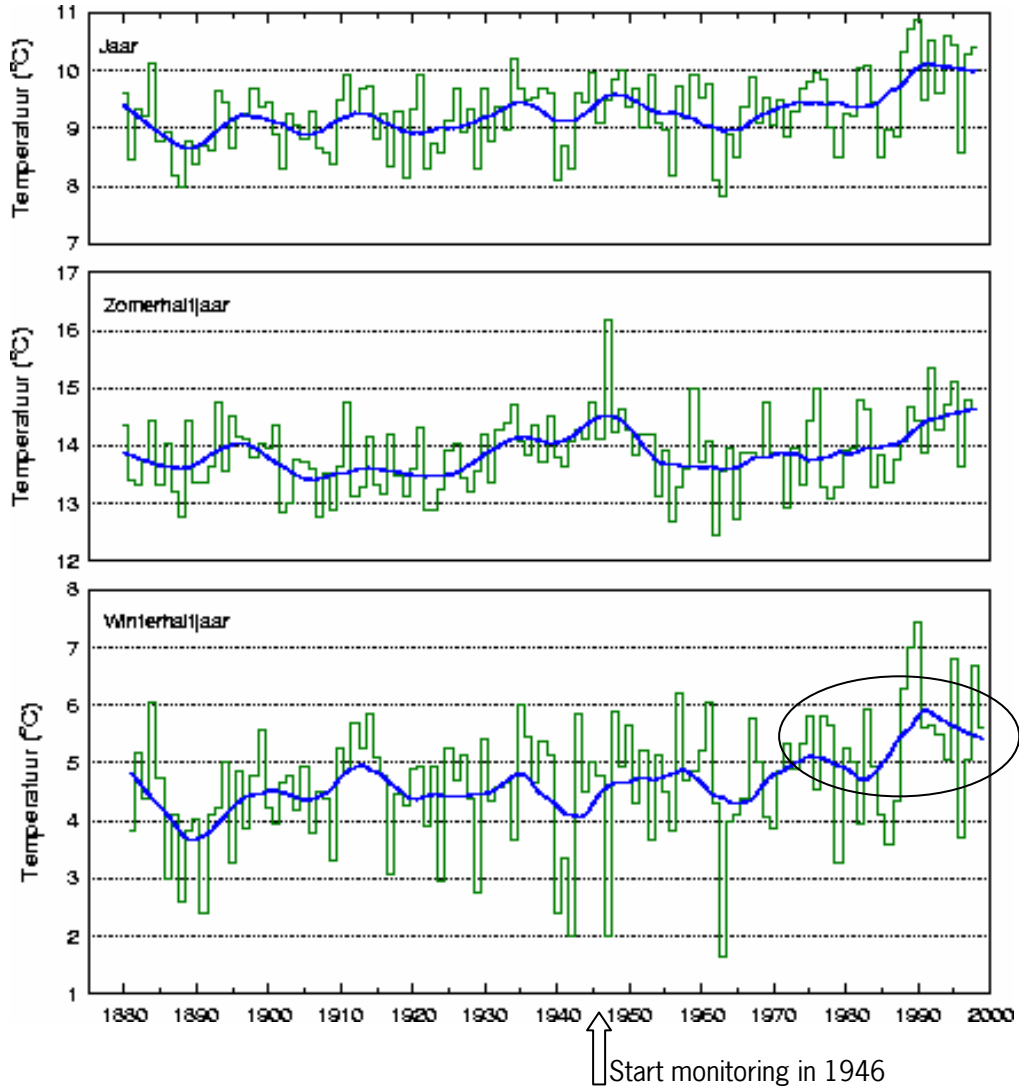
Websites

www.insectenweb.nl

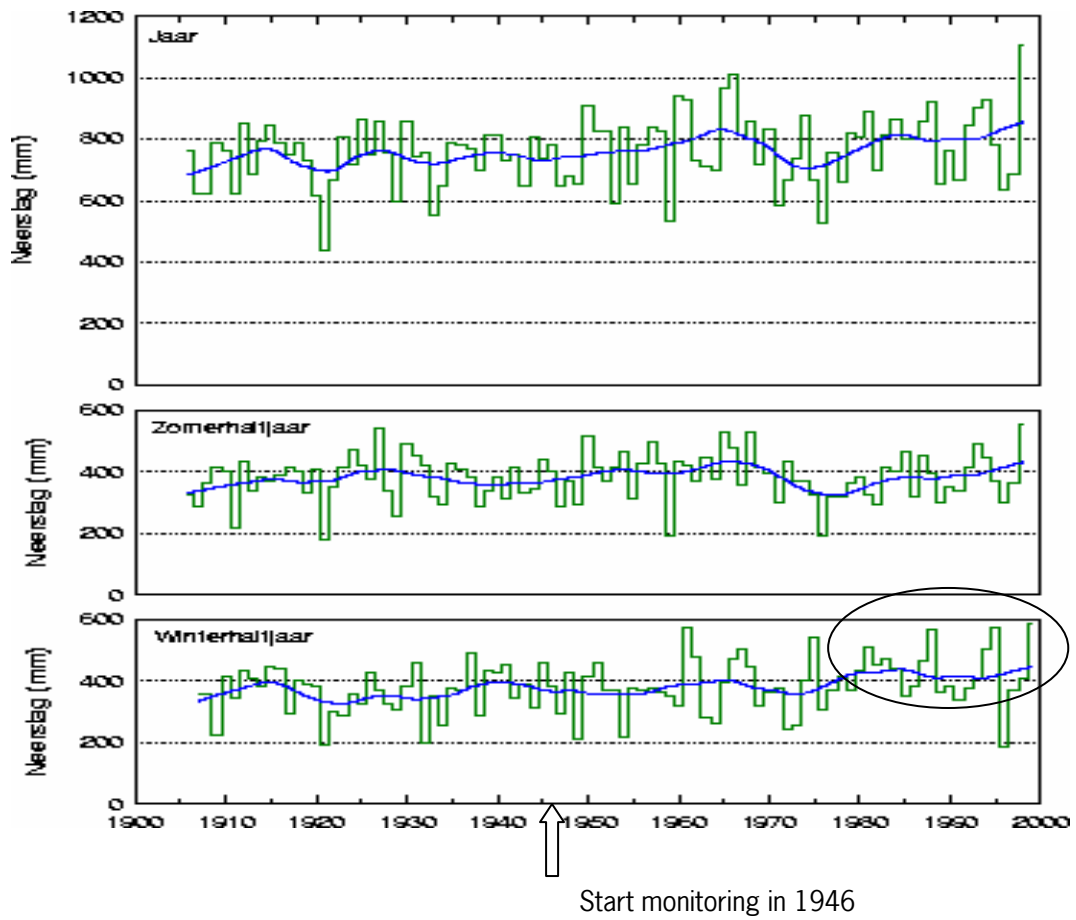
www.knmi.nl

www.natuurkalender.nl

Bijlage 1 KNMI langjarige klimaatgegevens



Figuur B.1. Temperatuurgemiddelden per jaar en per zomer en winter (Bron: KNMI).



Figuur B.2. Neerslaggemiddelden per jaar en per zomer en winter (Bron: KNMI).

Indicators for the Convention on Biodiversity 2010

In de reeks 'Indicators for the Convention on Biodiversity 2010' zijn de volgende documenten verschenen (*In the series 'Indicators for the Convention on Biodiversity 2010' the following documents have been published*):

2007

- 53.1** *Reijnen, M.J.S.M.* National Capital Index version 2.0
- 53.3** *Windig, J.J., M.G.P. van Veller & S.J. Hiemstra.* Biodiversiteit Nederlandse landbouwhuisdieren en gewassen
- 53.4** Melman, Th.C.P. & J.P.M. Willemen. Coverage protected areas.
- 53.6** *Weijden, W.J. van der, R. Leewis & P. Bol.* Indicatoren voor het invasieproces van exotische organismen in Nederland
- 53.7a** *Nijhof, B.S.J., C.C. Vos & A.J. van Strien.* Influence of climate change on biodiversity.
- 53.7b** *Moraal, L.G.* Effecten van klimaatverandering op insectenplagen bij bomen.
- 53.8** *Fey-Hofstede, F.E. & H.W.G. Meesters.* Exploration of the usefulness of the Marine Trophic Index (MTI) as an indicator for sustainability of marine fisheries in the Dutch part of the North Sea.
- 53.9** *Reijnen, M.J.S.M.* Connectivity/fragmentation of ecosystems: spatial conditions for sustainable biodiversity
- 53.11** *Gaaff, A. & R.W. Verburg.* Government expenditure on land acquisition and nature development for the National Ecological Network (EHS) and expenditure for international biodiversity projects
- 53.12** Elands, B.H.M. & C.S.A. van Koppen. Public awareness and participation

Wot-onderzoek

Verschenen documenten in de reeks Werkdocumenten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Werkdocumenten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, te Wageningen. T 0317 – 47 78 44; F 0317 – 41 90 00; E info.wnm@wur.nl
De werkdocumenten zijn ook te downloaden via de Wot-website www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

2005

- 1 *Eimers, J.W.* (Samenstelling). Projectverslagen 2004.
- 2 *Hinssen, P.J.W.* Strategisch Plan van de Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, 2005 – 2009.
- 3 *Sollart, K.M.* Recreatie: Kennis en datavoorziening voor MNP-producten. Discussienotitie.
- 4 *Jansen, M.J.W.* ASSA: Algorithms for Stochastic Sensitivity Analysis. Manual for version 1.0.
- 5 *Goossen, C.M. & S. de Vries.* Beschrijving recreatie-indicatoren voor de Monitoring en Evaluatie Agenda Vitaal Platteland (ME AVP)
- 6 *Mol-Dijkstra, J.P.* Ontwikkeling en beheer van SMART2-SUMO. Ontwikkelings- en beheersplan en versiebeheerprotocol.
- 7 *Oenema, O.* How to manage changes in rural areas in desired directions?
- 8 *Dijkstra, H.* Monitoring en Evaluatie Agenda Vitaal Platteland; inventarisatie aanbod monitoringsystemen.
- 9 *Ottens, H.F.L. & H.J.A.M. Staats.* BelevingsGIS (versie2). Auditverslag.
- 10 *Straalen, F.M. van.* Lijnvormige beplanting Groene Woud. Een studie naar het verdwijnen van lanen en perceelsrandbegroeiing in de Meierij.
- 11 *Programma Commissie Natuur.* Onderbouwend Onderzoek voor de Natuurplanbureau-functie van het MNP; Thema's en onderzoeksvragen 2006.
- 12 *Velthof, G.L. (samenstelling).* Commissie van Deskundigen Meststoffenwet. Taken en werkwijze.
- 13 *Sanders, M.E. & G.W. Lammers.* Lokaliseren kansen en knelpunten van de Ecologische Hoofdstructuur – met informatie van de terreinbeheerders.
- 14 *Verdonschot, P.F.M., C.H.M. Evers, R.C. Nijboer & K. Dideren.* Graadmeters aquatische natuur. Fase 1: Vergelijking van de graadmeter Natuurwaarde met de Natuurdoeltypen en KRW-maatlatten
- 15 *Hinssen, P.J.W.* Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Werkplan 2006
- 16 *Melman, Th.C.P., R.G. Groeneveld, R.A.M. Schrijver & H.P.J. Huiskes* Ontwikkeling economisch-ecologisch optimaliseringsmodel natuurbeheer in combinatie met agrarische bedrijfsvoering. Studie in het licht van LNV-beleidsombuiging "van verwerving naar beheer"
- 17 *Vreke, J., R.I. van Dam & F.J.P. van den Bosch.* De plaats van natuur in beleidsprocessen. Casus: Besluitvormingsproces POL-aanvulling Bedrijventerrein Zuid-Limburg
- 18 *Gerritsen, A.L., J. Kruit & W. Kuindersma.* Ontwikkelen met kwaliteit. Een verkenning van evaluatiecriteria
- 19 *Bont, C.J.A. de, M. Boekhoff, W.A. Rienks, A. Smit & A.E.G. Tonneijck.* Impact van verschillende wereldbeelden op de landbouw in Nederland. Achtergronddocument bij 'Verkenning Duurzame Landbouw'
- 20 *Niet verschenen*

2006

- 21 *Rienks, W.A., I. Terluin & P.H. Vereijken.* Towards sustainable agriculture and rural areas in Europe. An assessment of four EU regions
- 22 *Knegt, B. de, H.W.B. Bredenoord, J. Wiertz & M.E. Sanders.* Monitoringsgegevens voor het natuurbeheer anno 2005. Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer: Achtergrondrapport 1
- 23 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-001 – Monitor- en Evaluatiesysteem Agenda Vitaal Platteland
- 24 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek Natuurplanbureau-functie
- 25 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-385 - Milieuplanbureau-functie
- 26 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-394 – Natuurplanbureau-functie
- 27 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04 - Kennisbasis
- 28 *Verboom, J., R. Pouwels, J. Wiertz & M. Vonk.* Strategisch Plan LARCH. Van strategische visie naar plan van aanpak
- 29 *Velthof, G.L. en J.J.M. van Grinsven (eds.)* Inzet van modellen voor evaluatie van de meststoffenwet. Advies van de CDM-werkgroep Harmonisatie modellen
- 30 *Hinssen, M.A.G., R. van Oostenbrugge & K.M. Sollart.* Draaiboek Natuurbalans. Herziene versie
- 31 *Swaay, C.A.M. van, V. Mensing & M.F. Wallis de Vries.* Hotspots dagvlinder biodiversiteit
- 32 *Goossen, C.M. & F. Langers.* Recreatie en groen in en om de stad. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 33 *Turnhout, Chr. Van, W.-B. Loos, R.P.B. Foppen & M.J.S.M. Reijnen.* Hotspots van biodiversiteit in Nederland op basis van broedvogelgegevens
- 34 *Dideren, K en P.F.M. Verdonschot.* Graadmeter Natuurwaarde aquatisch. Typen, indicatoren en monitoring van regionale wateren
- 35 *Wamelink, G.W.W., G.J. Reinds, J.P. Mol-Dijkstra, J. Kros, H.J. Weggens.* Verbeteringen voor de Natuurplanner
- 36 *Groeneveld, R.A. & R.A.M. Schrijver.* FIONA 1.0; Technical description
- 37 *Luesink, H.H., M.J.C. de Bode, P.W.G. Groot Koerkamp, H. Klinker, H.A.C. Verkerk & O. Oenema.* Protocol voor monitoring landelijke mestmarkt onder een stelsel van gebruiksnormen
- 38 *Bakker-Verdurmen, M.R.L., J.W. Eimers, M.A.G. Hinssen-Haanen, T.J. van der Zwaag-van Hoorn.* Handboek secretariaat WOT Natuur & Milieu
- 39 *Pleijte, M. & M.A.H.J. van Bavel.* Europees en gebiedsgericht beleid: natuur tussen hamer en aambeeld? Een verkennend onderzoek naar de

- relatie tussen Europees en gebiedsgericht beleid
- 40** *Kramer, H., G.W. Hazeu & J. Clement.* Basiskaart Natuur 2004; vervaardiging van een landsdekkend basisbestand terrestrische natuur in Nederland
- 41** *Koomen, A.J.M., W. Nieuwenhuizen, J. Roos-Klein Lankhorst, D.J. Brus & P.F.G. Vereijken.* Monitoring landschap; gebruik van steekproeven en landsdekkende bestanden
- 42** *Selnes, T.A., M.A.H.J. van Bavel & T. van Rheenen.* Governance of biodiversity
- 43** *Vries, S. de. (2007)* Veranderende landschappen en hun beleving
- 44** *Broekmeijer, M.E.A. & F.H. Kistenkas.* Bouwen en natuur: Europese natuurwaarden op het ruimtelijk ordeningsspoor. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 45** *Sollart, K.M. & F.J.P. van den Bosch.* De provincies aan het werk; Praktijkervaringen van provincies met natuur- en landschapsbeleid in de periode 1990-2005. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 46** *Sollart, K.M. & R. de Niet met bijdragen van M.M.M. Overbeek.* Natuur en mens. Achtergronddocument bij de Natuurbalans 2006
- 2007**
- 47** *Ten Berge, H.F.M., A.M. van Dam, B.H. Janssen & G.L. Velthof.* Mestbeleid en bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek; Advies van de CDM-werkgroep Mestbeleid en Bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek
- 48** *Kruit, J. & I.E. Salverda.* Spiegeltje, spiegeltje aan de muur, valt er iets te leren van een andere plannings-cultuur?
- 49** *Rijk, P.J., E.J. Bos & E.S. van Leeuwen.* Nieuwe activiteiten in het landelijk gebied. Een verkennende studie naar natuur en landschap als vestigingsfactor
- 50** *Ligthart, S.S.H.* Natuurbeleid met kwaliteit. Het Milieu- en Natuurplanbureau en natuurbeleidsevaluatie in de periode 1998-2006
- 51** Kennismarkt 22 maart 2007; van onderbouwend onderzoek Wageningen UR naar producten MNP in 27 posters
- 52** *Kuindersma, W., R.I. van Dam & J. Vreke.* Sturen op niveau. Perversies tussen nationaal natuurbeleid en besluitvorming op gebiedsniveau.
- 53.1** *Reijnen, M.J.S.M.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. National Capital Index version 2.0
- 53.3** *Windig, J.J., M.G.P. van Veller & S.J. Hiemstra.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Biodiversiteit Nederlandse landbouwhuisdieren en gewassen
- 53.4** *Melman, Th.C.P. & J.P.M. Willemen.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Coverage protected areas.
- 53.6** *Weijden, W.J. van der, R. Lewis & P. Bol.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Indicatoren voor het invasieproces van exotische organismen in Nederland
- 53.7a** *Nijhof, B.S.J., C.C. Vos & A.J. van Strien.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Influence of climate change on biodiversity.
- 53.7b** *Moraal, L.G.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Effecten van klimaatverandering op insectenplagen bij bomen.
- 53.8** *Fey-Hofstede, F.E. & H.W.G. Meesters.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Exploration of the usefulness of the Marine Trophic Index (MTI) as an indicator for sustainability of marine fisheries in the Dutch part of the North Sea.
- 53.9** *Reijnen, M.J.S.M.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Connectivity/fragmentation of ecosystems: spatial conditions for sustainable biodiversity
- 53.11** *Gaaff, A. & R.W. Verburg.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010' Government expenditure on land acquisition and nature development for the National Ecological Network (EHS) and expenditure for international biodiversity projects
- 53.12** *Elands, B.H.M. & C.S.A. van Koppen.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Public awareness and participation
- 54** *Broekmeyer, M.E.A. & E.P.A.G. Schouwenberg & M.E. Sanders & R. Pouwels.* Synergie Ecologische Hoofdstructuur en Natura 2000-gebieden. Wat stuurt het beheer?
- 55** *Bosch, F.J.P. van den.* Draagvlak voor het Natura 2000 gebiedenbeleid. Onder relevante betrokkenen op regionaal niveau
- 56** Jong, J.J. & M.N. van Wijk, I.M. Bouwma. Beheerskosten van Natura 2000 gebieden
- 57** Pouwels, R. & M.J.S.M. Reijnen & M. van Adrichem & H. Kuipers. Ruimtelijke condities voor VHR-soorten
- 58** *Bouwma, I.M.* Quickscan Natura 2000 en Programma Beheer.
- 59** *Schouwenberg, E.P.A.G.* Huidige en toekomstige stikstofbelasting op Natura 2000 gebieden
- 60** *Hoogeveen, M.* Herberekening Ammoniak 1998 (werktitel)
- 61** Jaarrapportage 2006. WOT-04-001 – ME-AVP
- 62** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 63** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 64** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-385 – Milieuplanbureaufunctie
- 65** *Jaarrapportage 2006.* WOT-04-394 – Natuurplanbureaufunctie
- 66** *Brasser E.A., M.F. van de Kerkhof, A.M.E. Groot, L. Bos-Gorter, M.H. Borgstein, H. Leneman* Verslag van de Dialogen over Duurzame Landbouw in 2006
- 67** *Hinssen, P.J.W.* Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Werkplan 2007
- 68** *Nieuwenhuizen, W. & J. Roos Klein Lankhorst.* Landschap in Natuurbalans 2006; Landschap in verandering tussen 1990 en 2005; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006.
- 69** *Geelen, J. & H. Leneman.* Belangstelling, motieven en knelpunten van natuuraanleg door grondeigenaren. Uitkomsten van een marktonderzoek.
- 70** *Didderen, K., P.F.M. Verdonschot, M. Bleeker.* Basiskaart Natuur aquatisch. Deel 1: Beleidskaarten en prototype
- 71** *Boesten, J.J.T.I., A. Tiktak & R.C. van Leerdam.* Manual of PEARLNEQ v4. (unofficial draft version of manual)