

# Klimaatverandering en Nederlandse ecosystemen: gevolgen, aanpassingsmogelijkheden en interacties

## Inleiding

Deze discussiesheet behandelt in het kort de mogelijke gevolgen van klimaatverandering voor ecosystemen en de aanpassingsmogelijkheden. Het geeft ook een overzicht van hoe klimaatverandering ecosystemen beïnvloedt via effecten op andere sectoren. Ecosystemen worden gekenmerkt worden door de soorten die erin voorkomen en de abiotische omgeving. Deze biotische en abiotische componenten vormen op een complexe manier via een groot aantal interacties het ecosysteem (bijv. bos, schraalgrasland, heide, moeras, etc.). Zodra er gesproken wordt over de effecten van klimaatverandering op ecosystemen gaat het in feite over de effecten van een verandering in het klimaat op individuen van afzonderlijke soorten en de effecten op abiotische factoren welke uiteindelijk resulteren in een verandering in een ecosysteem.

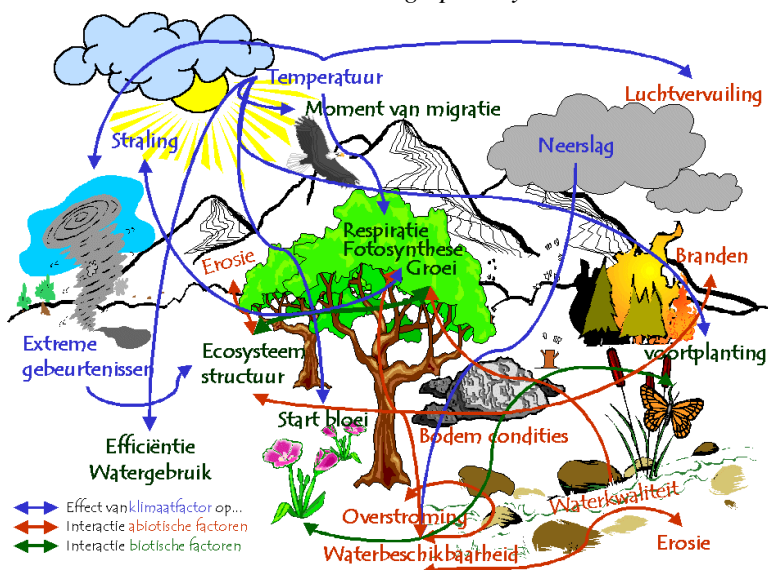
## Directe en indirecte effecten

Het klimaat beïnvloedt ecosystemen op zowel directe als indirecte manieren (Figuur 1).

**Direct:** Klimaatvariabelen kunnen als abiotische factor direct het succes van vestiging, groei, reproductie en verspreiding van een individu (uiteindelijk voor de hele soort) beïnvloeden. Hierbij gaat het om het beïnvloeden van fotosynthese, respiratie, lengte groeiseizoen, watergebruik-efficiëntie en schade aan organisme.

**Indirect abiotisch:** Naast het klimaat zijn ook een groot aantal andere abiotische factoren bepalend voor het succes van productie en reproductie. Voorbeelden hiervan zijn branden, grondwaterstand, bodemstructuur, nutriëntenbeschikbaarheid (zie discussiesheet watersystemen en bodem) en luchtkwaliteit. Veel van deze abiotische factoren worden ook weer in meer en minder sterke mate beïnvloedt door klimaatsvariabelen.

Figuur 1: Directe en indirecte effecten van klimaatverandering op ecosystemen



**Indirect biotisch:** De veranderingen in abiotische factoren resulteren in een verandering in overlevingskansen en uiteindelijk van populatiegrootte en soortensamenstelling. Deze veranderingen zullen weer doorwerken op het gehele ecosysteem via veranderingen in concurrentie-, predator-prooi-, parasitaire en symbiotische verhoudingen.

## Indicatoren voor verandering

Door de complexiteit van ecosystemen en het grote aantal milieuproblemen (zie discussie sheet milieuscenario's) is het in veel gevallen moeilijk te bepalen welke waargenomen verandering in een ecosysteem door welk probleem veroorzaakt wordt. Nog moeilijker is het om vast te stellen wat de mogelijke toekomstige effecten van een bepaald milieuprobleem of een combinatie van milieuproblemen zal zijn. Aangezien er toch een sterke behoefte is aan informatie over de effecten van klimaatverandering voor ecosystemen wordt er gebruik gemaakt van indicatoren die een deel van de vragen kunnen beantwoorden. Elke soort zal op een karakteristieke manier reageren op een verandering in het klimaat. Door deze veranderingen te monitoren wordt het mogelijk de gevolgen van een klimaatverandering op individuele soorten en vervolgens op ecosystemen te bepalen. Hieronder worden een aantal indicatoren voor klimaatverandering toegelicht.

## **Levenscyclus**

De start, de snelheid en het einde van de jaarlijkse levenscyclus zijn in belangrijke mate afhankelijk van klimaat. Het verloop van de levenscyclus kan bepaald worden door zogenaamde fenologische processen als bloei, bladontplooiing, bladval en vogeltrek te monitoren. Een groot aantal wetenschappelijke studies heeft inmiddels aangetoond dat de levenscyclus van veel soorten aan het veranderen is. De veranderingen in fenologische processen verschillen echter sterk per soort omdat (a) soorten verschillend reageren op een verandering in de temperatuur en neerslag, (b) de temperatuur niet overal op een zelfde manier verandert en (c) andere factoren ook een rol spelen bij het verloop van de jaarlijkse levenscyclus.

## **Biomassaproductie**

Zowel klimaat als de CO<sub>2</sub> concentratie in de atmosfeer blijken de productie van biomassa sterk te kunnen beïnvloeden. In reactie op een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie kunnen planten hun transpiratie beperken door de verdamping per eenheid bladoppervlak te verminderen. Planten hebben op deze manier een efficiënter watergebruik. Wanneer water de meest beperkende factor is voor de groei van planten kan dit leiden tot een verhoogde biomassa-productie. Voor veel planten is nog onduidelijk of ze met een efficiënter watergebruik kunnen reageren en hoe groot de reactie is.

## **Grootschalige Sterfte**

Hoge en lage temperaturen kunnen schade veroorzaken aan organismen wat tot sterfte kan leiden indien de grenswaarden voor een soort overschreden worden (bijvoorbeeld oververhitting of vorstschade). Een recent voorbeeld hiervan is de grootschalige sterfte van koralen wereldwijd in 1998 als gevolg van de hogere zeewatertemperatuur door de super El Nino. Dit resulteerde in koraalsterfte van mondiaal 16% en regionaal tot soms 95%. Te veel of te weinig water kan ook sterfte veroorzaken (of de gevoeligheid voor andere milieuproblemen vergroten). Tenslotte resulteren stormen en branden in grootschalige sterfte. Hierbij is echter ook de frequentie van optreden belangrijk. Stormen en branden zijn namelijk natuurlijke processen waaraan soorten zich in veel gevallen hebben aangepast. Een verandering in frequentie kan het voortbestaan van soorten echter bedreigen.

## **Geografische verspreiding**

Alle (a)biotische factoren tezamen bepalen of een soort zich kan handhaven. Elke soort is weer aan andere omstandigheden aangepast waardoor elke

## **Box 1, Signalen uit de natuur**

De lengte van het groeiseizoen in Europa is in de afgelopen 30 jaar gemiddeld 10,8 dagen langer geworden (Menzel and Fabian, 1999).

Een aantal plantensoorten in Nederland laten een vervroeging van de bloei zien van 9 tot 31 dagen in de periode 1975 - 1999 (Zwart, 2000).

De piekvlucht van 104 Kleine Vlinders in Nederland is in de periode 1975 tot 1994 gemiddeld met 11,6 dagen vervroegd (Ellis *et al.*, 1997).

De gemiddelde dag van aankomst van de zwartkop in Engeland lag in 1960 rond 17 april terwijl die in 1995 rond 1 april lag. De tiftjaf laat een vervroeging zien van 21 maart naar 11 maart in dezelfde periode (Sparks, persoonlijke communicatie)

Snoek en Brasem in Estland hebben het moment van kuitschieten in de periode 1952 tot 1996 met respectievelijk 6 en 8 dagen vervroegd (Ahas, 1999).

22 van 35 niet-migrerende Europese soorten zijn de afgelopen eeuw met 35-240 kilometer naar het noorden opgeschoven.

Het verspreidingsgebied van muggen die ziekten als malaria en knokkelkoorts kunnen overbrengen op mensen is vergroot in o.a. Tanzania, Indonesië en Mexico.

De soortenrijkdom op bergtoppen in de Europese alpen is in 1992-1993 ten opzichte van historische waarnemingen in 70% van de gevallen toegenomen, waarschijnlijk door verschuiving van verspreidingsgebieden naar hoger gelegen gebieden (Pauli *et al.*, 1996).

Uit satellietgegevens van het Noordelijk halfrond blijkt dat de netto primaire productie aan het stijgen is (Myneni, 1997).

Een 1°C stijging van de maximum temperatuur in juli in Engeland veroorzaakt (zonder een stijging van de regenval) een verlies in grasproductiviteit van 0,33 ton per hectare. (Cannell, Palutikof en Sparks, 1999)

Het verspreidingsgebied van soorten als grove den en zomereik zal zich verder kunnen uitbreiden naar het noordoosten van Eurazië. Nederland zou zo op den duur buiten het verspreidingsgebied van nu algemeen voorkomende soorten kunnen komen te liggen (Nabuurs *et al.*, 1997).

De noordelijke verspreidingsgrens van 59 vogelsoorten uit het zuiden van Engeland is in de periode 1972 tot 1991 met 19 kilometer naar het noorden opgeschoven.

De kwak bereikt in Nederland de noordgrens van zijn areaal en kan daardoor gaan toenemen onder invloed van een stijging van de temperatuur.

De dwergmeeuw en pijlstaart bereiken in Nederland de zuidgrens van het areaal, de populaties kunnen af gaan nemen onder invloed van een stijging van de temperatuur.

Verdroging leidt tot een afname van geschikte broedplaatsen voor zomertaling en heeft bovendien een negatief effect op de voedselbeschikbaarheid voor jongen. Vervroeging van maaidata beïnvloedt aantallen negatief door vernietiging van eieren en jonge vogels.

Een stijging van de gemiddelde temperatuur met 3°C in de Canadese bossen eind jaren negentig heeft geleid tot grote insectenplagen en bossterfte.

soort een eigen karakteristieke geografische verspreiding heeft. Klimaat speelt hierbij in veel gevallen een sleutelrol en een verandering in het klimaat zal leiden tot een verandering in de geografische verspreiding van soorten. Grofweg wordt aangenomen dat het verspreidingsgebied van soorten naar het noorden op zal schuiven bij de verwachte stijging van de temperatuur. Uit een groot aantal studies komen duidelijke signalen dat er klimaatgebonden veranderingen in verspreiding gaande zijn bij zowel planten als dieren. Ziekten en plagen zijn vanwege hun flexibiliteit vaak de eerste soorten waarbij veranderingen zichtbaar zijn.

### **Gevolgen voor populatiegrootte / Soortenrijkdom**

Alle bovengenoemde veranderingen leiden uiteindelijk tot een verandering in populatiegrootte van soorten en de totale soortenrijkdom in een gebied. Soortenrijkdom wordt vaak als indicator gebruikt om de toestand van de natuur te bepalen en het beleid te evalueren. Zonder informatie over andere indicatoren blijft het echter lastig om te bepalen waardoor de veranderingen in soortenrijkdom veroorzaakt worden.

Het totale spectrum van veranderingen en met name de snelheid waarmee de veranderingen optreden heeft voor elk ecosysteem gevolgen. Aangezien elk ecosysteem uit andere (a)biotische onderdelen is opgebouwd met elk hun eigen interacties met klimaat zal elk systeem op zijn eigen manier en in meer of mindere mate reageren op de veranderingen in het klimaat. Elk systeem zal bovendien zijn eigen winnaars en verliezers kennen waarbij algemeen wordt aangenomen dat de zeldzame soorten het kwetsbaarst zullen zijn.

### **Adaptatieopties**

Om de gevolgen van klimaatverandering voor ecosystemen te ondervangen zijn er een aantal adaptatie-opties beschikbaar. We onderscheiden twee typen:

1. Maatregelen gericht op het creëren van omstandigheden waarbinnen soorten de ruimte (kwantiteit) krijgen om zich aan te passen.
2. Maatregelen gericht op het verminderen van overige bedreigingen voor ecosystemen (verstoring, verzuring, vermesting, geïntroduceerde soorten, ecologische catastrofes). Hierbij wordt dus gericht op het verbeteren van de kwaliteit van ecosystemen.

Voor elk type zijn een aantal algemene maatregelen beschikbaar die voor vrijwel elk ecosysteem gelden (zie Tabel 1)

*Tabel 1, Aanpassingsmogelijkheden*

#### **Bevorderen van de kwantiteit:**

(zie ook discussie sheet watersystemen)

- Vergroten van het oppervlak aan natuurgebieden;
- Aanleg van een Ecologische Hoofdstructuur waardoor het aantal aaneengesloten natuurgebieden toeneemt. Soorten zullen beter in staat zijn om te migreren.
- Combineren van functies als landbouw, recreatie en wonen met natuur waardoor het oppervlak aan natuur in de bewoonde gebieden toeneemt Gevarieerd natuurbeheer waardoor er voor meer soorten mogelijkheden van bestaan en aanpassing beschikbaar zijn.

#### **Bevorderen van de kwaliteit**

(zie ook discussie sheet watersystemen)

- Voorkomen van verdroging als gevolg van menselijke activiteiten.
- Tegengaan van verzuring en vermesting.
- In goede banen leiden van recreatieve activiteiten (fasering aanbrengen).
- Informeren van het publiek over de mogelijkheden om verstoring te voorkomen.
- Tegengaan van fragmentatie en isolatie van natuurgebieden door de aanleg van de Ecologische Hoofdstructuur. Hierdoor wordt naast de grotere ruimte voor natuur ook de mogelijkheid aan soorten geboden om genetisch vitaal te blijven.

### **Interacties tussen sectoren**

Het hele ecosysteem wordt gevormd door een complexe aaneenschakeling van interacties tussen de biosfeer, atmosfeer, hydrosfeer en lithosfeer. Daarnaast bestaan er ook belangrijke interacties tussen ecosystemen en onze samenleving. Sectoren als landbouw, bosbouw, energievoorziening, transport en welzijn bepalen in belangrijke mate de inrichting van ons land en zorgen voor een groot aantal bedreigingen voor ecosystemen. Elk van deze sectoren heeft ook te maken met klimaatverandering en zal daar op reageren. Deze reacties kunnen weer doorwerken op ecosystemen en vallen daarmee dus onder de indirecte effecten van klimaatverandering. Tabel 2 geeft een overzicht van een aantal van deze indirecte effecten via de samenleving.

Tabel 2: Effecten van klimaatverandering op overige sectoren ( in vet) en mogelijke doorwerking op ecosystemen.

Landgebruik	Economische sectoren	Gezondheid en welzijn
<p><b>Toename van ziekten en plagen</b> → meer bestrijdingsmiddelen → negatief effect flora en fauna.</p> <p><b>Toename vraag naar water voor landbouw</b> → grondwaterstand verlagings of een vergroting van de inlaat van gebiedsvreemd water + aanspraak op water uit sloten en vaarten neemt toe → waterstand omlaag → verandering in ecosystemen.</p> <p><b>Vervroeging van het groeiseizoen</b> → vervroeging datum van landbewerking → verhoging van de mortaliteit van insecten en (jonge) vogels.</p> <p><b>Gebruik van nieuwe variëteiten</b> → Nieuwe onkruiden, insecten en bestrijdingsmiddelen.</p> <p><b>Toename erosie</b> (door toename intensiteit regenbuien) → verandering sedimentatie in waterwegen → verandering waterkwaliteit.</p>	<p><b>Toename vraag naar water bij consumenten en de industrie</b> → grondwaterstand verlagings of een vergroting van de inlaat van gebiedsvreemd water + aanspraak op water uit sloten en vaarten neemt toe → waterstand omlaag → verandering in ecosystemen.</p> <p><b>Meer wateroverlast</b> (door verandering in neerslaghoeveelheid en spreiding gedurende het jaar) → Ter voorkoming van de wateroverlast zullen er ingrepen in het landelijk gebied en de waterhuishouding moeten plaatsvinden → zowel positieve als negatieve gevolgen voor ecosystemen</p>	<p><b>Toename aantal vector gebonden ziekten</b> → negatieve houding t.a.v. de natuur → verlagings draagvlak natuurbehoud.</p> <p><b>Minder mensen in de zomer naar het buitenland op vakantie en meer toeristen vanuit buitenland in Nederland op vakantie</b> → toename recreatieve druk op natuurlijke systemen. De druk uit zich in een toename van verstoring, waterverbruik, luchtvervuiling, watervervuiling, schade aan natuurgebieden (verwijderen van zeldzame soorten, betreding, branden), geïntroduceerde soorten.</p> <p><b>Meer mensen brengen hun vrije tijd buiten door</b> → toename recreatieve druk op natuurlijke systemen.</p> <p><b>Een toename recreatie</b> → toename vraag naar het behoud van natuurgebieden → positieve impuls voor het natuurbehoud.</p>

### Samenvattend

Een klimaatverandering zal ecosystemen in Nederland beïnvloeden. Hierbij gaat het zowel om directe en indirecte effecten. De indirecte effecten worden veroorzaakt doordat de overlevingskansen van elke soort bepaald worden door een groot aantal biotische en abiotische factoren. Elke verandering kan een kettingreactie van veranderingen veroorzaken. Dit maakt de gevolgen van klimaatverandering heel onvoorspelbaar. Aan de hand van indicatoren is het mogelijk om (een deel van) het effect van klimaatverandering zichtbaar te maken en te onderscheiden van overige milieuproblemen. De laatste jaren zijn een groot aantal voorbeelden beschikbaar gekomen waar het effect van de waargenomen verandering

in het klimaat op de natuur is aangetoond of waarin een relatie wordt vermoed (Box 1). Uit de studies blijkt dat een groot aantal soorten negatief beïnvloed zullen worden als gevolg van een verandering in het klimaat maar dat er ook soorten zijn die profiteren van de veranderingen. Adaptatie-opties voor natuurlijke systemen moeten gezocht worden in het verbeteren van zowel de kwaliteit als de kwantiteit van natuurgebieden waardoor soorten en ecosysteem de mogelijkheid wordt geboden om zich aan de veranderde omstandigheden aan te passen. Daarnaast dient er in beheer en beleid rekening gehouden te worden met de vele interacties tussen sectoren in onze samenleving en natuurlijke systemen aangezien deze indirecte effecten van klimaatverandering in belangrijke mate natuurlijke systemen kunnen beïnvloeden.

**COLOFON:** Deze discussiesheet is gepubliceerd in het kader van het NOP Impact Project. Dit project beoogt een geïntegreerde analyse te geven van de mogelijke consequenties van klimaatverandering voor natuurlijke systemen, economische sectoren, landgebruik, gezondheid en recreatie in Nederland.

**Auteur:**  
Ir. A.J.H. van Vliet  
Stichting voor Duurzame Ontwikkeling  
Postbus 570  
6700 AN Wageningen

**Andere discussie sheets:** Bodem, Ecosystemen, Landbouw, Visserij, Bosbouw, Gezondheid, Toerisme, Transport, Energie en Verzekeringswezen, klimaatscenario's, milieuscenario's en sociaal-economische scenario's  
**Andere sheets zijn aan te vragen bij auteur of down te loaden:**  
<http://www.dow.wau/msa/nopimpact.htm>