

Klimaatverandering
natuurdoelen
Vogel- en Habitatrichtlijn
adaptatiemaatregelen
ecologisch herstel

R.J.H.G. (René) Henkens
Wageningen Environmental
Research,
Droevendaalsesteeg 3,
6708 PB Wageningen;
rene.henkens@wur.nl

A. (Anouk) Cormont
Wageningen Environmental
Research

C. (Chris) van Swaay
De Vlinderstichting

**G.W.W. (Wieger)
Wamelink**
Wageningen Environmental
Research

Klimaatverandering en de natuurdoelen

Uitdagingen, maar ook handvatten voor herstel

Klimaatverandering kan ingrijpende effecten hebben op de biodiversiteit in Nederland. Hoe groot die effecten zijn, hangt af van de maatregelen die wereldwijd worden getroffen om broeikasgasemissies te verminderen (klimaatmitigatie) en de maatregelen die we treffen om onze ecosystemen robuuster en veerkrachtiger te maken (klimaatadaptatie). Binnen het project RestoreConnect is nagegaan welke klimaatstressoren Nederland het sterkst treffen, en hoe gerichte adaptatiemaatregelen het ecologisch herstel kunnen bevorderen.

Klimaatverandering heeft nu al aantoonbare invloed op de biodiversiteit, onder andere door verschuivingen in leefgemeenschappen: warmteminnende soorten nemen vaak toe, terwijl koelteminnende soorten achteruitgaan. Devictor et al. (2008; 2012) maakten deze trend zichtbaar met behulp van de Species Temperature Index (STI) en de Community Temperature Index (CTI). De STI geeft de gemiddelde klimaatolerantie van een soort aan; hoe warmer het voorkeursklimaat van een soort, des te hoger de STI-waarde. De CTI is het gewogen gemiddelde van de STI-waarden van alle soorten binnen een gemeenschap en geeft daarmee aan in hoeverre de soortensamenstelling verschuift richting soorten die warmere omstandigheden prefereren.

Ook voor Nederland is, met behulp van meerjarige gegevens uit het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM), aangetoond dat klimaatverandering invloed heeft op soortensamenstellingen. De CTI-waarden van libellen, broedvogels en dagvlinders vertonen significante stijgende trends (figuur 1). De sterkste toename wordt gezien bij libellen, met een stijging van 0,0098°C per jaar. Dit wordt toegeschreven aan hun hoge mobiliteit en het vermogen om snel nieuw leefgebied te koloniseren. Bij broedvogels is de jaarlijkse stijging 0,0043°C. De relatief beperkte fluctuaties in deze trend worden verklaard door de langere levensduur van vogels. Voor dagvlinders stijgt de CTI met 0,0036°C per jaar, al zijn hier grotere schomme-

lingen zichtbaar, wat samenhangt met hun korte levenscyclus en externe drukfactoren zoals stikstofdepositie. Bij nachtvlinders laat de CTI vooralsnog een niet-significante daling van -0,0074°C per jaar zien, maar dit is waarschijnlijk een gevolg van de korte tijdreeks waarin data zijn verzameld en het effect van extreme droogteperiodes vanaf 2018 (Van Swaay et al., 2023).

Om beter inzicht te krijgen in de achterliggende oorzaken van veranderingen in de CTI, is de Multi-Species Indicator (MSI) ontwikkeld. Soorten uit iedere soortgroep zijn daarbij pragmatisch ingedeeld in drie klimaatklassen: warmteminnend, neutraal en koelteminnend, op basis van respectievelijk hoge, gemiddelde en lage STI-waarden. Voor elke klasse is een trendanalyse uitgevoerd. Hieruit blijkt dat in alle onderzochte soortgroepen de warmteminnende soorten het beter doen dan de koelteminnende soorten (figuur 2). Een vergelijkbare trend wordt in Nederland waargenomen bij zeevissen (CLO, 2023). Dit betekent echter niet dat koelteminnende soorten overall al achteruitgaan. Zo blijven bij broedvogels de koelteminnende soorten in grote lijnen stabiel. Dit kan wijzen op een lagere gevoeligheid voor klimaatverandering, maar het kan ook het gevolg zijn van effectief beheer of klimaatadaptatiemaatregelen. Hoewel het aannemelijk is dat de waargenomen trends voor warmte- en koelteminnende soorten ook gelden voor andere soortgroepen in Nederland, is aanvullend onderzoek nodig om dit te bevestigen.

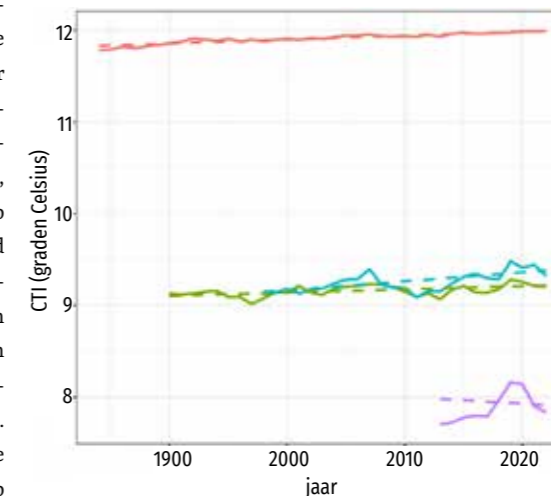


Wat betekent dit voor de natuurdoelen?

De Nederlandse natuurdoelen zijn gericht op het behoud en herstel van biodiversiteit, zoals vastgelegd in onder andere de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR), de Kaderrichtlijn Water (KRW), het Natuurnetwerk Nederland (NNN) en de Europese Natuurherstelverordening (NHV). Klimaatverandering kan in toenemende mate de haalbaarheid van deze doelen beïnvloeden. Henkens et al. (2024) beschrijven de belangrijkste klimaatrisico's én -kansen voor de 205 VHR-doelen waarvoor in Nederland Natura 2000-gebieden zijn aangewezen. Daarbij hebben zij gekeken naar de gevolgen van temperatuurstijging (inclusief hittegolven), extreme droogte en neerslag, zeespiegelstijging en verzilting. De analyse is gebaseerd op de STI-waarden van VHR-soorten, aangevuld met uitgebreid literatuuronderzoek en beoordelingen door experts. De klimaatscenario's van het KNMI (2023) dienden als richtlijn om de verwachte risico's en kansen op langere termijn te kunnen inschatten. Figuur 3 laat zien hoe de verwachte klimaat-effecten op de korte en lange termijn van elkaar verschillen. De korte termijn is gebaseerd op de VHR-rapportage over de periode 2013–2018 (Rijksoverheid, 2019), de lange termijn op

recentere studies (Henkens et al., 2024; CLO, 2024). Opvallend is dat de impact van klimaatverandering op de korte termijn nog relatief beperkt is, maar op langere termijn aanzienlijk zwaarder doorwerkt. Zo vormt de verwachte gemiddelde temperatuurstijging op termijn een (groot) risico voor circa 46% van de huidige VHR-doelen.

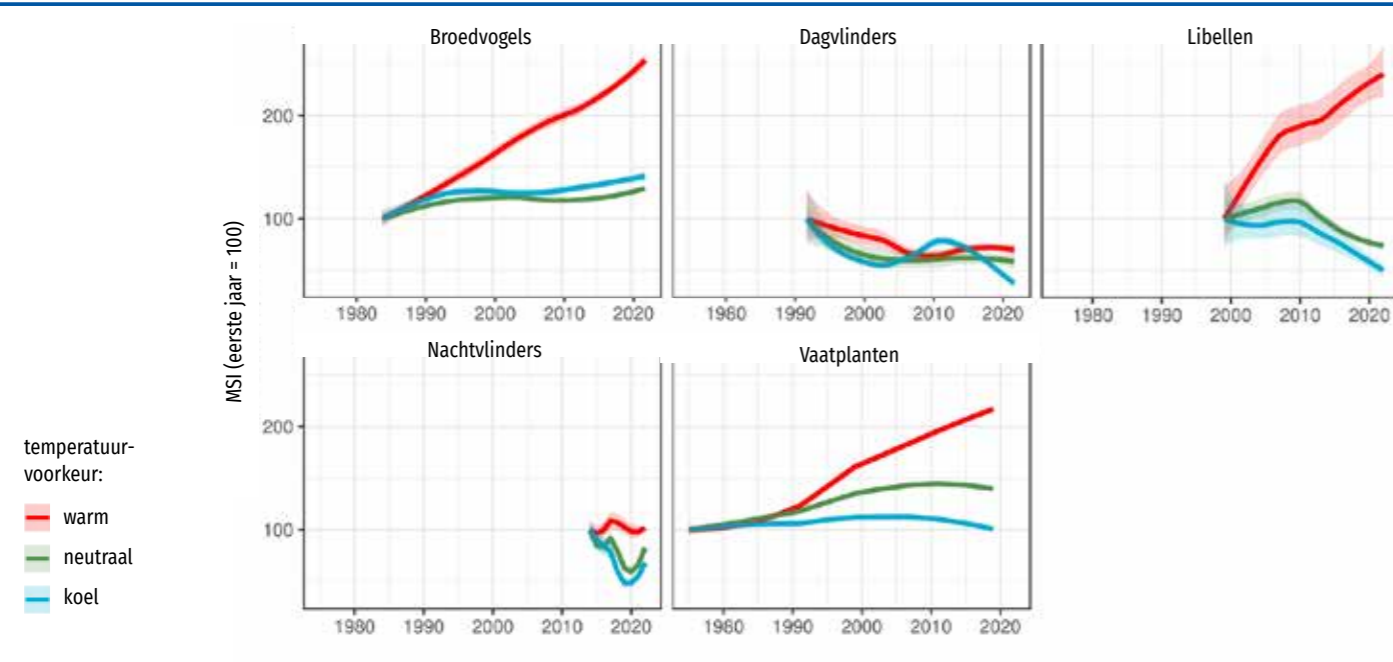
Links: Hellingbossen op de Sint Jansberg. Foto: Theo van der Sluis.
Rechts: Vliegende hert (Lucanus cervus). Foto: Mark Zekhuis.



Figuur 1 De CTI-klimaatindicator gebaseerd op NEM-data voor vier soortgroepen. Bron: Van Swaay et al., 2023.

Figure 1 The CTI climate indicator based on NEM data for four species groups. Source: Van Swaay et al., 2023.

Soortgroep / species group
— broedvogels / breeding birds
— dagvlinders / butterflies
— libellen / dragonflies
— nachtvlinders / moths



Figuur 2 MSI per soortgroep voor soorten met een voorkeur voor warme, neutrale en koude omstandigheden.

Figure 2 MSI per species group for species with a preference for warm, neutral and cool conditions.

Klimaatverandering beïnvloedt niet alleen soorten direct, maar ook indirect via de aantasting van habitatkwaliteit. Zo leiden hittegolven nu al tot massale sterfte van schelpdieren, een essentiële voedselbron voor veel wadvogels (Philippart et al., 2024). Temperatuurstijging kan kansen bieden voor warmteminnende soorten, maar dit kunnen ook potentieel invasieve soorten zijn. De recente plagen van de eikenprocessierups (*Thaumetopea processionea*) bijvoorbeeld worden in belangrijke mate toegeschreven aan het veranderende klimaat (PBL, 2021).

Extreme droogteperiodes, zoals in 2018, 2019, 2020 en 2022, vormen een toenemend risico voor de natuur. Hoewel 2024 uitzonderlijk nat was, past dit binnen de bredere trend van toenemende klimaatextremen (KNMI, 2024).

Voor de toekomst worden vaker extreem droge periodes verwacht (KNMI, 2023), wat bij bijna 64% van de VHR-doelen als een (groot) risico wordt ingeschat. Droogte leidt tot verslechtering van habitatkwaliteit, verlaging van grondwaterstanden en droogval van wateren. Ecosystemen zoals hoogvenen, natte graslanden, vochtige duinvalleien, vennen en

beken kunnen hierdoor hard worden getroffen. Ook het mariene milieu raakt uit balans wanneer zoet water langer wordt vastgehouden in de binnenwateren, waardoor de zoet-zoutgradiënt vervaagt en voedselketens worden verstoord (Philippart et al., 2024).

Extreem natte omstandigheden, zoals de overstromingen in Zuid-Limburg in 2021, zullen waarschijnlijk vaker optreden door toename van zware neerslag in de zomer (KNMI, 2023). Hevige buien, waarbij in korte tijd heel veel neerslag valt, kunnen leiden tot langdurige waterverzadiging van de bodem, met zuurstoftekorten en vegetatieafsterving tot gevolg. Ook kunnen kwetsbare habitattypen zoals zinkweiden afkalven of wegspoelen. In kustgebieden kan plotselinge zoetwateraanvoer mariene ecosystemen verstoren. Voor circa 11% van de VHR-doelen vormt extreme natheid een (groot) risico.

De zeespiegel zal, ongeacht de scenario's voor uitstoot van broeikasgassen, nog decennialang blijven stijgen. Een stijging van 1 meter tegen 2100 is niet onwaarschijnlijk (CLO, 2020) en brengt voor 21% van de VHR-doelen een (groot)

risico met zich mee. Hoewel natuurlijke sedimentatie in de Waddenzee momenteel gelijke tred houdt met de stijgende zeespiegel (Van Dobben et al., 2022), dreigen buitendijkse habitattypen op termijn te 'verdrinken', met grote gevolgen voor de soorten die daarvan afhankelijk zijn (Philippart, 2024).

Verziltiging vormt een aanvullende bedreiging, mede als gevolg van zeespiegelstijging en langdurige droogte. Circa 4% van de VHR-doelen loopt hierdoor (groot) risico. Er wordt onderscheid gemaakt tussen externe verziltiging (indringing van zout zeewater via rivieren, sluisen en kanalen) en interne verziltiging (opstijgend zout of brak grondwater). Vooral tijdens droge zomers kan verziltiging toenemen, doordat de aanvoer van zoet water afneemt en zout water verder landinwaarts doordringt. Dit heeft schadelijke gevolgen voor zoetwaterafhankelijke soorten en habitattypen.

De tekstkaders geven meer informatie over klimateffecten en adaptatiemaatregelen in de twee voorbeeldgebieden De Zoom-Kalmthoutse heide en Sint Jansberg-Reichswald.

EU-beleid bij verschijnen of verdwijnen

Kortom, klimaatverandering kan leiden tot grootschalige herverdeling van biodiversiteit, met gevolgen voor ecosystemen (Pecl et al., 2017). Hoewel de meeste VHR-soorten momenteel nog in Nederland voorkomen, neemt het risico toe dat klimaatverandering in de komende decennia leidt



Ven, Kalmthoutse heide. Foto: Theo van der Sluis

De Zoom-Kalmthoutse heide: Klimaatadaptatie in een droog zandlandschap

De Zoom-Kalmthoutse heide is een uitgestrekt Natura 2000-gebied op de grens van Nederland en België, gekenmerkt door droge heiden (H4030), open stuifzanden en schrale graslanden (H2330). Lokaal komen ook natte habitattypen voor, zoals oligotrofe tot mesotrofe vennen (H3130) en pioniervegetaties op natte, voedselarme bodems (H7150). Het gebied ligt op doorlatende zandgronden en relatief hoog. Daardoor vormen zeespiegelstijging, verziltiging en wateroverlast hier geen directe risico's. Wel zorgen klimaatverandering en hittegolven voor toenemende droogte en een hoger risico op natuurbranden. Daarnaast kan het landelijk waterbeheer, waarbij water langer wordt vastgehouden in lagergelegen gebieden, leiden tot verminderde grondwatertoevoer naar de heide, wat de droogte versterkt (Henkens et al., 2024).

Klimaatadaptatie vraagt in dit gebied om maatwerk, afgestemd op lokale ecologische en landschappelijke kenmerken. Belangrijke pijlers zijn:

- **Hydrologisch herstel.** Herstelmaatregelen richten zich op natte microhabitats zoals venoevers en laaggelegen zones, maar uitsluitend waar dit ecologisch verantwoord is. Het vernatten van droge habitats zoals H4010 (droge heide) en H4030 (droge heischrale graslanden) kan namelijk schadelijke gevolgen hebben voor de kenmerkende vegetatiestructuur en wordt daarom vermeden.
- **Versterking van landschapsconnectiviteit.** Om soorten uit droge en schrale milieus te laten migreren naar geschikte leefgebieden, is het versterken van ecologische verbindingen essentieel. Aansluiting op omliggende natuurkernen, zoals de Brabantse Wal en het Belgische deel van het Grenspark, draagt bij aan de veerkracht en het aanpassingsvermogen van soorten.
- **Bevordering van biodiversiteit.** Ecologische veerkracht wordt vergroot door het bevorderen van structuurvariatie in vegetatie en het terugdringen van invasieve exoten. Deze maatregelen verhogen de weerbaarheid van ecosystemen tegen klimaatextremen (Simberloff et al., 2013).
- **Natuurinclusieve landbouw.** In de aangrenzende agrarische gebieden draagt natuurinclusieve landbouw bij aan klimaatrobustheid. Voorbeelden zijn extensieve begrazing, de aanleg van kruidenrijke bufferstroken en het beperken van stikstofemissies. Dit helpt de milieudruk op nabijgelegen natuur te verlagen en zorgt voor ecologisch functionele overgangen tussen landbouw en natuur (Pretty et al., 2018).
- **Brandpreventie.** Door toenemende droogte wordt brandpreventie steeds belangrijker. De aanleg van brandcorridors en gericht vegetatiebeheer verkleinen het risico op grootschalige natuurbranden (Keeley et al., 2011).
- **Grensoverschrijdende samenwerking.** Effectieve klimaatadaptatie vraagt om afstemming tussen Nederlandse en Belgische partijen op het gebied van waterbeheer en natuurbeleid. Gezien de ligging van het gebied is grensoverschrijdende samenwerking cruciaal voor een samenhangende en effectieve aanpak.

Sint-Jansberg-Reichswald: Natuurlijke gradiënten als basis voor veerkracht

Het Sint-Jansberggebied en het aangrenzende Reichswald vormen samen een heuvelachtig, landschappelijk gevarieerd Natura 2000-gebied langs de Nederlands-Duitse grens. Het gebied herbergt droge en vochtige bostypen, waaronder beuken-eikenbossen met hulst (H9120), eiken-haagbeukenbossen (H9160), alluviale bossen langs beken (H91E0C) en hoogveenbossen (H91D0). Daarnaast komen ook galigaanmoerassen (H7210) voor in natte, voedselarme laagtes. De Niers, een zijrivier van de Maas die door het gebied stroomt, speelt een belangrijke rol in het hydrologisch functioneren. Samen met reliëf en kwelzones bepaalt zij het patroon van afstroming, grondwateraanvulling en overstromingsdynamiek.

Klimaatverandering beïnvloedt het systeem via meerdere routes. Temperatuurstijging en hittegolven versterken verdamping en droogtestress, vooral in bossen. Extreme droogte onderbreekt kwelstromen, wat leidt tot verdroging van bronbossen en blauwgraslanden. Ook nemen de risico's op wateroverlast door extreme neerslag toe. Door het heuvelachtige landschap kunnen hevige buien snel oppervlakkige afstroming, erosie en kortdurende overstromingen veroorzaken, zoals in Zuid-Limburg in 2021 (KNMI, 2023). Door de ligging op hooggelegen gronden vormen zeespiegelstijging en verzilting hier geen directe bedreiging.

Klimaatadaptatie vraagt in dit gebied om maatwerk, afgestemd op lokale ecologische en landschappelijke kenmerken. Belangrijke pijlers zijn:

- **Hydrologisch herstel.** Het versterken van natuurlijke kwelstromen en het opheffen van ontwateringsstructuren zijn cruciale maatregelen om waterafhankelijke habitats in valleien en laagtes te behouden. Dit vergroot hun weerbaarheid tegen droogte en versterkt de ecologische functies van het gebied (EEA, 2021). Daarnaast speelt natuurontwikkeling in de uiterwaarden van de Niers een belangrijke rol, doordat deze ruimte biedt voor natuurlijke overstromingen en waterberging.
- **Versterking van landschapsconnectiviteit.** Door versnipperde bos-, heide- en graslandfragmenten met elkaar te verbinden, worden migratiemogelijkheden voor soorten vergroot. Dit stelt hen in staat zich aan te passen aan klimaateffecten zoals droogte en temperatuurstijging. De uiterwaarden van de Niers fungeren hierbij als een natuurlijke corridor tussen natte en droge habitats binnen het stroomgebied, en versterken zo de landschappelijke samenhang (Opdam et al., 2006a; Haddad et al., 2015).
- **Verhoging van biodiversiteit.** Biodiversiteit wordt versterkt door structuurverrijking van bossen en graslanden, het herstel van soortenrijke overgangen tussen natte en droge zones, en het verwijderen van invasieve exoten. Deze maatregelen dragen bij aan robuustere ecosystemen die beter bestand zijn tegen verstoring en klimaatgerelateerde stress (Simberloff et al., 2013).
- **Natuurinclusieve landbouw.** In de omliggende landbouwgebieden kan een natuurinclusieve benadering zorgen voor klimaatrobuuste overgangszones. Praktijken zoals extensieve begrazing, het aanleggen van kruidenrijke randen en bodemvriendelijk beheer van hellingen dragen bij aan het verminderen van piekafvoeren, het beperken van droogtestress en het versterken van biodiversiteit (Pretty et al., 2018).
- **Grensoverschrijdende samenwerking.** Naast deze vier strategieën is grensoverschrijdende samenwerking tussen Nederland en Duitsland essentieel. De ligging op de waterscheiding en het bestaan van gedeelde ecosystemen vragen om afstemming van natuurbeheer, hydrologisch beleid en ruimtelijke inrichting. Effectieve klimaatadaptatie kan alleen worden gerealiseerd via een gecoördineerde, grensoverschrijdende aanpak.



Zevendal, Sint Jansberg. Foto: Theo van der Sluis

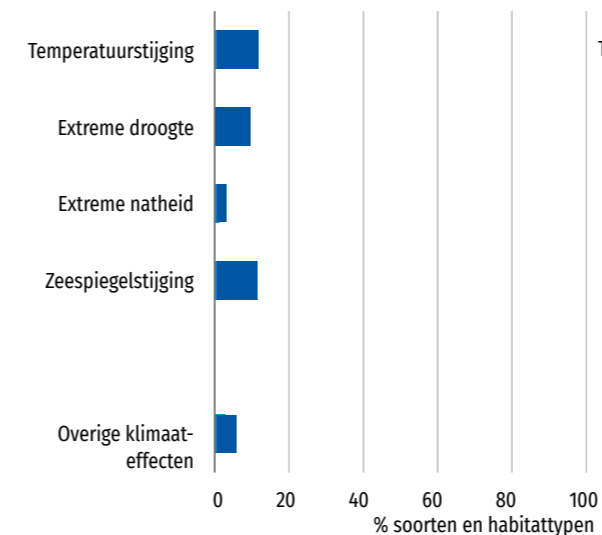
tot structurele verschuivingen of verdwijning van deze soorten. De Europese Commissie erkent dat klimaatverandering aanzienlijke uitdagingen met zich meebrengt voor de haalbaarheid van de huidige VHR-doelen (EC, 2021). Op termijn is daarom mogelijk een herziening van de nationale VHR-doelen nodig. Voor VHR-soorten die nieuw verschijnen en zich duurzaam hebben gevestigd, of die een consistent positieve populatietrend vertonen, kunnen Natura 2000-gebieden worden aangewezen. Voor VHR-soorten die onomkeerbaar, structureel en langdurig afwezig zijn geldt het omgekeerde. Nu al zijn er soorten die moeilijk voor Nederland te behouden zijn. In het kader van het *pledge*-proces, waarbij lidstaten en belanghebbenden toezeggingen doen om bij te dragen aan de doelen van de EU-Biodiversiteitsstrategie 2030 (EC, 2021), heeft Nederland in kaart gebracht welke VHR-soorten en -habitattypen mogelijk niet langer levensvatbaar zijn binnen de landsgrenzen. Het gaat om acht vogelsoorten, twee plantensoorten en zeven habitattypen. Voor een deel van deze soorten, zoals de kleine zwaan (*Cygnus bewickii*) en de taigarietgans (*Anser fabalis*), speelt klimaatverandering een duidelijke rol (Schmidt et al., 2023). Aanpassing van het nationale VHR-beleid blijkt echter complex. De interpretatiedocumenten van de Europese Commissie onderstrepen dat het schrappen van beschermingsgebieden voor een soort slechts in uitzonderlijke

gevallen mogelijk is, en dan alleen na een grondige wetenschappelijke en juridische onderbouwing (EC 2007; 2013).

Klimaatadaptatiemaatregelen

Afhankelijk van de ernst en snelheid van de klimaatverandering kunnen negatieve ecologische trends worden omgebogen door gerichte adaptatiemaatregelen. Daarmee blijft duurzame instandhouding van soorten en habitattypen mogelijk binnen bereik (EEA, 2021).

Klimaatadaptatie is niet alleen een reactie op fysieke en geografische risico's, maar biedt ook kansen voor natuurherstel, versterking van biodiversiteit en verbetering van de landschappelijke samenhang. Vier belangrijke strategieën voor klimaatadaptatie zijn: hydrologisch herstel, versterking van landschapsconnectiviteit, bevordering van biodiversiteit en natuurinclusieve landbouw. Samen dragen deze en andere maatregelen bij aan klimaatrobuuste en veerkrachtige landschappen.

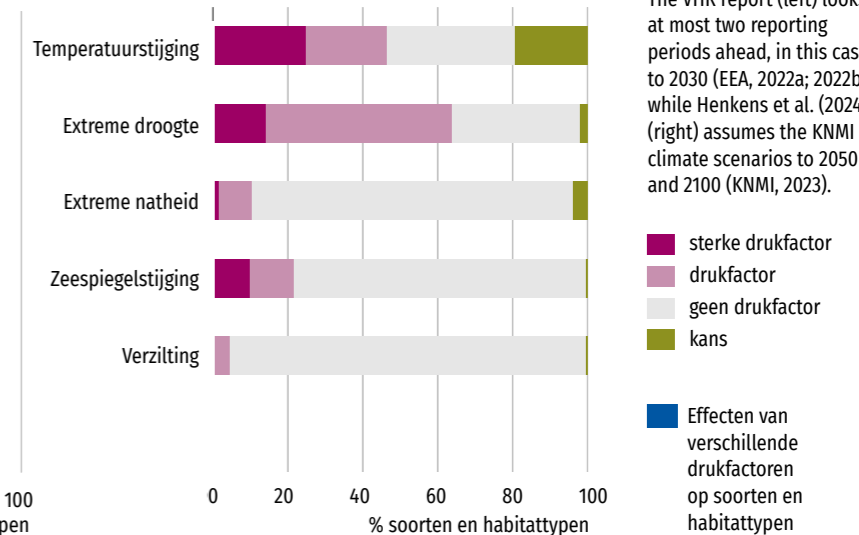


Hydrologisch herstel

Het herstel van natuurlijke waterdynamiek – zoals het laten meanderen van beken, het dempen van sloten en greppels, en het reactiveren van kwelstromen – verbetert de ecologische kwaliteit van natte habitattypen, waaronder blauwgraslanden, vochtige heiden en bronbossen. Dergelijke ingrepen verminderen droogtestress in bossen en heidegebieden en versterken de weerbaarheid van ecosystemen tegen klimaatgerelateerde verstoringen (EEA, 2021).

Versterking van landschapsconnectiviteit

Landschapsconnectiviteit is essentieel voor soorten om zich aan te passen aan veranderende klimaatzones. Ecologische verbindingen, zoals bos- en heidecorridors of gradiënten tussen open en gesloten vegetatiestructuren, maken migratie en verspreiding mogelijk (Opdam et al., 2006a; 2006b; Haddad et al., 2015). De effectiviteit hiervan hangt af van de specifieke eisen van soorten. Voor habitatspecialisten met een beperkte dispersiecapaciteit is een fijnmazige, kwalitatief hoogwaardige inrichting van corridors noodzakelijk.



Figuur 3 De invloed van verschillende aspecten van klimaatverandering op VHR-doelen. De VHR-rapportage (links) kijkt hooguit twee rapportageperiodes vooruit, in dit geval tot 2030 (EEA, 2022a; 2022b), terwijl Henkens et al. (2024) rechts) uitgaat van de KNMI-klimaatscenario's tot 2050 en 2100 (KNMI, 2023).

Figure 3 The influence of different aspects of climate change on VHR targets. The VHR report (left) looks at most two reporting periods ahead, in this case to 2030 (EEA, 2022a; 2022b), while Henkens et al. (2024) (right) assumes the KNMI climate scenarios to 2050 and 2100 (KNMI, 2023).

Bevordering van biodiversiteit

Een hoge biodiversiteit verhoogt de robuustheid en stabiliteit van ecosystemen. Door het verwijderen van invasieve exoten en het stimuleren van inheemse soorten neemt de ecologische veerkracht toe (Simberloff et al., 2013). Daarnaast bevordert het behouden of vergroten van genetische diversiteit binnen populaties het aanpassingsvermogen aan veranderende omstandigheden (Funk et al., 2012).

Natuurinclusieve landbouw

Overgangszones tussen landbouw en natuur bieden kansen voor klimaatadaptatie. Door natuurinclusieve vormen van landgebruik te stimuleren, zoals agroforestry, extensieve beweiding of natte teelten, ontstaan multifunctionele bufferzones. Deze zones versterken ecologische verbindingen,

Summary

Climate change and the nature goals. Climate change challenges nature policy, but also offers tools for recovery

René Henkens, Anouk Cormont, Chris van Swaay & Wierger Wamelink

[Climate change, nature goals, Birds and Habitats Directive, adaptation measures, ecological restoration](#)

Climate change is already causing significant shifts in ecosystems, notably through changes in species composition. Long-term monitoring data from the Dutch Network for Ecological Monitoring (NEM) reveal a consistent pattern: species with a preference for warmer conditions are becoming more prevalent, while cold-adapted species are increasingly at risk. This trend is evident across several species groups, such as dragonflies, butterflies, and breeding birds, and is captured by indicators like the Community Temperature Index (CTI) and the Multi-Species Indicator (MSI). These developments have major implications for biodiversity conservation in the Netherlands. Many current conservation targets, including those defined under the Birds and Habitats Directives (VHR) and safeguarded through the

bevorderen biodiversiteit en vergroten de klimaatrobustheid van landbouwsystemen. Tegelijkertijd kunnen zij negatieve effecten van intensieve landbouw op nabijgelegen natuurgebieden helpen beperken (Pretty et al., 2018).

De toepassing van adaptatiemaatregelen vraagt om gebieds-specifieke afwegingen en een integrale benadering, waarbij natuurbeheer, waterbeheer en landbouw intensief samenwerken. Dit vereist samenhangend beleid, gebiedsgerichte samenwerking en een evenwichtige afweging van ecologische én sociaaleconomische belangen.

Dit onderzoek is gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) vanuit de Wettelijke Onderzoekstaken WOT-04 Natuur & Milieu (project Klimaatrisico's en adaptatie natuur; WOT-04-011-045.01) alsook vanuit het Kennisbasisprogramma KB36 Biodiversiteit in een Natuur-inclusieve Samenleving (project Restore-Connect; KB-36-007-001).

Natura 2000 network, may become increasingly difficult or even impossible to achieve. Some target species may disappear due to climate-induced habitat unsuitability, while other—more heat-tolerant—species may arrive or expand. To respond effectively, climate adaptation strategies must focus on restoring ecological resilience. Key measures include enhancing habitat heterogeneity, improving landscape connectivity, and restoring natural hydrological regimes. For mobile species, functional ecological corridors are essential to enable range shifts in response to changing climatic conditions. Moreover, strategic spatial planning, including transboundary coordination, is necessary to support such adaptation efforts and safeguard biodiversity in the long term.

Literatuur

CLO (2020). Zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust en mondiaal, 1890-2018 (1 oktober 2020). www.clo.nl/indicatoren/nl022911-zeespiegelstijging-langs-de-nederlandse-kust-en-mondiaal-1890-2018 (geraadpleegd op 23 juni 2025).

CLO (2023). Invloed klimaatverandering op koude- en warmteminnende zeevissen, 1990-2021 (20 november 2023) www.clo.nl/indicatoren/nl158303-invloed-klimaatverandering-op-koude-en-warmteminnende-zeevissen-1990-2021 (geraadpleegd op 23 juni 2025)

CLO (2024). Risico's en kansen van klimaatverandering voor soorten en habitattypen van de Vogel- en Habitatrichtlijn (7 november 2024). www.clo.nl/indicatoren/nl301401-ricos-en-kansen-van-klimaatverandering-voor-soorten-en-habitattypen-van-de-vogel-en-habitatrichtlijn (geraadpleegd op 23 juni 2025)

Devictor, V., Van Swaay, C., Brereton, T., Brotons, L., Chamberlain, D., Heliölä, J., ... Jiguet, F. (2012). Differences in the climate debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change* 2, 121–124.

Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D. & Jiguet, F. (2008). Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings Royal Society of London. Biological Sciences* 275(1652), 2743–2748.

EC (2007). *Guidance document on the strict protection of animal species of Community interest under the Habitats Directive 92/43/EEC*. Final version, February 2007. European Commission.

EC (2013). *Guidelines on Natura 2000 site designation and management*. European Commission.

EEA (2021). *Climate change adaptation and water management*. European Environment Agency, EEA report 15/2021.

EEA (2022a). Conservation status of habitat types and species: datasets from Article 17, Habitats Directive 92/43/EEC reporting (2013-2018). www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/d8b47719-9213-485a-845b-db1bfe93598d (geraadpleegd op 23 juni 2025)

EEA (2022b). Population trend of bird species: datasets from Article 12, Birds Directive 2009/147/EC reporting (2013-2018). www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/d8b47719-9213-485a-845b-db1bfe93598d (geraadpleegd op 23 juni 2025)

EC (2021). Forging a climate-resilient Europe: The new EU Strategy on Adaptation to Climate Change. European Commission, 24-02-2021.

Funk, W.C., McKay, J.K., Hohenlohe, P.A. & Allendorf, F.W. (2012). Harnessing genomics for delineating conservation units. *Trends in Ecology & Evolution* 27(9), 489–496.

Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., Holt, R.D., ... Townshend, J.R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* 1(2), e1500052.

Henkens, R.J.H.G., Cormont, A., Van Swaay, C.A.M., Wamelink, G.W.W. & Ottburg, F.G.W.A. (2024). *Risico's en kansen van klimaatverandering voor de Nederlandse natuur. Invloed van temperatuurstijging, extreme droogte of natheid, zeespiegelstijging en verzilting op de doelen voor VHR, KRW, ecosysteemdiensten en algemene biodiversiteit*. Wageningen University, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 260.

Keeley, J.E., Pausas, J.G., Rundel, P.W., Bond, W.J. & Bradstock, R.A. (2011). Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in Plant Science*, 16(8), 406–411.

KNMI (2023). *KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland*. KNMI-Publicatie 23-03.

KNMI (2024). De natte lente van 2024. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/de-natte-lente-van-2024 (geraadpleegd op 19 december 2024).

Opdam, P., Foppen, R., Reijnen, R. & Schotman, A. (2006a). Landscape cohesion: An index for the conservation potential of landscapes for biodiversity. *Landscape Ecology* 21(1), 45–58.

Opdam, P., Steingröver, E. & van Rooij, S. (2006b). Ecological networks: A spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75(3–4), 322–332.

PBL (2021). *Wegen naar een klimaatbestendig Nederland*. Planbureau voor de Leefomgeving, PBL-publicatienummer 500078001.

Pecl, G.T., Araújo, M.B., Bell, J. D., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I.-C., ... Williams, S.E. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science* 355(6332), eaai9214.

Philippart, C.J.M., Baptist, M.J., Bastmeijer, C.J., Bregnballe, T., Buschbaum, C., Hoekstra, P., ... Zijlstra, R. (2024). Climate change. In: Kloepper, S., Bostelmann, A., Bregnballe, T., Busch, J.A., Buschbaum, C., Deen, K., ... Van Wezel, A. (Eds.). *Wadden Sea Quality Status Report*. Common Wadden Sea Secretariat.

Pretty, J., Benton, T.G., Bharucha, Z. P., Dicks, L.V., Flora, C.B., Godfray, H.C.J., ... Pierzynski, G. (2018). Global assessment of agroecological practices to improve food security and climate resilience. *Nature Sustainability* 1(8), 441–446.

Rijksoverheid (2019). *Rapportage Vogel- en Habitatrichtlijn 2013-2018*. Ingediend bij de Europese Commissie.

Schmidt, A., Mathijssen, P., Jongbloed, R., Tamis, J. & Goutbeek, A. (2023). *Advies over de Nederlandse pledges voor de Europese Biodiversiteitsstrategie 2030*. Wageningen University, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 241.

Simberloff, D., Martin, J.-L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D.A., Aronson, J., ... Vila, M. (2013). Impacts of biological invasions: What's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution* 28(1), 58–66.

Van Dobben, H.F., de Groot, A.V. & Bakker, J.P. (2022). Salt marsh accretion with and without deep soil subsidence as a proxy for sea level rise. *Estuaries and Coasts* 45(6), 1562–1582.

Van Swaay, C.A.M., Van Grunsven, R.H.A., Bos, G., Van Deijk, J.R., Van Turnhout, C.A.M. & Sparrius, L.B. (2023.) *Update klimaatindicator dier- en plantgemeenschappen*. De Vlinderstichting, rapport VS2023.028.