



Effecten van Klimaatverandering op Landbouw en Natuur

Nationale Knelpuntenkaart en Adaptatiestrategieën

Greet Blom, Maurice Paulissen, Claire Vos & Herman Agricola





Effecten van Klimaatverandering op Landbouw en Natuur

Nationale Knelpuntenkaart en Adaptatiestrategieën

Greet Blom¹, Maurice Paulissen², Claire Vos² & Herman Agricola²

¹ Plant Research International

² Alterra

© 2008 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V. en Alterra

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 25 per exemplaar.

Foto voorblad: www.kennisgebied.nl/mooiwageningen

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : post.plant@wur.nl
Internet : <http://www.plant.wur.nl>

Alterra

Adres : Droevendaalsesteeg 3, Wageningen
: Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 48 07 00
Fax : 0317 - 41 90 00
E-mail : info.alterra@wur.nl
Internet : <http://www.alterra.wur.nl>

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1. Analyse van knelpunten en mogelijke adaptatiestrategieën	5
2. Methode	7
3. Ruimtelijke knelpunten	15
4. Adaptatiestrategieën	23
5. Conclusies en aanbevelingen	33
Literatuurlijst (geraadpleegde literatuur)	37
Bijlage I.	4 pp.
la. Knelpuntenanalyse voor landbouw	
lb. Scoretabel bij de knelpuntenanalyse voor landbouw	
Bijlage II. Knelpuntenkaarten met gevoeligheden van landbouw voor verzilting, vernatting, droogte, ziekten en plagen en extremen	2 pp.
Bijlage III.	12 pp.
IIIa. Knelpuntenanalyse voor natuur: percentage koudeminnende doelsoorten	
IIIb. Knelpuntenanalyse voor natuur: gevoeligheid voor droogte en warmtestress	
IIIc. Knelpuntenanalyse voor natuur: toename overstromingen beken en rivieren	
IIId. Knelpuntenanalyse voor natuur: totaalscore	
Bijlage IV. Knelpuntenkaarten natuur	2 pp.
Bijlage V.	4 pp.
Va. Aanpassingsstrategieën voor landbouw zoals weergegeven in de Routeplanner en ingedeeld naar 4 hoofdcategorieën	
Vb. Knelpunten per gewastype en daarvoor aanbevolen adaptatiestrategieën, met de bijbehorende risicogebieden	

Voorwoord

In 2007 is het project 'Analyse van ruimtelijke knelpunten voor natuur en landbouw als gevolg van klimaatverandering' uitgevoerd als onderdeel van het beleidsondersteunend onderzoekprogramma Klimaatverandering: Mitigatie en Adaptatie in het Landelijk Gebied.

Het doel van het project was om aan te geven welke knelpunten ontstaan binnen de beleidsvelden van LNV en aan te geven hoe deze het meest effectief en integraal kunnen worden aangepakt.

Om tot een geïntegreerde aanpak te komen, hebben Plant Research International en Alterra gezamenlijk ingezoomd op de beleidsdossiers voor landbouw en natuur.

De analyse heeft geleid tot een aantal nationale knelpuntenkaarten en een overzicht van mogelijke adaptatiestrategieën. Om tot een geïntegreerde aanpak te kunnen komen is tevens onderzocht welke consequenties adaptatiestrategieën in de landbouwsector hebben voor natuur en omgekeerd. In dit rapport worden de resultaten van dit project gepresenteerd.

Het onderzoek is vanuit LNV Directie Platteland begeleid door Annegien Helmens en Kaj van de Sandt. Binnen Wageningen UR bestond het projectteam uit Greet Blom-Zandstra (projectleiding en inhoudelijk onderdeel landbouw), Maurice Paulissen en Claire Vos (inhoudelijk onderdeel natuur) en Herman Agricola (GIS-analyse en vervaardiging van de kaarten).

De auteurs danken allen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit rapport. Martin Baptist en Norbert Dankers (Wageningen IMARES) en Eric Schouwenberg en Pieter Slim (Alterra) hebben commentaar geleverd op een eerdere versie van de knelpuntentabel natuur. Jan Verhagen en Hein Korevaar (Plant Research International) en Tia Hermans (Alterra) hebben een waardevolle bijdrage geleverd in de discussies over dit thema.

Mei 2008

Samenvatting

Klimaatverandering in Nederland wordt gekarakteriseerd door toename van zowel gemiddelde temperatuur als neerslag en weersextremen. Deze veranderingen zullen grote gevolgen hebben voor landbouw en natuur. Ze maken belangrijke ruimtelijke aanpassingen in de plattelandsontwikkeling noodzakelijk.

Voor de bestudering van de gevolgen van klimaatverandering voor de landbouw is ingezoomd op toenemende blootstelling van landbouwgewassen aan verzilting, vernatting, droogte, ziekten & plagen en weersextremen, zoals late vorst en intense hagelbuien. In de analyse is gekozen voor de belangrijkste gewassen: gras, granen, snijmaïs, suikerbieten, aardappel, boomgaarden, bloembollen, glastuinbouwgewassen en vollegrondsgroenten. Veehouderij-systemen zijn in deze studie niet meegenomen.

Voor natuur is gekeken naar de effecten van toenemende blootstelling aan droogte en warmtestress, kusterosie, verzilting en overstromingen/vernatting. Hierbij zijn bestaande knelpunten in ruimtelijke samenhang en het aandeel koudeminnende doelsoorten per natuurtype meegewogen.

De gevoeligheid voor de genoemde klimaatveranderingsfactoren verschilt sterk per fysisch-geografische regio en is per gewas of natuurtype gescoord als 'ongevoelig' of 'gevoelig'. In sommige gevallen is bij het onderdeel natuur een derde scoreniveau 'zeer gevoelig' onderscheiden. Voor landbouw en natuur zijn afzonderlijk knelpuntenkaarten gemaakt voor de individuele knelpuntenfactoren alsmede voor de som ervan. In de gesommeerde kaart voor landbouw komen vooral het westelijk laagveengebied, Flevoland, Oost-Groningen en Zeeland als gevoelig voor meerdere knelpunten naar voren. Voor natuur zijn de zeer gevoelige natuurtypen vooral natte heide en hoogveen (op de hogere zandgronden en in het laagveen- en zeekleigebied) en zoete stilstaande wateren op zeeklei (bijvoorbeeld in Holland en Flevoland). Bos van arme gronden is net iets minder gevoelig dan de twee voornoemde natuurtypen, maar beslaat een relatief groot oppervlak.

De adaptatiestrategieën voor landbouw zijn in te delen in verschillende categorieën, namelijk: teeltmaatregelen op bedrijfsniveau, innovatiemaatregelen, aanpassingen in het (regionale) waterbeleid en regionale herinrichting van het platteland. Voor landbouw blijft veredeling een belangrijke, maar ook tijdrovende adaptatiestrategie. Aanpassing van het waterbeleid zal over het algemeen een gebiedsgerichte en consistente aanpak vragen. De gevolgen van deze landbouwadaptatiestrategieën voor natuur zijn doorgaans neutraal tot positief. Aanpassingen van het waterbeleid kunnen echter ook negatief uitpakken voor natuur door ongewenste effecten op de waterkwantiteit en kwaliteit in natuurgebieden.

Voor natuur worden als adaptatiestrategieën aangegeven: vergroten van de ruimtelijke samenhang, vergroten van de ecologische veerkracht, aanpassen van de abiotische condities binnen het natuurgebied door beheer en inrichting, aanpassingen buiten het gebied door inbedding in een klimaatmantel en natuur een integraal onderdeel maken van multifunctionele aanpassingen. Er kan ook worden gekozen voor adaptatiemaatregelen die bijdragen aan het klimaatbestendig maken van meerdere functies dan alleen op de natuur gericht maatregelen. De consequenties van deze natuur-adaptatiestrategieën kan voor landbouw een positief effect hebben. Ze kunnen echter negatief uitpakken wanneer de strategie ten koste gaat van het landbouwareaal. Dit kan met name optreden bij vergroting van de ruimtelijke samenhang door vergroten van de natuurgebieden.

Deze studie is vooralsnog kwalitatief en vraagt verfijning. Om te komen tot gefundeerde beleidsaanbevelingen zijn meer kwantitatieve gegevens nodig. Hiervoor zal verder moeten worden ingezoomd op specifieke regio's. De resultaten uit deze studie zijn echter belangrijke bouwstenen voor verdere uitwerking en integratie. Dit levert input voor LNV beleid ten aanzien van geïntegreerde adaptatiestrategieën.

Zowel voor het beleid alsook de sectoren landbouw en natuur kan in een aantal gevallen een geïntegreerde aanpak nodig zijn. In het BO-onderzoeksprogramma worden momenteel een aantal studies uitgevoerd die zowel een sectorale als meer geïntegreerde insteek hebben. Het schaalniveau waarop deze studies plaatsvinden varieert van nationaal, regionaal tot lokaal niveau. Voor een adequate geïntegreerde aanpak is het nodig om de bevindingen vanuit de verschillende projecten verder op elkaar af te stemmen en in elkaar te schuiven op zowel nationaal als regionaal niveau.

1. Analyse van knelpunten en mogelijke adaptatiestrategieën

Aanleiding

Binnen het Nationale Programma ARK (Adaptatie Ruimte en Klimaat) is door de ministeries van VROM, LNV, V&W en EZ in samenwerking met het Interprovinciaal Overleg, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten en Unie van Waterschappen een traject gestart om Nederland klimaatbestendiger te maken. De kernvragen van het ARK-programma zijn:

- Wat is de aard en de omvang van al waarneembare en te verwachten effecten van klimaatverandering voor verschillende thema's en sectoren?
- Welke ruimtelijke vraagstukken levert dit op?
- Op welke wijze kunnen deze ruimtelijke vraagstukken worden aangepakt?
- Welke dilemma's (technisch, bestuurlijk, economisch, sociaal) ontstaan er bij het oplossen van deze ruimtelijke vraagstukken?

In het ARK-programma is een nationale strategie opgesteld voor ruimtelijk noodzakelijke aanpassingen aan de verwachte klimaatverandering. De nationale strategie wordt verder uitgewerkt in een gefaseerde agenda, waarin voor de komende 6 tot 8 jaar maatregelen worden genomen om Nederland klimaatbestendig te maken. Het ministerie van LNV heeft behoefte aan een overzicht van de effecten en mogelijke adaptatiestrategieën voor haar beleidssectoren. Voor een goede inpassing in de nationale adaptatiestrategie is het van groot belang om tijdig aan te geven welke knelpunten er zullen ontstaan en hoe deze het meest effectief integraal kunnen worden aangepakt. In dit rapport is een overzicht gemaakt van de mogelijke effecten en adaptatiestrategieën voor de beleidsterreinen landbouw en natuur.

Achtergrond

Het klimaat verandert mede door menselijk ingrijpen en dat zal ook in de komende decennia het geval zijn (IPCC 2001; 2007). De verhoogde concentratie van CO₂ en andere broeikasgassen in de atmosfeer leidt tot klimaatverandering. Klimaatverandering in onze regio wordt gekarakteriseerd door (KNMI, 2006):

1. toename van de gemiddelde temperatuur;
2. toename van neerslaghoeveelheden;
3. toename van weersextremen.

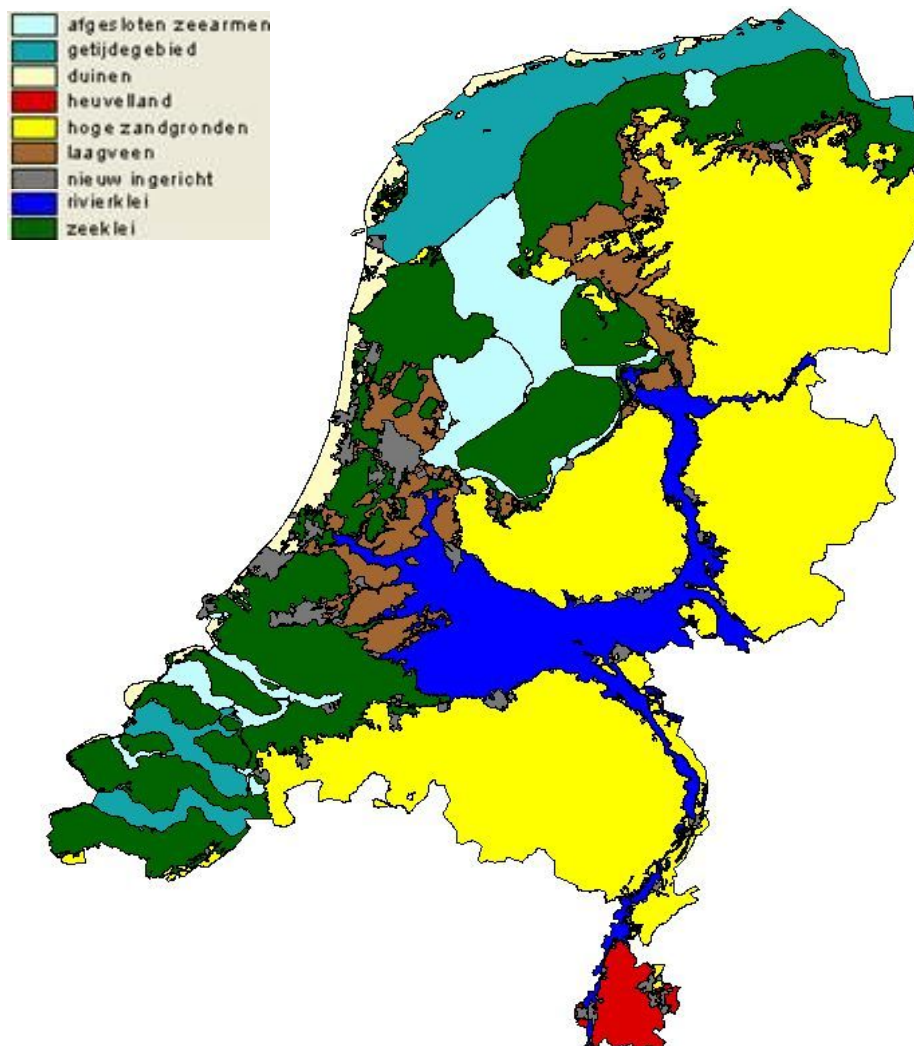
Omdat klimaat een belangrijke sturende factor is voor ecologische en fysiologische processen, zal de klimaatverandering grote gevolgen hebben voor de natuur en landbouw (zie kader). Dit vraagt belangrijke ruimtelijke aanpassingen in de plattelandsontwikkeling die voor beide beleidssectoren consequenties hebben en daarom zorgvuldig op elkaar moeten worden afgestemd. Een eerste stap in dit traject is een goed inzicht in de gevoeligheid van landbouw en natuur voor klimaatverandering door middel van een knelpuntenanalyse. Aan de hand hiervan kunnen adaptatiestrategieën worden ontwikkeld die de basis vormen voor een nationale en regionale klimaatagenda.

Werkwijze en afbakening

De effecten van klimaatverandering op natuur en landbouw zijn complex en de kennisontwikkeling is nog volop in beweging. Toch is in dit rapport, op basis van de huidige inzichten, al een eerste landelijke knelpuntenkaart gegenereerd voor de beide sectoren. Daarnaast is een analyse gemaakt van adaptatiestrategieën die kunnen bijdragen aan het oplossen van de knelpunten. Uiteindelijk is het de bedoeling om – daar waar mogelijk en zinvol - tot geïntegreerde adaptaties te komen van landbouw, natuur en andere beleidssectoren. Als een eerste stap richting integratie is in dit rapport aangegeven hoe de adaptatiestrategieën van de landbouw uitpakken voor de natuur en vice versa. In een vervolgstudie zullen op regionale schaal voorbeelden van geïntegreerde adaptatie worden uitgewerkt.

2. Methode

Voor de analyse van klimaateffecten op landbouw en natuur in een ruimtelijke context is de Routeplanner (het kennisloket voor de ministeries die betrokken zijn bij het nationale programma Adaptatie, Ruimte en Klimaat (ARK); zie: Groot et al., 2006; voor een samenvatting hiervan, zie: www.klimaatvooruimte.nl) als uitgangspunt gebruikt. Op basis van adviezen door een panel van deskundigen (zie voetnoot bij tabel in Bijlage Ia) is hieraan informatie toegevoegd. In eerste instantie zijn de knelpuntenanalyses en daarvoor geformuleerde adaptatiestrategieën voor landbouw en natuur afzonderlijk uitgewerkt. Ten behoeve van een mogelijke integratieslag is vervolgens bekeken welke consequenties de geformuleerde adaptatiestrategieën voor landbouw kunnen hebben voor natuur en vice versa. Om een goede ruimtelijke vergelijking tussen landbouw en natuur mogelijk te maken en om daar overheen een integratieslag in de formulering van adaptatiestrategieën te kunnen maken, is gebruik gemaakt van de indeling naar fysisch-geografische regio's, zoals geformuleerd door Bal & Looise (1997-2001) en gepresenteerd in Bal et al. (2001). Figuur 1 geeft deze indeling weer.



Figuur 1. Overzicht van de fysisch-geografische regio's in Nederland.

Landbouw

Voor landbouw zijn belangrijke effecten van klimaatverandering te verwachten van:

- Verandering van temperatuurpatronen en stijging van de gemiddelde temperatuur.
- Verandering van neerslagpatronen en –hoeveelheden.
- Zeespiegelstijging en daarmee gepaard gaande relatieve bodemdaling. Dit kan leiden tot vernatting in laag Nederland door stijging van de grondwaterspiegel.
- Zeespiegelstijging en daarmee gepaard gaande verzilting van de bodem.
- Verhoging van de CO₂-concentratie.

De gevolgen van deze klimaateffecten voor de landbouw verschillen sterk per gewastype. Ieder gewas heeft specifieke knelpunten die samenhangen met de bodemeigenschappen en ligging binnen Nederland. In deze studie wordt ingezoomd op de voor Nederland belangrijkste landbouwgewassen:

- Graslanden
- Granen
- Snijmaïs
- Suikerbieten
- Aardappel
- Boomgaarden
- Bloembollen
- Glastuinbouw
- Vollegrondsgroenten

Veehouderijsystemen zijn in deze studie buiten beschouwing gelaten, omdat de effecten van klimaatverandering hierop nog onduidelijk is en hierover nog niet zoveel studies zijn uitgevoerd.

Elke fysisch-geografische regio heeft eigen specifieke knelpunten. Voor deze studie is een keuze gemaakt voor de zes meest relevante regio's: duinen, heuvelland, hogere zandgronden, laagveengebied, rivierengebied en zeekei-gebied.

Voor de knelpuntenanalyse worden de gewastypen afzonderlijk bekeken. Omdat aardappels, suikerbieten en granen vrijwel altijd in een rotatie voorkomen, zijn deze gewassen in de knelpuntenanalyse bij elkaar gevoegd. Ook zijn de boomgaarden en bloembollen bij elkaar gevoegd. In Figuur 2 wordt aangegeven waar de gewastypen in Nederland voorkomen. Voor de kaart is een gridgrootte van 25 x 25 m gebruikt.

Voor elk knelpunt wordt vervolgens een adaptatiestrategie geformuleerd.

Ruimtelijke knelpuntenkaarten voor landbouw

Voor de knelpuntenanalyse is per gewastype gekeken naar de volgende factoren:

- Effecten van Verzilting
- Effecten van Vernatting
- Effecten van Droogte
- Oprukken van Ziekten en Plagen. Dit is een afgeleide factor, die het gevolg kan zijn van zowel vernatting (als belangrijkste oorzaak), droogte of temperatuur verhoging
- Effecten van Extremen, zoals hagelbuien, late vorst, plensbuien of hittegolven

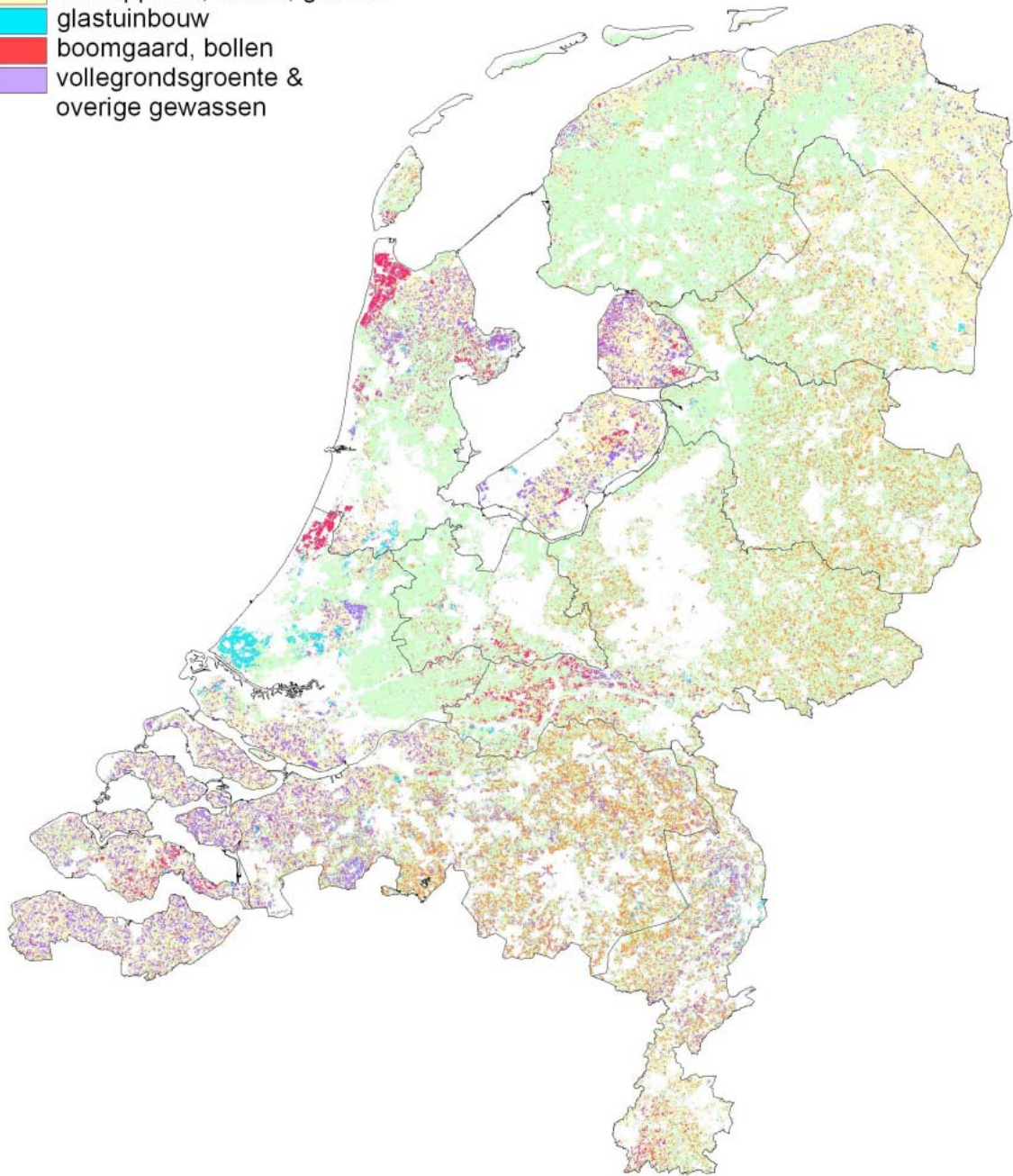
Voor het maken van de knelpuntenkaarten is gescoord op knelpunten met een score 1 (wel een knelpunt) of 0 (geen knelpunt). Er is geen verfijning aangebracht naar de mate waarin dit knelpunt tot meer of minder ernstige schade kan leiden, omdat hierover momenteel nog weinig zekerheid is en geen kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn.

Wanneer de klimaateffecten verzilting, vernatting of droogte voor meerdere gewastypen uit de rotatie knelpunten opleveren, is toch slechts een score van 1 gegeven. Dit is zo gekozen om aan te geven dat een bedrijf met een rotatie in principe dezelfde risico's loopt als een monobedrijfstype, zoals een veehouderijbedrijf met grasland.

Voor elk knelpunt wordt vervolgens een adaptatiestrategie geformuleerd.

Landbouwgewassen

- gras
- maïs
- aardappelen, bieten, granen
- glastuinbouw
- boomgaard, bollen
- vollegrondsgroente & overige gewassen



Figuur 2. Verdeling van de belangrijkste gewassen over Nederland.

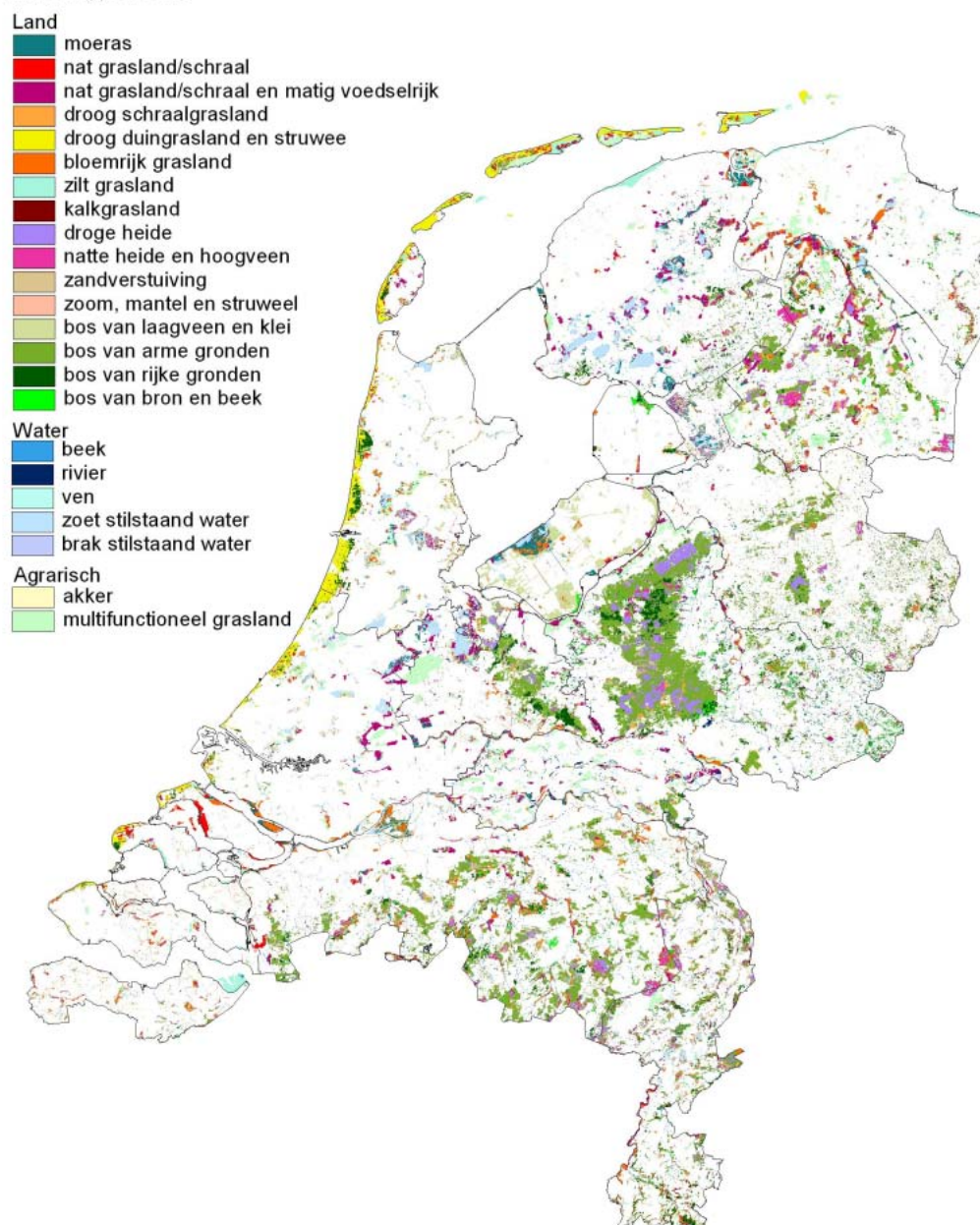
Natuur

Natuurtypen

De Nederlandse natuur is in dit rapport ingedeeld in soorten natuur (Figuur 3) volgens de typologie van het Milieu en Natuur Planbureau (MNP, 2007). Dit systeem omvat zowel terrestrische als aquatische natuur. De Noordzee is hierbij buiten beschouwing gelaten.

Voor het maken van afspraken over de doelen en inspanningen voor natuurkwaliteit tussen overheden onderling en tussen overheden en natuurbeheerders is recent een nieuwe typologie ontwikkeld, die goed aansluit bij de bestaande typologieën. Daarin worden op het hoogste schaalniveau 18 natuurtypen onderscheiden en daaronder 58 beheertypen. De natuurkwaliteit van een gebied wordt voor elk beheertype onderscheiden in 3 niveaus. Dit systeem is nog niet geïmplementeerd en is daarom nog niet voor dit rapport gebruikt (persoonlijke mededeling ir. J. van Bodegraven, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit).

Natuurtypen EHS



Figuur 3. Beoogde natuurtypen binnen de EHS (2018).

Knelpuntfactoren

Op basis van klimaatscenario's (KNMI, 2006) zijn voor de natuur de volgende belangrijke klimaatveranderingseffecten geïdentificeerd:

- Toename droogte en warmtestress (in zomerhalfjaar)
- Kusterosie door zeespiegelstijging
- Verzilting door zeespiegelstijging of extreme droogte
- Toename overstromingen beken en rivieren

Bij het inschatten van de gevolgen van 'toename overstromingen' op natuur is primair uitgegaan van inundatie door (gebiedsvreemd) oppervlaktewater. Aangenomen is dat inundatie met lokaal neerslagwater minder negatieve effecten heeft op de meeste natuurtypen dan inundatie met (nutriëntenrijk, sulfaatrijk) oppervlaktewater. In het laatste geval bestaat in veel natuurtypen het risico van interne eutrofiëring, sulfidevergiftiging en sterke verzuring door de vorming van verdund zwavelzuur in een volgende droogteperiode (Lamers, 2001; Lucassen, 2004).

Naast deze abiotische klimaatveranderingseffecten zijn ook twee effecten meegenomen waarbij de klimaatverandering direct doorwerkt op de het voorkomen van soorten:

- Knelpunten in ruimtelijke samenhang EHS. Een goede ruimtelijke samenhang tussen natuurgebieden is nodig om het verschuiven van soorten mogelijk te maken wanneer hun geschikte klimaatzone verschuift als gevolg van klimaatverandering.
- Fractie koudeminnende doelsoorten (Tabel 1). Natuurtypen met een grote fractie zijn waarschijnlijk relatief gevoelig voor klimaatverandering. Koudeminnende soorten kunnen lokaal verdwijnen. Dit kan leiden tot verminderde stabiliteit of veerkracht van de betreffende ecosystemen (Tilman et al., 2006; Van Ruijven & Berendse, 2007; Vos et al., 2007). Het goed functioneren van ecosystemen kan hierdoor in gevaar komen. Van 60 % van de doelsoorten (Bal et al., 1995, 2001) is bekend of ze warmte- dan wel koudeminnend of neutraal zijn (Van der Veen et al., 2008). Gezien de hoge indicatieve waarde van het aantal koudeminnende doelsoorten voor de gevoeligheid van een natuurtype voor klimaatverandering is in de knelpuntanalyse specifiek gekozen voor deze factor.

Op basis van de individuele scores per natuurtype (in combinatie met fysisch-geografische regio) zijn kaarten gemaakt voor bovenstaande knelpuntfactoren.

De knelpunten in de ruimtelijke samenhang zijn bepaald voor een steekproef van 74 fauna doelsoorten waarbij een onderbreking tussen habitatnetwerken een knelpunt betekent. De knelpunten zijn per gebied van 5 bij 5 km gesommeerd. Voor nadere details over de analyse wordt verwezen naar Vos et al. (2007).



Bron: www.kennisgebied.nl/mooiwageningen

Tabel 1. Aantal doelsoorten per natuurtype dat warmteminnend, koudeminnend of neutraal is (naar Vos et al., 2007).

Natuurdoel	Warmteminnend	Koudeminnend	Neutraal	Onbekend	Totaal aantal doelsoorten	Bekend (%)
akker	38	1	37	71	147	52
beek	5	1	10	129	145	11
bloemrijk grasland	42	19	120	89	270	67
bos van arme gronden	10	10	19	54	93	42
bos van bron en beek	6	3	25	30	64	53
bos van laagveen en klei	25	11	71	115	222	48
bos van rijke gronden	27	12	75	70	184	62
brak stilstaand water	2	0	5	17	24	29
droge heide	17	15	38	47	117	60
droog duingrasland en struweel	36	10	74	98	218	55
droog schraalgrasland	56	13	132	69	270	74
kalkgrasland	29	2	77	20	128	84
moeras	41	18	101	156	316	51
nat grasland/schraal	31	29	93	86	239	64
nat grasland/schraal en matig voedselrijk	25	25	78	77	205	62
natte heide en hoogveen	9	25	32	50	116	57
rivier	7	4	11	133	155	14
ven	8	11	32	70	121	42
zandverstuiving	5	4	4	8	21	62
zilt grasland	19	10	42	196	267	27
zoet stilstaand water	17	8	42	161	228	29
zoom, mantel en struweel	61	17	132	154	364	58

Scores klimaatveranderingseffecten op natuurtypen

De meeste natuurtypen komen in meerdere fysisch-geografische regio's voor. Alleen waar de respons van een natuurtype op de abiotische klimaateffecten naar verwachting verschilt tussen regio's is de score gespecificeerd naar (groepen van) fysisch-geografische regio's. De scores zijn gebaseerd op deskundigenoordeel van minstens twee inhoudelijke experts. Voor de abiotische klimaateffecten is een toelichting per score opgenomen, waar mogelijk onderbouwd met literatuurverwijzingen (Bijlage III).

Tabel 2 geeft de betekenis van de toegepaste scores weer. Het was in het kader van deze studie niet mogelijk het gewicht van de afzonderlijke knelpuntfactoren (ruimtelijk) te kwantificeren. Daarom is ervoor gekozen elke knelpuntfactor evenveel gewicht te geven bij het bepalen van de totaalscore (zie Tabel 2).

Tabel 2. Overzicht toegepaste scores bij knelpuntenanalyse natuur. 'Niet van toepassing' is doorgaans gescoord waar een natuurtype in een bepaalde fysisch-geografische regio niet blootgesteld wordt aan een bepaald klimateffect. Zo speelt kusterosie en verzilting alleen in laag Nederland.

Knelpuntfactor	Score	Betekenis score
% koudeminnende doelsoorten	0	0 %
	1	1 - 10 %
	2	11 - 20 %
	3	> 20 %
Toename droogte en warmtestress	0	geen effect/positief effect/niet van toepassing
	1	negatief effect
	2	zeer negatief effect
Kusterosie door zeespiegelstijging	0	geen effect/positief effect/niet van toepassing
	1	negatief effect
	2	zeer negatief effect
Verzilting door zeespiegelstijging of extreme droogte	0	geen effect/positief effect/niet van toepassing
	1	negatief effect
	2	zeer negatief effect
Toename overstromingen beken en rivieren	0	geen effect/positief effect/niet van toepassing
	1	negatief effect

Totaalscore (weergegeven in Bijlage III) is de som van de scores voor bovenstaande knelpuntfactoren, waarbij de maximumscore voor elke afzonderlijke knelpuntfactor is gelijkgesteld aan 1. Er is dus gecorrigeerd voor verschillen in maximumscore tussen knelpuntfactoren.



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

3. Ruimtelijke knelpunten

Landbouw

Structurele klimaatverandering heeft op landbouw over het algemeen een relatief gering effect. Door het zachter worden van de winters zullen de groeiseizoenen worden verlengd. Dit kan productieverhoging opleveren. Ook de hogere temperaturen kunnen leiden tot productieverhoging. Tegelijkertijd neemt ook de druk van ziekten en plagen toe en zullen uitheemse soorten van onkruiden ons land inkomen. De incidentele gevolgen van klimaatverandering (zoals hittegolven of tijdelijke wateroverlast) hebben daarentegen een veel belangrijker effect op de landbouw. De effecten staan weergegeven in Tabel 3. De tabel geeft eveneens aan welke consequenties deze effecten kunnen hebben voor de landbouw.



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

Tabel 3. Effecten klimaatverandering op landbouw.

Verwachte gevolgen van klimaatverandering	Effecten	Consequenties voor landbouw
Verandering temperatuur patronen	Temperatuurstijging	Productieverhoging Toename ziekten & plagen door: introductie van nieuwe soorten; versnelling van de reproductie en verkorting van de regeneratiecyclus doorbreken resistenties van gewassen Opkomst invasieve plantensoorten Mogelijkheden tot overwinteren van ziekten en plagen Onvoldoende vernalisatie Doodvriezen bloem(knoppen) bij vervroegde bloei Productieverlies, gewasschade
	Late vorst Hittegolven	
Verandering neerslag patronen	Overstromingen	Contaminatie grond- en oppervlaktewater door uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen Kwaliteitsverlies door langdurig onder water staan gewas (anaërobie) Velden onberijdbaar voor oogstmachines Toename ziekten & plagen Verlating zaaidata Opbrengstderving Kwaliteitsverandering (osmotische effecten)
	Droogte	Fysieke schade Legering (granen)
	Plensbuien of hagel	
Bodemdaling	Vernatting door hogere grondwaterspiegel	Contaminatie grond- en oppervlaktewater door uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen Toename grondgebonden ziekten & plagen
Zeespiegelstijging	Overstromingen (door zoute of brakke kwel)	Uitspoeling nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen Kwaliteitsverlies gewas Toename ziekten en plagen Velden onberijdbaar Verlating zaaidata Opbrengstderving Kwaliteitsverandering (osmotische effecten)
	Verziltting	
CO ₂ -verhoging		Productieverhoging

De schadelijke effecten van klimaatverandering zijn sterk afhankelijk van het type gewas, het groeistadium waarin het gewas zich bevindt, de omgevingstemperatuur, verspreidingsmogelijkheden van ziekten en plagen, etc. Voor het gewas aardappel is een voorbeeld gegeven in kader 1.

Kader 1. Mogelijke effecten van klimaatverandering op de aardappelteelt.

Aardappels zijn het belangrijkste akkerbouwgewas in Nederland. Volgens het CBS bedraagt onze nationale productie jaarlijks zo'n 165 000 ha, waarvan 75 000 ha voor consumptieaardappelen, 40 000 ha voor pootgoed en 50 000 ha voor zetmeelaardappels. Dit areaal is goed voor een opbrengst van zo'n 787 miljoen € per jaar (zie tabel).

Teelt en opbrengsten van de Nederlandse aardappel (CBS en Kwin)

Aardappel	Areaal (ha)	Opbrengst (ton/ha)	Productie (miljoen ton)	Prijs (€/ton)	Waarde (miljoen €)
Consumptie	75 000	50	3,75	100	375
Pootgoed	40 000	38	1,52	200	304
Zetmeel	50 000	43	2,15	50	108
Totaal	165 000	45	7,42		787

De effecten van klimaatverandering voor de aardappel kunnen aanzienlijk zijn. Er kunnen productieverliezen optreden door droogte of te hoge temperaturen. Dit kan echter weer worden gecompenseerd doordat de teeltduur kan worden verlengd door mogelijkheden tot vervroeging van de zaaidatum bij het milder worden van de winters en door stimulering van de groei bij verhoging van de CO₂ concentratie in de atmosfeer.

Verhoging van de temperatuur kan echter ook de ziektedruk verhogen. De coloradokever bijvoorbeeld komt daardoor steeds noordelijker voor. Ook quarantaine* ziekten als bruinrot gedijen beter naarmate de temperatuur stijgt.

Daarnaast is de aardappel erg gevoelig voor vernatting. Wanneer een veld meerdere dagen onder water staat wordt niet alleen het perceel onberijdbaar, maar treden ook grote oogstverliezen op door verrotting van de knol. In het jaar 2000 heeft dit geleid tot een oogstverlies van 10% van de consumptie- en zetmeelaardappelen. In 1989 waren de oogstverliezen van deze twee soorten zelfs 40%.

* Besmettelijke ziekten, die zo gevaarlijk worden geacht dat ze moeten worden voorkomen.



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

Klimaatverandering kan ook positieve gevolgen hebben voor de landbouw en daarmee kansen bieden voor versterking van specifieke karakteristieken. Zo kan temperatuurstijging de productie van gewassen verhogen of het telen van nieuwe gewassen mogelijk maken. Toenemende droogte of verzilting kan kwaliteitsverbetering van bepaalde gewassen opleveren (zoals een verhoging van het suikergehalte van suikerbieten). Dit vergroot de economische waarde en kan verschuivingen van de concurrentiepositie van Nederland ten opzichte van andere landen tot gevolg hebben.

Vernatting kan ook de opslag van watervoorraden vergroten, waardoor meer water beschikbaar is in perioden van droogte.

Vernatting kan ook een positief effect hebben op ziekten en plagen door de ontsmettende werking van de bodem:

- Onkruidzaden kunnen worden gedood.
- Bodemgebonden ziekten (protozoën, bacteriën, schimmels of nematoden, zoals aaltjes) kunnen door een hoge grondwaterspiegel of perioden van het 'onder water staan' van de bodem worden gedood.
- Vernatting kan bij bepaalde waterberging scenario's het negatieve effect van 'opslag' van aardappelen (i.e. knollen die na het rooien op het veld achterblijven en onkruid vormen voor volgteelten zoals bieten of granen) verminderen.

Verhoging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer stimuleert de vegetatieve groei van gewassen en kan daarmee een positief effect hebben op de productie.

De onderzochte knelpunten (bron: expert judgement, zie Bijlage Ia) voor de landbouw zijn in detail weergegeven in de tabellen in Bijlage Ia en b. Hieronder volgt een toelichting op de gevolgen van elke klimaatsfactor. De knelpuntenkaarten met gevoeligheden van de landbouw voor individuele klimaatsfactoren zijn in Bijlage II opgenomen.

Bij **Verzilting** is zoute kwel een belangrijke oorzaak van de afname van productie. Dit speelt vooral een rol bij gras, granen, boomgaarden en aardappel. In de glastuinbouw speelt dit alleen een rol bij grondgebonden teelten. Bij suikerbieten heeft verzilting juist een positief (osmotisch) effect doordat daardoor het suikergehalte zal toenemen. Daarnaast zijn zoute gronden geschikt om zoutminnende gewassen te telen, zoals lamsoor of zeekraal. Hiervoor bieden de kustgebieden (met name in Zeeland, Friesland of Groningen) kansen voor introductie van nieuwe gewassen of uitbreiding van het huidige areaal. In kaart I (Bijlage II) is de gevoeligheid voor verzilting weergegeven. Hierin is te zien dat de verzilting ook een risico vormt voor gebieden die verder van de kust verwijderd zijn: met name de klei- en veengebieden in Noord- en Zuid-Holland. Ook in Flevoland en Friesland vormt verzilting een probleem. In de duinstreek is geen effect te verwachten, omdat daar een grote invloed van zoet grondwater bestaat en het gewicht van de landbouw er beperkt is.

Vernatting speelt vooral bij klei- en veengronden een rol. Naast het negatieve effect op de productie veroorzaakt vernatting ook uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater. Dit kan een belangrijk probleem vormen in verband met de Kaderrichtlijn Water. Daarnaast vergroot vernatting de kans op ziekten en plagen, inclusief epidemieën.

Schimmelziekten en bacteriën (vooral bovengronds) verspreiden zich gemakkelijker onder natte omstandigheden. Uit kaart II (Bijlage II) blijkt dat vernatting voor een groot deel van de teelten in Nederland een risico vormt. Ook langs de grote rivieren is een brede strook kwetsbaar voor vernatting.

In sommige gevallen kan vernatting ook gunstige effecten hebben, zoals: grondontsmetting (zie boven), verminderde klink van veengronden en opslag van water als buffervoorraad voor perioden van droogte.



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

Droogte speelt een belangrijke rol op de zandgronden en in de duinen. Behalve productieverlies, waarvoor met name aardappel, maïs en granen gevoelig zijn, kan het ook een effect hebben op de denitrificatie in de bodem. Hierdoor verandert de opneembaarheid van stikstof door het gewas. In kaart III (Bijlage II) is de gevoeligheid voor droogte weergegeven. Het risico voor droogte speelt vooral in het Oosten van Nederland en Noord-Brabant een grote rol.



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

De toename van **Ziekten en Plagen** ten gevolge van klimaatsverandering kan heel divers zijn. Vernatting is hierbij een zeer belangrijke factor. Daarnaast kan temperatuurverhoging ook van invloed zijn op het doorbreken van resistenties, verandering van dichtheden van predatoren en het oprukken van nieuwe ziekten en plagen die in staat zijn om in zachte winters te overleven. Bij dit knelpunt is eveneens aangegeven of de ziekten en plagen door vernatting of temperatuurverhoging worden veroorzaakt. In kaart IV (zie Bijlage II) is de gevoeligheid voor ziekten en plagen weergegeven. De kaart doet geen uitspraak over de ernst van zaak, omdat er geen duidelijke gegevens beschikbaar zijn over de mate waarin een ziekte optreedt en de schade die erdoor wordt aangericht.

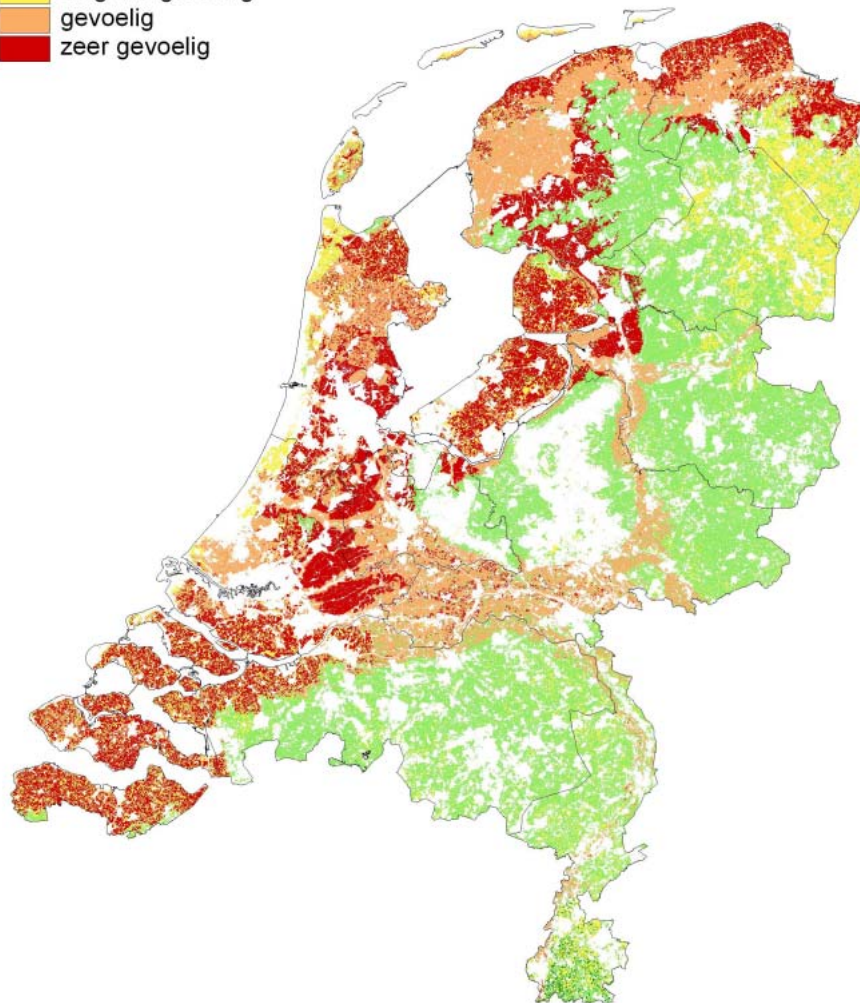


Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

Kortdurende weersextremen (zoals hittegolven, zware wateroverlast, late vorst, etc.) leveren vooral fysieke schade op. Hagelschade kan grote schade veroorzaken in de glastuinbouw of in de graanteelt, waar legering leidt tot een onoogstbaar product. Late vorst kan in boomgaarden grote oogstverliezen veroorzaken door bevroering van bloemen. Het effect van hittegolven op gewassen is moeilijk in te schatten en daarom niet meegenomen in deze analyse. In kaart V (Bijlage II) is de gevoeligheid voor extremen weergegeven. In de kuststreken (met uitzondering van Zeeland) is de gevoeligheid voor extremen laag, vanwege de geringe hoeveelheid landbouw aldaar. Ook Midden-Friesland, Midden-Drenthe, Overijssel en Noord-Brabant zijn relatief ongevoelig. Vooral de veengebieden (grasland), de gebieden langs de grote rivieren (de boomgaarden), Oost-Groningen (bedrijfssystemen met rotaties), Flevoland (bloembollen) en Noord-Limburg (geconcentreerd rond Venlo vanwege de glasteelt) zijn gevoelig voor extremen.

Een overzicht van de knelpunten in Nederland is weergegeven in Figuur 4. In deze kaart zijn alle knelpunten gesommeerd. Dit laat zien dat de Westelijke Veengebieden, Flevoland, Oost-Groningen en Zeeland met het grootste aantal knelpunten wordt geconfronteerd. Oost-Drenthe, Zuidoost-Groningen en de duinstrook in Noord- en Zuid-Holland komen als relatief ongevoelig voor klimaatverandering naar voren. In deze kaart zijn weliswaar meer nuances weergegeven vanwege het sommatie-effect, maar de kaart geeft nog geen informatie over de mate van schade die de knelpunten kunnen opleveren. De gewasschade kan per knelpunt heel verschillend zijn, maar is in deze studie nog niet kwantitatief bekeken.

Gevoeligheid landbouwgewassen voor klimaatverandering



Figuur 4. Gevoeligheid van de landbouwgewassen in Nederland voor de gevolgen van klimaatverandering.

Natuur

In Bijlage III zijn de natuurtypen gerangschikt naar aflopende score van achtereenvolgens de knelpuntfactoren: (1) percentage koudeminnende doelsoorten, (2) gevoeligheid voor droogte en warmtestress, (3) gevoeligheid voor kusterosie, (4) gevoeligheid voor verzilting en (5) gevoeligheid door overstroming met oppervlaktewater uit beken of rivieren. De meest gevoelige natuurtypen staan in de tabellen dus steeds bovenaan. In Bijlage III is tevens een overzicht van de natuurtypen naar aflopende totaalscore (zie Tabel 2) opgenomen. Hieronder wordt eerst ingegaan op de ruimtelijke verdeling van de scores voor de afzonderlijke knelpuntfactoren.

Kaart I (Bijlage IV) geeft een overzicht van **knelpunten in de ruimtelijke samenhang van de EHS**. De ernstige knelpunten liggen, zeker waar het om grotere eenheden natuur gaat, vooral op de hogere zandgronden. Ook de matige knelpunten liggen overwegend in hoog Nederland. Het rivierengebied is zowel rijk aan matige als aan geringe knelpunten. Plekken met weinig of geen knelpunten bevinden zich vooral in laag Nederland, in de duinen en het laagveen- en zeekleigebied. Hierop bestaan uitzonderingen, zoals in het Friese merengebied. Scores in grensgebieden worden vaak minder genuanceerd weergegeven omdat geen rekening is gehouden met leefgebied buiten Nederland (Vos et al., 2007).

Kaart II (Bijlage IV) laat zien dat natuurtypen met > 20 % koudeminnende doelsoorten vooral voorkomen op de hogere zandgronden. Het gaat hierbij om natte heide en hoogveen, zandverstuivingen, bos van arme gronden, vennen en droge heide (Bijlage III).

Kaart III (Bijlage IV) toont de ligging van gebieden die (zeer) gevoelig zijn voor **droogte en warmtestress**. Zeer gevoelige natuurtypen bevinden zich vooral in het laagveengebied (laagveenmoerassen) en zeekleigebied (bijv. Flevoland). Op de hogere zandgronden zijn het vooral de hoogveengebieden, natte heiden en beekdalen die er ongunstig uitspringen. Dit laatste is goed zichtbaar voor de Brabantse, Achterhoekse en Drentse beken. Matig gevoelige natuurtypen bevinden zich vooral in hoog Nederland, inclusief de grote stuwwalcomplexen, zoals de Utrechtse en Sallandse Heuvelrug en de Veluwe. Ook de oeverlanden van de afgesloten zeearmen zijn vaak matig gevoelig voor droogte en warmtestress. Voorbeelden zijn Haringvliet, Lauwersmeer en IJsselmeer. Grotere eenheden niet-gevoelige natuur liggen in de duinen, in het getijdengebied (bijvoorbeeld langs de Westerschelde en in Noord-Friesland). Ook in het rivierengebied en op de Veluwe bevinden zich veel eenheden niet-gevoelige natuur. In het laatste geval gaat het vooral om zandverstuivingen en droge schraalgraslanden.

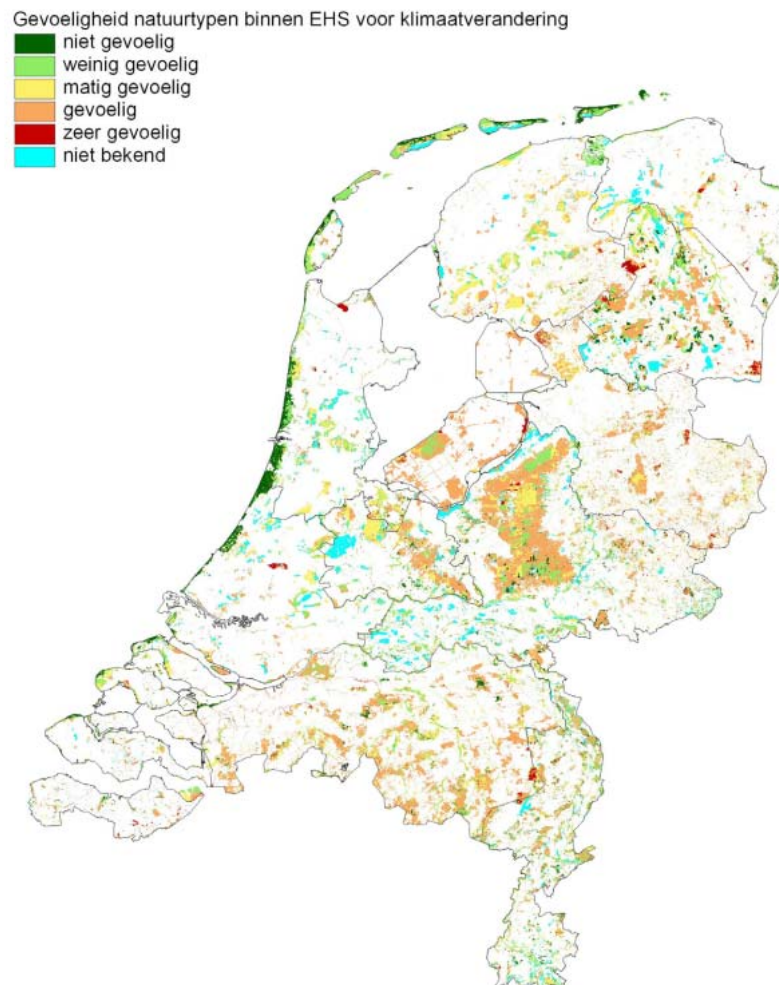
Kusterosie speelt alleen in het getijdengebied en de duinen. De afgesloten zeearmen en het zeekleigebied zijn door zeedijken afgesloten van deze bedreiging. Kaart IV (Bijlage IV) toont de ligging van de gevoelige natuurtypen. De kwelders en schorren in het getijdengebied zijn zeer gevoelig voor kusterosie. Grote eenheden van dit natuurtype bevinden zich op de Waddeneilanden, langs de Friese en Groningse kust en langs de Westerschelde (Verdrongen Land van Saeftinghe). De duinen kunnen moeten in hun geheel worden beschouwd als matig gevoelig voor kusterosie.

Verzilting speelt in laag Nederland. Zeer gevoelige natuur bevindt zich vooral in het laagveen- en zeekleigebied (Kaart V in Bijlage IV). Zoetwaterafhankelijke laagveenmoerassen zijn waarschijnlijk zeer gevoelig voor verzilting. De score 'zeer gevoelig' voor een deel van de Oostvaardersplassen is primair een gevolg van de generieke methode en moet worden genuanceerd. De Oostvaardersplassen staan sterk onder invloed van IJsselmeerwater. De overige delen van Flevoland hebben wel te maken met verzilting als overblijfsel van het zilte verleden. Ook matig gevoelige natuur bevindt zich vooral in het laagveen- en zeekleigebied, alsmede in de oeverlanden van de afgesloten zeearmen (bijvoorbeeld Lauwersmeer en IJsselmeeroevers). Ook hier is een nuancering op zijn plaats: beide wateren zullen de komende decennia geheel of overwegend zoet blijven. Ook in de binnenduinen bevindt zich voor verzilting gevoelige natuur. De duinen zelf en het rivierengebied komen niet onder invloed van verzilting. De grote rivieren zijn door hun relatief hoge ligging in het West-Nederlandse landschap infiltratiegebieden. Brakke kwel wordt hier onderdrukt door infiltratie van rivierwater.

Kaart VI (Bijlage IV) geeft de **gevoeligheid van natuurtypen voor overstromingen door oppervlaktewater uit rivieren of beken** ruimtelijk weer. Gevoelige grote eenheden natuur liggen vooral in hoog Nederland, op de hogere zandgronden en in het heuvelland. Doordat generiek gescoord is per fysisch-geografische regio, hebben ook

stuwwalgebieden als de Utrechtse en Sallandse Heuvelrug en de Veluwe de score ‘gevoelig’ gekregen. Hier komen echter weinig beken en geen rivieren voor, waardoor het probleem van overstroming met oppervlaktewater hier nauwelijks speelt. Ook een deel van de natuur in het rivierengebied is gevoelig. Niet-gevoelige natuur ligt overwegend in het rivierengebied, het zeeleigebied, het laagveengebied en de duinen. Voor de duinen geldt net als voor de stuwwalgebieden dat stromend oppervlaktewater er relatief zeldzaam is, waardoor het probleem er niet speelt. Het laagveengebied bestaat uit polderlandschappen waar berging van oppervlaktewater uitzonderlijk is. Ook voor de toekomst is het aannemelijk dat afvoerpieken van grote rivieren vooral geborgen worden in het rivieren- of zeeleigebied, dicht bij de rivieren. Hierbij moet worden aangetekend dat het laagveengebied behalve voor overstroming ongevoelige natuur zoals rietlanden ook gevoelige natuur zoals trilvenen, veenmosrietlanden en elzenbroekbossen bevat. Vaak gaat het om kleine oppervlakten. Oppervlaktewaterberging kan hier leiden tot interne eutrofiëring en verzuring na eventuele hernieuwde droogval (Lamers, 2001; Lucassen, 2004).

Figuur 5 toont waar de natuurtypen liggen die het meest voor klimaatverandering gevoelig zijn. De figuur integreert de resultaten van de afzonderlijke knelpuntfactoren (Bijlage IV). Voorbeelden van de zeer gevoelige natuurtypen zijn natte heide en hoogveen (op de hogere zandgronden en in het laagveen- en zeeleigebied) en zoete stilstaande wateren op zeelei (bijvoorbeeld bij Wieringen en in Flevoland). Grote eenheden gevoelige natuur liggen verder op de hogere zandgronden (vooral bos van arme gronden). Grotere oppervlakten weinig of niet gevoelige natuur komen vooral in de duinen voor (bijvoorbeeld droog duingrasland en struweel). Voor multifunctioneel grasland kon geen totaalscore worden berekend, omdat geen informatie beschikbaar was voor de knelpuntfactor percentage koude-minnende doelsoorten.



Figuur 5. Ruimtelijke spreiding van de ‘gevoeligheid natuurtypen voor klimaatverandering’. Hier is weergegeven de totaalscore uit Bijlage III gesommeerd met de gegevens uit Kaart I van Bijlage IV.

4. Adaptatiestrategieën

Landbouw

De adaptatiestrategieën voor landbouw zijn (evenals de knelpunten) gebaseerd op de Routeplanner (Groot et al., 2006; samenvatting Routeplanner: zie www.klimaatvoorruijnte.nl) en aangevuld op basis van het oordeel van het panel van deskundigen. De aard van de adaptatiestrategieën varieert sterk van relatief eenvoudige korte termijn aanpassingen binnen een bedrijfssysteem (aanpassen zaai- en oogstdata, achterlaten gewasresten, irrigatie, behoud of verbetering van de bodemstructuur) tot ingrijpende lange termijn maatregelen die grote consequenties kan hebben voor de inrichting van het platteland (aanpassen waterbeleid) of voor innovatieve onderzoeksprogramma's (introductie nieuwe gewassen, resistentieveredeling). De adaptatiestrategieën zijn in te delen in 4 categorieën:

1. Teeltmaatregelen op bedrijfsniveau. Deze strategieën kunnen door de boer individueel worden opgepakt en hebben weinig of geen invloed op de omgeving van het bedrijf. Echter bij het onderdeel 'versterking van de plaagonderdrukking' heeft de omgeving wel invloed op de effectiviteit van de maatregel op het bedrijf, omdat de dispersie van predatoren sterk afhangt van de mate van versnippering van de omgeving.
2. Innovatie maatregelen. Hiervoor is onderzoek en technologieontwikkeling een belangrijke driver.
3. Aanpassingen in het waterbeleid. Deze adaptatiestrategieën zijn bedrijfs overstijgend en hangen nauw samen met aanpassingen die op regionaal gebied worden gedaan. Deze strategieën vragen een gezamenlijke aanpak van boeren, provinciale en gemeentelijke overheden en belangenorganisatie. Hiervoor is het nastreven van gezamenlijke belangen en het sluiten van allianties noodzakelijk.
4. Regionale herinrichting van het platteland. Dit zijn gebiedsgerichte strategieën die geen directe oplossing bieden voor individuele knelpunten van gewastypen, maar bieden alternatieven voor hele bedrijfssystemen (zoals verbreding of het uit productie nemen van bedrijven). Dit vraagt (soms) ingrijpende veranderingen van de bedrijfsvoering of veranderingen die worden ingegeven door een herstructurering van het platteland.

In Bijlage Va wordt een overzicht gegeven van de adaptatiestrategieën zoals die zijn weergegeven in de Routeplanner en aangevuld op basis van de eigen expertise. De invulling van adaptatiestrategieën per knelpunt per gewas is weergegeven in Bijlage Vb. De adaptatiestrategieën die zijn gericht op regionale herinrichting van het platteland zijn niet in de lijst opgenomen. Voor grasland zijn de belangrijkste adaptatiestrategieën vooral aanpassingen in het waterbeleid en verbetering van de biodiversiteit door vergroting van de groen-blauwe dooradering. Voor de andere gewassen is naast aanpassingen in het waterbeleid de veredeling de meest prominente adaptatiestrategie. Voor de glastuinbouw zijn de adaptatiestrategieën vooral van technologische aard.



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

Effecten landbouw adaptatie op natuur

De adaptatiestrategieën hebben voor de landbouw een positief effect. Echter, door de nauwe verwevenheid van landbouw en natuur zullen de gekozen adaptatiestrategieën voor beide sectoren op elkaar moeten worden afgestemd of zal door het beleid een afweging moeten worden gemaakt bij de keuze. Het is dus van belang te onderzoeken hoe de adaptatiestrategieën van landbouw uitpakken voor natuur en vice versa. Hieronder wordt per groep adaptatiestrategieën voor landbouw aangegeven welke consequenties deze kunnen hebben voor natuur. In de Tabel 4 – 7 is aangegeven welke effecten de adaptatiestrategieën kunnen hebben op natuur.

Tabel 4. Effecten van teeltmaatregelen op bedrijfsniveau.

Teeltmaatregelen	Effecten op natuur
Verandering/aanpassen rotatieschema's Verandering/aanpassen zaai- en oogstdata (verkorting groeiseizoen)	Neutraal
Irrigatie (bij droogte) en achterlaten gewasresten	Irrigatie kan uitspoeling naar rivierwater veroorzaken en daardoor verzilting veroorzaken
Zelf voorziening in productie van ruwvoer	Gunstige mitigatie maatregel ten behoeve van productie van biofuels (zie bij bio-energie)
Kiezen van geschikte variëteit	Neutraal
Versterking plaagonderdrukking door aanpassen landschapsstructuur (aanleg bloemrijke akkerranden en/of houtwallen)	Positief voor natuur mits met inheemse soorten wordt gewerkt
Aanpassingen aan verzilting door: • verbetering efficiency gebruik zoet water • - brak water voor irrigatie	Gebruik van brak water kan zoutschade veroorzaken (afhankelijke van het natuurtype) Gebruik van zoet water kan eveneens negatief voor de natuur uitpakken
Zoutwaterlandbouw door teelt van halofyten	Neutraal
Verzekeringen afsluiten	Neutraal

Tabel 5. Effecten van Innovatie maatregelen.

Innovatie maatregelen	Effecten op natuur
Ontwikkelen van resistente rassen	Neutraal, tenzij gmo-gewassen worden geïntroduceerd
Ontwikkelen en introductie van bio-energie- gewassen (koolzaad, riet, wilgen, etc.)	Bij schaalvergroting (1 ^{ste} generatie koolzaad) ontstaat een grotere druk op de ruimte. Echter, bij de 2 ^{de} generatie (introductie van wilgen) ontstaat een betere integratie met natuur
Introductie van nieuwe droogte-, warmte- en zouttolerante gewassen (halofyten, druiven, gerst, zonnebloem, sorghum, etc.)	Neutraal
Introductie van drijvende kassen	In het algemeen neutraal. Echter positief als het peilbeheer vrij wordt gelaten, maar negatief als het in de uiterwaarden wordt gebruikt



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

Tabel 6. Effecten van aanpassingen in het waterbeleid op natuur.

Aanpassingsstrategieën in waterbeleid	Effecten op natuur
<p>Aanpassen van het waterbeleid aan vernatting, water conservering door:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aanleg van water retentiegebieden • verbetering van de waterlopen (aanleg of verbreding sloten) • - herstel van de beeksystemen (hermeandering) 	<p>Kan negatief worden als de landbouw een leidende rol speelt en geen rekening houdt met de natuur. Is positief als een geïntegreerde aanpak wordt gekozen en rekening wordt gehouden met bepaalde natuurtypen</p>
<p>Water opslag op het perceel</p> <ul style="list-style-type: none"> • plasdras (veenweidegebieden) • in het westelijk veenweidegebied aanpassen van de wateraanvoer uit een andere bron (IJsselmeer i.p.v. rivier) 	<p>Positief voor natuur</p>
<p>Onderwaterdrains en subsoil drainage (veengebieden) door:</p> <ul style="list-style-type: none"> • drainage dieper leggen • intensiteit van de drainage verhogen • - verhoging van het slootwaterpeil 	<p>Negatief voor natuur (vanwege de snellere afvoer van water). Dit is echter niet negatief als door de onderwaterdrainage in veengebieden een verhoging van het slootpeil wordt ingevoerd</p>
<p>Aanpassing landbouwgronden aan droogte door vergroting van het waterhoudend vermogen van de bodem door onderploegen van organische stof</p>	<p>Neutraal</p>
<p>Aanpassing van landbouwgronden aan verzilting door doorstromen van watergangen</p>	<p>Negatief voor natuur</p>

Tabel 7. *Effecten van aanpassingen door regionale herinrichting op natuur.*

Aanpassingsstrategieën door herinrichting	Effecten op natuur
Land uit landbouwproductie nemen of verbreden met andere functies (agritoeisme, recreatie, zorg-landbouw, huisverkoop, biomassaproductie natuur- en zeecultuurparken, etc.)	Goed voor natuur. Gunstig als daardoor extra herstel plaatsvindt. Echter, zodra de aanpassing te intensief wordt, kan verstoring van de natuur plaatsvinden
Verplaatsen van boerenbedrijven (ook werken met mobiele melkinstallaties)	Hangt af van het soort maatregel; kan heel interessant zijn voor de natuur

Natuur

De adaptatiestrategieën voor de natuur zijn gebaseerd op het recent verschenen Routeplanner rapport 'Klimaatverandering en ruimtelijke adaptatie natuur: wat we (niet) weten' (Vos et al., 2007).

De ruimtelijke adaptatiestrategieën voor de natuur zijn erop gericht om zo goed mogelijk in te spelen op de mogelijkheden die klimaatverandering biedt voor natuur en op het vergroten van de veerkracht en herstelvermogen van de natuur. In de genoemde studie worden vijf ruimtelijke en twee faciliterende strategieën onderscheiden. De faciliterende strategieën zijn meer maatschappelijk, bestuurlijk van aard en hebben geen ruimtelijke dimensie. In dit rapport richten wij ons op de ruimtelijke adaptatiestrategieën (zie kader 2).



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

In Tabel 8 zijn de natuur knelpunten uit hoofdstuk 3 en de adaptatiestrategieën aan elkaar gekoppeld. Op deze wijze ontstaat een beeld welke adaptatiemaatregelen een (gedeeltelijke) bijdrage leveren aan het oplossen van de knelpunten. De oplossingen zijn hieronder kort toegelicht.

Tabel 8. Koppeling tussen natuurkneipunten (1^{ste} kolom) en adaptatiestrategieën voor natuur.

	I Vergroten ruimtelijke samenhang	II Vergroten ecologische veerkracht	III Aanpassen abiotische condities binnen natuurgebied door beheer en inrichting	IV Aanpassingen buiten natuurgebied inbedden in klimaatmantel	V Natuur integraal onderdeel Multifunctionele adaptatie. Natuur inzetten bij
	<i>Verbinden (robuuste) verbindingen; Vergroten...?</i>	<i>Vergroten interne heterogeniteit</i>	<i>Waterhuishouding; Nutriëntenhuishouding</i>	<i>Verbinden (groenblauwe dooradering); Waterhuishouding; Nutriëntenhuishouding</i>	<i>Opvang wateroverlast; Kustverdediging</i>
Bottlenecks verschuiven soorten	X			X	
Grote fractie koudeminnende soorten	X	X			
Toename droogte en warmtestress			X	X	
Kusterosie door zeespiegelstijging					X
Verzilting door zeespiegelstijging en droogte			X		
Toename overstroming beken en rivieren			X	X	X



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

Adaptatiestrategie I Vergroten ruimtelijke samenhang EHS en Natura 2000

Het verbinden en/of vergroten van natuurgebieden draagt bij aan het oplossen van de *bottlenecks voor verschuivende soorten* en verzacht de negatieve effecten voor natuurtypen met *een grote fractie koudeminnende soorten*.

Toelichting

Soorten kunnen alleen de verschuiving van hun geschikte klimaatzone volgen wanneer de geschikt geraakte gebieden ook bereikbaar zijn. Bottlenecks ontstaan daar waar geschikte leefgebieden te ver uit elkaar liggen voor een of meerdere soorten. De aanleg van (robuuste) verbindingen draagt bij aan het oplossen van deze bottlenecks. Een robuuste verbinding bestaat zowel uit nieuwe leefgebieden als een dispersiecorridor (Broekmeyer & Steingröver, 2001).

Het vergroten van leefgebieden versnelt de kolonisatie van nieuwe gebieden, omdat er meer individuen beschikbaar zijn. Daarnaast dragen grotere leefgebieden bij aan het opvangen van aantalfuctuaties als gevolg van weers-extremen.

Voor koudeminnende soorten helpt het vergroten van de ruimtelijke samenhang om soorten waarvoor het klimaat minder geschikt wordt toch nog (enige tijd?) een duurzaam perspectief te bieden. Omdat in deze natuurtypen het wegvallen van een aanzienlijk deel van de soorten een reële mogelijkheid is, is ook het verbinden van deze gebieden belangrijk, zodat nieuwe soorten het gebied kunnen koloniseren en de biodiversiteit op peil blijft. Een hoge (functionele) diversiteit draagt bij aan de veerkracht en het herstelvermogen van ecosystemen.

Kader 2. Ruimtelijke adaptatiestrategieën voor natuur (bron: Vos et al. 2007).

I Vergroten ruimtelijke samenhang EHS en Natura 2000 gebieden

De respons van soorten op temperatuurstijging, neerslagpatroon en weersextremen kan sterk worden beïnvloed door de ruimtelijke samenhang van het huidige en toekomstige leefgebied. Soorten zullen alleen in staat zijn een verschuiving van hun areaal te volgen mits geschikt geraakte leefgebieden binnen de afstand van hun dispersievermogen liggen. Ook effecten van weersextremen worden groter. In sterk versnipperde delen van het leefgebied, leidt vermindering van de aantallen vaker tot uitsterven van populaties. Vervolgens duurt het herstel van de populaties in versnipperde netwerken veel langer dan in gebieden met een goede ruimtelijke samenhang. Wanneer verstoringen als gevolg van weersextremen elkaar sneller gaan opvolgen, wat door de klimaatmodellen wordt voorspeld, kan dit het regionaal uitsterven van soorten tot gevolg hebben.

Het gaat om maatregelen als: EHS en Robuuste verbindingen aanleggen, optimaliseren naar ruimtelijke samenhang op een groot schaalniveau, aansluiting EHS op internationale natuur, vergroten van grote eenheden en verbinden en verdichten van complexen kleine eenheden en barrières veroorzaakt door de infrastructuur wegnemen.

II Ecologische veerkracht van ecosystemen vergroten door ruimtelijke maatregelen op gebiedsniveau

Biodiversiteit speelt een sleutelrol in het functioneren van ecosystemen. Volgens de huidige ecologische inzichten zijn ecosystemen vooral veerkrachtig wanneer ze een grote diversiteit aan functionele groepen en soorten herbergen. Voor de veerkracht van een systeem is het vooral van belang dat er voldoende diversiteit aanwezig is in de response op een bepaalde versturende gebeurtenis, zoals weersextremen. Response diversiteit binnen functionele groepen leidt dus tot risicospreiding.

Het gaat om maatregelen ter versterking van de rol van biodiversiteit in veerkracht en herstelvermogen van ecosystemen. Bijvoorbeeld het vergroten van grote eenheden natuur en het versterken van interne heterogeniteit (gradiënten) binnen natuurgebieden hetgeen ruimte biedt aan meer soorten en een dempende werking heeft op aantalfuctuaties van populaties bij weersextremen.

III Aanpassen abiotische condities binnen natuurgebieden

Klimaatverandering leidt tot veranderingen in de nutriëntenhuishouding hetgeen kan leiden tot extra eutrofiering en verzuuring van ecosystemen. Daarnaast leidt klimaatverandering tot veranderingen in de waterhuishouding waarbij zowel sprake kan zijn van droogte als van inundatie van natuurgebieden bij extreme regen.

Het gaat om maatregelen om via beheer en inrichting van natuurgebieden in te spelen op de veranderingen in de nutriëntenhuishouding en waterhuishouding. Ruimte bieden aan de grotere dynamiek in met name de waterhuishouding, waarbij zowel grotere droogte als overstromingen kunnen optreden. Bijvoorbeeld maatregelen ter bevordering van het watervasthoudend vermogen van natuurgebieden.

IV EHS inbedden in een klimaatmantel door ontwikkeling van multifunctionele zone rondom de EHS.

Onder een klimaatmantel wordt een zone verstaan rondom natuurgebieden die bijdraagt aan de klimaatbestendigheid van de EHS. De zone bestaat uit multifunctioneel cultuurlandschap met een geïntegreerde gebiedsgerichte aanpassing aan klimaatverandering, waarbij zowel de natuur als ook landbouw, waterbeheer en recreatie profiteren. Het is een locatiegebonden uitwerking van de transitie van productie- naar consumptie landschap.

Het gaat om maatregelen die de ruimtelijke samenhang van de EHS versterken, zoals een sterke groenblauwe dooradering van het landschap. Deze dooradering biedt tevens een risicoreductie voor de gevolgen van klimaatgebonden ziekten en plagen, levert een bijdrage aan het watervasthoudende en waterbergende vermogen van het landschap, versterkt de cultuurhistorische identiteit en verhoogt de recreatieve draagkracht en kwaliteit van het landschap. Ook aangepast waterbeheer draagt bij aan waterconservering en het voorkomen van droogteschade. Dergelijke landschappen bieden tevens kansen voor het ontwikkelen van zorgfuncties en educatieve functies.

V Natuur integraal onderdeel van multifunctionele ruimtelijke adaptatie

Adaptatie volgens de principes van duurzame ruimtelijke ontwikkeling behelst dat het behoud en de exploitatie van natuurlijke hulpbronnen voor huidige en toekomstige generaties gewaarborgd is. Ruimtelijke planning van adaptatiemaatregelen is in essentie het afwegen van belangen, in zowel ruimte als tijdsdimensies. Daarbij gaat het enerzijds om de bijdrage die natuur kan leveren bij de adaptatie van andere functies. Anderzijds om de effecten op natuur van adaptatie gericht op andere ruimtegebruikfuncties.

Het gaat om zeer diverse maatregelen zoals een flexibele kustverdediging met inschakeling van natuurlijke processen; beheersen van waterdynamiek in stroomgebieden door de inzet van (nieuwe) natuurgebieden en landschapselementen; het verkleinen van de risico's op het optreden van ziekten en plagen voor mensen en voor plantaardige en dierlijke productie; natuur in de stad als drager van de leefomgevingkwaliteit in stadslandschappen, natuur als drager van nieuwe vormen van ruimtegebruik in verziltende veenweidegebieden; tijdelijke natuurgebieden; de bijdrage van natuur aan mitigatie van klimaatverandering (CO₂-fixatie).

II Ecologische veerkracht van ecosystemen vergroten door ruimtelijke maatregelen op gebiedsniveau

Natuurtypen met een *groot aantal koudeminnende soorten* dreigen relatief veel soorten kwijt te raken. Het vergroten van de interne heterogeniteit van natuurgebieden (gradiënten) biedt ruimte aan meer soorten. Daarnaast kan interne heterogeniteit van de leefgebieden de omvang van de aantalf fluctuaties als gevolg van weersextremen verminderen.

III Aanpassen van de abiotische condities binnen natuurgebieden

Deze maatregelen dragen bij aan het verminderen van de effecten van *droogte, verzilting en overstromingen*.

De effecten van droogte en warmtestress verminderen door maatregelen om het gebiedseigen water vast te houden binnen het natuurgebied. Verzilting kan op dezelfde wijze worden tegengegaan. Het is echter ook goed denkbaar dat

verziltling binnen natuurgebieden niet wordt bestreden, omdat dit waardevolle natuurtypen kan opleveren die elders door kusterosie dreigen te verdwijnen. Bij overstromingen van beek- en riviersystemen is het denkbaar dat naast het voldoende ruimte bieden aan overstromingen (vergroten van natuurlijke overstromingsgebieden) ook compartimentering wordt toegepast om bepaalde natuurtypen te beschermen.

Extra maaien en begrazing zijn maatregelen om verzuivering als gevolg van extra nutriënten tegen te gaan.

IV EHS inbedden in een klimaatmantel door ontwikkeling van multifunctionele zone rondom de EHS

Geïntegreerde adaptatie in het landschap rondom natuurgebieden draagt bij aan het verminderen van *droogtepieken* en *overstromingen*. Daarnaast kan het helpen bij het oplossen van *bottlenecks voor verschuivende soorten*.

Maatregelen voor het vasthouden van gebiedseigen water kunnen ook buiten de natuurgebieden plaatsvinden. Een vermindering van de stikstofdepositie in de omgeving draagt bij aan een verbeterde Nutriëntenhuishouding.

Natuurlijke elementen in het landschap, de zogenaamde groenblauwe dooradering, verbetert de doorlaatbaarheid van het agrarisch gebied en vermindert daardoor bottlenecks voor verschuivende soorten.

V Natuur integraal onderdeel van multifunctionele ruimtelijke adaptatie

Bestaande of nieuwe natuurgebieden kunnen worden ingezet bij het tegengaan van *kusterosie* door een flexibele kustverdediging met behulp van natuurlijke processen. Natuurgebieden spelen ook een belangrijke rol bij het opvangen van *overstromingen* zoals piekafvoeren bij rivieren en dragen daarmee bij aan de veiligheid.

Effecten natuuradaptatie op de landbouw

In Tabel 9 is voor elke adaptatiemaatregel voor natuur aangegeven hoe deze uitpakt voor de landbouw. De nummering in de tabel correspondeert met onderstaande toelichting.

1. Het vergroten van de ruimtelijke samenhang door het vergroten van natuurgebieden, het aanleggen van nieuwe natuur en de aanleg van (robuuste) verbindingen zal over het algemeen ten koste gaan van landbouwareaal (externe werking van soortbeschermingsmaatregelen).
2. Zie 1.
3. Maatregelen binnen het natuurgebied ter vergroting van de interne heterogeniteit (gradiënten) zullen over het algemeen geen effect op de landbouw hebben.
4. Droogtebestrijding door water vast te houden binnen natuurgebieden, zal ook bijdragen aan de bestrijding van droogte in de landbouw. Mogelijk worden echter aangrenzende landbouw percelen te nat.
5. Maatregelen binnen natuurgebieden om nutriënten af te voeren hebben geen effect op de landbouw. Effect kan positief zijn als neveninkomsten voor boeren.
6. Het niets doen tegen verziltling zodat brakke natuurtypen ontstaan pakt negatief uit voor de landbouw.
7. Bestrijding van de verziltling door water vast te houden binnen natuurgebieden, zal ook bijdragen aan het tegengaan van verziltling ten behoeve van de landbouw. Mogelijk worden aangrenzende percelen te nat.
8. Het opvangen van overstromingen binnen natuurgebieden is positief voor de landbouw, als hiermee wateroverlast voor de landbouw wordt voorkomen.
9. De aanleg van groenblauwe dooradering in landbouwgebieden is positief in verband met natuurlijke plaagreductie en mogelijke neveninkomsten door recreatie. Het verlies aan oppervlakte is negatief.
10. Droogtebestrijding door water vast te houden in de mantel rond natuurgebieden, zal ook bijdragen aan de bestrijding van droogte in de landbouw. Het gaat echter wel ten koste van landbouwareaal.
11. Maatregelen ter vermindering van de stikstofdepositie in de omgeving van natuurgebieden leggen beperkingen op aan de landbouw.
12. Het opvangen van piekafvoeren op landbouwpercelen legt beperkingen op aan het gebruik.
13. Het inzetten van natuurgebieden voor een natuurlijker kustbescherming reduceert het overstromingsgevaar voor de landbouw. Mogelijk negatief wanneer de aanleg van nieuwe natuur ten koste gaat van landbouwareaal.
14. Inzetten van natuurgebieden voor het opvangen van piekafvoeren reduceert de schade voor de landbouw. Mogelijk negatief wanneer de aanleg van nieuwe natuur ten koste gaat van landbouwareaal.

Tabel 9. Integratie Landbouw en Natuur.

Effecten natuuradaptatie op de landbouw: groen is positief, oranje is neutraal en rood is negatief voor de landbouw. De nummering verwijst naar een toelichting.

	I Vergoten ruimtelijke Samenhang	II Vergroten ecologische veerkracht	III Aanpassen abiotische condities binnen natuurgebied door beheer en inrichting	IV Aanpassingen buiten natuurgebied Inbedden in klimaatmantel	V Natuur integraal onderdeel Multifunctionele adaptatie. Natuur inzetten bij
	<i>Verbinden (robuuste) verbindingen; Vergroten...?</i>	<i>Vergroten Interne heterogeniteit</i>	<i>Waterhuishouding; Nutriëntenhuishouding</i>	<i>Verbinden (groenblauwe dooradering); Waterhuishouding; Nutriëntenhuishouding</i>	<i>Opvang wateroverlast; Kustverdediging</i>
Bottlenecks verschuiven soorten	1			9	
Grote fractie koudeminnende soorten	2	3			
Toename droogte en warmtestress			4 5	10 11	
Kusterosie door zeespiegelstijging					13
Verzilting door zeespiegelstijging en droogte			6 7		
Toename overstroming beken en rivieren			8	12	14



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

5. Conclusies en aanbevelingen

Knelpunten

De knelpuntenanalyse laat zien dat de grootste gevoeligheid voor veranderingen van het klimaat in Nederland vooral merkbaar zijn een brede strook die loopt van Zeeland via de lage veengebieden, Flevoland en Zuid-West Friesland naar Noord-Oost Groningen. De gevoeligheden van de landbouwgebieden hebben hierin het grootste aandeel, omdat deze de grootste druk op de ruimte vormt. Met name de akkerbouwbedrijven waar in rotaties wordt geteeld en de graslanden van de veengebieden in Utrecht en Noord-Holland zijn kwetsbaar. Daarnaast zijn de boomgaarden op de rivierklei kwetsbaar. Meerdere factoren bepalen in deze gebieden de gevoeligheid voor klimaatsverandering.

Deze analyse is vooralsnog kwalitatief en vereist nadere verfijning naar een meer kwantitatief beeld, waarbij ook onder meer verwachte opbrengstdervingen in beeld worden gebracht. Voor de landbouw is ook nodig dat een meer genuanceerd beeld wordt gegeven van de opkomst van ziekten en plagen. Hiervoor moet verder worden ingezoomd op de verschillende individuele gewassen. Met name binnen de categorieën Vollegrondsgroenten en de rotaties moet per individueel gewastypen een overzicht komen van verschillende ziekten en hun impact. Daarvoor zal ook meer inzicht moeten komen op de schade, de opbrengst derving en een economische consequenties van klimaatverandering. Hiervoor moet worden ingezoomd op regioniveau.

Voor natuur zijn natte heide en hoogveen (op de hogere zandgronden en in het laagveen- en zeeleigebied) en zoete stilstaande wateren op zeelei de meest in het oog springende natuurtypen die zeer gevoelig zijn voor klimaatverandering. Bos van arme gronden is net iets minder gevoelig dan de twee voornoemde natuurtypen. Bos van arme gronden valt echter op door zijn grote oppervlakteaandeel op de kaart. De fysisch-geografische regio hogere zandgronden springt hierdoor sterk in het oog waar het gaat om voor klimaatverandering (zeer) gevoelige natuur. In alle gevallen lijkt slechts een deel van de onderzochte knelpuntfactoren bepalend voor de hoge totaalscore. Bij natte heide en hoogveen is de grote gevoeligheid voor klimaatverandering grotendeels een gevolg van de knelpuntfactoren koudeminnende doelsoorten (hoog percentage), droogte en warmtestress en gevoeligheid voor overstroming met oppervlaktewater. Bij zoete stilstaande wateren op zeelei vormen droogte en warmtestress, verzilting en aanvoer van (overstroming met) (gebiedsvreemd) oppervlaktewater een probleem. De gevoeligheid van bos van arme gronden moet primair worden toegeschreven aan het grote aandeel koudeminnende soorten.



Bron: Rob Geerts (Plant Research International)

Adaptatiestrategieën

Voor landbouw blijft de veredeling een belangrijke, maar ook tijdrovende adaptatiestrategie. Aanpassing van het waterbeleid is ook een adaptatiestrategie die belangrijk zal worden. Deze strategie zal over het algemeen een gebiedsgerichte consistente aanpak vragen. Dit vergt een goede synergie tussen de maatregelen voor landbouw en die voor natuur. Een aantal waterbeheersmaatregelen voor landbouw zullen ook voor de natuur gunstig uitpakken. Echter de waterbeheersmaatregelen tegen verzilting kunnen voor natuur een bedreiging vormen. Hier zullen keuzes gemaakt moeten worden.

Belangrijke overwegingen voor de keuze van adaptatiestrategieën zijn de mate waarin verstedelijking, inrichting van een vitaal platteland, de keuze voor goede locaties voor waterberging en veranderende verhoudingen tussen stad en platteland (en de groene bufferzones daartussen) in de toekomst zullen optreden. Met name de herinrichting van het landelijk gebied en veranderingen in functies van de agrarische bedrijfsvoering bieden hier grote kansen.

Het is hierbij belangrijk dat het 'sluiten van kringlopen' hierin ook een duidelijke ambitie wordt. Met name door de aankomende Kaderrichtlijn Water en vervulling van de Kyoto-beloften om emissies verder terug te dringen nopen tot een optimaal gebruik van grondstoffen en maximaal hergebruik van reststromen.

Voor natuur zijn in principe voor elk knelpunt één of meerdere adaptatiestrategieën beschikbaar. Maatregelen zoals het vergroten van natuurgebieden, het creëren van ruimtelijke samenhang op grotere schaal en het vergroten van de interne heterogeniteit van natuurgebieden (gradiënten) zijn gericht op het vergroten van de veerkracht van natuur. Het aanpassen van de abiotische condities zijn gericht op het verminderen van effecten in de water- en nutriëntenhuishouding, die onwenselijk worden geacht. Verdroging en eutrofiering van natuurgebieden zijn natuurlijk geen nieuwe drukfactoren, de verwachting is echter dat klimaatverandering deze processen versterkt. Maatregelen om gebiedswater beter vast te houden verzachten de grotere droogte in de zomermaanden. Extra nutriëntenafvoer vermindert de verzuivering.

Er kan ook een keuze worden gemaakt voor adaptatiemaatregelen die bijdragen aan het klimaatbestendig maken van meerdere functies dan alleen op de natuur gericht maatregelen. De multifunctionele klimaatmantel rond natuurgebieden gaat uit van adaptatiemaatregelen die niet alleen het natuurgebied maar ook de andere functies in de regio ten goede komen. Een dergelijke strategie vraagt om een gebiedsgerichte aanpak. Tenslotte kunnen ook de natuurgebieden zelf bijdragen aan adaptatie voor andere functies, zoals waterveiligheid.

Doorkijk naar 2008

Zowel voor het beleid alsook de sectoren landbouw en natuur kan in een aantal gevallen een geïntegreerde aanpak nodig zijn. De resultaten uit deze studie zijn belangrijke bouwstenen voor verdere uitwerking en integratie. Dit levert input voor LNV beleid ten aanzien van geïntegreerde adaptatiestrategieën. Echter, om te komen tot gefundeerde beleidsaanbevelingen zijn meer kwantitatieve gegevens nodig. Hiervoor zal verder moeten worden ingezoomd op specifieke regio's.

In het BO-onderzoeksprogramma worden een aantal studies uitgevoerd die zowel een sectorale als meer geïntegreerde insteek hebben:

- Het project Adaptatie gebiedenbeleid EHS heeft in 2007 een eerste nationale kaart voor natuur opgeleverd waar zich bij klimaatverandering zwakke plekken bevinden in de EHS. Waar kunnen soorten niet schuiven en waar zijn gebieden (te) klein gezien vaker optredende weersextremen?
- Er wordt een verkenning uitgevoerd naar mogelijkheden om door multifunctioneel landgebruik de agrarische inrichting zo kan worden aangepast dat planten en dieren gemakkelijker door het gebied kunnen migreren en opschuivende klimaatzones kunnen volgen.
- Een project over klimaatseffecten op hydrologische parameters zal in 2008 informatie opleveren over de verandering van de waterhuishouding bij klimaatverandering en de impact op landbouw en natuur op nationaal niveau.
- Er wordt voor heel Nederland een analyse gemaakt van de regionale agrarische bedrijfstypologie en de noodzakelijke aanpassingen ten behoeve van klimaatverandering in termen van kosten en baten.
- Tevens wordt een analyse gemaakt van de impacts van klimaatverandering op het bosecosysteem, het adaptief vermogen en de consequenties voor nationaal beheer en beleid.

Het schaalniveau waarop de studies plaatsvinden varieert echter van nationaal, regionaal tot lokaal niveau. Voor een adequate geïntegreerde aanpak is het nodig om de bevindingen vanuit de verschillende projecten verder op elkaar af te stemmen en in elkaar te schuiven op zowel nationaal als regionaal niveau.

Als vervolg op deze studie zullen in 2008 de bevindingen vanuit de verschillende projecten worden afgestemd en in elkaar worden geschoven op zowel nationaal als regionaal niveau. Vanuit de verschillende studies zullen de mogelijke oplossingen voor verschillende regio's verder worden uitgewerkt en worden bekeken op basis van economische consequenties (voor de landbouw) van klimaatverandering. Het is de bedoeling om een aantal gebieden te beschrijven waarvoor de ontwikkeling en (toekomstige) inrichting van betekenis zijn voor de beleids- en ontwikkelingsplannen (zgn. hotspots).

Literatuurlijst

(geraadpleegde literatuur)

Anonymous, 2007.

Samenvatting Routeplanner 'Naar een klimaatbestendig Nederland', zie: www.klimaatvoorraimte.nl.

Bal, D. & B.J. Looise, 1997-2001.

Fysisch-Geografische Regio's van Nederland. Arc/Info-bestand. Expertisecentrum LNV, Wageningen.

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

Handboek natuurdoeltypen in Nederland. Rapport nr. 11. IKC Natuurbeheer LNV, Wageningen.

Bal, D., H.M. Beije, M. Fellingner, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal, F.J. van Zadelhoff, 2001.

Handboek Natuurdoeltypen. Tweede, geheel herziene editie. Expertisecentrum LNV, Wageningen.

Broekmeyer, M. & E. Steingröver, 2001.

Handboek robuuste verbindingen; ecologische randvoorwaarden. Alterra, Wageningen.

Brouwer & Aptroot, 2007.

Natte heide. Website 'NatuurKwaliteit.nl'. <http://dt.natuurkwaliteit.nl>.

Brouwer et al., 2007.

Vennen. Website 'NatuurKwaliteit.nl'. <http://dt.natuurkwaliteit.nl>

Groot, R.S. de, E.C. van Ierland, P. Kuikman, E.E.M. Nillesen, V.C. Tassone, A.J.A. Verhagen & Verzandvoort-Van Dijck, 2006,

Climate change. Scientific assessment and policy analysis. Climate adaptation in the Netherlands, WAB report nr 50102003, Wageningen, Pp. 118

IPCC, 2001.

Climate Change 2001. The scientific basis. J.T. Houghton, Y. Ding, M. Nogua, D. Griggs, P. van der Linden & K. Maskell. Cambridge, Cambridge University Press.

IPCC, 2007.

Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave & L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., XXX pp.

Jansen, P.C., J. Runhaar, J.P.M. Witte & J.C. van Dam 2000.

Vochtindicatie van grasvegetaties in relatie tot de vochttoestand van de bodem. Alterra-rapport 057.

KNMI, 2006.

Klimaat in de 21e eeuw; vier scenario's voor Nederland. KNMI, De Bilt.

Lamers, L.P.M. 2001.

Tackling some biogeochemical questions in peatlands. Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen.

Lamers, L.P.M. et al., 2006.

Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2003-2006. OBN-rapport.

- Limpens et al., 2007.
Hoogvenen. Website 'NatuurKwaliteit.nl'. <http://dt.natuurkwaliteit.nl>.
- Lucassen, E.C.H.E.T., 2004.
Biogeochemical constraints for restoration of sulphate-rich fens. Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen.
- MNP, 2007.
Natuurbalans 2007. MNP-publicatienummer 500402005. MNP, Bilthoven.
- Tilman, D., P.B. Reich & J.M.H. Knops, 2006.
Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature* 441: 629-632.
- Van Beers & Verdonschot, 2000.
Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 4, Brakke binnenwateren. Rapport AS-04, EC-LNV.
- Van der Veen et al., 2008.
Klimaat respons database. Alterra.
- Van Ruijven, J. & F. Berendse, 2007.
Contrasting effects of diversity on the temporal stability of plant populations. *Oikos* 116: 1323-1330.
- Verdonschot & Janssen, 2000.
Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 12, Zoete duinwateren. Rapport AS-12, EC-LNV.
- Verdonschot, 2000.
Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 2, beken. Rapport AS-02, EC-LNV.
- Vos, C.C., H. Kuipers, R. Wegman & M. van der Veen, 2007a.
Klimaatverandering en natuur: zoekgebieden voor ruimtelijke adaptatie van de EHS. Alterra-rapport 1602, in prep.
- Vos, C.C., B.S.J. Nijhof, M. van der Veen, P.F.M. Opdam & J. Verboom, 2007b.
Risicoanalyse kwetsbaarheid natuur voor klimaatverandering. Alterra-rapport nr. 1551, in druk.
- Zolg, M. 1979.
Oekologisch-chemische Untersuchung der Auswirkung der Streusalzanwendung auf einige Blatthaltstoffe verschiedener Strassenbaumarten. Proefschrift, Universiteit Berlijn.

Bijlage I.

Ia. Knelpuntenanalyse voor landbouw

Knelpunten per gewastype voor de verschillende klimaatveranderingseffecten op basis van expert judgement¹.

Gewastype	Verzilting	Vernatting	Droogte/versterkte verdroging	Ziekten en plagen	Extremen	+/- Overigen
Gras (c.q. melkveehouderij)	Afname productie door zoute kwel	Langer groeiseizoen: In voorjaar en herfst moeilijk oogstbaar; Bij hoge temp meer mineralisatie en kans op uitspoeling met als gevolg denitrificatie; Afname regenwormen bij langdurige waterberging	Door vervroegen groeiseizoen Droge gronden: meer kans op uitspoeling, in zomer minder productie	Toename engerlingen door vernatting; Bij gras als voorvrucht in akkerbouwrotaties: Hogere temp leveren meer generaties aaltjes onder gras. Daarmee verslechtert uitgangspositie volgtelt.	Groei van algen tijdens perioden van onder water lopen	Productiewinst door vervroegen en verlengen groeiseizoen
Granen	Afname productie door zoute kwel		Droogtestress op zandgronden	Toename schimmelziekten (nat, warm najaar, minder koude winters) Mogelijke opkomst Q-nematoden (Meloidogyne en Ditylenchus) door verminderde wintersterfte (vermeerdering op onkruiden)	Hagel- en plensbuien: legering	Betere bak-kwaliteit door T-verhoging Meer productie door verlenging groeiseizoen
Maïs		Trage ontwikkeling in voorjaar Oogstrisico in herfst	Droogtestress	Toename maïs-wortelboorder (nat, minder koude winters) Toename Pratylenchus, Meloidogyne		Productieverlies bij lange natte perioden

¹ Panel van deskundigen (Plant Research International): Thomas Been, Kees Booij, Willem Brandenburg, Anja Dieleman, Janneke Elderson, Anton Haverkort, Don Jansen, Hein Korevaar, Leendert Molendijk (PPO), Leo Overbeek, Annet Pronk, Corrie Schomaker, Bert Smit en Jan Verhagen.

Gewasstype	Verzilting	Vernatting	Droogte/versterkte verdroging	Ziekten en plagen	Extremen	+/- Overigen
Suikerbieten	Verbetering kwaliteit (suikergehalte)	Natte herfst bedreigt oogst / gebruik machines	Toename suikergehalte	Toename bieten-cysteaaltjes (meer generaties) bij hogere waterstanden Toename rhizomania door vernatting		
Aardappel	Afname productie door zoutschade	Natte herfst bedreigt oogst / gebruik machines	Afname productie (zeer gevoelig)	Toename bruinrot (ralstonia) bij vernatting door verspreiding via oppervlaktewater Natte periodes geeft meer kans op stengelaaltjes Sterke vermeerdering nieuwe soorten Doorbraak resistentie aardappel-moeheid door temp verhoging Toename schimmel (Phytophthora) door temp-verhoging en hoge RV Verschuiving oogstmoment naar voren: meer opslag (ziekten en plagen) Toename luisdruk en daarmee virus	Late vorst in april: kans neemt af, maar bij optreden: rampzalig	T-verhoging negatief vooral pootaardappelen: zetmeelvorming Toename aardappelopslag
Boomgaarden c.q. fruitteelt				Verschuiving ziekten en plagen patroon	Late vorst; Extreme buien en hagel veroorzaken schade aan vruchten	Onvoldoende vernalisatie door T-verhoging Vervroeging bloei: asynchronisatie m.b.t. insecten en vogels
Bloembollen		Uitspoeling gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten		Vernatting: toename schimmelziekten (Sclerotinia, Rhizoctonia, pythium, stromatinia) Plagen en stengelaaltjes		

Gewastype	Verziltig	Vernatting	Droogte/versterkte verdroging	Ziekten en plagen	Extremen	+/- Overigen
Glastuinbouw	Kwaliteitsverlies door zoute kwel (voor grondgebonden teelten)	Overstromingen en inzijging slootwater		Toename introducties Zuid Europese aaltjessoorten naar de kas (Verhoogd risico voor de volle grondteelt ²)	Hagelschade	T-verhoging: problemen bij koelen kassen in de zomer Meer bewolking: minder straling en productieverlies
Vollegronds-groenten (zoals kool, prei, ui, koolzaad)				Sterke toename ziekten en plagen (nat, droog temp-verhoging, minder koude winters)		

² Dit effect is niet in de scoretabel met een 1 gescoord, vanwege het relatief geringe aandeel vollegrondstellers.

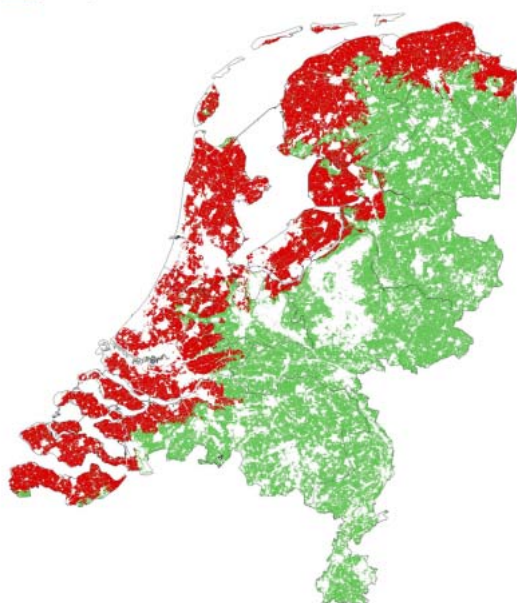
Ib. Scoretabel bij de knelpuntenanalyse voor landbouw

Landbouwtypen (gewassen, veeteelt)	Relevante fysisch geografische regio's	Verziling	Vernatting	Droogte	Ziekten en plagen	Extremen	TOTAALSCORE impact klimaat- verandering op landbouw
Grasland	F1 Duinen	1	0	1	0	0	2
Grasland	F2 heuvelland	0	0	0	0	1	1
Grasland	F3 hoge zandgrond	0	0	1	0	0	1
Grasland	F4 laagveen	1	1	0	1	1	4
Grasland	F5 rivierklei	0	1	0	1	1	3
Grasland	F6 zeeklei	1	1	0	1	0	3
Snijmaïs	F1 Duinen	0	0	1	0	0	1
Snijmaïs	F2 heuvelland	0	0	0	0	0	0
Snijmaïs	F3 hoge zandgrond	0	0	1	0	0	1
Snijmaïs	F4 laagveen	0	0	0	1	0	1
Snijmaïs	F5 rivierklei	0	0	0	1	0	1
Snijmaïs	F6 zeeklei	0	0	0	1	0	1
Granen/suikerbieten/aardappel	F1 Duinen	1	0	1	0	1	3
Granen/suikerbieten/aardappel	F2 heuvelland	0	0	0	1	1	2
Granen/suikerbieten/aardappel	F3 hoge zandgrond	0	0	1	0	1	2
Granen/suikerbieten/aardappel	F4 laagveen	0	1	0	1	1	3
Granen/suikerbieten/aardappel	F5 rivierklei	0	1	0	1	1	3
Granen/suikerbieten/aardappel	F6 zeeklei	1	1	0	1	1	4
Boomgaarden/bloembollen	F1 duinen	1	0	0	1	0	2
Boomgaarden/bloembollen	F2 heuvelland	0	0	0	0	0	0
Boomgaarden/bloembollen	F3 hoge zandgrond	0	0	0	0	1	1
Boomgaarden/bloembollen	F4 laagveen	0	1	0	1	1	3
Boomgaarden/bloembollen	F5 rivierklei	0	1	1	1	1	4
Boomgaarden/bloembollen	F6 zeeklei	1	1	0	1	1	4
Glastuinbouw	F1 duinen	1	0	0	0	1	2
Glastuinbouw	F2 heuvelland	0	0	0	0	1	1
Glastuinbouw	F3 hoge zandgrond	0	0	0	0	1	1
Glastuinbouw	F4 laagveen	0	1	0	0	1	2
Glastuinbouw	F5 rivierklei	0	1	0	0	1	2
Glastuinbouw	F6 zeeklei	1	1	0	0	1	3
Vollegrondsgroenten	F1 duinen	1	0	0	0	0	1
Vollegrondsgroenten	F2 heuvelland	0	0	0	1	0	1
Vollegrondsgroenten	F3 hoge zandgrond	0	0	0	1	0	1
Vollegrondsgroenten	F4 laagveen	0	0	0	1	0	1
Vollegrondsgroenten	F5 rivierklei	0	0	0	1	0	1
Vollegrondsgroenten	F6 zeeklei	1	0	0	1	0	2

Bijlage II.

Knelpuntenkaarten met gevoeligheden van landbouw voor verzilting, vernatting, droogte, ziekten en plagen en extremen

Gevoeligheid landbouwgewassen voor verzilting
 ■ niet gevoelig
 ■ gevoelig



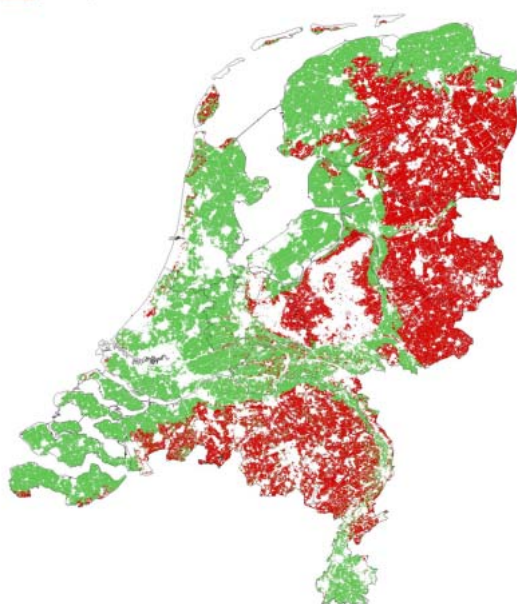
Kaart I. Gevoeligheid voor verzilting.

Gevoeligheid landbouwgewassen voor vernatting
 ■ niet gevoelig
 ■ gevoelig



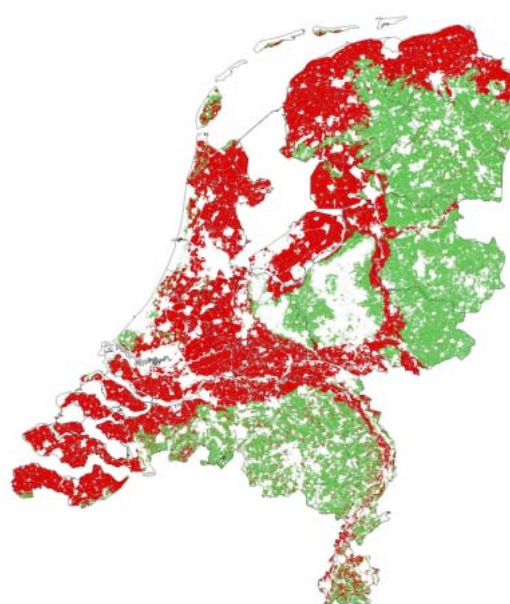
Kaart II. Gevoeligheid voor vernatting.

Gevoeligheid landbouwgewassen voor verdroging
 ■ niet gevoelig
 ■ gevoelig



Kaart III. Gevoeligheid voor droogte.

Gevoeligheid landbouwgewassen voor ziekten en plagen
 ■ niet gevoelig
 ■ gevoelig



Kaart IV. Gevoeligheid voor ziekten/plagen.

Gevoeligheid landbouwgewassen voor extreme omstandigheden
■ niet gevoelig
■ gevoelig



Kaart V. Gevoeligheid voor extremen.

Bijlage III.

IIIa. Knelpuntenanalyse voor natuur: percentage koudeminnende doelsoorten

sorteer nummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	aantal koudeminnende doelsoorten (Vos et al., 2007a)	% koudeminnende doelsoorten (Vos et al., 2007a)	knelpuntklasse % koudeminnende soorten
38	natte heide en hoogveen	Hogere zandgronden	25	38	3
39	natte heide en hoogveen	Laagveengebied	25	38	3
40	natte heide en hoogveen	Zeekleigebied	25	38	3
43	zandverstuiving	Hogere zandgronden	4	31	3
55	bos van arme gronden	Duinen	10	26	3
56	bos van arme gronden	Hogere zandgronden	10	26	3
7	ven	Hogere zandgronden	11	22	3
41	droge heide	Duinen	15	21	3
42	droge heide	Hogere zandgronden	15	21	3
18	nat grasland/schraal en matig voedselrijk	Hogere zandgronden	25	20	2
19	nat grasland/schraal en matig voedselrijk	Laagveengebied	25	20	2
20	nat grasland/schraal en matig voedselrijk	Rivierengebied	25	20	2
21	nat grasland/schraal en matig voedselrijk	Zeekleigebied	25	20	2
15	nat grasland/schraal	Afgesloten zeearmen	29	19	2
16	nat grasland/schraal	Duinen	29	19	2
17	nat grasland/schraal	Heuvelland	29	19	2
64	rivier	Rivierengebied	4	18	2
34	zilt grasland	Afgesloten zeearmen	10	14	2
35	zilt grasland	Duinen	10	14	2
36	zilt grasland	Getijdengebied	10	14	2
37	zilt grasland	Zeekleigebied	10	14	2
65	zoet stilstaand water	Afgesloten zeearmen	8	12	2
66	zoet stilstaand water	Duinen	8	12	2
67	zoet stilstaand water	Heuvelland	8	12	2
68	zoet stilstaand water	Hogere zandgronden	8	12	2
69	zoet stilstaand water	Laagveengebied	8	12	2
70	zoet stilstaand water	Rivierengebied	8	12	2
71	zoet stilstaand water	Zeekleigebied	8	12	2
8	moeras	Afgesloten zeearmen	18	11	2
9	moeras	Duinen	18	11	2
10	moeras	Heuvelland	18	11	2
11	moeras	Hogere zandgronden	18	11	2
12	moeras	Laagveengebied	18	11	2
13	moeras	Rivierengebied	18	11	2
14	moeras	Zeekleigebied	18	11	2
57	bos van rijke gronden	Afgesloten zeearmen	12	11	2
58	bos van rijke gronden	Duinen	12	11	2
59	bos van rijke gronden	Heuvelland	12	11	2
60	bos van rijke gronden	Hogere zandgronden	12	11	2
61	bos van rijke gronden	Rivierengebied	12	11	2

sorteernummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	aantal koudeminnende doelsoorten (Vos et al., 2007a)	% koudeminnende doelsoorten (Vos et al., 2007a)	kneipuntklasse % koudeminnende soorten
27	bloemrijk grasland	Afgesloten zeearmen	19	10	1
28	bloemrijk grasland	Duinen	19	10	1
29	bloemrijk grasland	Heuvelland	19	10	1
30	bloemrijk grasland	Hogere zandgronden	19	10	1
31	bloemrijk grasland	Laagveengebied	19	10	1
32	bloemrijk grasland	Rivierengebied	19	10	1
33	bloemrijk grasland	Zeekleigebied	19	10	1
50	bos van laagveen en klei	Afgesloten zeearmen	11	10	1
51	bos van laagveen en klei	Duinen	11	10	1
52	bos van laagveen en klei	Laagveengebied	11	10	1
53	bos van laagveen en klei	Rivierengebied	11	10	1
54	bos van laagveen en klei	Zeekleigebied	11	10	1
62	bos van bron en beek	Heuvelland	3	9	1
63	bos van bron en beek	Hogere zandgronden	3	9	1
25	droog duingrasland en struweel	Duinen	10	8	1
79	zoom, mantel en struweel	Afgesloten zeearmen	17	8	1
80	zoom, mantel en struweel	Heuvelland	17	8	1
81	zoom, mantel en struweel	Hogere zandgronden	17	8	1
82	zoom, mantel en struweel	Rivierengebied	17	8	1
83	zoom, mantel en struweel	Zeekleigebied	17	8	1
22	droog schraalgrasland	Afgesloten zeearmen	13	6	1
23	droog schraalgrasland	Heuvelland	13	6	1
24	droog schraalgrasland	Hogere zandgronden	13	6	1
1	beek	Duinen	1	6	1
2	beek	Heuvelland	1	6	1
3	beek	Hogere zandgronden	1	6	1
26	kalkgrasland	Heuvelland	2	2	1
44	akker	Duinen	1	1	1
45	akker	Heuvelland	1	1	1
46	akker	Hogere zandgronden	1	1	1
47	akker	Laagveengebied	1	1	1
48	akker	Rivierengebied	1	1	1
49	akker	Zeekleigebied	1	1	1
4	brak stilstaand water	Afgesloten zeearmen	0	0	0
5	brak stilstaand water	Laagveengebied	0	0	0
6	brak stilstaand water	Zeekleigebied	0	0	0
72	multifunctioneel grasland	Afgesloten zeearmen	geen gegevens		
73	multifunctioneel grasland	Duinen	geen gegevens		
74	multifunctioneel grasland	Heuvelland	geen gegevens		
75	multifunctioneel grasland	Hogere zandgronden	geen gegevens		
76	multifunctioneel grasland	Laagveengebied	geen gegevens		
77	multifunctioneel grasland	Rivierengebied	geen gegevens		
78	multifunctioneel grasland	Zeekleigebied	geen gegevens		

IIIb. Knelpuntenanalyse voor natuur: gevoeligheid voor droogte en warmtestress

soortnummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	toename droogte en warmtestress (in zomerhalfjaar)	toelichting
1	beek	DU	2	Ongunstig vooral voor kleinere beken. Een groot deel van de aquatische organismen is niet aangepast aan droogval van beken (Verdonschot, 2000). (Toename frequentie) droogval leidt hierdoor tot afname aquatische biodiversiteit. Bovendien kan waterkwaliteit verslechteren door opwarming en concentratie-effect (Vos et al., 2007b).
2	beek	HL	2	idem
3	beek	HZ	2	idem
55	bos van arme gronden	DU	2	Dennenbossen in Duinen hebben een grote verdampingscapaciteit, waardoor sterke verdroging van bodem en problemen in kruidlaag kunnen optreden (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel). Toename verdamping leidt tot afname groei (vochttekort), versnelde mineralisatie en daardoor eutrofiëring (Vos et al., 2007b).
62	bos van bron en beek	HL	2	Toename verdamping, verruiging door droogval en mogelijk oppervlakteverlies (Vos et al., 2007b).
63	bos van bron en beek	HZ	2	idem
51	bos van laagveen en klei	DU	2	Toename verdamping kan leiden tot verdroging (ongunstig voor vochtige bossen) en verruiging of tot meer toestroom van oppervlaktewater (vaak van minder goede kwaliteit) (Vos et al., 2007b).
52	bos van laagveen en klei	LV	2	idem
54	bos van laagveen en klei	ZK	2	idem
9	moeras	DU	2	Moeras is relatief gevoelig voor verdroging door daling grondwaterstand. Toename verdamping en droogval kan tot achteruitgang van karakteristieke moerassoorten en tot verruiging leiden.
10	moeras	HL	2	idem
11	moeras	HZ	2	idem
12	moeras	LV	2	Er zal oxidatie optreden in de veenbodem door lager waterpeil. Dit veroorzaakt inklinking, een irreversibel proces waarna het natter blijft (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel). Sterke verdroging door meer en langere droge perioden kan bovendien tot achteruitgang van karakteristieke moerassoorten en tot verruiging leiden.
16	nat grasland/schraal	DU	2	Natte schrale graslanden zijn hier relatief gevoelig voor verdroging door daling grondwaterstand. Toename verdamping en droogval kan tot achteruitgang van karakteristieke soorten en tot verruiging leiden.
17	nat grasland/schraal	HL	2	idem
38	natte heide en hoogveen	HZ	2	Verdroging leidt tot verhoogde mineralisatie. In de levende toplaag van hoogvenen neemt de bergingscapaciteit door deze veenafbraak af, waardoor de waterstand er meer gaat schommelen en bij droogte dieper wegzakt. Dit betekent watertekort voor karakteristieke Veenmossen. De groei van hogere planten zoals Pijpenstrootje wordt zelden beperkt door watertekort, maar wel door de beschikbaarheid van nutriënten. Deze laatste beperking wordt door de versnelde mineralisatie t.g.v. verdroging in het zomerhalfjaar grotendeels opgeheven. Karakteristieke Veenmosvegetaties van hoogveen en natte heide verliezen hierdoor de concurrentiestrijd met vaatplanten om licht en ruimte (Limpens et al., 2007; Brouwer & Aptroot, 2007).
39	natte heide en hoogveen	LV	2	In terreinen met brak water in de ondergrond kan in zeer droge perioden brak water door capillaire werking doordringen in de Veenmoslaag. Veenmossen zijn zeer gevoelig voor zout. De groei van hogere planten wordt, in tegenstelling tot Veenmossen, beperkt door de beschikbaarheid van nutriënten. Deze laatste beperking wordt door de versnelde mineralisatie t.g.v. verdroging in het zomerhalfjaar grotendeels opgeheven. Karakteristieke Veenmosvegetaties van moerasheide en embryonale hoogveentjes in moerasheide verliezen hierdoor de concurrentiestrijd met vaatplanten om licht en ruimte (Limpens et al., 2007; Brouwer & Aptroot, 2007). Aptroot & Jansen (2006) noemen bosopslag als een belangrijke bedreiging voor moerasheide.
40	natte heide en hoogveen	ZK	2	idem
66	zoet stilstaand water	DU	2	Afname waterkwaliteit door verwarming en concentratie-effect tijdens extreem droge perioden. Daardoor toename algenbloei en concentratie gifstoffen. Er kan droogval (ongunstig) optreden (Vos et al., 2007b). Droogval is ongunstig voor amfibieën, maar sterfte van vis is gunstig voor amfibieën (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
67	zoet stilstaand water	HL	2	idem
68	zoet stilstaand water	HZ	2	idem
69	zoet stilstaand water	LV	2	idem
70	zoet stilstaand water	RI	2	idem
71	zoet stilstaand water	ZK	2	idem

sorteer nummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	toename droogte en warmtestress (in zomerhaljaar)	toelichting
27	bloemrijk grasland	AZ	1	Extreme verdroging kan leiden tot verruiging (C4-grassen) en afname soorten diversiteit (Vos et al., 2007b)
28	bloemrijk grasland	DU	1	idem
29	bloemrijk grasland	HL	1	idem
30	bloemrijk grasland	HZ	1	idem
31	bloemrijk grasland	LV	1	idem
32	bloemrijk grasland	RI	1	idem
33	bloemrijk grasland	ZK	1	idem
56	bos van arme gronden	HZ	1	Toename verdamping leidt tot afname groei (vochttekort), versnelde mineralisatie en daardoor eutrofiëring (Vos et al., 2007b). Effecten mogelijk beperkt, omdat bossen op arme Hoge zandgronden vaak al zeer droog zijn (E. Schouwenberg, pers. meded.). Hier zijn problemen te verwachten als de droogtestress te lang aanhoudt (cf. Jansen et al. 2000).
50	bos van laagveen en klei	AZ	1	Toename verdamping kan leiden tot verdroging (ongunstig voor vochtige bossen) en verruiging (Vos et al., 2007b).
53	bos van laagveen en klei	RI	1	idem
57	bos van rijke gronden	AZ	1	Toename verdamping leidt tot afname groei (vochttekort), versnelde mineralisatie en daardoor eutrofiëring en verruiging (Vos et al., 2007b). Wel hebben rijke gronden een hoger humus- en/of leemgehalte, waardoor de gevoeligheid voor verdroging beperkt blijft (E. Schouwenberg, pers. meded.).
58	bos van rijke gronden	DU	1	idem
59	bos van rijke gronden	HL	1	idem
60	bos van rijke gronden	HZ	1	idem
61	bos van rijke gronden	RI	1	idem
5	brak stilstaand water	LV	1	Relatief kleine kans (door voldoende brakke kweldruk) op droogval en afname waterkwaliteit. Meeste soorten van brak water zijn bestand tegen wisselingen in zoutconcentratie samenhangend met verdamping en peilfluctuatie. Veel soorten zijn bovendien aangepast aan periodieke droogval (Van Beers & Verdonschot, 2000). Een probleem zou kunnen ontstaan wanneer eutroof, gebiedsvreemd wordt ingelaten (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
6	brak stilstaand water	ZK	1	Relatief kleine kans (door voldoende brakke kweldruk) op droogval en afname waterkwaliteit. Meeste soorten van brak water zijn bestand tegen wisselingen in zoutconcentratie samenhangend met verdamping en peilfluctuatie. Veel soorten zijn bovendien aangepast aan periodieke droogval (Van Beers & Verdonschot, 2000).
41	droge heide	DU	1	Naar verwachting zal vergrassing toenemen, als gevolg van temperatuurstijging en vrijkomen van nutriënten door versnelde mineralisatie (Vos et al., 2007b). Karakteristieke heidesoorten kunnen hierdoor verdwijnen.
42	droge heide	HZ	1	idem
26	kalkgrasland	HL	1	Extreme droogte kan leiden tot verruiging en verlies van karakteristieke soorten (Vos et al., 2007b)
8	moeras	AZ	1	Lichte verdroging is hier waarschijnlijk niet ongunstig (door binding fosfaat; Lamers, 2001). Sterkere verdroging door meer en langere droge perioden kan tot achteruitgang van karakteristieke moerassoorten en tot verruiging leiden.
13	moeras	RI	1	idem
14	moeras	ZK	1	idem
74	multifunctioneel grasland	HL	1	Verdroging kan leiden tot verruiging (Vos et al., 2007b), maar dit kan door beheer (berekening) voorkomen worden.
75	multifunctioneel grasland	HZ	1	idem
15	nat grasland/schraal	AZ	1	Lichte verdroging is waarschijnlijk niet ongunstig (door binding fosfaat; Lamers, 2001). Sterkere verdroging door meer en langere droge perioden kan tot achteruitgang van karakteristieke soorten en tot verruiging leiden.
18	nat grasland/schraal en m	HZ	1	idem
19	nat grasland/schraal en m	LV	1	idem
20	nat grasland/schraal en m	RI	1	idem
21	nat grasland/schraal en m	ZK	1	idem
64	rivier	RI	1	Afname waterkwaliteit door verwarming en concentratie-effect in extreem droge perioden. Daardoor toename algenbloeien en concentratie gifstoffen (Vos et al., 2007b).
7	ven	HZ	1	Kans op droogval, afname waterkwaliteit en verruiging (Vos et al., 2007b). Dit vormt een bedreiging voor zure vennen (met drijfzand en hoogveenvegetaties), echter niet voor zwakgebufferde vennen (omdat periodieke droogval zorgt voor sterke binding fosfaat en hierdoor eutrofiëring tegengaat; Brouwer et al., 2007).
80	zoom, mantel en struweel	HL	1	Sterke verdroging door diep wegzakken van de grondwaterstand op hogere gronden kan tot sterfte van de vegetatie en verlies van karakteristieke soorten leiden.
81	zoom, mantel en struweel	HZ	1	idem

sorteer nummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	toename droogte en warmtestress (in zomerhalffjaar)	toelichting
44	akker	DU	0	Verdroging zal in deze fysisch-geografische regio naar verwachting geen groot probleem vormen in akkers, omdat de grondwaterspiegel ondiep zit (akkers liggen vooral aan de binnenduinrand) en relatief makkelijk kan worden aangevuld door aanvoer van oppervlaktewater (inlaat van gebiedsvreemd water is geen groot probleem voor akkers). Akkeronkruidgemeenschappen bevatten kortlevende plantensoorten die na een 'catastrofe' (bijv. extreme droogte) zich makkelijk herstellen vanuit de zaadbank.
45	akker	HL	0	In extreem droge perioden kan de grondwaterspiegel diep wegzakken op de hogere gronden, wat leidt tot watertekorten voor de aanwezige soorten. Akkeronkruidgemeenschappen bevatten kortlevende plantensoorten die na een 'catastrofe' (bijv. extreme droogte) zich makkelijk herstellen vanuit de zaadbank. Hierdoor zullen extreme droogte-events geen blijvende negatieve invloed hebben.
46	akker	HZ	0	idem
47	akker	LV	0	Verdroging zal in deze fysisch-geografische regio naar verwachting geen groot probleem vormen in akkers, omdat de grondwaterspiegel ondiep zit en relatief makkelijk kan worden aangevuld door aanvoer van oppervlaktewater (inlaat van gebiedsvreemd water is geen groot probleem voor akkers). Akkeronkruidgemeenschappen bevatten kortlevende plantensoorten die na een 'catastrofe' (bijv. extreme droogte) zich makkelijk herstellen vanuit de zaadbank.
48	akker	RI	0	idem
49	akker	ZK	0	idem
4	brak stilstaand water	AZ	0	Peilfluctuaties zijn momenteel al mogelijk in brakke Afgesloten zeearmen: er zijn doorlaatmiddelen aanwezig; (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel). Deze waterlichamen zijn bovendien zo groot, dat het effect van peilverlaging beperkt is tot de oeverzone (en hier niet negatief hoeft uit te pakken, cf. Lamers et al., 2006). Algehele droogval komt niet voor en de negatieve effecten van opwarming en concentratie zijn waarschijnlijk beperkt.
25	droog duingrasland en str	DU	0	Toename verdamping, wegzakken grondwaterstand, toename droogteresistente soorten is in principe positief (Vos et al., 2007b). Kan echter ook verkeerd uitpakken (E. Schouwenberg, pers. meded.). Hierbij is het aantal dagen droogtestress van belang. Als dit vaak te hoog wordt, kunnen veranderingen in de vegetatiesamenstelling verwacht worden. Het aandeel xerofyten kan dan toenemen (cf. Jansen et al. 2000), maar het natuurtype blijft 'droog schraalgrasland'.
22	droog schraalgrasland	AZ	0	idem
23	droog schraalgrasland	HL	0	idem
24	droog schraalgrasland	HZ	0	idem
72	multifunctioneel grasland	AZ	0	Door de matigende invloed van grote oppervlaktewaterlichamen of de zee zal warmtestress beperkt zijn. Verdroging zal geen groot probleem vormen. Het waterpeil zal in de afgesloten zeearmen doorgaans niet sterk dalen tijdens droge perioden. Hierdoor zullen dalingen van de grondwaterstand onder aangrenzende multifunctionele graslanden beperkt zijn. Bovendien kan beregening (zelfs met licht brak water; L. Stuyt, pers. meded.) negatieve effecten van verdroging tegengaan.
73	multifunctioneel grasland	DU	0	Verdroging zal hier naar verwachting geen groot probleem vormen in multifunctionele graslanden, omdat de grondwaterspiegel aan de binnenduinrand (waar de meeste multifunctionele graslanden liggen) ondiep zit en relatief makkelijk kan worden aangevuld door aanvoer van oppervlaktewater. De kwaliteit van dit oppervlaktewater is niet zo belangrijk, mits niet te slecht. Bovendien kan beregening (zelfs met licht brak water; L. Stuyt, pers. meded.) negatieve effecten van verdroging tegengaan.
76	multifunctioneel grasland	LV	0	Verdroging zal geen groot probleem vormen in multifunctionele graslanden in het Laagveengebied, omdat de grondwaterspiegel ondiep zit en relatief makkelijk kan worden aangevuld door aanvoer van oppervlaktewater. De kwaliteit van dit oppervlaktewater is niet zo belangrijk, mits niet te slecht. Bovendien kan beregening (zelfs met licht brak water; L. Stuyt, pers. meded.) negatieve effecten van verdroging tegengaan.
77	multifunctioneel grasland	RI	0	Verdroging zal geen groot probleem vormen in multifunctionele graslanden in het Rivierengebied, omdat de grondwaterspiegel ondiep zit en relatief makkelijk kan worden aangevuld door aanvoer van oppervlaktewater. De kwaliteit van dit oppervlaktewater is niet zo belangrijk, mits niet te slecht. Bovendien kan beregening negatieve effecten van verdroging tegengaan.
78	multifunctioneel grasland	ZK	0	als in Laagveengebied
43	zandverstuiving	HZ	0	Toename van droge, warme perioden leidt tot afsterven en verdwijnen van vegetatie, wat gunstig is voor dit natuurtype (oppervlaktevergroting; Vos et al., 2007b)

sorteer nummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	verzilt door zeespiegelstijging/extreme droogte	toelichting
34	zilt grasland	AZ	0	Natuurtype is niet gevoelig voor verzilting. Bij extreme droogte zouden hypersaliene condities in de bodem kunnen ontstaan, waarbij de wat zoutgevoeliger soorten zouden kunnen afsterven, maar het natuurtype zal zich naar verwachting kunnen herstellen na de droogte.
35	zilt grasland	DU	0	In de duinen gaat het bij dit natuurtype om sluffers en groene stranden (Bal et al., 1995). Deze systemen staan (incidenteel) al onder directe invloed van zeewater en zijn hierdoor niet gevoelig voor verzilting. Bij aanhoudende zeespiegelstijging zou het natuurtype op de lange termijn (1 tot meerdere eeuwen) wel kunnen verdwijnen. M. Baptist en N. Dankers (IMARES Texel): "bestaande types kunnen verdwijnen, maar er komen (veel meer) nieuwe".
36	zilt grasland	GG	0	In het Getijdengebied gaat het bij dit natuurtype om kwelders (Bal et al., 1995). Deze systemen staan (incidenteel) al onder directe invloed van zeewater en zijn hierdoor niet gevoelig voor verzilting. Bij aanhoudende zeespiegelstijging zou het natuurtype op de lange termijn (meerdere eeuwen) wel kunnen verdwijnen.
37	zilt grasland	ZK	0	Het gaat in het zeekleigebied bij dit natuurtype vooral om karrevelden en inlagen (Bal et al., 1995). Zilt grasland wordt in het Zeekleigebied niet bedreigd een eventueel grotere invloed van brak of zout kwelwater. In sommige gevallen kan dit relictgemeenschappen uit de tijd vóór de Deltawerken een kwaliteitsimpuls geven.
65	zoet stilstaand water	AZ	0	Grotere zoete wateren hebben weinig of geen last van zoute kwel door de grote aanvoer van zoet water. Bovendien hebben deze systemen al vaak een 'zoute' bodemlaag door historie (bijv. Amstelmeer, Volkerak-Zoommeer). Dit type zoet water wordt niet zomaar brak (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
66	zoet stilstaand water	DU	0	Duinmeren die droogvallen verziltten niet (er zitten niet veel mineralen in water en bodem). Zoute kwel treedt pas als de hele zoetwaterbel verdwenen is (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
67	zoet stilstaand water	HL	0	Niet van toepassing.
68	zoet stilstaand water	HZ	0	Niet van toepassing.
70	zoet stilstaand water	RI	0	Niet van toepassing.
80	zoom, mantel en struweel	HL	0	Niet van toepassing.
81	zoom, mantel en struweel	HZ	0	Niet van toepassing.
82	zoom, mantel en struweel	RI	0	Niet van toepassing.

Verklaring afkortingen fysisch-geografische regio's

AZ: afgesloten zeearmen
DU: duinen
GG: getijdengebied
HL: heuvelland
HZ: hogere zandgronden
LV: laagveengebied
RI: rivierengebied
ZK: zeekleigebied

IIIc. Knelpuntenanalyse voor natuur: toename overstromingen beken en rivieren

sorteernummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	toename overstromingen beken en rivieren	toelichting
27	bloemrijk grasland	AZ	1	Vernatting, in het bijzonder overstroming met oppervlaktewater, is naar verwachting ongunstig voor dit natuurttype.
29	bloemrijk grasland	HL	1	Overstroming zorgt voor aanvoer van nutriënten en sediment en is ongunstig voor het natuurttype.
30	bloemrijk grasland	HZ	1	idem
32	bloemrijk grasland	RI	1	Het gaat binnen dit natuurttype om stroomdalgraslanden, die zomeroverstroming slecht verdragen (Bal et al., 1995).
33	bloemrijk grasland	ZK	1	Bloemrijke graslanden in het Zeekleigebied krijgen in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekfvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er in de toekomst berging in binnendijkse gebieden gaat plaatsvinden, is de verwachting dat dit natuurttype hier negatief door beïnvloed wordt (ongewenste aanvoer van nutriënten en sulfaat dat tot interne eutrofiëring en sulfidevergiftiging kan leiden).
56	bos van arme gronden	HZ	1	Deels komt dit bostype voor op hooggelegen, droge gronden, waar overstroming of vernatting tot maaiveld nauwelijks aan de orde is. Deels gaat het echter om Berkenbroekbos op vochtige of natte zandgronden. In deze laatste bostypen is overstroming door oppervlaktewater of berging van grondwater op of boven maaiveld ongunstig (door interne eutrofiëring en/of ophoping van giftige verbindingen) (Lucassen 2004).
62	bos van bron en beek	HL	1	Overstroming door oppervlaktewater of berging van grondwater op of boven maaiveld kan ongunstig zijn voor dit bostype (door interne eutrofiëring en/of ophoping van giftige verbindingen) (Lucassen 2004).
63	bos van bron en beek	HZ	1	idem
54	bos van laagveen en klei	ZK	1	voor zover van toepassing op het Zeekleigebied is overstroming door oppervlaktewater of berging van grondwater op of boven maaiveld ongunstig voor vochtige bossen (door interne eutrofiëring en/of ophoping van giftige verbindingen) (Lucassen 2004). Berging van afvoerpieken duurt hier langer dan in de Afsloten zeearmen (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
59	bos van rijke gronden	HL	1	Overstroming door oppervlaktewater of berging van grondwater op of boven maaiveld kan ongunstig zijn voor dit bostype (door interne eutrofiëring en/of ophoping van giftige verbindingen) (Lucassen 2004).
60	bos van rijke gronden	HZ	1	idem
61	bos van rijke gronden	RI	1	idem
22	droog schraalgrasland	AZ	1	Vernatting, in het bijzonder overstroming met oppervlaktewater, is naar verwachting ongunstig voor dit natuurttype.
74	multifunctioneel grasland	HL	1	Overstroming of vernatting met grondwater op of boven maaiveld is ongunstig voor dit natuurttype.
75	multifunctioneel grasland	HZ	1	idem
77	multifunctioneel grasland	RI	1	idem
78	multifunctioneel grasland	ZK	1	Voor zover dit voorkomt in het Zeekleigebied, is overstroming of vernatting met grondwater op of boven maaiveld ongunstig voor dit natuurttype.
21	nat grasland/schraal en matig voeds	ZK	1	Schraal en matig voedselrijke natte graslanden in het Zeekleigebied krijgen in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekfvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er in de toekomst berging in binnendijkse gebieden gaat plaatsvinden, is de verwachting dat dit natuurttype hier negatief door beïnvloed wordt (ongewenste aanvoer van nutriënten en sulfaat dat tot interne eutrofiëring en sulfidevergiftiging kan leiden).
38	natte heide en hoogveen	HZ	1	Voor zover natte heide langs beken ligt, zal overstroming een negatief effect hebben door ongewenste aanvoer van beekslib en nutriënten.
40	natte heide en hoogveen	ZK	1	Niet van toepassing. Natte heide en hoogveen in het Zeekleigebied krijgt in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekfvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging van rivierwater in het Zeekleigebied gaat plaatsvinden, zal dit natuurttype (vaak drijvend) er niet mee te maken krijgen.
7	ven	HZ	1	Sommige vennen worden van nature gevoed door beken (Brouwer et al. 2007). Piekfvoeren van zulke beken zorgen voor aanvoer van veel sediment en nutriënten naar vennen en hebben dus een ongunstig effect op het natuurttype ven.
37	zilt grasland	ZK	1	Zilt grasland in het Zeekleigebied krijgt in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekfvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er in de toekomst berging in binnendijkse gebieden gaat plaatsvinden, is de verwachting dat dit natuurttype hier negatief door beïnvloed wordt (ongewenste tijdelijke verzoeting, aanvoer van sediment en nutriënten).
67	zoet stilstaand water	HL	1	Er kan kwaliteitsverlies, verlies van karakteristieke soorten en inspoeling van ongewenste soorten optreden door overstroming met oppervlaktewater uit een ander waterlichaam (bijvoorbeeld beekwater dat in poelen terecht komt).
68	zoet stilstaand water	HZ	1	idem
70	zoet stilstaand water	RI	1	idem
71	zoet stilstaand water	ZK	1	idem

sorteernummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	toename overstromingen beken en rivieren	toelichting
44	akker	DU	0	Niet van toepassing.
45	akker	HL	0	Overstroming door oppervlaktewater of berging van grondwater op of boven maaiveld is in principe ongunstig voor akkersoorten (door zuurstofgebrek en/of ophoping van giftige verbindingen). Akkergemeenschappen zullen zich echter snel herstellen, doordat het gaat om kortlevende soorten met een langlevende zaadbank. Door de goed doorluchte bodemstructuur zullen giftige verbindingen snel oxideren of uitspoelen.
46	akker	HZ	0	idem
47	akker	LV	0	Niet van toepassing. Akkers in het Laagveengebied krijgen in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekafvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging "op het land" gaat plaatsvinden, zal dat vooral in het Rivierengebied zijn.
48	akker	RI	0	Overstroming door oppervlaktewater of berging van grondwater op of boven maaiveld is in principe ongunstig voor akkersoorten (door zuurstofgebrek en/of ophoping van giftige verbindingen). Akkergemeenschappen zullen zich echter snel herstellen, doordat het gaat om kortlevende soorten met een langlevende zaadbank. Door de goed doorluchte bodemstructuur zullen giftige verbindingen snel oxideren of uitspoelen.
49	akker	ZK	0	Voor zover van toepassing op het Zeekleigebied, is overstroming door oppervlaktewater of berging van grondwater op of boven maaiveld in principe ongunstig voor akkersoorten (door zuurstofgebrek en/of ophoping van giftige verbindingen). Akkergemeenschappen zullen zich echter snel herstellen, doordat het gaat om kortlevende soorten met een langlevende zaadbank. Door de goed doorluchte bodemstructuur zullen giftige verbindingen snel oxideren of uitspoelen.
1	beek	DU	0	Door (extreem) hoge afvoeren kan fysieke schade aan bedding en oevers ontstaan (Vos et al., 2007b). Echter het levert ook meer dynamiek in de beken op, natuurlijke meandering, steilwanden en pioniersituaties. Het netto effect is waarschijnlijk positief (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
2	beek	HL	0	idem
3	beek	HZ	0	idem
28	bloemrijk grasland	DU	0	Bloemrijk grasland in de Duinen krijgt geen piekafvoeren van rivieren te verwerken. Evt. piekafvoeren van duinbeken zullen geen negatief effect hebben op het natuurtype, omdat de debieten gering zullen zijn, de waterkwaliteit goed en de inundatie van relatief korte duur.
31	bloemrijk grasland	LV	0	Niet van toepassing. Bloemrijke graslanden in het Laagveengebied krijgen in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekafvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging "op het land" gaat plaatsvinden, zal dat vooral in het Rivierengebied zijn.
55	bos van arme gronden	DU	0	Niet van toepassing.
50	bos van laagveen en klei	AZ	0	Berging van water in Afgesloten zeearmen is van korte duur (afvoer naar zee is eenvoudig). Eventuele negatieve effecten van inundatie zullen hierdoor gering zijn (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
51	bos van laagveen en klei	DU	0	Niet van toepassing.
52	bos van laagveen en klei	LV	0	Niet van toepassing. Bos van laagveen en klei in het Laagveengebied krijgt in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekafvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging "op het land" gaat plaatsvinden, zal dat vooral in het Rivierengebied zijn.
53	bos van laagveen en klei	RI	0	Het gaat hier grotendeels om oobos, dat niet gevoelig is voor overstromingen en hoge grondwaterstanden.
57	bos van rijke gronden	AZ	0	Berging van water in Afgesloten zeearmen is van korte duur (afvoer naar zee is eenvoudig). Eventuele negatieve effecten van inundatie zullen hierdoor gering zijn (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
58	bos van rijke gronden	DU	0	Bos van rijke gronden in de Duinen krijgt geen piekafvoeren van rivieren te verwerken. Evt. piekafvoeren van duinbeken zullen geen negatief effect hebben op het natuurtype, omdat de debieten gering zullen zijn, de waterkwaliteit goed en de inundatie van relatief korte duur.
4	brak stilstaand water	AZ	0	In de huidige situatie worden de Afgesloten zeearmen gekenmerkt door onnatuurlijk weinig peilfluctuatie. Meer peildynamiek, inclusief vernatting (in het winterseizoen) is naar verwachting niet ongunstig voor het natuurtype (cf. Lamers et al., 2006). Brakwaterorganismen zijn bovendien aangepast aan het wisselend zoutgehalte dat samenhangt met periodieke aanvoer van grote hoeveelheden zoet water.
5	brak stilstaand water	LV	0	Niet van toepassing. Brakke stilstaande wateren in het Laagveengebied krijgen in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekafvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging "op het land" gaat plaatsvinden, zal dat vooral in het Rivierengebied zijn.
6	brak stilstaand water	ZK	0	Brakwaterorganismen zijn aangepast aan het wisselend zoutgehalte dat samenhangt met periodieke aanvoer van grote hoeveelheden zoet water (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
41	droge heide	DU	0	Niet van toepassing.
42	droge heide	HZ	0	Droge heide bevindt zich doorgaans op relatief hooggelegen, goed doorlaatbare gronden, niet in de nabijheid van beken, rivieren of sloten. Overstroming door oppervlaktewater is hier niet aan de orde.
25	droog duingrasland en struweel	DU	0	Niet van toepassing.
23	droog schraalgrasland	HL	0	Niet van toepassing.
24	droog schraalgrasland	HZ	0	Niet van toepassing.
26	kalkgrasland	HL	0	Niet van toepassing.

sorteer nummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	toename overstromingen beken en rivieren	toelichting
8	moeras	AZ	0	Het gaat bij dit natuurtype in de Afgesloten zeearmen vooral om rietland en ruigte. In de huidige situatie worden moerassen vaak gekenmerkt door onnatuurlijk weinig peilfluctuatie. Meer peildynamiek door periodieke aanvoer van grote hoeveelheden zoet water uit de grote rivieren is naar verwachting niet ongunstig voor het natuurtype (cf. Lamers et al., 2006).
9	moeras	DU	0	Moeras in de Duinen krijgt geen piekafvoeren van rivieren te verwerken. Evt. piekafvoeren van duinbeken zullen geen negatief effect hebben op het natuurtype, omdat de debieten gering zullen zijn, de waterkwaliteit goed en de inundatie van relatief korte duur.
10	moeras	HL	0	Het gaat bij dit natuurtype vooral om rietland en ruigte. In de huidige situatie worden moerassen vaak gekenmerkt door onnatuurlijk weinig peilfluctuatie. Meer peildynamiek door periodieke aanvoer van grote hoeveelheden zoet water uit beken of riviertjes is naar verwachting niet ongunstig voor het natuurtype (cf. Lamers et al., 2006).
11	moeras	HZ	0	idem
12	moeras	LV	0	Niet van toepassing. Moeras in het Laagveengebied krijgt in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekafvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging "op het land" gaat plaatsvinden, zal dat vooral in het Rivierengebied zijn.
13	moeras	RI	0	Het gaat bij dit natuurtype vooral om rietland en ruigte. In de huidige situatie worden moerassen vaak gekenmerkt door onnatuurlijk weinig peilfluctuatie. Meer peildynamiek door periodieke aanvoer van rivierwater is naar verwachting niet ongunstig voor het natuurtype (cf. Lamers et al., 2006).
14	moeras	ZK	0	Het gaat bij dit natuurtype vooral om rietland en ruigte. In de huidige situatie worden moerassen vaak gekenmerkt door onnatuurlijk weinig peilfluctuatie. Voor zover moerassen in het Zeekleigebied te maken krijgen met meer peildynamiek door periodieke aanvoer van grote hoeveelheden zoet water uit (grote) rivieren is dit naar verwachting niet ongunstig voor het natuurtype (cf. Lamers et al., 2006).
72	multifunctioneel grasland	AZ	0	Overstroming of vernatting met grondwater op of boven maaiveld is waarschijnlijk ongunstig voor dit natuurtype. Inundatie zal echter kort zijn doordat water makkelijk kan worden afgevoerd naar zee (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
73	multifunctioneel grasland	DU	0	Multifunctioneel grasland in de Duinen krijgt geen piekafvoeren van rivieren te verwerken. Evt. piekafvoeren van duinbeken zullen geen negatief effect hebben op het natuurtype, omdat de debieten gering zullen zijn, de waterkwaliteit goed en de inundatie van relatief korte duur.
76	multifunctioneel grasland	LV	0	Niet van toepassing. Multifunctioneel grasland in het Laagveengebied krijgt in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekafvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging "op het land" gaat plaatsvinden, zal dat vooral in het Rivierengebied zijn.
15	nat grasland/schraal	AZ	0	Sterke vernatting, inclusief berging van oppervlaktewater op of boven maaiveld, is naar verwachting niet ongunstig. Voorwaarde is wel dat een dergelijke toestand niet zeer lang aanhoudt; in het voorjaar moet deze beëindigd zijn (E. Schouwenberg, pers. meded.).
16	nat grasland/schraal	DU	0	Natte schraalgraslanden in de Duinen krijgt geen piekafvoeren van rivieren te verwerken. Evt. piekafvoeren van duinbeken zullen geen negatief effect hebben op het natuurtype, omdat de debieten gering zullen zijn, de waterkwaliteit goed en de inundatie van relatief korte duur. Voorwaarde is wel dat een dergelijke toestand niet zeer lang aanhoudt; in het voorjaar moet deze beëindigd zijn (E. Schouwenberg, pers. meded.).
17	nat grasland/schraal	HL	0	Sterke vernatting, inclusief berging van grond- of oppervlaktewater op of boven maaiveld, is naar verwachting niet ongunstig. Voorwaarde is wel dat een dergelijke toestand niet zeer lang aanhoudt.
18	nat grasland/schraal en matig voeds	HZ	0	idem
19	nat grasland/schraal en matig voeds	LV	0	Niet van toepassing. Natte, schrale en matig voedselrijke graslanden in het Laagveengebied krijgt in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekafvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging "op het land" gaat plaatsvinden, zal dat vooral in het Rivierengebied zijn.
20	nat grasland/schraal en matig voeds	RI	0	Sterke vernatting, inclusief berging van grond- of oppervlaktewater op of boven maaiveld, is naar verwachting niet ongunstig. Voorwaarde is wel dat een dergelijke toestand niet zeer lang aanhoudt.
39	natte heide en hoogveen	LV	0	Niet van toepassing. Natte heide en hoogveen in het Laagveengebied krijgt in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekafvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging "op het land" gaat plaatsvinden, zal dat vooral in het Rivierengebied zijn.
64	rivier	RI	0	De natuurdoeltypen (ndt) die onder dit natuurtype vallen (ndt 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 en 3.16; Bal et al. 2001) zijn weinig gevoelig voor toename overstromingen. Ook worden weinig problemen met fysieke schade aan oevers en bedding i.g.v. hoge afvoeren verwacht (E. Schouwenberg, pers. meded.).

sorteernummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	toename overstromingen beken en rivieren	toelichting
43	zandverstuiving	HZ	0	Zandverstuivingen bevinden zich op relatief hooggelegen, zeer goed doorlaatbare gronden, niet in de nabijheid van beken, rivieren of sloten. Overstroming door oppervlaktewater is hier niet aan de orde.
34	zilt grasland	AZ	0	Sterke vernatting, inclusief berging van oppervlaktewater op of boven maaiveld, is naar verwachting niet ongunstig, omdat voldoende zout in de bodem aanwezig zal blijven, ofwel het overstromende water brak is. Voorwaarde is wel dat een dergelijke toestand niet zeer lang aanhoudt.
35	zilt grasland	DU	0	Niet van toepassing.
36	zilt grasland	GG	0	Niet van toepassing.
65	zoet stilstaand water	AZ	0	Er komt meer zoet water bij het zoetwaterlichaam. Het zijn grote systemen, niet zo gevoelig voor gebiedsvreemd water en nutriënten (pers. meded. M. Baptist en N. Dankers, IMARES Texel).
66	zoet stilstaand water	DU	0	Zoet stilstaand water in de Duinen krijgt geen piekafvoeren van rivieren te verwerken. Evt. piekafvoeren van duinbeken zullen geen negatief effect hebben op het natuurstype, omdat de debieten gering zullen zijn, de waterkwaliteit goed en de inundatie van relatief korte duur.
69	zoet stilstaand water	LV	0	Niet van toepassing. Zoet stilstaand water in het Laagveengebied krijgt in het huidige waterbeheer nauwelijks of niet te maken met berging van rivierafvoerpieken. Piekafvoeren van (grote) rivieren worden in Nederland zo snel mogelijk afgevoerd naar zee (evt. via het IJsselmeer). Voor zover er bij veranderend waterbeheer berging "op het land" gaat plaatsvinden, zal dat vooral in het Rivierengebied zijn.
79	zoom, mantel en struweel	AZ	0	Sterke vernatting, inclusief berging van grond- of oppervlaktewater op of boven maaiveld, is naar verwachting niet ongunstig. Voorwaarde is wel dat een dergelijke toestand niet zeer lang aanhoudt, anders kan sterfte van de kruid- en struiklaag optreden.
80	zoom, mantel en struweel	HL	0	idem
81	zoom, mantel en struweel	HZ	0	idem
82	zoom, mantel en struweel	RI	0	idem
83	zoom, mantel en struweel	ZK	0	idem

Verklaring afkortingen fysisch-geografische regio's

AZ: afgesloten zeearmen
DU: duinen
GG: getijdengebied
HL: heuvelland
HZ: hogere zandgronden
LV: laagveengebied
RI: rivierengebied
ZK: zeekleigebied

IIId. Knelpuntenanalyse voor natuur: totaalscore

sorteernummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	totaalscore knelpunten klimaatverandering
40	natte heide en hoogveen	Zeekleigebied	3.50
71	zoet stilstaand water	Zeekleigebied	3.17
38	natte heide en hoogveen	Hogere zandgronden	3.00
39	natte heide en hoogveen	Laagveengebied	3.00
27	bloemrijk grasland	Afgesloten zeearmen	2.83
33	bloemrijk grasland	Zeekleigebied	2.83
54	bos van laagveen en klei	Zeekleigebied	2.83
9	moeras	Duinen	2.67
12	moeras	Laagveengebied	2.67
21	nat grasland/schraal en matig voedselrijk	Zeekleigebied	2.67
67	zoet stilstaand water	Heuvelland	2.67
68	zoet stilstaand water	Hogere zandgronden	2.67
70	zoet stilstaand water	Rivierengebied	2.67
55	bos van arme gronden	Duinen	2.50
56	bos van arme gronden	Hogere zandgronden	2.50
7	ven	Hogere zandgronden	2.50
62	bos van bron en beek	Heuvelland	2.33
63	bos van bron en beek	Hogere zandgronden	2.33
22	droog schraalgrasland	Afgesloten zeearmen	2.33
59	bos van rijke gronden	Heuvelland	2.17
60	bos van rijke gronden	Hogere zandgronden	2.17
61	bos van rijke gronden	Rivierengebied	2.17
16	nat grasland/schraal	Duinen	2.17
66	zoet stilstaand water	Duinen	2.17
69	zoet stilstaand water	Laagveengebied	2.17
41	droge heide	Duinen	2.00
29	bloemrijk grasland	Heuvelland	1.83
30	bloemrijk grasland	Hogere zandgronden	1.83
31	bloemrijk grasland	Laagveengebied	1.83
32	bloemrijk grasland	Rivierengebied	1.83
51	bos van laagveen en klei	Duinen	1.83
52	bos van laagveen en klei	Laagveengebied	1.83
57	bos van rijke gronden	Afgesloten zeearmen	1.67
58	bos van rijke gronden	Duinen	1.67
8	moeras	Afgesloten zeearmen	1.67
10	moeras	Heuvelland	1.67
11	moeras	Hogere zandgronden	1.67
14	moeras	Zeekleigebied	1.67
15	nat grasland/schraal	Afgesloten zeearmen	1.67
17	nat grasland/schraal	Heuvelland	1.67
19	nat grasland/schraal en matig voedselrijk	Laagveengebied	1.67
36	zilt grasland	Getijdengebied	1.67
37	zilt grasland	Zeekleigebied	1.67

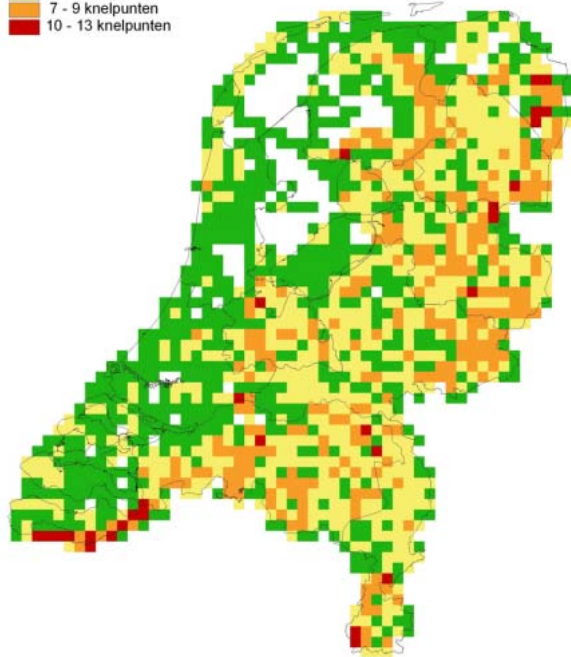
sorteernummer	NATUURTYPE (MNP)	fysisch-geografische regio	totaalscore knelpunten klimaatverandering
42	droge heide	Hogere zandgronden	1.50
1	beek	Duinen	1.33
2	beek	Heuvelland	1.33
3	beek	Hogere zandgronden	1.33
28	bloemrijk grasland	Duinen	1.33
50	bos van laagveen en klei	Afgesloten zeearmen	1.33
13	moeras	Rivierengebied	1.17
18	nat grasland/schraal en matig voedselrijk	Hogere zandgronden	1.17
20	nat grasland/schraal en matig voedselrijk	Rivierengebied	1.17
64	rivier	Rivierengebied	1.17
35	zilt grasland	Duinen	1.17
43	zandverstuiving	Hogere zandgronden	1.00
44	akker	Duinen	0.83
47	akker	Laagveengebied	0.83
49	akker	Zeekleigebied	0.83
53	bos van laagveen en klei	Rivierengebied	0.83
25	droog duingrasland en struweel	Duinen	0.83
26	kalkgrasland	Heuvelland	0.83
79	zoom, mantel en struweel	Afgesloten zeearmen	0.83
80	zoom, mantel en struweel	Heuvelland	0.83
81	zoom, mantel en struweel	Hogere zandgronden	0.83
83	zoom, mantel en struweel	Zeekleigebied	0.83
34	zilt grasland	Afgesloten zeearmen	0.67
65	zoet stilstaand water	Afgesloten zeearmen	0.67
5	brak stilstaand water	Laagveengebied	0.50
6	brak stilstaand water	Zeekleigebied	0.50
45	akker	Heuvelland	0.33
46	akker	Hogere zandgronden	0.33
48	akker	Rivierengebied	0.33
23	droog schraalgrasland	Heuvelland	0.33
24	droog schraalgrasland	Hogere zandgronden	0.33
82	zoom, mantel en struweel	Rivierengebied	0.33
4	brak stilstaand water	Afgesloten zeearmen	0.00
72	multifunctioneel grasland	Afgesloten zeearmen	-
73	multifunctioneel grasland	Duinen	-
74	multifunctioneel grasland	Heuvelland	-
75	multifunctioneel grasland	Hogere zandgronden	-
76	multifunctioneel grasland	Laagveengebied	-
77	multifunctioneel grasland	Rivierengebied	-
78	multifunctioneel grasland	Zeekleigebied	-

Bijlage IV.

Knelpuntenkaarten natuur

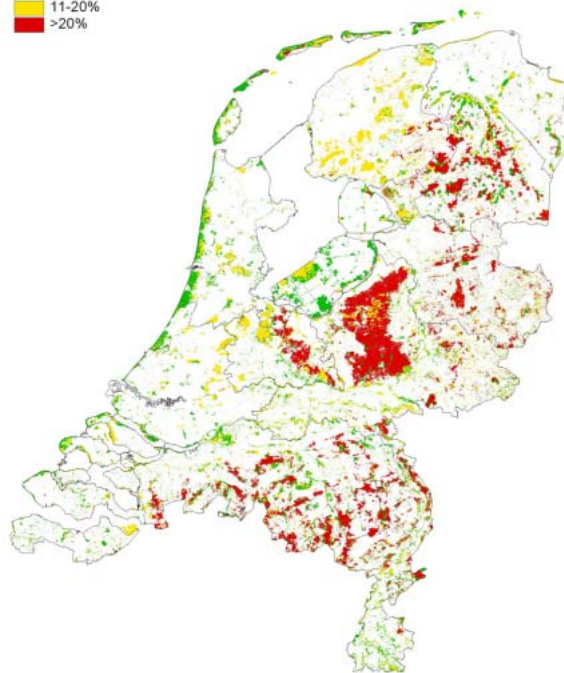
Knelpunten ruimtelijke samenhang EHS

geen knelpunten
1 - 3 knelpunten
4 - 6 knelpunten
7 - 9 knelpunten
10 - 13 knelpunten



Percentage koudeminnende doelsoorten binnen EHS

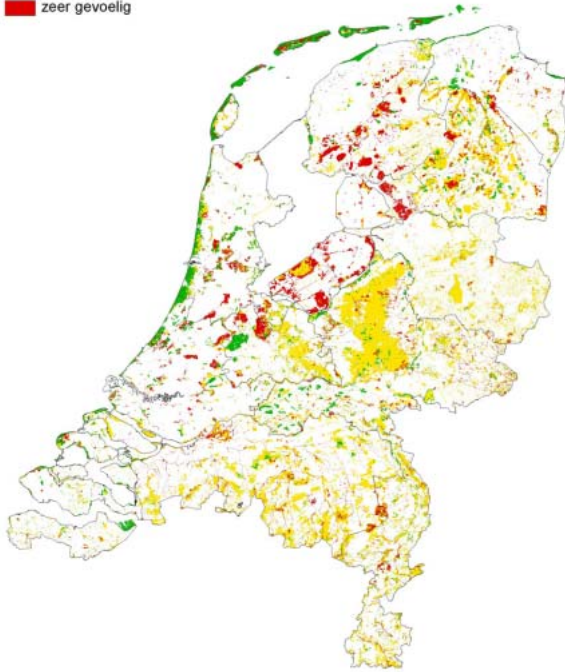
0%
1-10%
11-20%
>20%



Kaart I. Het aantal soorten per 5x5 km gridcel met 1 of meer ruimtelijke knelpunten. De soorten hebben in de betreffende gridcel nieuw leefgebied nodig zodat de netwerken worden gekoppeld. De analyse is gebaseerd op 74 Vogel- en Habitatrictlijn soorten (naar Vos et al. (2007).

Kaart II. Ruimtelijke verspreiding van het aandeel koudeminnende doelsoorten in de natuurtypen (naar Van der Veen et al., 2008).

Gevoeligheid natuurtypen binnen EHS voor warmtestress en verdroging
 niet gevoelig
 gevoelig
 zeer gevoelig



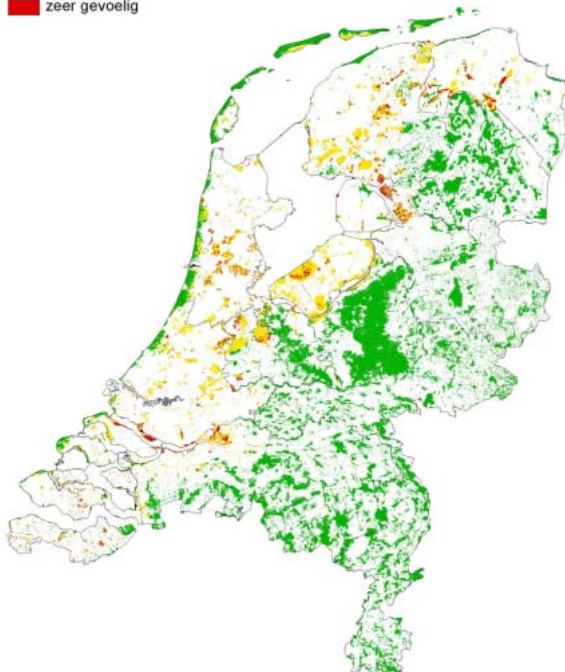
Kaart III. Ruimtelijke verspreiding van voor droogte en warmtestress (on)gevoelige natuurtypen.

Gevoeligheid natuurtypen binnen EHS voor kusterosie
 niet gevoelig
 gevoelig
 zeer gevoelig



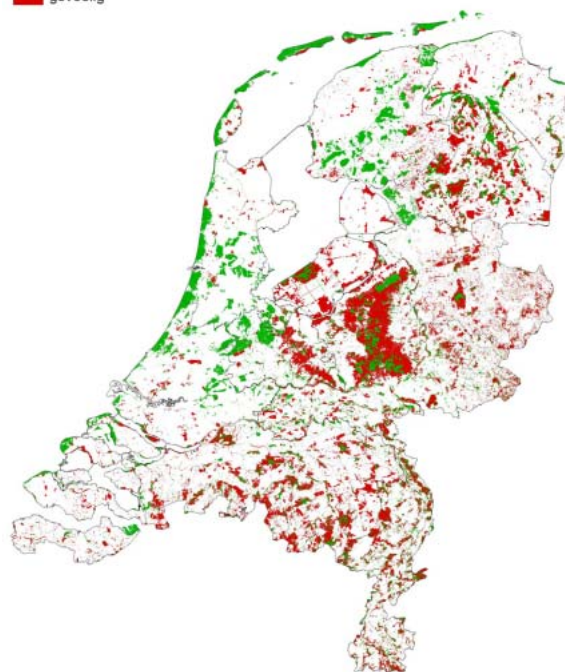
Kaart IV. Ruimtelijke verspreiding van voor kusterosie (on)gevoelige natuurtypen.

Gevoeligheid natuurtypen binnen EHS voor verzilting
 niet gevoelig
 gevoelig
 zeer gevoelig



Kaart V. Ruimtelijke verspreiding van voor verzilting (on)gevoelige natuurtypen. Verzilting kan een gevolg zijn van zowel zeespiegelstijging zoals extreme droogte.

Gevoeligheid natuurtypen binnen EHS voor overstroming
 niet gevoelig
 gevoelig



Kaart VI. Ruimtelijke verspreiding van voor overstroming met oppervlaktewater (on)gevoelige natuurtypen. Gevoeligheid voor overstroming door extreme regenbuien is buiten beschouwing gelaten.

Bijlage V.

Va. Aanpassingsstrategieën voor landbouw zoals weergegeven in de Routeplanner en ingedeeld naar 4 hoofdcategorieën

(NB. Tussen haakjes is aangegeven voor welk klimaatveranderingseffect³ de strategie wordt aanbevolen. De met **geel** gemarkeerde codes zijn niet aangegeven in de Routeplanner)

Teeltmaatregelen op bedrijfsniveau

1. Verandering/aanpassen rotatieschema's (N, E, **S, H, D**, Gs)
Verandering/aanpassen zaai- en oogstdata (verkorting groeiseizoen) (N, E, **S, H, D**, Gs)
2. Irrigatie (bij droogte) en achterlaten gewasresten (N, D, **Gs**)
3. Zelf voorziening in productie van ruwvoer (E, Gs)
4. Kiezen van geschikte variëteiten
5. Versterking plaagonderdrukking door aanpassen landschapsstructuur (aanleg bloemrijke akkerranden en/of houtwallen) (T, N, E, E-S, D)
6. Aanpassingen aan verzilting (T, N, Z)
 - a. verbetering van de efficiency door gebruik zoet water
 - b. gebruik van brak water voor irrigatie (N, E, W, G, D, Z)
7. Introductie van zoutwaterlandbouw door teelt van halofyten
8. Verzekeringen afsluiten (N, E, E-S, Z, W, G)

Innovatie

9. Ontwikkelen van resistente rassen, (T, N, E, **S, H**, D, Gs)
10. Ontwikkeling en introductie van bio-energiegewassen (koolzaad, riet, wilgen, etc.) (T, N, E, **S**, Gs)
11. Introductie van nieuwe droogte-, warmte- en zouttolerante gewassen (halofyten, druiven, gerst, zonnebloem, C4-plant sorghum, etc.)
12. Introductie van drijvende kassen (N, E, E-S, W, G)

Aanpassing waterbeleid

13. Aanpassen van het waterbeleid aan vernatting, water conservering (N, D, Gs)
 - a. Aanleg van water retentiegebieden (N, E, Z, W, G)
 - b. Verbetering van de waterlopen (aanleg of verbreding sloten) (N, E, W, G, D)
 - c. herstel van de beeksystemen (hermeandering) (N, E, W, G, D)
 - d. vergroting van het waterhoudend vermogen van de bodem door onderploegen van organische stof
14. Water opslag op het perceel (N, Gs)
 - a. plasdras (veenweidegebieden) (N, E, G, D)
 - b. in het westelijk veenweidegebied aanpassen van de wateraanvoer uit een andere bron (IJsselmeer in plaats van rivier)
15. Onderwaterdrains en subsoil drainage (in veengebieden), (N, G, D)
 - a. drainage dieper leggen, (N, G, D)
 - b. intensiteit van de drainage verhogen (N, E, G, D)
 - c. verhoging van het slootwaterpeil (N, E, G, D)
16. Aanpassing landbouwgronden aan droogte en (versterkte) verdroging door vergroten waterhoudend vermogen bodem d.m.v. organische stof (E, W, D)
17. Aanpassing landbouwgronden aan verzilting door doorstromen van watergangen (N, E, W, G, D, Z)

³ *Codering: Temperatuur (T), neerslag (N), extremen (E), zeespiegelstijging (Z), waterafvoer rivieren (W), stijging grondwatervlucht (G), stormen (S), hittestress (H), droogtestress (D), Groeistress (Gs), Overigen (O).*

Regionale herinrichting van het platteland

18. Land uit landbouwproductie nemen of verbreden met andere functies (agritoerisme, recreatie, zorglandbouw, huisverkoop, biomassaproductie, natuur- en zeecultuurparken, etc.) (T, N, E, E-S, Z, W, Gs)
19. Verplaatsen van boerenbedrijven (ook werken met mobiele melkinstallaties) (N, E, E-S, G, Gs)

Vb. Knelpunten per gewastype en daarvoor aanbevolen adaptatiestrategieën, met de bijbehorende risicogebieden

Gewastype	Knelpunten	Adaptatiestrategieën
Gras	Afname productie door zoute kwel	Zouttolerante grassen
	Langer groeiseizoen op natte gronden: moeilijk oogstbaar in voorjaar en herfst, door mineralisatie en uitspoeling bij hoge T treedt denitrificatie op door vernatting	Plasdras Aanleg en verbreding sloten, groen/blauwe dooradering, versterking recreatie, aansluiting bij westelijke natte as, benutting perceelsranden t.b.v. vergroting biodiversiteit
	Afname regenwormen bij langdurige waterberging	Aanpassen waterbeleid, vergroting organisch stofgehalte
	Toename engerlingen door vernatting	Vergroting predatoren door vergroting biodiversiteit (bijv. door aanbrengen van houtwallen)
Granen	Toename aaltjes door Temp-verhoging	Af en toe onder water zetten
	Langer groeiseizoen op droge gronden: meer kans op uitspoeling, in zomer minder productie	Aanpassen oogstdata, aanpassen waterbeleid (redelijk droog houden) grond verarmen (ook qua organische stof), voorkomen anaërobie in bodem. Goede subsoil drainage, eventueel land uit productie nemen, introductie bio-energiegewassen
	Groei van algen tijdens perioden van onder water lopen	Subsoil drainage, aanpassen waterbeleid, oogsten algen t.b.v. organische stof/veevoer, grond arm houden voor terugdringen algengroei
	Productiewinst door vervroegen groeiseizoen	Kans voor vergroting economische waarde benutten
Maïs	Afname productie door zoute kwel	Resistente rassen, aanpassing landbouwgronden aan verzilting (zie lijst), andere gewassen (halofyten), aanpassen waterbeleid
	Droogtestress op zandgronden	Droogtetolerante gewassen, irrigatie, aanpassen waterbeleid, waterconservering, achterlaten gewasresten
	Toename schimmelziekten (nat, warm najaar, minder koude winters)	Aanpassen waterbeleid, waterconservering, dunne uitzaai graan (ruimte voor akkerkruiden als tussengewas), tolerante rassen
	Opkomst Q-organismen	Resistentieveredeling, vergroten biodiversiteit (houtwallen, bloemrijke akkerranden), aanbrengen van ruimtelijke scheiding (om verspreiding te voorkomen)
	Verlenging groeiseizoen	Sneller oogsten
Suikerbieten	Hagel- of plensbuien: legering	Aanpassen gewasteelt (bijv. graslanden), verzekering
	Betere bakkwaliteit en productieverhoging door T-verhoging	Van profiteren door vergroting areaal
	Trage ontwikkeling in voorjaar, oogstrisico in herfst	Zo mogelijk aanpassen zaai- en oogstdata, aanpassen waterbeleid
	Droogtestress	Irrigatie, tolerante rassen
Suikerbieten	Toename maïswortelboorder (nat, minder koude winters), Pratylenchus en Meloidogyne	Resistente rassen, gewasrotatie introduceren
	Productieverlies bij lange natte perioden	Aanpassen waterbeleid, zo mogelijk aanpassen oogstdata
	Verbetering kwaliteit (suikergehalte) door verzilting	Uitbreiden suikerbietenteelt
	Toename aaltjes en rhizomania bij hogere waterstanden	Resistente rassen, gewasrotatie aanpassen, waterbeleid, af en toe onder water zetten (specifiek tegen aaltjes)
Suikerbieten	Natte herfst bedreigt oogst / gebruik machines	Waterbeleid aanpassen, subsoil drainage, oogstdata aanpassen
	Afname suikergehalte bij T-stijging	Droger telen
	Toename suikergehalte bij droogte	Profiteren, zo mogelijk vergroting areaal

Gewastype	Knelpunten	Adaptatiestrategieën
Aardappel	Afname productie door zoutshade	Resistente rassen, andere gewassen (halofyten)
	Natte herfst bedreigt oogst / gebruik machines	Waterbeleid aanpassen, subsoil drainage
	Toename bruinrot (ralstonia) bij vernatting door verspreiding via oppervlaktewater	Resistente rassen, rotatie
	Toename luisdruk	Resistentieveredeling, verandering rotaties, vergroten biodiversiteit (houtwallen, bloemrijke akkerranden), aanbrengen van ruimtelijke scheiding (om verspreiding te voorkomen)
	Toename aaltjes bij sterke stroming oppervlakte water	Intensivering rotatie, onder water zetten
	Afname productie door droogte (zeer gevoelig)	Resistente rassen, irrigeren
Boomgaarden	Toename schimmel en doorbraak resistenties door Temp-verhoging	Biotech-aardappel
	Verschuiving oogstmoment naar voren: toename opslag en daarmee toename ziekten en plagen	Fytosanitaire maatregelen, andere grondbewerking (speciaal in het voorjaar), onder water zetten, intensivering rotatie
	Late vorst in april: kans neemt af, maar bij optreden: rampzalig	irrigatie
	T-verhoging negatief vooral voor pootaardappelen: zetmeelvorming	Verschuiving assortiment Resistente rassen
	Verschuiving ziekten en plagen patroon	Resistentieveredeling, vergroten biodiversiteit (houtwallen, bloemrijke randen tussen bomenrijen)
Bloembollen	Late vorst	Tolerante rassen, irrigeren
	Extreme buien en hagel	Hagelnetten, hagelkanonnen, verzekeringen
	Onvoldoende vernalisatie door T-verhoging	Andere rassen, andere gewassen, andere functies
	Vervroeging bloei: asynchronisatie m.b.t. insecten en vogels	Andere rassen (zelfbestuivers)
Glastuinbouw	Vernatting: toename ziekten en plagen	Waterbeheer, resistentie veredeling, onder water zetten (specifiek tegen aaltjes)
	Uitspoeling nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar grondwater	Waterbeleidsmaatregelen, resistentie veredeling, onderwerpen organische stof, bemestingsmaatregelen
Vollegroenten	Kwaliteitsverlies door zoute kwel (voor grondgebonden teelten)	Aanpassing landbouw aan zoute omstandigheden, introductie bio-energiegewassen, introductie halofyten
	Overstromingen en inzijging slootwater	Drijvende kassen
	Toename introductie Zuid Europese ziekten	Substraatteelt, rotaties, fytosanitaire maatregelen, resistentieveredeling
	Hagelschade	Verzekeringen, introductie andere kasdekmaterialen (ETV)
	T-verhoging: problemen bij koelen kassen in de zomer	Aquifers, aardwarmteinstallaties, nieuwe kasdekmaterialen
Vollegroenten	Meer bewolking: minder straling en productieverlies	Nieuwe (beter doorlaatbare) kasdekmaterialen
	Sterke toename ziekten en plagen (oprukken nieuwe soorten, verlies resistentie)	Resistentieveredeling, verandering rotaties, vergroten biodiversiteit (houtwallen, bloemrijke akkerranden), aanbrengen van ruimtelijke scheiding (om verspreiding te voorkomen)