

# Klimaatadaptatie in het landelijk gebied

# Klimaatadaptatie in het landelijk gebied

## Verkenning naar wegen voor een klimaatbestendig Nederland

Kaj van de Sandt <sup>1</sup>

Hasse Goosen <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wageningen UR-Alterra

Co-auteurs:

Claire Vos, Tia Hermans, Jan Verhagen, Herman Agricola, Cees Kwakernaak,  
Lodewijk Stuyt, Ekko van Ierland, Peter Kuikman, Marco Hoogvliet,  
Willemien Geertsema, Ben Schaap, Henk Ritzema, Jouke Velstra, Peter Jansen,  
Wim Dijkman, Christy van Beek

Interne review

Jeroen Veraart en Saskia Werners

Samenwerking tussen

Klimaat Voor Ruimte

Kennis voor Klimaat

Wageningen UR-Alterra

Planbureau voor de leefomgeving

Centrum voor Landbouw en Milieu

Acacia Water

Deltares

KvK Rapportnummer: KvK 044/2011

KvR Rapportnummer: KvR 040/2011

ISBN/EAN 978-94-9007-051-9



WAGENINGEN UR

*For quality of life*

### **Copyright © 2011**

Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KvK) en Klimaat voor Ruimte (KvR). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat en Klimaat voor Ruimte. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

### **Aansprakelijkheid**

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaardt Kennis voor Klimaat en Klimaat voor Ruimte, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

Dit onderzoeksproject is uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KKFo2A; Bouwstenen NAS) en Klimaat voor Ruimte (COM35; Wegen naar Klimaatbestendig Nederland). Deze onderzoeksprogramma's worden medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

## Inhoudsopgave

Synthese	4
1. Inleiding	19
2. Methodiek	21
2.1. Inleiding	21
2.2. Conceptueel model voor adaptatierichtingen landbouw en natuur	21
2.3. Conceptueel model voor integrale adaptatie	22
2.4. Werkwijze	23
2.5. Organisatie	24
2.6. Aanvullende GIS-Analyse	25
2.7. Discussie	25
3. Klimaateffecten	27
3.1. Inleiding	27
3.2. Temperatuur, hittegolven en vorstperioden	27
3.3. Neerslag	28
3.4. Wateroverlast	33
3.5. Droogte	33
3.6. Effecten van verzilting	36
4. Klimaatadaptatie in het landelijk gebied	38
4.1. Inleiding	38
4.2. Landbouw	38
4.3. Natuur	47
4.4. Recreatie	56
4.5. Integrale adaptatierichtingen	57
5. Zeeklei	61
5.1. Gebiedsbeschrijving	61
5.2. Kwetsbaarheid en kansen	64
5.3. Adaptatierichtingen	67
6. Veenweidegebieden	74
6.1. Gebiedsbeschrijving	74
6.2. Kwetsbaarheid en kansen	76
6.3. Adaptatierichtingen	78
6.4. Resultaten	82
7. Hogere zandgronden in Nederland	85
7.1. Gebiedsbeschrijving	85
7.2. Kwetsbaarheid en kansen	87
7.3. Adaptatierichtingen	89

8. Discussie en Conclusies	96
8.1. Methodiek	96
8.2. Vergelijking tussen de adaptatierichtingen in het zeeleigebied, het veenweidegebied en op de zandgronden	96
8.3. Vervolgonderzoek	98
Literatuurlijst	99

## Synthese

Klimaatverandering werkt via hogere temperaturen, veranderingen in neerslagpatronen, veranderingen in frequentie en intensiteit van weersextremen en zeespiegelstijging door op het functioneren van het landgebruik en het watersysteem in het landelijk gebied. De doorwerking van de hierboven genoemde klimaateffecten is complex en verschilt tussen gebieden en verschillende vormen van landgebruik. Klimaatverandering bedreigt sommige functies maar biedt ook nieuwe kansen. Om deze kansen te benutten en de bedreigingen het hoofd te bieden is klimaatadaptatie nodig. Adaptatiemaatregelen in het landelijk gebied kunnen genomen worden binnen de verschillende sectoren en binnen het water-, natuur-, landbouw- en ruimtelijke orderingsbeleid. Er is een samenhangend pakket van maatregelen nodig. Dit noemen we een integrale adaptatierichting. Deze studie onderzoekt mogelijke adaptatierichtingen voor verschillende landschapstypen; zeekleigebied, veenweide en de hoge zandgronden.

### Sectorale klimaatadaptatie in het landelijk gebied

#### Landbouw

Klimaatverandering heeft zowel een positief als negatief effect op de agrarische productie. Hogere temperaturen en CO<sub>2</sub> concentraties leiden tot een hogere potentiële productie in Nederland en een verlenging van het groeiseizoen. Ook ontstaan er kansen voor nieuwe gewassen. Hier staat tegenover dat de kansen op hitte-, nat-, droogte- en zoutshade kunnen toenemen als gevolg van een grotere kans op weersextremen. Het risico van ziekte en plagen voor dieren en gewassen neemt toe door klimaatverandering. De aard en de impact van deze effecten verschillen per locatie, teelt en bedrijfssysteem.

Ondanks dat de landbouw zich kan handhaven in Nederland onder het toekomstige klimaat, zijn adaptatiemaatregelen nodig om de bedrijfsvoering te optimaliseren en schades te beperken. De agrarische sector zal een deel van deze maatregelen zelf nemen. Klimaatadaptatie komt alleen van de grond als het past binnen de bedrijfsvoering, rendabel is en past bij de ontwikkelingsrichting van bedrijven.

#### Natuur

Als gevolg van temperatuurstijging neemt in Nederland het geschikte areaal voor koudeminnende soorten (15%) af en het geschikte areaal voor warmteminnende soorten (20%) toe. Frequentere en heftiger fluctuaties in het weer leiden tot sterkere fluctuaties in populatiegrootte. Hierdoor neemt de kans op het uitsterven van soorten toe en daardoor wordt functionele biodiversiteit verkleind. Ten slotte werkt klimaatverandering door in de standplaatsfactoren, waardoor de geschiktheid van gebieden voor soorten en ecosystemen verandert. De aard en impact van klimaatverandering verschilt per soort en ecosysteem.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en Wageningen UR - Alterra (WUR) hebben een adaptatiestrategie ontwikkeld voor natuur. Deze adaptatiestrategie bestaat uit drie pijlers. Ten eerste moet de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden worden verbeterd, zodat leefgebieden groot genoeg worden om populaties duurzaam in stand te houden. Verder moeten leefgebieden verbonden worden, zodat soorten de kans krijgen om te migreren naar geschikt leefgebied. Ten tweede moet de heterogeniteit van leefgebieden en landschappen worden vergroot, zodat weersextremen beter kunnen worden opgevangen. Ten slotte moeten adaptatiemaatregelen gericht zijn op het verbeteren van de standplaatscondities en het herstel van natuurlijke processen in en rondom natuurgebieden, zodat ecosystemen zich geleidelijk aanpassen aan het nieuwe klimaat. De Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en robuuste verbindingen zijn essentiële onderdelen in deze strategie. Klimaatverandering levert een extra argument voor dit onderdeel van het Nederlandse natuurbeleid. De realisatie van de EHS en robuuste verbindingen alleen is echter onvoldoende om de effecten van klimaatverandering volledig op te vangen. Inmiddels is er veel discussie ontstaan over de EHS en robuuste verbindingen. Het verlagen van het ambitieniveau door het niet volledig realiseren van de EHS en ecologische verbindingzones betekent dat de natuur klimaateffecten onvoldoende kan opvangen.

Het PBL en Alterra hebben zoekgebieden gedefinieerd waarbinnen de adaptatiemaatregelen het meest effectief genomen kunnen worden. De volgende zoekgebieden zijn gedefinieerd: de klimaatcorridor moeras, het heidecluster,

zigtakken Europese klimaatcorridor bos en de klimaatcorridor duin en kust. Het natuurbeleid kan daarnaast klimaatbestendiger worden gemaakt door de nadruk te verplaatsen van het beschermen van soorten naar het robuuster maken van ecosystemen. Adaptatiemaatregelen die gericht zijn op het robuuster maken van ecosystemen laten zich goed combineren met andere doelen in het landelijk gebied, zoals waterbeheer en het verbeteren van het landschap. Natuur kan daarom een belangrijke rol spelen bij regionale adaptatie.

### Recreatie

Door een toename van de temperatuur en het gemiddeld aantal zomerse dagen zal Nederland naar verwachting aantrekkelijker worden voor recreatie en toerisme. De stedeling zal het buitengebied opzoeken wanneer de stedelijke omgeving vaker met hitte te maken krijgt. Hierdoor neemt de toeristische en recreatieve druk toe en zal er meer behoeften zijn aan faciliteiten. Dit biedt kansen voor ondernemerschap, maar zorgt ook voor een extra druk op de Nederlandse infrastructuur, zoals de wegen in het kustgebied en netwerken voor recreatievaart, fietsen en wandelen.

Klimaatverandering leidt tot een toename van gezondheidsrisico's voor recreanten, zoals de kans op allergische reacties, teken en de eikenprocessierups. Voor waterrecreatie is de waterkwaliteit van belang. Oppervlakte water wordt gevoeliger voor blauwalg, waardoor zwemwater gesloten moet worden. De overheid staat voor de opgave om Nederland aantrekkelijk te houden voor recreatie. Hiertoe moeten recreatiegebieden goed ontsloten en de kwaliteit van het water en landschap op orde zijn. De aantrekkelijkheid van het water en landelijk gebied voor recreatie kan worden vergroot door recreatieve belangen en aandacht voor het landschap integraal mee te nemen bij adaptatiemaatregelen.

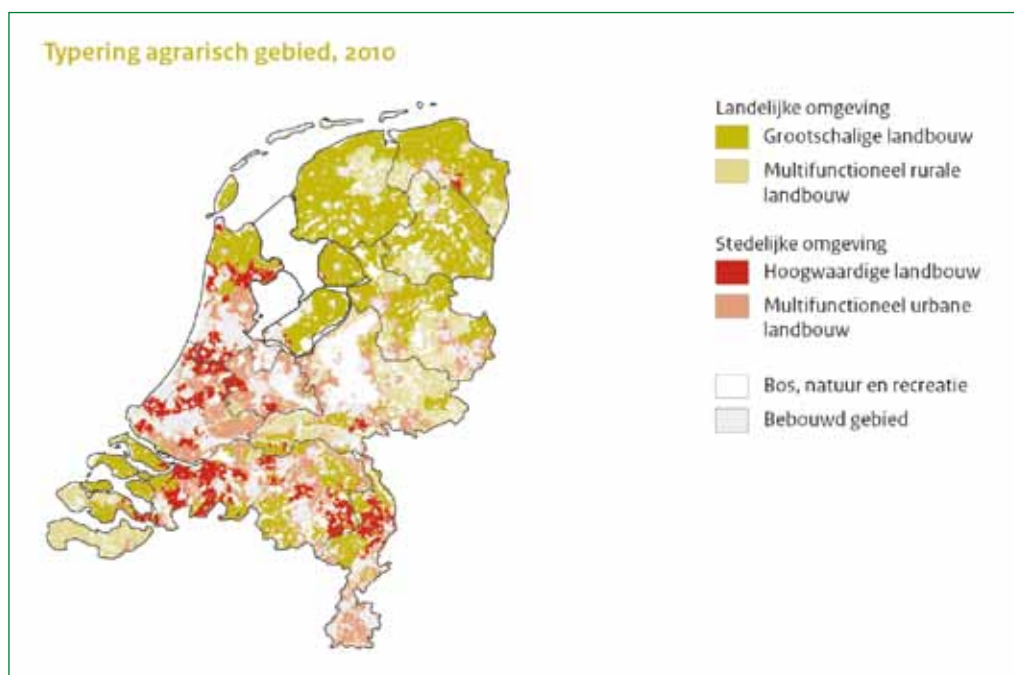
### Adaptatierichtingen voor het landelijk gebied

Klimaatverandering werkt verschillend door op gebieden. Om tot een integrale klimaatadaptatie te komen moeten sectorale adaptatiemaatregelen en het beleid van de verschillende overheden elkaar versterken en bij elkaar aansluiten. Binnen deze studie hebben we een kader ontwikkeld waarbinnen klimaatadaptatiemaatregelen genomen kunnen worden. Dit kader bepalen we op basis van de potenties van een gebied. We nemen aan dat deze in grote mate bepaald worden door aanwezige landbouw en welke

ontwikkelingsmogelijkheden de landbouw heeft. De landbouw heeft een grote invloed op de ruimtelijke ordening en de waterhuishouding, omdat ongeveer 60 procent van het Nederlandse een agrarisch gebruik kent ende landbouw een groot gebruiker van water is.

In Nederland onderscheiden we twee belangrijke ontwikkelingsrichtingen van de landbouw; monofunctionele of multifunctionele landbouw. De monofunctionele landbouw richt zich op primaire productie voor de wereldmarkt. Dit type landbouw heeft een relatief grote concurrentiekracht en kenmerkt zich door kostprijzverlaging, efficiënte productie, schaalvergroting en specialisering. De multifunctionele landbouw heeft een relatief lage concurrentiekracht en richt zich naast het produceren voor de wereldmarkt duidelijk op het aanbieden van diensten aan de Nederlandse samenleving (verbrede landbouw). Op basis van de concurrentiekracht kunnen we de landbouw indelen in monofunctionele en multifunctionele landbouw. Daarnaast speelt de mate van verstedelijking een belangrijke rol bij het typeren van de landbouw. De ruimtelijke druk rondom steden is groot en de afstand tot de stad heeft invloed op de afzetmarkt. De stedelijke omgeving biedt daarnaast specifieke kansen voor een verbrede bedrijfsvoering en biedt potentieel een afzetmarkt voor streekproducten. Daarom typeren we de landbouw in deze studie aan de hand van de volgende indicatoren; concurrentiekracht en de mate van verstedelijking. Dit levert vier categorieën landbouw op. De hoogwaardige landbouw wordt gekenmerkt door teelten zoals glastuinbouw, intensieve veeteelt, vollegrond tuinbouw en blijvende teelten in een stedelijke omgeving. De grootschalige landbouw wordt gekenmerkt door grootschalige grondgebonden akkerbouw en melkveehouderij in rurale gebieden. De multifunctionele peri-urbane landbouw wordt gekenmerkt door kleinschalige akkerbouw en melkveehouderij. De stedelijke omgeving biedt hier mogelijkheden voor een verbrede bedrijfsvoering. De multifunctionele rurale landbouw bestaat uit kleinschalige akkerbouw en melkveehouderij in rurale gebieden.

Deze studie heeft het buitengebied geclassificeerd op basis van de landbouw categorieën.



Figuur 1 Typering van het buitengebied op basis van verschillende landbouw categorieën

Hieronder is het kader voor adaptatie per landbouw categorie in een gebied beschreven. Deze adaptatierichtingen geven, zoals hierboven beschreven een denkkader mee over hoe adaptatiemaatregelen in de ruimtelijke ontwikkeling, het waterbeheer, de landbouw, de natuur en de recreatie vorm kunnen worden gegeven. De adaptatierichtingen zijn samengevat in figuur 2.

#### **Adaptatierichting in peri-urbane gebieden met hoogwaardige landbouw**

Klimaatadaptatie is gericht op het weerstand bieden tegen klimaatverandering. Adaptatie wordt in het ruimtelijk beleid vormgegeven via functiescheiding. Het waterbeheer is gericht op het voorkomen van schade. De watervraag vanuit de landbouw is groot. Kapitaalkrachtige niet grondgebonden bedrijven hebben de mogelijkheid om hun bedrijf los te koppelen van de wateraanvoer. De grondgebonden bedrijven hebben deze mogelijkheid niet. De overheid kan inzetten op afkoppelen en daarmee de watervraag beperken. De landbouw heeft de financiële middelen en de kennis om technische en innovatieve adaptatiemaatregelen te nemen. De overheid kan overwegen de kennisontwikkeling te stimuleren. De behoefte aan recreatiegebieden zal in deze peri-urbane gebieden waarschijnlijk toenemen. De aanleg van groengebieden in en om stedelijke kernen kan nodig zijn om voldoende recreatieve capaciteit te behouden en bijdragen aan het koelen van de stad en het voorkomen van wateroverlast in stedelijk gebied. Bij de aanleg

van deze gebieden is het verstandig om rekening te houden met het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van natuur.

#### **Klimaatadaptatie in peri-urbane gebieden met multifunctionele landbouw**

Klimaatadaptatie is hier gericht op meebewegen met klimaatverandering. Adaptatie wordt in deze gebieden via functieverweving en multifunctioneel landgebruik vormgegeven. Multifunctioneel landgebruik is kansrijk rondom stedelijke kernen en de Ecologische Hoofdstructuur. Multifunctioneel landgebruik met functieverweving leent zich goed voor het concept "functie volgt peil". In deze gebieden is het waterbeleid gericht zijn op het efficiënter omgaan en vasthouden van zoet water, waardoor een gebied minder kwetsbaar voor droogte of verzilting of de wateraanvoer beperkt kan worden. Indien de infrastructuur voor het aanvoeren van water ontbreekt, is het niet kosteneffectief om naar deze gebieden water aan te voeren. Agrariërs kunnen bij klimaatadaptatie een rol spelen door naast de productie voor de wereldmarkt klimaatgerelateerde diensten aan te bieden, gericht op het reduceren van broeikasgasemissies en het klimaatbestendiger maken van het watersysteem, het stedelijk gebied en de natuur. Adaptatiemaatregelen voor de natuur kunnen zowel genomen worden in natuurgebieden als in het omliggende landschap. Hierbij kan nadrukkelijk rekening worden gehouden met de recreatieve behoeften.



### Klimaatadaptatie in rurale gebieden met grootschalige landbouw

Klimaatadaptatie is gericht op het weerstand bieden aan klimaatverandering. Deze gebieden, waarbinnen het landgebruik vaak uit gescheiden grote eenheden bestaat, zijn geschikt om klimaatadaptatie via functiescheiding vorm te geven. De overheid stuurt volgens het principe peil volgt functie en zet in op een watersysteem dat op orde is. De ruimtelijke ordening gaat uit van functiescheiding. Op orde betekent dat het watersysteem voldoet aan de NBW normen en voldoende water kan aanvoeren om droogte of verzilting te bestrijden. De grootschalige landbouw richt zich sterk op de wereldmarkt en heeft daarom baat bij een faciliterende overheid. Door goede randvoorwaarden is er minder aanleiding voor boeren om ingrijpende adap-

tatiemaatregelen te nemen en zullen boeren inzetten op optimalisatie van de bedrijfsvoering. Adaptatiemaatregelen voor de natuur zullen voornamelijk binnen natuurgebieden genomen worden. De ruimtelijke samenhang tussen natuurgebieden kan hier worden gerealiseerd door natuurgebieden te vergroten en te verbinden via robuuste verbindingen.

### Klimaatadaptatie in rurale gebieden met multifunctionele landbouw

Klimaatadaptatie is gericht op het meebewegen met klimaatverandering. Adaptatie wordt vormgegeven door functieverweving en een multifunctioneel landgebruik. Multifunctioneel landgebruik is hier bij afwezigheid van stedelijke gebieden vooral kansrijk rondom de EHS en leent

<p><b>Peri-urbane gebieden met multifunctionele landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functieverweving en multifunctioneel landgebruik</li> <li>• Watersysteem meebewegen met klimaatverandering</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meebewegen met klimaatverandering en kan via verbrede landbouw een bijdragen leveren aan klimaatadaptatie en mitigatie</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De ruimtelijke samenhang en het vergroten van leefgebieden wordt via multifunctioneel landgebruik vorm gegeven</li> </ul>	<p><b>Peri-urbane gebieden met hoogwaardige landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functiescheiding</li> <li>• Watersysteem weerstand bieden aan klimaatverandering</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gericht op optimalisatie van productie en hierbij sterke eisen stellen aan de ruimtelijke ordening en het waterbeheer</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij het verbeteren van de ruimtelijke samenhang kan er worden megekoppeld met de aanleg en het beheer van groengebieden en de recreatiebehoefte</li> </ul>
<p><b>Rurale gebieden met multifunctionele landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functieverweving en multifunctioneel landgebruik</li> <li>• Watersysteem meebewegen met klimaatverandering</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meebewegen met klimaatverandering en kan via verbrede landbouw een bijdragen leveren aan klimaatadaptatie en mitigatie</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De ruimtelijke samenhang en het vergroten van leefgebieden wordt via multifunctioneel landgebruik vorm gegeven</li> </ul>	<p><b>Rurale gebieden met grootschalige landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functiescheiding</li> <li>• Watersysteem weerstand bieden aan klimaatverandering</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gericht op optimalisatie van productie en hierbij sterke eisen stellen aan de ruimtelijke ordening en het waterbeheer</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het verbeteren van de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden richt zich op het vergroten van natuurgebieden en de aanleg van robuuste verbindingzones</li> </ul>

*Schematisch overzicht van kader voor klimaatadaptatie (adaptatierichtingen) op basis van de landbouw categorieën op het Nederlandse platteland*

zich goed voor het concept “functie volgt peil”. Het waterbeleid is gericht op het efficiënter omgaan en vasthouden van zoet water, waardoor een gebied minder kwetsbaar voor droogte of verzilting of de wateraanvoer beperkt kan worden. Indien de infrastructuur voor het aanvoeren van water ontbreekt, is het niet kosteneffectief om water aan te voeren naar deze gebieden. Landbouwbedrijven zijn hier kwetsbaar omdat zwakke bedrijven de extra druk die klimaatverandering oplegt moeilijk kunnen opvangen. De landbouw kan een rol spelen bij het realiseren van klimaatdoelen door diensten aan te bieden die zich richten op mitigatie en het klimaatbestendig maken van de natuur. Adaptatiemaatregelen voor de natuur kunnen zowel in als rondom natuurgebieden genomen worden. De ruimtelijke kwaliteit kan verbeteren worden door natuurgebieden te vergroten en de doorlatendheid van het omliggende landschap te vergroten. Hierbij zou het gebied actiever aantrekkelijker kunnen worden gemaakt voor recreatie.

## Zeekleigebieden en Droogmakerijen

Het Nederlandse Zeekleigebied is gevoelig voor weers-extremen, wateroverlast, droogte, verzilting en ziekte en plagen. De landbouw bestaat voornamelijk uit grootschalige akkerbouwgebieden in Noord Nederland, Flevoland, West Friesland en Zeeland. Rondom de Randstad bestaat de landbouw uit hoogwaardige bedrijven met kapitaalintensieve gewassen, zoals glastuinbouw, bollenteelt en fruitteelt. De grondgebonden landbouw is vooral gevoelig voor schade als gevolg van weersextremen, zoals nat-schade, waterschade en droogteschade en voor ziekte en plagen. De natuur bestaat voornamelijk uit moerasnatuur. De moerasnatuur is kwetsbaar voor klimaatverandering omdat de ruimtelijke samenhang onvoldoende is om de effecten van klimaatverandering op te vangen. Daarnaast zullen veranderingen van standplaatscondities een negatieve impact hebben op moerasescosystemen.

Deze studie heeft adaptatierichtingen onderzocht voor twee typische zeekleigebieden in Nederland; de Zuidwestelijke Delta en Flevoland. Deze worden hieronder beschreven.

### Zuidwestelijke Delta

In de Zuidwestelijke Delta is de discussie sterk gefocust op verzilting. De landbouw is gevoelig voor verzilting, maar de mate waarin verschilt tussen gewassen en bedrijfsvoering. De verzilting neemt toe als gevolg van zeespiegelstijging, klimaatverandering, veranderingen in het waterbe-

heer en veranderingen in de watervraag. De zoute kwel neemt toe op de eilanden, in de kuststrook en in de diepe droogmakerijen. Met name onder het W+ scenario wordt de beschikbaarheid van zoet water in de zomer in het hoofdwatersysteem en in het regionale watersysteem verkleind. Daarnaast bedreigt externe verzilting een aantal inlaatpunten voor zoet water, waardoor het doorspoelen van regionale watersystemen met zoet water onder druk te staan. Binnen het Deltaprogramma worden een aantal keuzes binnen het hoofdwatersysteem voorbereid die sterk doorwerken op de aanvoermogelijkheden van zoet water binnen de Zuidwestelijke Delta, zoals het kierbesluit, plannen voor verzilting van het Volkerrak-Zoommeer. Het watersysteem komt verder onder druk te staan omdat de watervraag toeneemt doordat het landgebruik steeds kapitaalintensiever wordt. Het gebied is extra gevoelig voor verzilting, omdat binnen het regionale watersysteem het zoete en zoute water wordt gemengd. Hierdoor is het rendement van doorspoelen laag. Als meest voor de hand liggende adaptatierichtingen worden weerstand bieden aan verzilting of het meebewegen met verzilting genoemd. We onderzoeken wat het effect van deze strategieën op het landgebruik is en waar binnen de Zuidwestelijke Delta weerstand bieden of meebewegen voor de hand.

Weerstand bieden aan verzilting betekent kiezen voor het huidige landgebruik en mogelijk voor een stimulering van kapitaalintensieve teelten. Een dergelijke strategie ligt voor de hand in gebieden met hoogwaardige of grootschalige teelten, zoals in West Brabant, Delfland en op Goeree Overflakkee. De gevolgen voor het landgebruik zijn in deze beleidsvariant beperkt, omdat de agrarische sector beschikking blijft houden over hoogwaardig water. Weerstand bieden aan verzilting betekent dat er in de toekomst extra water moet worden aangevoerd om bij het huidige waterbeheer een gelijk serviceniveau te garanderen. Het is onduidelijk of het hoofdwatersysteem de benodigde hoeveelheid zoet water zal blijven leveren. Het rendement van doorspoelen kan worden vergroot, waardoor er minder water vanuit het hoofdwatersysteem nodig is. De volgende maatregelen zijn mogelijk:

- Het scheiden van het zoete aanvoerwater en het zilte afvoerwater. Dit vergt een structurele aanpassing in de infrastructuur van het watersysteem en daarmee een flinke investering. Deze watersystemen bieden mogelijk kansen voor de ontwikkeling van natuur, omdat de waterkwaliteit van afzonderlijke brakke, voedselrijke kwel- en drainagesloten en zoete, voedselarme sloten beter in te richten zijn. Bij de aanleg van het gescheiden watersysteem zou expliciet rekening gehouden

kunnen worden met de ontwikkeling van zowel zoete van zilte natuur en de ontwikkeling van zoet-zout overgangen.

- het bestrijden van zoute kwel door het isoleren van kwelgebieden en het vergroten van de seizoensberging
- het instellen van ruimtelijke zonering grondgebruik. Dit levert problemen op voor ondernemers omdat het gehele bedrijf, inclusief alle gewassen die in rotatie zijn, verplaatst moet worden naar een nieuw gebied dat geschikt moet zijn voor de teelt. Waterkwaliteit, bodemstructuur, bodemhygiëne en onkruiddruk zijn enkele factoren om rekening mee te houden.
- Het loskoppelen van niet grondgebonden landbouwbedrijven van het regionale watersysteem.
- het beprijzen van water. In het kader van het Deltaprogramma wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden en effectiviteit van het beprijzen van water.

Meebewegen met verzilting betekent dat de verziltingsbestrijding wordt losgelaten. Bij deze richting behoudt het regionale watersysteem wel zijn drainage- en afvoerfunctie. Deze adaptatierichting heeft grotere gevolgen voor het landgebruik. Bedrijven met kapitaalintensieve gewassen zullen hun bedrijf waarschijnlijk verplaatsen of zullen moeten afkoppelen van het regionale watersysteem en noodgedwongen hun eigen zoetwatervoorziening moeten regelen. Dit kan als de aanvoer van zoetwater bedrijfseconomisch opweegt tegen de veroorzaakte schade. Indien bedrijven niet kunnen omschakelen of verplaatsen zullen ze stoppen of overstappen op meer robuustere teelten. Akkerbouw en melkveehouderij zijn zouttoleranter. In gebieden waar geen wateraanvoer mogelijk vinden we enkel tolerantere teelten. De landbouw is hier afhankelijk van de zoetwaterlens. Klimaatverandering kan ertoe leiden dat de zoetwaterlens verdwijnt of verdunt, waardoor er zout water in de wortelzone komt. Met name onder de + scenario's neemt deze kans toe. Deze strategie ligt meer voor de hand in gebieden met een multifunctionele landbouw. De volgende maatregelen in het watersysteem of op bedrijfsniveau zijn mogelijk:

- Waterbergen en vasthouden in regionale watersysteem, door bijvoorbeeld zoute kwelgebieden hydrologisch te scheiden.
- In de ruimtelijke ordening actief sturen op het omzetten van onrendabele landbouwgrond in recreatie- of natuurgebieden.
- De bedrijfsvoering minder kwetsbaar maken voor verzilting. Door over te stappen op robuustere teelten, zoals akkerbouw en melkveehouderij. Als de verzilting toeneemt, kunnen akkerbouwbedrijven de overstap

naar melkveehouderij of zouttolerantere gewassen overwegen. De bedrijfsvoering wordt minder kwetsbaar bij een verbrede bedrijfsvoering. In Zeeland kan de verbreding worden gericht op het aanbieden van groenblauwe, landschappelijke en recreatieve diensten. Er liggen vooral kansen voor recreatieve diensten op de koppen van de Zeeuwse eilanden. Meer ingrijpende transities zijn het verbouwen van nieuwe (zouttolerante) teelten. Hieraan zijn wel risico's verbonden. De huidige markt voor zilte landbouwproducten is klein en een dergelijke transitie biedt op dit moment geen grootschalige oplossing. Een andere mogelijkheid is de transitie naar zilte aquacultuur. Onderzoek toont aan dat vooral de productie van kweekvis, schaal- en schelpdieren moeilijk is om concurrerend in de markt te zetten, omdat deze bulkproductie vooralsnog elders goedkoper kan worden geproduceerd. Niettemin wordt op dit moment druk geëxperimenteerd met zilte teelten. Een consistent beeld van het succes van deze initiatieven, ook in termen van bedrijfseconomie, is nog niet voorhanden. De kweek van algen biedt een perspectief want deze blijkt in de praktijk te werken en winstgevend te zijn. De introductie van zilte aquacultuur heeft een impact op het landschap en het kustmilieu.

- Zoetwaterlenzen met technische maatregelen/innovaties op perceelsniveau langer behouden.
- Vasthouden en bergen van zoet water op agrarische bedrijven of in geval van nood water aan te voeren via de weg of de waterleiding. Het aanvoeren van water is duur en lang niet altijd rendabel.
- Ontzilten van water.
- Landschappelijke diensten kunnen het cultuurlandschap van de Zeeuwse eilanden versterken.

Binnen beide beleidsrichtingen ontstaan kansen voor natuurontwikkeling en adviseren we om in te zetten op de realisatie van de klimaatcorridor moeras en de klimaatcorridor duin en kust. De klimaatcorridor moeras loopt tussen West Brabant en Zeeland via de grote waterlichamen. Bij beslissingen binnen het Deltaprogramma over de grote wateren in de Zuidwestelijke Delta kan de realisatie van de klimaatcorridors worden meegenomen in het beleidsproces. Het ligt daarbij voor de hand om de klimaatcorridor duin en kust in samenhang met dynamisch kustbeheer en recreatie te realiseren.

<p><b>Voorne-Putten gebied met multifunctionele urbane landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meebewegen met verzilting</li> <li>• Zoet water vasthouden in watersysteem</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inzetten behoud zoutwaterlenzen</li> <li>• Vasthouden zoet water</li> <li>• Robuustere teelten en bedrijfssystemen</li> <li>• Mogelijkheden verkennen voor zilte teelten, zilte aquacultuur en algen</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zoute en brakke natuur laten profiteren van natuurlijker watersysteem</li> <li>• Verbeteren van de ruimtelijke samenhang van moerasnatuur en kust en duinnatuur via multifunctioneel landgebruik</li> </ul>	<p><b>Haaglanden: kassengebied met hoogwaardige landbouw:</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weerstand bieden aan verzilting (wateraanvoer)</li> <li>• Rendement doorspoelen vergroten</li> <li>• Inzetten op efficiënter watergebruik door bijvoorbeeld afkoppelen niet grondgebonden landbouw en beprijzen water grondgebonden landbouw</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovatieve maatregelen gericht op zelfvoorzienende landbouw</li> <li>• Water- en energie-efficiëntie vergroten en water vasthouden</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbeteren van de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden door mee te koppelen met maatregelen binnen groen- en recreatiegebieden</li> </ul>
<p><b>Walcheren en Zeeuws Vlaanderen: gebied met multifunctionele rurale landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meebewegen met verzilting</li> <li>• Zoet water vasthouden in watersysteem</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inzetten behoud zoutwaterlenzen</li> <li>• Vasthouden zoet water</li> <li>• Robuustere teelten en bedrijfssystemen door bijvoorbeeld verbreding</li> <li>• Mogelijkheden verkennen voor zilte teelten, zilte aquacultuur en algen</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zoute en brakke natuur laten profiteren van natuurlijker watersysteem</li> <li>• Verbeteren van de ruimtelijke samenhang van moerasnatuur en kust en duinnatuur via multifunctioneel landgebruik</li> </ul>	<p><b>Goeree-Overflakkee gebied met grootschalige landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weerstand bieden aan verzilting (wateraanvoer)</li> <li>• Inzetten op efficiënter watergebruik door bijvoorbeeld aan- en afvoer van water te scheiden, zoute kwelgebieden hydrologisch te isoleren en het beprijzen van water</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen nemen om productie te optimaliseren en schaderisico's te beperken, zoals verbeteren drainage en bodembeheer</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen nemen in natuurgebieden en natuurgebieden verbinden via robuuste verbindingen</li> </ul>

*Schematische weergaven van verschillende adaptatierichtingen in de zeeleigebieden en droogmakerijen op basis van verschillende agrarische categorieën in de Zuidwestelijke Delta*

### Flevoland

Flevoland bestaat voornamelijk uit ruraal gebied met een grootschalige landbouw. Het is een productielandschap voor akkerbouw. Integrale klimaatadaptatie kan in Flevoland worden vormgegeven door functiescheiding en door in het watersysteem weerstand te bieden aan klimaatverandering. Deze richting kan in Flevoland relatief gemakkelijk worden ingevuld.

Het Waterschap Zuiderzeeland hanteert in het landelijk gebied een norm van 1:80 tot 1:100. Dit betekent dat dat er eens in de 80 tot 1000 inundatie mag optreden vanuit de waterlopen. Dit is een strengere norm dan de landelijke die 1:25 bedraagt. Klimaatverandering leidt in Flevoland tot een grotere kans op wateroverlast. Deze wordt versterkt door de bodemdaling die wordt veroorzaakt door de drooglegging van de polder. Hierdoor kunnen de normen in de toekomst overschreden worden. De inschatting is dat Flevoland niet kwetsbaar is voor watertekorten als gevolg van klimaatverandering. Niet alleen bleek er in zeer droge zomers als 2003 en 1976 voldoende water beschikbaar, maar tekorten kunnen makkelijk worden aangevoerd vanuit het IJsselmeer of de randmeren. De landbouw is gevoelig voor wateroverlast. Daarnaast kunnen ziekte en plagen in grootschalige productiegebieden zoals Flevoland grote consequenties hebben. De Oostvaardersplassen zijn een belangrijk moerasnatuurgebied. Dit gebied kan een belangrijke rol spelen, mits goed verbonden met andere moerasgebieden in Nederland, bij de klimaatbestendigheid van de moerasnatuur. De verwachting is dat Almere zich zal uitbreiden.

Het landschap is grootschalig en bestaat vrijwel geheel uit akkerbouw die voor de wereldmarkt produceert. Hierdoor kan het watersysteem en de ruimtelijke ordening worden afgestemd op het overwegend agrarische grondgebruik. Dit betekent dat er in Flevoland weerstand kan worden geboden aan klimaatverandering. Het Waterschap heeft berekend dat bij de uitvoering van het huidige beleid onder het KNMI-midden scenario 3900 hectare niet voldoen aan de normen van het Waterschap. Op locaties waar technische maatregelen in het waterbeheer onvoldoende effectief zijn of te duur, kan klimaatadaptatie worden vormgegeven door veranderingen in het landgebruik of het bijstellen van de normen voor de wateroverlast. Het waterschap hanteert immers bovenwettelijke normen.

Om de Oostvaardersplassen ruimtelijk voldoende te verbinden met de Veluwe en het Horsterwold is de aanleg van de robuuste verbindingzone Oostvaarderswold belang-

rijk. Deze verbindingzone past binnen de strategie functiescheiding. Tevens kan het Oostvaarderswold bijdragen aan de waterberging van Zuidelijk en Oostelijk Flevoland en kansen bieden voor nieuwe recreatiemogelijkheden.

Rondom Almere en bij de aanleg van het Oostvaarderswold zijn transformaties in het grondgebruik nodig. Bij dergelijke transformaties waarbij landbouwgronden worden omgezet in stedelijke gebieden of in natuurgebied biedt potentiële bodemdaling een interessante invalshoek om locatie keuzes te bepalen. Bodemdaling vereist investeringen van de agrariër in drainagesystemen om wateroverlast te voorkomen. Deze investering is overigens wel rendabel voor de agrariër omdat ook de lagere delen van Zuid Flevoland zeer geschikt blijven als landbouwgebied. Omdat het huidige landgebruik voornamelijk bestaat uit landbouwgrond, zal landbouwgrond uit productie moeten worden genomen om te voorzien in ruimteclaim voor stedelijk gebied en voor de robuuste verbindingzone. Omdat gebieden waarvan de bodem daalt een extra investering vereisen zijn deze het meest interessant voor functiewijzigingen. Overigens zal een stedelijke omgeving in sterk dalende gebieden ook kwetsbaar zijn voor wateroverlast. Binnen de verbindingzone van het Oostvaarderswold zal landgebruik voornamelijk bestaan uit bossen en moerasen. Dergelijke gebieden zijn niet of minder gevoelig voor wateroverlast. Door bij de aanleg van de robuuste verbinding rekening te houden met bodemdaling wordt een deel van de problematiek opgelost.

### Veenweide

In het veenweidegebied wordt de huidige problematiek van bodemdaling door klimaatverandering versterkt. Het tegengaan van deze speelt een centrale rol bij klimaatadaptatie. Klimaatverandering legt meer druk op het watersysteem, omdat er extremere buien worden verwacht en langere periode van droogte. Hierdoor is er een grotere inspanning nodig om het peilbeheer te handhaven. De landbouw is kwetsbaar voor schade als gevolg van weers-extremen, opzetten van waterpeilen en ziekten en plagen. De natuur is vooral kwetsbaar voor verdroging en de inlaat van gebiedsvreemd water. Daarnaast is de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden onvoldoende om klimaatverandering op te vangen. Bodemdaling en niet het toekomstperspectief van de landbouw is structurend in de discussie over klimaatadaptatie. Daarom bepalen we in het Veenweidegebied de integrale adaptatierichting op basis van de kwetsbaarheid van een gebied voor bodemdaling.

**Veengronden (kwetsbaar)****Ruimtelijke ordening en waterbeheer**

- Waterbeheer en ruimtelijke ordening gebaseerd op functie volgt peil
- Vergroten peilvakken, flexibel peilbeheer, water vasthouden
- Faciliteren transitie landbouw
- Multifunctioneel landgebruik
- Recreatie en landschapsdoelen meenemen bij adaptatie

**Landbouw**

- Transitie naar boeren met ruimtelijke variatie drooglegging
- Kwetsbaarheid verkleinen via verbreding

**Natuur**

- Inzetten op klimaatcorridor moeras
- Adaptatiemaatregelen nemen in en rondom natuurgebieden
- Inlaat gebiedsvreemd water beperken

**Klei op veen gronden en veengronden met een kleidek (minder kwetsbaar)****Ruimtelijke ordening en waterbeheer**

- Waterbeheer en ruimtelijke ordening gericht op cultuurlandschap met intensieve veehouderij
- Behoud beschermde natuurgebieden

**Landbouw**

- Adaptatie binnen traditionele bedrijfsvoering
- Bodemdaling beperkende maatregelen (onderwaterdrainage)

**Natuur**

- Inzetten op klimaatcorridor moeras
- Adaptatiemaatregelen nemen in natuurgebieden
- Hydrologisch isoleren natuurgebieden
- Inlaat gebiedsvreemd water beperken

*Schematische weergaven van verschillende adaptatierichtingen in de veenweide op basis van de kwetsbaarheid ten aanzien van bodemdaling*

In een klimaatbestendig veenweidegebied is het watersysteem en daarmee het landgebruik beter afgestemd op de kwetsbaarheid ten aanzien van bodemdaling. Het centrale instrument om de veenweidegebieden klimaatbestendig te maken en de bodemdaling tegen te gaan is het watersysteem. Belangrijke maatregelen in het watersysteem zijn het vergroten van peilvakken, het opzetten van slootpeilen, introductie van onderwaterdrainage en het introduceren van flexibelere waterpeilen. Functie volgt peil is een sterk concept voor klimaatadaptatie en verdient aanbeveling. Deze richting maakt het watersysteem klimaatbestendiger, beperkt bodemdaling en biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van moeras- en veenweide natuur. De bodemdaling kan daarnaast worden tegengegaan door het opzetten van slootpeilen. Een belangrijk nadeel is echter dat het watersysteem hierdoor kwetsbaarder wordt voor neerslagextremen. Hieronder wordt het concept functie volgt peil verder uitgewerkt.

Functie volgt peil kan worden vormgegeven door de peilvakken te vergroten. Hierdoor ontstaan binnen een peilvak hoge droge delen die meer geschikt zijn voor de melkveehouderij en lage natte delen die meer geschikt zijn voor natuurontwikkeling. Als gevolg van historisch landgebruik ligt natuur vaak juist hoog in het landschap de landbouw

laag. Het invoeren van functie volgt peil moet daarom worden gekoppeld aan intensieve ruimtelijke ordening. Bij deze transitie moet rekening worden gehouden met lagenbenadering maar ook met historische investeringsniveaus van agrariërs. Ook zou de ligging en planning van de EHS en de robuuste verbindingen verder geoptimaliseerd kunnen worden voor de nieuwe omstandigheden en het realiseren van de klimaatcorridor moeras.

De intensieve melkveehouderij kan worden geconcentreerd op de hogere of voor bodemdaling minder gevoelige (klei op veen) delen van het veenweidegebied. De melkveehouderij kan ruimtelijke variatie in drooglegging accommoderen. Een belangrijke voorwaarde is dat het aandeel gronden met beperkte productieomstandigheden binnen een bedrijf beperkt is tot 30% van het totale areaal en dat die grond met beperkingen extra aan het bedrijf wordt toegevoegd tegen een aangepast tarief. Tevens kan een temporele variatie in drooglegging worden geaccommodeerd, mits het opnieuw gepaard gaat met schaalvergroting en de inkomensderving wordt gewaardeerd door afkoop van de grondwaarde of betaling als dienst. Daarnaast moeten de gronden met een flexibel peil ruimtelijk worden gescheiden van de rendabele gronden met een vast peil. De ruimtelijke ordening speelt een belangrijke rol

omdat voor de toekomst van de landbouw verkaveling de grootste uitdaging is. Zeker als gronden een verschillende waarde hebben.

Functie volgt peil biedt op veengronden kansen voor multifunctioneel landgebruik, waarin natuur, behoud van het landschap en extensievere landbouw samengaan. Verbrede landbouw kan hier een sterk concept zijn. De richting van de verbreding kan worden gezocht in natuurprestaties. Mogelijk liggen er ook kansen voor recreatieve - en diverse stedelijke diensten. Hier ligt een economische afweging van de boeren aan ten grondslag.

Voor de natuur zijn adaptatiemaatregelen als functie volgt peil en het opzetten van slootpeilen gunstig. Veenweidennatuur profiteert van minder intensieve landbouw en moerasnatuur profiteert van nattere omstandigheden en minder wegzijging. De natuur blijft kwetsbaar voor de inlaat van gebiedsvreemd water. De watervraag vanuit het veenweidegebied kan worden beperkt indien een flexibeler peilbeheer wordt toegestaan. Het verhogen van waterpeilen kan als negatief neveneffect de emissies van nutriënten naar het oppervlakte vergroten.

### Noordelijk en westelijk Veenweidegebied

Er zijn verschillende adaptatierichtingen uitgewerkt voor zowel het noordelijke als het westelijke Veenweide gebied. Functie volgt peil biedt volgens deze analyse voor beide gebieden vanuit klimaatadaptatie een perspectief, omdat het de bodemdaling en emissies beperkt en het watersysteem meer robuust maakt. Functie volgt peil vergt echter een grote ruimtelijke opgave, waarbij rekening moet worden gehouden met de kwetsbaarheid voor bodemdaling, maaiveldhoogte, huidige ligging van natuur en landbouwgebied en historische investeringen. In het westelijke veenweidegebied zijn de mogelijkheden om functie volgt peil in te voeren meer kansrijk. Er is hier relatief meer ervaring met natuurbeheer en dit vormt een substantieel deel van de inkomsten op een bedrijf. In Friesland zijn de bedrijven intensiever en daarmee is de bedrijfsvoering kwetsbaarder voor een geringere drooglegging.

### Zandgronden en beekdalen

De zandgronden en beekdalen zijn gevoelig voor wateroverlast in de kwelzones en beekdalen en voor droogte in vaak hoger gelegen infiltratiegebieden. Omdat het moeilijk of niet mogelijk is om water aan te voeren naar de zandgronden kan droogte hier een belangrijk knelpunt worden. Maatregelen die vallen binnen de trits vasthouden-bergen-afvoeren en gericht zijn op het vasthouden

van water zijn klimaatbestendig, omdat ze het watersysteem robuuster maken voor zowel droogte als wateroverlast. Een nadeel is dat echter dat de bovenstroomse gebieden natter worden en daarmee minder geschikt voor de landbouw. Het vergroten van de sponswerking van een gebied biedt kansen voor natuurontwikkeling. De landbouw is gevoelig voor weersextremen en ziekten en plagen. Adaptatiemaatregelen die de huidige bedrijfsvoering minder kwetsbaar maken liggen voor de hand. Daarnaast kunnen boeren overwegen om hun bedrijfsvoering minder kwetsbaar te maken door te verbreden. Klimaatverandering vergroot de noodzaak om bos- en heidenatuur beter te verbinden, de standplaatscondities te verbeteren en de heterogeniteit van natuurgebieden en het landschap te vergroten. Daarnaast neemt het risico op bosbranden, met name in de droge scenario's toe. Het watersysteem bestaat uit onder vrij verval afvoerende watersystemen.

Het beschreven denkkader om te komen tot integrale adaptatierichtingen op basis van de adaptieve capaciteit van een gebied is toegepast Oost Brabant en er is gekeken hoe de klimaatcorridor bos en de heideclusters gerealiseerd kunnen worden.

### Oostelijk Brabant

Oostelijk Brabant is gevoelig voor droogte in de infiltratiegebieden en voor wateroverlast in de kwelzones en beekdalen. Een groot deel van oostelijk Brabant valt onder de zuidelijke klimaatcorridor bos en het zuidelijke heidecluster. Vooral rondom de steden, de EHS en de nationale landschappen (Groene Woud) liggen goede mogelijkheden om de ruimtelijke samenhang, de heterogeniteit van natuurgebieden en het omringende landschap en het verbeteren van de milieucondities voor bos via functieverweving vorm te geven. Het regionaal vasthouden van water in het bovenstroomse gebied (vergroten van de sponswerking) kan de kwetsbaarheid van het watersysteem verminderen.

### Implementatiemogelijkheden voor de klimaatcorridor bos en de clusters van heidegebieden

De klimaatcorridor bos en de clusters van heidegebieden overlappen grotendeels en adaptatiemaatregelen voor bos en heide kunnen gezamenlijk worden opgepakt. In gebieden met een hoogwaardige en grootschalige landbouw ligt het voor de hand om de natuur van de landbouw te scheiden. Klimaatadaptatie kan hier worden vormgegeven door natuurgebieden te vergroten en te verbinden met robuuste verbindingzones. Binnen natuurgebieden wordt de heterogeniteit vergroot. Vaak blijken er in deze gebieden met een grootschalige landbouw mogelijkheden voor

verbrede landbouw rondom natuurgebieden, dit biedt mogelijkheden voor de aanleg van bufferzones. Adaptatiemaatregelen gericht op natuur kunnen in samenhang met recreatie- en landschappelijke doelen worden gerealiseerd. In gebieden met een multifunctionele landbouw ligt het voor de hand om klimaatadaptatie vorm te geven via multifunctioneel landgebruik. Hier kunnen maatregelen binnen en buiten natuurgebieden worden genomen. Het leefgebied worden vergroot en de milieukwaliteit verbeterd door de heterogeniteit van het landschap en natuurgebieden te vergroten. Ook kan de connectiviteit van het landschap worden vergroot door gebruik te maken van landschapselementen, zoals houtwallen en natuurlijke oevers.

## Discussie en conclusies

### Methodiek

Er is veel onderzoek gedaan naar de impacts van klimaatverandering en mogelijke adaptatiemaatregelen voor de sectoren landbouw, natuur en recreatie en in specifieke gebieden. Deze studie heeft adaptatierichtingen ontwikkeld waarbinnen deze maatregelen op kunnen worden afgestemd. In deze studie hebben we aangenomen dat de dominerende landbouw in een gebied bepalend is voor de

meest kansrijke adaptatierichting. Deze keuze is arbitrair. Wij rechtvaardigen deze keuze met de volgende argumenten:

- De landbouw beslaat ongeveer 60 procent van het areaal in Nederlands en is hiermee een zeer belangrijke ruimtelijke speler
  - De landbouw is een groot gebruiker van water en stelt hoge eisen aan het waterbeheer
  - De landbouw heeft een economisch belang en is vaak sterk vertegenwoordigd in regionale gebiedsprocessen
- Binnen de deelstudie landelijk gebied is de methodiek niet besproken in case studie gebieden en met stakeholders. In sessies die het PBL heeft gehouden in het kader van *wegen naar een klimaatbestendig Nederland* is deze methodiek wel besproken. In deze sessies is de methodiek goed ontvangen.

De toegepaste methodiek om de landbouw categorie in Nederland ruimtelijk weer te geven is grof en bedoeld voor analyses op nationale schaal. Kaartbeelden suggereren een grote precisie. De werkelijkheid is echter complexer. De ruimtelijke kaart is een combinatie van verschillende kaartbeelden. De grenzen tussen de categorieën zijn arbitrair en gekozen op basis van expert judgement. Elk gebied valt onder een categorie, waardoor verschillen tussen gebieden op de kaart groter lijken dan ze in werkelijkheid

### Multifunctionele peri-urbane en rurale gebieden o.a. Groene Woud en de Veenkoloniën

#### Overheid

- Meebewegen met klimaatverandering
- Functieverweving, multifunctioneel landgebruik met nadruk op lagenbenadering
- Functie volgt peil en vasthouden van water
- Recreatie en landschapsdoelen meenemen bij adaptatie
- Klimaatdiensten landbouw stimuleren

#### Natuur

- Adaptatiemaatregelen in en rondom natuurgebieden
- Heterogeniteit omliggende landschap en natuurgebieden vergroten
- Milieukwaliteit vergroten door flexibeler waterbeheer en multifunctioneel landschap
- Water vasthouden koppelen aan verbeteren standplaatsfactoren natte heide en hoogveen

### Gebieden met een hoogwaardige en grootschalige landbouw o.a. intensieve veeteeltgebieden in Brabant en Noord Drenthe

#### Overheid

- Weerstand bieden aan klimaatverandering
- Functiescheiding en peil volgt functie
- Recreatie en landschapsdoelen meenemen bij adaptatie

#### Natuur

- Adaptatiemaatregelen in natuurgebieden
- Natuur verbinden via robuuste verbindingen
- Milieukwaliteit verbeteren
- Heterogeniteit vergroten in natuurgebieden
- Vasthouden gebiedseigen water

*Schematische weergaven van adaptatierichtingen voor de klimaatcorridor bos en de clusters van heidegebieden op basis van de agrarische gebiedscategorie*



zijn. Verder is de kaart gebaseerd op gemiddelde bedrijfsgegevens van gemeenten. Dit kan betekenen dat een groot deel van de landbouw zich anders gedraagt dan op de kaart wordt gesuggereerd. Ten slotte maken boeren individuele beslissingen die sterk kunnen verschillen binnen een gebied.

Op lokale schaal kunnen specifieke eigenschappen leiden tot alternatieve kaders waarbinnen adaptatie plaats vindt. Een gebied specifieke studie om tot lokale of regionale klimaatadaptatie te komen is altijd nodig en de adaptatiestrategie moet in samenspraak tussen verschillende overheden en stakeholders uit het gebied worden opgesteld. De binnen deze studie ontwikkelde denklijnen blijven op lokale schaal bruikbaar. Daarnaast is de me-

thodiek niet altijd toepasbaar. Dit is het geval als de landbouw niet structurerend is in de adaptatiediscussie, zoals in het veenweide gebied. De gebruikte methodiek om tot adaptatierichtingen te komen is met uitzondering van het veenweidegebied goed bruikbaar op landelijke schaal.

### Vergelijking tussen de adaptatierichtingen in het zee- kleigebied, het veenweidegebied en op de zandgronden

Op de zandgronden en in het zee-  
kleigebied is de adaptatierichting bepaald op basis van de landbouwcategorie, in het veenweidegebied op basis van de kwetsbaarheid ten aanzien van bodemdaling. We vergelijken de adaptatierichtingen op hoe deze doorwerken op de landbouw, natuur en recreatie.

Adaptatierichting	Water en R.O	Landbouw	Natuur	Recreatie
Gebieden met Hoogwaardige landbouw	Weerstand bieden	++ Adaptatie faciliteert landbouw	-- Nadruk adaptatie ligt niet op natuur	+/- Recreatiebehoefte is groot
Gebieden met Grootschalige landbouw	Weerstand bieden	++ Adaptatie faciliteert de grootschalige landbouw	- Adaptatie faciliteert grootschalige natuurgebieden maar ruimtelijke samenhang moeilijk realiseerbaar	- Grootschalige gebieden vaak minder aantrekkelijk voor recreatie
Peri-rurale gebieden met multifunctionele landbouw	Meebewegen	- Adaptatierichting minder optimaal voor landbouw. De aanwezigheid van de stad biedt kansen	++ Een multifunctioneel landschap is heterogeen en de natuur wordt goed verbonden	++ Een multifunctioneel landschap is aantrekkelijk voor recreanten. Daarbij is de recreatiedruk hoog
Rurale gebieden Met multifunctionele landbouw	Meebewegen	-- Adaptatierichting minder optimaal voor landbouw. De afwezigheid van de stad biedt geen extra kansen	+ Een multifunctioneel landschap is heterogeen en de natuur wordt goed verbonden	+ Een multifunctioneel landschap is aantrekkelijk voor recreanten. Daarbij is de recreatiedruk laag
Veenweide: Gebieden kwetsbaar voor bodemdaling	Meebewegen	- Minder optimale productieomstandigheden	++ Biedt goede mogelijkheden voor natuurontwikkeling en minder intensieve landbouw	+/- Het veenweidelandschap verandert
Veenweide: Gebieden niet kwetsbaar voor bodemdaling	Weerstand bieden	++ Optimale productieomstandigheden	- Beheer is niet gericht op natuur	+ Cultuurlandschap dat aantrekkelijk is voor recreanten blijft behouden

- Het type landbouw in een gebied kan in het zeekleigebied en op de zandgronden gebruikt worden om tot een kader voor klimaatadaptatie te komen in het landelijk gebied. De adaptatierichtingen voor gebieden met een grootschalige of hoogwaardige landbouw zijn meer gericht op het bieden van weerstand tegen klimaatverandering, terwijl in gebieden met een multifunctionele landbouw de nadruk van de adaptatierichting meer ligt op het meebewegen met klimaatverandering;
- De adaptatierichtingen tussen gebieden met een hoogwaardige, grootschalige landbouw en multifunctionele landbouw verschillen wezenlijk van elkaar. Het kader voor klimaatadaptatie in een gebied met periurbane en rurale multifunctionele landbouw verschilt nauwelijks;
- De vier adaptatierichtingen kunnen op de zandgronden en in de zeekleigebieden worden toegepast. De technische uitwerking verschilt tussen de zandgronden en de zeekleigebieden;
- Adaptatiemaatregelen voor de grondgebonden akkerbouw en melkveehouderij verschillen niet wezenlijk tussen gebieden met een grootschalige of multifunctionele landbouw. De daadwerkelijke adaptatiemaatregelen op een bedrijf zijn mede afhankelijk van de adaptatiemaatregelen die worden genomen in de ruimtelijke ordening of het watersysteem;
- De strategie om tot een klimaatbestendige natuur te komen verschilt niet tussen gebieden. Deze is gericht op het vergroten en beter verbinden van natuurgebieden, het vergroten van de heterogeniteit van natuurgebieden en hun omgeving, het verbeteren van standplaatsfactoren en het vergroten van de natuurlijke dynamiek. De mogelijkheden voor implementatie worden beïnvloed door het type landbouw in een gebied. Met name verbindingzones kunnen in gebieden met een grootschalige of hoogwaardige landbouw het best via functiescheiding worden vormgegeven, terwijl ze in gebieden met een multifunctionele landbouw het best via functieverweving kunnen worden vormgegeven;
- Er liggen goede mogelijkheden om recreatie en landschap mee te nemen bij ruimtelijke adaptatiemaatregelen;
- De perspectieve voor de multifunctionele landbouw in Nederland zijn in dit rapport niet diepgaand onderzocht. Volgens Meerburg et al (2009) heeft multifunctionele landbouw in Nederland ontwikkelingsperspectief.

### Vervolgonderzoek

Er is veel onderzoek gedaan naar de impact van klimaatverandering en mogelijke adaptatiemaatregelen op landbouw natuur en recreatie. Ook zijn er enkele gebiedsstudies uitgevoerd om te komen tot een klimaatbestendige ruimtelijke ordening. Momenteel is er nog relatief weinig bekend over de effectiviteit, neven effecten en kosten die gepaard gaan met adaptatiemaatregelen. Ook is er weinig bekend over de neven effecten van maatregelen en hoe maatregelen het meest effectief gecombineerd kunnen worden. Kennisontwikkeling op deze vlakken is zeer belangrijk, indien klimaatadaptatie een belangrijk onderdeel van onze ruimtelijke ordening en waterbeheer gaat worden.

## 1. Inleiding

### Achtergrond

Voor u ligt het eindrapport van de deelstudie landelijk gebied. Deze studie is uitgevoerd door de nationale onderzoeksprogramma's Klimaat voor Ruimte (KvR) en Kennis voor Klimaat (KvK). Hierbij is intensief samengewerkt tussen het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Acacia Water, Het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM), Het Landbouw Economisch Instituut (LEI) en Wageningen UR-Alterra (WUR). Omdat dit KvR rapport een bouwsteen is voor project *Wegen naar een klimaatbestendig Nederland* is deze deelstudie vanuit het PBL begeleid door Gert Jan van den Born en Ron Franken.

Het klimaat verandert en dit heeft gevolgen voor Nederland. Het PBL heeft vanuit het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) de opdracht gekregen om te onderzoeken via welke richtingen Nederland klimaatbestendig kan worden ingericht. Het PBL heeft samen met KvR en KvK het onderzoeksproject "*Wegen naar een klimaatbestendig Nederland*" opgestart. Aan KvR en KvK is gevraagd om de deelstudie landelijk gebied uit te voeren. Op basis van beschikbaar wetenschappelijk materiaal is in dit deelproject getracht mogelijke adaptatierichtingen voor het Nederlandse landelijk gebied te schetsen en te beoordelen.

De meerwaarde van deze studie ligt voornamelijk in het verbinden van de ontwikkelde kennis en hiermee een integraal beeld te schetsen van adaptatierichtingen, adaptatiemaatregelen en de doorwerking van deze maatregelen. Er is binnen de Nederlandse wetenschappelijke wereld veel onderzoek gedaan naar de effecten van klimaatverandering, de gevoeligheid van natuur, landbouw en het watersysteem voor deze effecten en mogelijke adaptatiemaatregelen. KvK en KvR spelen hierbij een belangrijke rol. Deze studie integreert deze kennis. Daarnaast heeft het PBL een voorstudie uitgevoerd. "*Wegen naar een klimaatbestendig Nederland*" beschrijft de belangrijkste klimaateffecten en benoemt de speerpunten voor een klimaatbestendige ruimtelijke richting. Speerpunten voor het landelijk gebied zijn de problematiek rond de waterverdeling en het inrichten van een klimaatbestendige natuur. Deze studie gaat in op beide aspecten

### Doelstelling

De doelstelling van dit project is om een overzicht te geven van de huidige kennis over de relatie tussen klimaatverandering en het landelijk gebied. Hierbij beschrijven de impact van klimaatverandering op het landelijk gebied. Daarnaast onderzoekt dit project mogelijke adaptatiemaatregelen en hoe deze gecombineerd kunnen worden in het landelijk gebied. We onderzoeken dit door te identificeren waar klimaatverandering tot problemen of kansen kan leiden. Op basis van dit inzicht in potentiële kansen en knelpunten benoemen we mogelijke integrale adaptatierichtingen. Deze adaptatierichtingen worden vervolgens gebiedsgericht uitgewerkt.

Het landelijk gebied in Nederland is divers. De impact van klimaatverandering en hiermee de adaptatiemaatregelen, hangen sterk af van het grondgebruik en de eigenschappen van het landschap. Daarom onderzoeken we de impact en mogelijke adaptatiemaatregelen op sectoraal niveau. Hierbij focussen we op de belangrijkste sectoren in het landelijk gebied; landbouw, natuur en recreatie. Daarnaast onderzoeken we op welke manier we de maatregelen kunnen combineren in verschillende fysisch geografische regio's. Voor elke regio werken we mogelijke adaptatierichtingen uit.

### Afbakening

Deze studie is als volgt afgebakend:

- Het landelijk gebied is erg divers. Niet alleen verschillen fysisch geografische regio's sterk van elkaar, maar ook ken Nederland verschillende landbouw- en ecosystemen. Om de studie hanteerbaar te houden is gekozen om de volgende fysisch geografische regio's uit te werken (zeekleigebieden en droogmakerijen, hoge zandgronden en veenweidengebieden) De gekozen regio's dekken Nederland niet volledig af. Het rivierengebied en het heuvelland van Limburg ontbreken of worden zeer summier behandeld. Tevens is gekozen voor om de ecosystemen moeras, bos en heide uit te werken. De ecosystemen beken en kust en duinen worden summier behandeld. De landbouw delen we op in hoogwaardige, grootschalige en multifunctionele landbouw;

- Het project wegen naar een klimaatbestendig Nederland bestaat uit verschillende deelstudies. Daardoor zijn een aantal aspecten in deze studie niet opgepakt die. Deze aspecten worden naar verwachting door het PBL wel gebruikt bij de analyse van de klimaatbestendigheid van Nederland:
  - In de deelstudie overstromings- en droogterisico's in een veranderend klimaat zijn de hydrologische aspecten voornamelijk opgepakt, verkenning van het watersysteem komt in die studie uitgebreid aan bod. Het PBL zal deze informatie bundelen in een eindrapport;
  - Er is niet gewerkt met sociaaleconomische scenario's voor het landelijk gebied. Het gebruik van sociaal economische scenario's is geen onderdeel geweest van de opdracht en verdere uitwerking;
  - De relatie tussen adaptatie in de stad en in het landelijk gebied is niet uitgewerkt;
- Er bleken onvoldoende gegevens beschikbaar om binnen dit project een kosten baten analyse uit te voeren tussen verschillende adaptatierichtingen;
- We hebben ervoor gekozen om onze analyse te richten op de ontwikkeling van een kader waarbinnen adaptatiemaatregelen samenhangend genomen kunnen worden. In deze studie hebben we niet geprobeerd om een uitputtend overzicht te geven van alle mogelijke adaptatiemaatregelen en deze te analyseren.

### Leeswijzer

Dit rapport bundelt de kennis over de effecten van klimaatverandering en onderzoekt de mogelijke adaptatierichtingen binnen verschillende landschapstypen. We beschrijven eerst de methodiek in hoofdstuk 2. Klimaatverandering is het uitgangspunt van dit onderzoek en daarom beschrijven we deze in hoofdstuk 3 op basis van de KNMI'o6 scenario's. Er is veel onderzoek gedaan naar sectorale adaptatiemaatregelen en -richtingen. In hoofdstuk 4 worden adaptatierichtingen beschreven voor de sectoren natuur, landbouw en recreatie. Daarnaast wordt ruimtelijk geanalyseerd op welke manier deze sectorale adaptatierichtingen in een gebied gecombineerd kunnen worden. Nederland is te divers om één adaptatierichting te formuleren, daarom werken we integrale adaptatierichtingen uit voor verschillende landschapstypen (zeekleigebieden (hoofdstuk 5), veenweidegebieden (hoofdstuk 6) en de hoge zandgronden en beekdalen (hoofdstuk 7). We onderzoeken in een aantal kenmerkende deelgebieden kansrijke adaptatierichtingen, hierbij gaan we uit van de potentie van gebieden, sectorale adaptatierichtingen, het watersysteem en de ruimtelijke ordening. In hoofdstuk 8 sluiten we af met de discussie en conclusies.

## 2. Methodiek

### 2.1. Inleiding

Deze studie onderzoekt de impact van klimaatverandering op het landelijk gebied, kansrijke adaptatiemaatregelen en adaptatierichtingen. Volgens het IPCC (2007) is de impact het effect van klimaatverandering op natuurlijke en humane systemen. We onderscheiden hierbij de potentiële impact en de residu impact. De potentiële impact is het effect zonder adaptatiemaatregelen, terwijl de residu impact bekijkt welk effect overblijft, na het nemen van adaptatiemaatregelen. Een adaptatierichting is een kader waarbinnen een consistent pakket aan adaptatiemaatregelen genomen kan worden. We beschouwen een sector of systeem klimaatbestendig indien het functioneren niet negatief beïnvloed wordt door klimaatverandering. Het adaptief vermogen is het vermogen van een systeem of van een sector om zich aan klimaatverandering aan te passen.

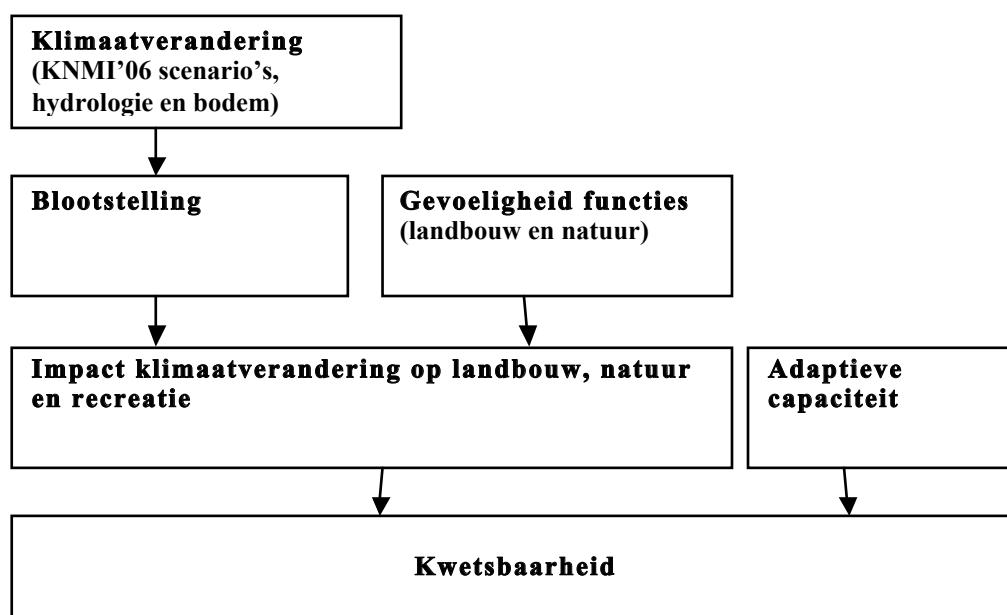
Dit onderzoek is uitgevoerd op basis van een literatuurstudie. Hierbij is gebruik gemaakt van zowel Nederlandse als internationale literatuur. Er is binnen de Nederlandse wetenschappelijke wereld veel onderzoek gedaan naar de

effecten van klimaatverandering, de gevoeligheid van natuur, landbouw en het watersysteem voor deze effecten en mogelijke adaptatiemaatregelen. KvK en KvR spelen hierbij een belangrijke rol. Naast een literatuurstudie hebben een verschillende expertsessies plaatsgevonden om de kennis te ordenen.

### 2.2. Conceptueel model voor adaptatierichtingen landbouw en natuur

In 2008 hebben Isoard, Grothmann en Zebisch een conceptueel model ontwikkeld dat de stappen weergeeft om te komen tot klimaatadaptatie. In figuur 2.1 is dit model schematisch weergegeven.

Klimaatverandering beïnvloedt het landgebruik en het functioneren van het landelijk gebied. De effecten van klimaatverandering kunnen worden onderverdeeld de primaire, secundaire en tertiaire effecten. De primaire effecten zijn veranderingen van het klimaatsysteem. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld de temperatuurstijging en een verandering van neerslagpatronen. Om tot klimaatadaptatie te komen is het gebruikelijk om de impact te analyseren.



Figuur 2.1 conceptueel model om te komen tot adaptatierichtingen (Isoard, Grothmann and Zebisch, 2008)

De impact is afhankelijk van de blootstelling aan klimaat-effecten en gevoeligheid van het bodem- en watersysteem voor deze klimaateffecten. De blootstelling wordt bepaald door de mate waarin klimaatverandering doorwerkt op het bodem- en watersysteem en op het landgebruik. Deze kan worden gezien als de secundaire en tertiaire effecten van klimaatverandering. De gevoeligheid is de mate waarin het systeem of de sector wordt beïnvloed door klimaatverandering (IPCC, 2007). We analyseren aan de hand van een literatuur onderzoek de gevoeligheid van het landgebruik en fysisch geografische regio's. Het landgebruik wordt binnen de studie opgevat als het areaal natuur en landbouw. Hierbij gaan we uit van het huidige landgebruik. Omdat er grote verschillen zijn in de gevoeligheid van zowel de natuur als de landbouw worden deze onderverdeeld in verschillende natuurtypen en landbouwsectoren. De landbouw is onderverdeeld in akkerbouw, melkveehouderij, fruitteelt, vollegronds tuinbouw, glastuinbouw en intensieve veehouderij, waarbij de nadruk ligt op grondgebonden teelten. De natuur is onderverdeeld in de typen moeras, bos, heide en kust en duin.

Impact en de adaptieve capaciteit bepalen gezamenlijk de kwetsbaarheid van landgebruik en gebieden voor klimaatverandering. Adaptieve capaciteit is het vermogen om effectieve adaptatiemaatregelen te implementeren met de beschikbare geldmiddelen en instituties in een land of in een regio (IPCC, 2007). Volgens Isoard et al. (2008) is adaptieve capaciteit een combinatie van sociaal economische en institutionele capaciteit en de bereidheid om tot klimaatadaptatie over te gaan. De adaptieve capaciteit is wetenschappelijk een ingewikkelde term en er is geen overeenstemming hoe deze gemeten kan worden. Kansrijke adaptatiemaatregelen moeten zich niet alleen richten op de impact van klimaatverandering, maar ook passen binnen de sociaaleconomische en financiële randvoorwaarden van een regio of land, die in regio stelt. In deze studie nemen we aan dat het type landbouw in een regio een goede indicator is voor de sociaaleconomische randvoorwaarden aan klimaatadaptatie. Op de financiële randvoorwaarden voor klimaatadaptatie wordt niet structureel ingegaan.

### 2.3. Conceptueel model voor integrale adaptatie

Zoals hierboven beschreven nemen we aan dat het sociaal-economische aspect van de adaptieve capaciteit van een gebied bepaald wordt door de in een gebied aanwezige landbouw en het toekomstperspectief van die landbouw. Deze keuze is arbitrair. Wij rechtvaardigen deze keuze met de volgende argumenten:

- De landbouw beslaat ongeveer 60 procent van het areaal in Nederlands en is hiermee een zeer belangrijke ruimtelijke speler;
- De landbouw is een groot gebruiker van water en stelt hoge eisen aan het waterbeheer;
- De landbouw heeft een economisch belang en is vaak sterk vertegenwoordigd in regionale gebiedsprocessen.

Binnen de deelstudie landelijk gebied is de methodiek niet besproken in case studie gebieden en met stakeholders. In sessies die het PBL heeft gehouden in het kader van *wegen naar een klimaatbestendig Nederland* is deze methodiek wel besproken. In deze sessies is de methodiek goed ontvangen.

In Nederland onderscheiden we twee kansrijke ontwikkelingsperspectieven; monofunctionele en multifunctionele landbouw. Daarnaast nemen we aan dat de mate waarin een gebied verstedelijkt is, invloed heeft op de ontwikkelingsrichting van de landbouw. Op basis van een analyse (Agricola, not yet published) is het Nederlandse platteland opgedeeld in gebieden met verschillende toekomst perspectieven voor de landbouw en daarmee met een verschillende adaptieve capaciteit. In Appendix II wordt beschreven hoe het buitengebied is opgedeeld over de assen monofunctionele/multifunctionele landbouw en peri-urban/ruraal. Agricola gaat ervan uit dat de monofunctionele landbouw zich sterk richt op de wereldmarkt en de multifunctionele landbouw naast de primaire productie zich richt op een verbrede bedrijfsvoering. Gebieden met een relatief hoge concurrentiekracht kunnen makkelijker concurreren op de wereldmarkt. Daarom nemen we aan dat in de sterk concurrerende landbouwgebieden de monofunctionele landbouw toekomstperspectief heeft. In de gebieden met een relatief lage concurrentiekracht zal de landbouw zich naast productie voor de wereldmarkt richten op een verbrede bedrijfsvoering. Hier ligt toekomstperspectief voor de multifunctionele landbouw.

De concurrentiekracht bepalen we op basis van drie indicatoren:

- Weerstand op de internationale afzetmarkt (Nederlandse Grootte eenheid (NGE)/bedrijf). Deze indicator heeft een positieve correlatie met de concurrentiekracht;
- Druk op de lokale grondmarkt (inwoners per hectare). Deze indicator heeft een negatieve correlatie met de concurrentiekracht;
- Weerstand op de lokale grondmarkt (NGE/hectare). Deze indicator heeft een positieve correlatie met de concurrentiekracht.

De mate van verstedelijking wordt bepaald op basis van een grid analyse van de economische dichtheid en de toegankelijkheid:

- Economische dichtheid (Gros Domestic Production per hectare). Deze indicator is positief gecorreleerd met de mate van verstedelijking;
- Mate van toegankelijkheid. Deze indicator geeft aan hoe snel bepaalde diensten de markt kunnen bereiken.

Op basis van deze gegevens kan een kaart worden geconstrueerd op gemeentelijk niveau, die de landbouw categorie van elke gemeente weergeeft. Kaartbeelden suggereren een grote precisie. De werkelijkheid is echter complexer. De ruimtelijke kaart is een combinatie van verschillende kaartbeelden. De grenzen tussen de categorieën zijn arbitrair en gekozen op basis van expert judgement. Elk gebied valt onder een categorie, waardoor verschillen tussen gebieden op de kaart groter lijken dan ze in werkelijkheid zijn. Verder is de kaart gebaseerd op gemiddelde bedrijfsgegevens van gemeenten. Dit kan betekenen dat een groot deel van de landbouw zich anders gedraagt dan op de kaart wordt gesuggereerd. Ten slotte maken boeren individuele beslissingen die sterk kunnen verschillen binnen een gebied.

## 2.4. Werkwijze

In dit project werken we sectorale en integrale adaptierichtingen uit voor het landelijk gebied. Allereerst onderzoeken we de impact van klimaatverandering op het landelijk gebied en de sectoren landbouw, natuur en recreatie. Vervolgens onderzoeken we welke adaptatiemaatregelen genomen kunnen worden. We werken kaders uit om tot integrale klimaatadaptatie te komen op basis van het type landbouw in een gebied. Ten slotte bekijken we welke adaptatierichtingen kunnen worden uitgewerkt in het zoekleigebied, het veenweide gebied en de hoge zandgronden en analyseren we de resultaten.

### **Bepalen impact klimaatverandering**

De effecten van klimaatverandering kunnen worden onderverdeeld de primaire, secundaire en tertiaire effecten. De primaire effecten zijn veranderingen van het klimaatstelsel. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld de temperatuurstijging en een verandering van neerslagpatronen. In Nederland worden de KNMI'06 scenario's gebruikt om het toekomstige klimaat te beschrijven in 2050 en 2100. In deze studie leggen we de nadruk op het W en het W+ scenario. Dit zijn respectievelijk het natste en het droogste scenario. De primaire effecten werken door op het functioneren van het bodem- en watersysteem. Dit zijn de secundaire effecten. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de kans op overstromingen. Het landgebruik wordt beïnvloed door de primaire effecten en secundaire effecten. De effecten op het landgebruik worden de tertiaire effecten genoemd. De Klimateffect atlas (Goosen et al., 2009) geeft een ruimtelijk overzicht van de belangrijkste primaire, secundaire en tertiaire effecten. In deze studie is o.a. de Klimateffect atlas gebruikt voor de analyse. In hoofdstuk 3 worden deze klimateffecten uitgebreid beschreven.

Vervolgens analyseren we de gevolgen van klimateffecten voor natuur en landbouw (Hoofdstuk 4). De gevolgen van klimaatverandering wordt niet alleen bepaald door de blootstelling aan klimateffecten, maar ook door de gevoeligheid van het landgebruik voor dit effect en het vermogen zich daaraan aan te passen. Omdat er grote verschillen zijn in de gevoeligheid van zowel de natuur als de landbouw worden deze onderverdeeld in verschillende natuurtypen en landbouwsectoren.

De landbouw is onderverdeeld in akkerbouw, melkveehouderij, fruitteelt, vollegronds tuinbouw, glastuinbouw en intensieve veehouderij. De gevoeligheid van de landbouwsectoren wordt sterk bepaald door de kans op schade als gevolg van weersextremen. In de studie *Klimaat en landbouw in Noord Nederland* is voor een aantal signaalgewassen de gevoeligheid voor verschillende klimateffecten uitgewerkt (Schaap et al., 2009). De belangrijkste bevindingen zijn in dit rapport opgenomen. Daarnaast is een risicokaart voor de landbouw ontwikkeld. Op deze kaart is aangegeven waar de kansen op nat-, droogte- en zoutschade het grootst zijn. De methodiek om tot deze kaart te komen wordt beschreven in Appendix I. Omdat de doorwerking van specifieke scenario's W en W+ onvoldoende is meegenomen, beschrijven we deze op basis van expert judgement en de effectkaarten uit de Klimateffect atlas. Op dit moment worden de risicokaarten (W en W+) voor de landbouw uitgewerkt in het kader van een vervolgstudie op de klimateffectatlas.

De natuur is onderverdeeld in de typen moeras, bos en heide. In deze studie baseren we de natuuranalyse op de kennis die ontwikkeld is in het project “Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur” (Vonk, Vos en Van der Hoek, 2010). Voor de toegepaste methodiek verwijzen we naar de bovengenoemde studie. De belangrijkste aspecten staan toegelicht in Appendix III. Op basis van de klimaatbestendigheid en de adaptieve capaciteit van de natuurtypen moeras, bos, heide en kust en duin is voor elk ecosysteem een adaptatierichting ontwikkeld. De adaptatierichting voor de verschillende natuurtypen staan beschreven in hoofdstuk 4.3.

#### **Adaptatiemaatregelen en integrale klimaatadaptatie**

Op basis van een literatuurstudie zijn een aantal mogelijke adaptatiemaatregelen geïdentificeerd. De nadruk van deze studie ligt meer op hoe deze in een gebied kunnen worden gecombineerd. Binnen het project zijn in werksessies op basis van expert judgement adaptatierichtingen benoemd op basis van het type landbouw in een gebied. Vervolgens zijn de integrale adaptatierichtingen uitgewerkt voor verschillende fysisch geografische regio's.

We nemen aan dat de impact van klimaatadaptatie en de uitwerking van adaptatie sterk verschilt tussen de verschillende fysisch geografische regio's. Wij hebben er in deze studie voor gekozen om Nederland op te delen in de belangrijke typische Nederlandse landschappen op basis van de fysisch geografische eenheden: zeekleigebieden en droogmakerijen, veenweidengebieden en hoge zandgronden en beekdalen. Dit is niet landsdekkend. Door de adaptatierichtingen uit te werken in een aantal landschapstypen krijgen we meer inzicht in gebied specifieke adaptatie. In de hoofdstukken 5 t/m 7 is de gebied specifieke adaptatie uitgewerkt voor de landschapstypen zeekleigebieden en droogmakerijen, veenweidengebieden en hoge zandgronden en beekdalen.

Niet overal blijkt het toekomstperspectief van de landbouw bepalend te zijn voor de adaptieve capaciteit van een gebied. In het Veenweidegebied speelt bodemdaling een centrale rol bij klimaatadaptatie. Daarom bepalen we in het Veenweidegebied de integrale adaptatierichting op basis van de kwetsbaarheid van een gebied voor bodemdaling en de mate waarin het gebied verstedelijkt is.

Binnen het project “Waarheen met het Veen” is een modelinstrumentarium ontwikkeld. Dit modelinstrumentarium maakte het mogelijk om verschillende adaptatierichtingen door te rekenen. Daarom zijn er alleen binnen het

veenweidegebied een aantal adaptatierichtingen doorge-rekend.

## 2.5. Organisatie

Het project is opgebouwd uit verschillende werkgroepen. Deze werkgroepen hebben het conceptuele raamwerk gebouwd en werken de adaptatierichtingen in de fysisch geografische regio's uit. De trekker van de werkgroepen die de adaptatierichtingen uitwerken voor de verschillende fysisch geografische regio's zijn lid van de analyse werkgroep. Dit zorgt voor een robuuste structuur. Hieronder zijn de taken en leden van de werkgroepen beschreven.



Figuur 2.2 De werkgroepen binnen dit project

#### **De werkgroep analyse klimaatrobustheid landelijk gebied**

Deze werkgroep is verantwoordelijk voor de methodiek, beoordeelt de informatie und trekt conclusies over de wegen naar ein klimaatbestendig landelijk gebied.

Samenstelling: Hasse Goosen, Jan Verhagen, Tia Hermans, Claire Vos, Cees Kwakernaak, Lodewijk Stuyt, Ekko van Ierland, Peter Kuikman, Gert Jan van den Born, Marco Hoogvliet und Kaj van de Sandt

#### **Werkgroep Veenweide**

Deze werkgroep onderzoekt welche Maatregelpakketten geschickt sind um die veenweidegebieden klimaatbestendig zu machen und beoordeelt die Maatregelpakketten auf Effektivität, Umsetzbarkeit und cross sectorale Effekten.

Samenstelling: Cees Kwakernaak, Wim Dijkman, Willemien Geertsema, Christy van Beek, Peter Janssen, Gertjan van den Born und Kaj van de Sandt

#### **Werkgroep Droogmakerijen, zeekleigebieden und rivierenlandschap**

Deze werkgroep onderzoekt welche Maatregelpakketten geschickt sind um die zeekleigebieden klimaatbestendig zu machen und beoordeelt die Maatregelpakketten auf Effektivität, Umsetzbarkeit und cross sectorale Effekten.

Samenstelling: Lodewijk Stuyt, Ben Schaap, Willemien



Geertsema, Jouke Velstra, Henk Ritzema, Gertjan van den Born en Kaj van de Sandt

### **Werkgroep Zandgronden, beekdalen en duinen**

Deze werkgroep onderzoekt welke maatregelpakketten geschikt zijn om de veenweidegebieden klimaatbestendig te maken en beoordeelt de maatregelpakketten op effectiviteit, uitvoerbaarheid en cross sectorale effecten.

Samenstelling: Ron Franken, Ben Schaap, Willemien Geertsema, Peter Kuikman, Gertjan van den Born en Kaj van de Sandt

## 2.6. Aanvullende GIS-Analyse

Op nationale schaal is geanalyseerd hoe adaptatierichtingen zich ruimtelijk tot elkaar verhouden. Met behulp van een GIS applicatie kunnen we verschillende kaartlagen over elkaar heen leggen en bekijken in welke mate ze overlappen. Hierbij zijn de kaarten aangepast, zodat ze “op elkaar passen”. Dit biedt de mogelijkheid om op een zeer grof schaalniveau uitspraken te doen over de mate waarin een bepaalde adaptatiestrategie vorm gegeven kan worden. We maken in deze studie gebruik van de volgende kaartlagen:

- *Fysisch geografische regio's (Rivierklei, zeeklei, zand, klei op veen, veen met kleidek, veen, veen overig en overig):* De fysisch geografische regio's (Bal et al., 2001) vormen de basis van dit bestand. Omdat de kwetsbaarheid van veengebieden voor bodemdaling belangrijk bij klimaatadaptatie, is een gedetailleerd GIS bestand voor de veenweidegebieden toegevoegd (figuur 6.1). Deze verfijning is leidend ten opzichte van de originele fysisch geografische regio's. De categorie veen overig is in de fysisch geografische regio's als veen gedefinieerd, maar niet in de bestanden van waarheen met het veen;
- *Grondgebruik (Agrarisch extensief, Agrarisch intensief, Bos, Natuur, water, bebouwd/infrastructuur):* Het LGN6 bestand geeft informatie over het grondgebruik op gridcellen met een afmeting van 25m<sup>2</sup>. De dataset is gebaseerd op satelliet beelden uit 2007 en 2008 en aanvullende data. is een standaard file waarin het Nederlandse grondgebruik is beschreven (Hazeu and Schuiling, 2010);
- *Basiskaart Natuur (Geen data, Grasland, Natuur grasland, Akkerbouw/bouwland, Heide, Bos, Bebouw gebied/infrastructuur, Water, Rietmoeras, Stuifzand, Duinen/strand/zandplaat):* De basiskaart natuur (2004) is een raster bestand met gridcellen met een resolutie van 25 m<sup>2</sup>;

- *Internationale klimaatcorridor Moeras naar Vonk et al (2010) (Geen zoekgebied, Bolwerk, Regionaal bolwerk, Traject):* De oppervlakte van de internationale klimaatcorridor voor adaptatie van moerasnatuur zoals beschreven in hoofdstuk 4.2;
- *Clustergebieden Bos naar Vonk et al (2010) (Geen zoekgebied, Bolwerk, Regionaal bolwerk, Traject):* De oppervlakte van de nationale bosclusters voor de adaptatie van bosnatuur, zoals beschreven in hoofdstuk 4.2;
- *Clustergebieden Hei naar Vonk et al (2010) (Geen zoekgebied, Regionaal bolwerk, Traject):* De oppervlakte van de nationale heideclusters voor adaptatie van heidenatuur, zoals beschreven in hoofdstuk 4.2;
- *Landbouwtypering naar Agricola (not yet published) (Geen data, Urban – high competitive, Rural - high competitive, Urban - low competitive, Rural - low competitive, Bos, Natuurgebied, Water, Bebouwd/infrastructuur):* De landbouw kunnen we indelen naar gebieden met een hoge of lage concurrentiekracht in een stedelijke of peri-urbane omgeving. Dit is gedaan voor Nederland op de schaal van 1 km<sup>2</sup>.

## 2.7. Discussie

Er is veel onderzoek gedaan naar de impacts van klimaatverandering en mogelijke adaptatiemaatregelen voor de sectoren landbouw, natuur en recreatie en in specifieke gebieden. Deze studie heeft adaptatierichtingen ontwikkeld waarbinnen deze maatregelen op kunnen worden afgestemd. In deze studie hebben we aangenomen dat de dominerende landbouw in een gebied bepalend is voor de meest kansrijke adaptatierichting. Deze keuze is arbitrair. Wij rechtvaardigen deze keuze met de volgende argumenten:

- De landbouw beslaat ongeveer 60 procent van het areaal in Nederlands en is hiermee een zeer belangrijke ruimtelijke speler
  - De landbouw is een groot gebruiker van water en stelt hoge eisen aan het waterbeheer
  - De landbouw heeft een economisch belang en is vaak sterk vertegenwoordigd in regionale gebiedsprocessen
- Binnen de deelstudie landelijk gebied is de methodiek niet besproken in case studie gebieden en met stakeholders. In sessies die het PBL heeft gehouden in het kader van wegen naar een klimaatbestendig Nederland is deze methodiek wel besproken. In deze sessies is de methodiek goed ontvangen.

De toegepaste methodiek om de landbouw categorie in Nederland ruimtelijk weer te geven is grof en bedoeld voor analyses op nationale schaal. Kaartbeelden suggereren een grote precisie. De werkelijkheid is echter complexer. De ruimtelijke kaart is een combinatie van verschillende kaartbeelden. De grenzen tussen de categorieën zijn arbitrair en gekozen op basis van expert judgement. Elk gebied valt onder een categorie, waardoor verschillen tussen gebieden op de kaart groter lijken dan ze in werkelijkheid zijn. Verder is de kaart gebaseerd op gemiddelde bedrijfsgegevens van gemeenten. Dit kan betekenen dat een groot deel van de landbouw zich anders gedraagt dan op de kaart wordt gesuggereerd. Ten slotte maken boeren individuele beslissingen die sterk kunnen verschillen binnen een gebied.

Op lokale schaal kunnen specifieke eigenschappen leiden tot alternatieve kaders waarbinnen adaptatie plaats vindt. Een gebied specifieke studie om tot lokale of regionale klimaatadaptatie te komen is altijd nodig en de adaptatiestrategie moet in samenspraak tussen verschillende overheden en stakeholders uit het gebied worden opgesteld. De binnen deze studie ontwikkelde denklijnen blijven op lokale schaal bruikbaar. Daarnaast is de methodiek niet altijd toepasbaar. Dit is het geval als de landbouw niet structurend is in de adaptatiediscussie, zoals in het veenweide gebied. De gebruikte methodiek om tot adaptatierichtingen te komen is met uitzondering van het veenweidegebied goed bruikbaar op landelijke schaal.

## 3. Klimaateffecten

### 3.1. Inleiding

Het KNMI heeft in 2006 vier klimaatscenario's (KNMI'06) ontwikkeld voor Nederland; G, G+, W en W+. De Gematigde scenario's (G) gaan uit van een temperatuurstijging van 1 graad Celsius, terwijl de warme scenario's (W) uitgaan van 2 graden Celsius. Indien in het scenario de windrichting veranderd wordt dit aangegeven met een plus (+). In dit project is ervoor gekozen om klimaatverandering te beschrijven op basis van de KNMI'06 scenario's en uit te gaan van het natste en het droogste scenario, respectievelijk het W en het W+ scenario. Deze keuze wordt verder ondersteund, omdat in de actualisatie van de KNMI'06 scenario's (KNMI, 2009a) wordt aangegeven dat de w scenario's het meest waarschijnlijk zijn. In dit hoofdstuk presenteren we de voorspelde effecten in het W en W+ scenario voor 2050 en 2100.

Dit hoofdstuk presenteert effecten van klimaatverandering die gevolgen kunnen hebben voor het landelijk gebied. In dit hoofdstuk worden slechts de verandering van het klimaat (1<sup>e</sup> orde effecten) en de doorwerking van klimaatverandering op het watersysteem (2<sup>e</sup> orde effecten) behandeld. Hoe deze effecten doorwerken op het landgebruik en met name op natuur en landbouw staat beschreven in hoofdstuk 4. De primaire en secundaire effecten van klimaatverandering die relevant zijn voor het landelijk gebied en de functies natuur en landbouw zijn temperatuurstijging, veranderingen in de neerslagpatronen en verandering in het voorkomen en hevigheid van weers-extremen. Veranderende neerslagpatronen hebben effect op de beschikbaarheid en kwaliteit van zoet water. Weers-extremen kunnen leiden tot schades of de leefbaarheid negatief beïnvloeden.

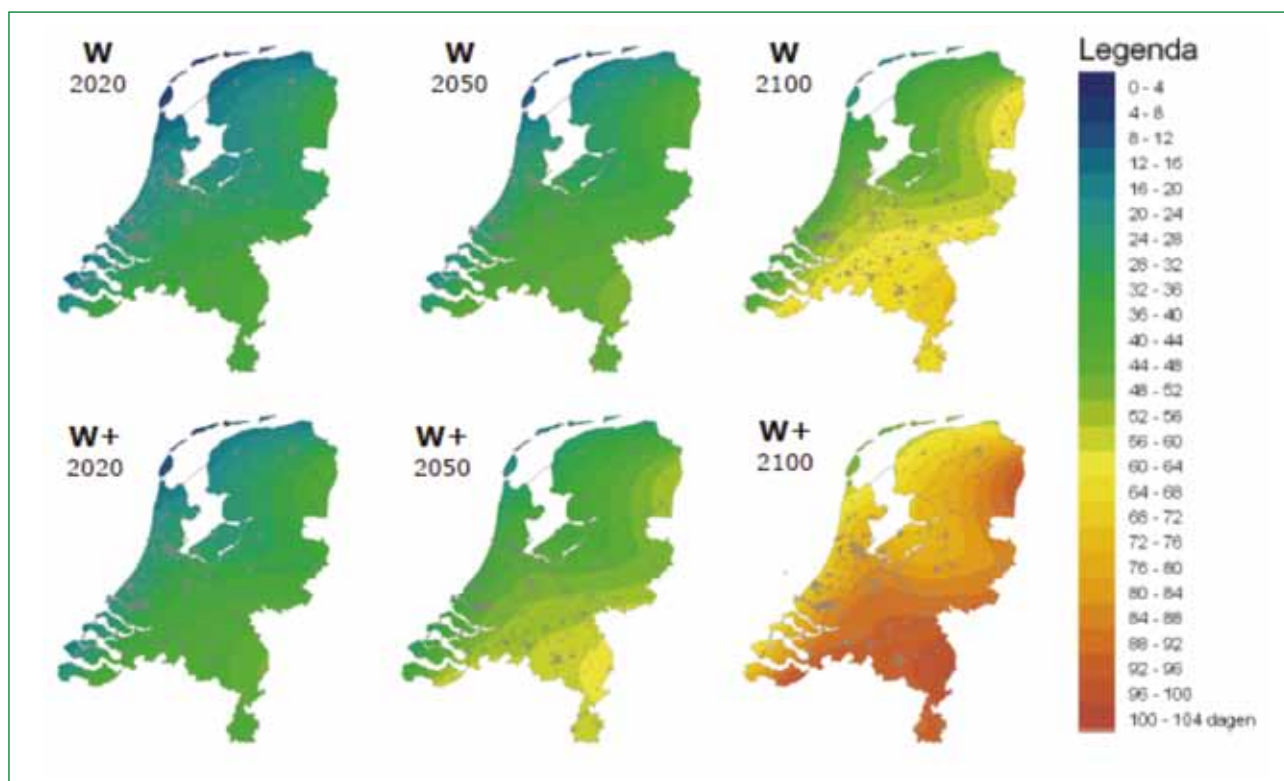
In paragraaf 3.2 wordt de effecten van klimaatverandering op de temperatuur beschreven. De veranderende neerslagpatronen worden in paragraaf 3.3 beschreven. Ten slotte wordt ingegaan op de effecten van klimaatverandering voor het watersysteem. Hierbij wordt gekeken naar wateroverlast (3.4), droogte (3.5) en verzilting (3.6).

### 3.2. Temperatuur, hittegolven en vorstperiodes

In de klimaatscenario's van het KNMI wordt het warmer, in de W scenario's twee keer zo snel als in de G scenario's. Daarnaast verandert de kans op het voorkomen en de intensiteit van hittegolven en vorstperiodes.

De kansen op het aantal zomerse dagen neemt fors toe in zowel het W als het W+ scenario. Figuur 3.1 maakt deze toename inzichtelijk door de frequentie van het aantal zomerse dagen (warmer dan 25 graden C) per jaar ruimtelijk weer te geven.

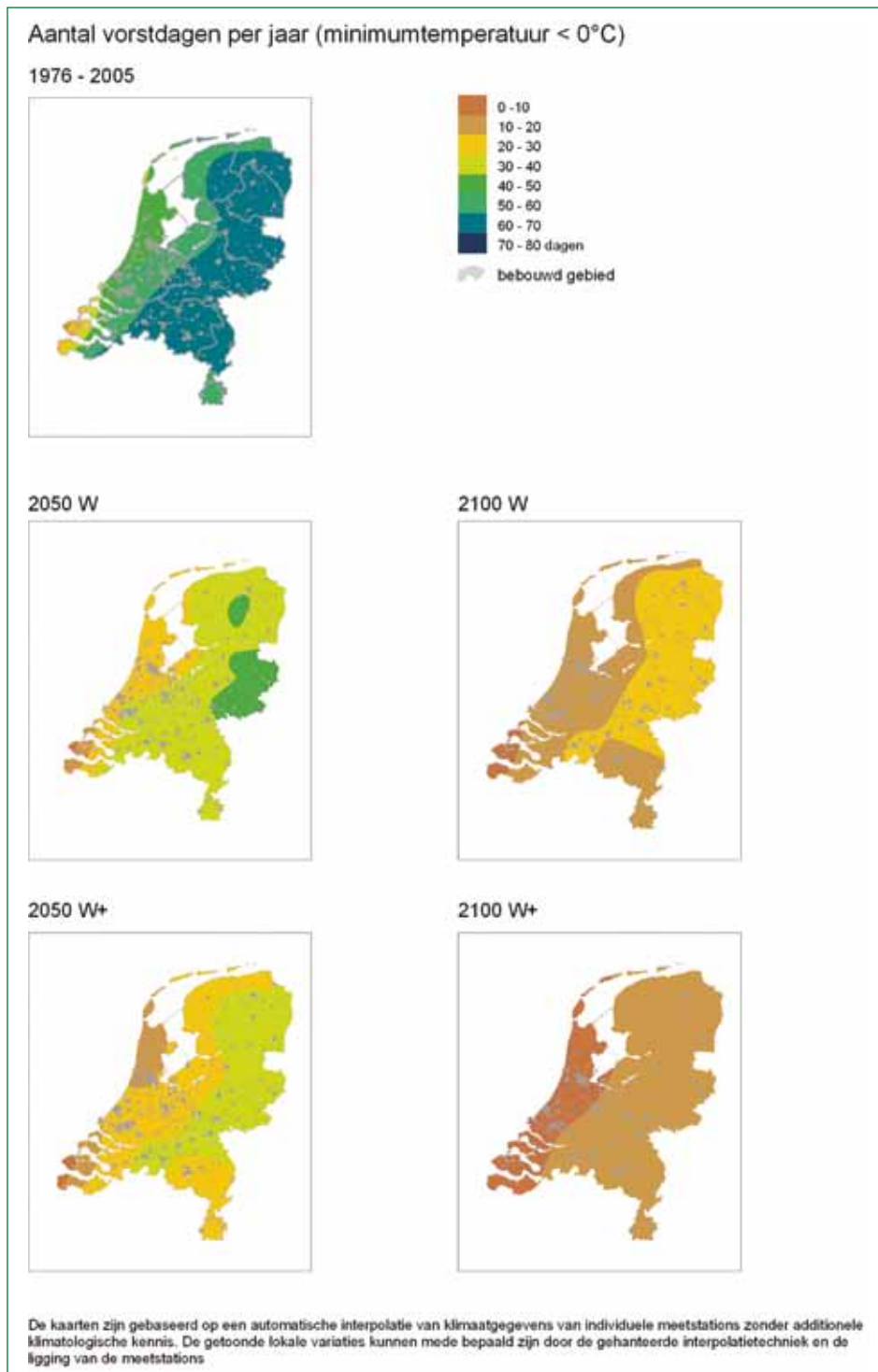
Naast hitte hebben vorstperiodes ook gevolgen voor het landelijk gebied. Deze zien we duidelijk afnemen in de W scenario's (figuur 3.2).



Figuur 3.1: Gemiddeld aantal zomerse dagen (>25 C) per jaar in het W en W+ scenario. Gegevens gegenereerd met het transformatieprogramma op [http://climexp.knmi.nl/Scenarios\\_monthly/](http://climexp.knmi.nl/Scenarios_monthly/), kaarten gemaakt door middel van automatische interpolatie tussen de beschikbare KNMI-neerslagstations, zonder additionele klimatologische kennis (KNMI, 2009b).

### 3.3. Neerslag

Veranderingen in het neerslagpatroon zijn belangrijk omdat ze doorwerken in de beschikbaarheid van water, de kans op wateroverlast en in de waterkwaliteit. In verband met natschade en wateroverlast is ook de piekneerslag een relevant meteorologisch aspect voor het landelijk gebied. Neerslagextremen nemen volgens het IPCC (2007) zeer waarschijnlijk toe. Alle KNMI'o6 scenario's zijn hiermee in overeenstemming: in alle scenario's neemt in de zomer de gemiddelde neerslaghoeveelheid op dagen met veel regen toe door de zwaardere buien (het meest in het W scenario). In de G+ en W+ scenario's neemt de gemiddelde zomerneerslag echter af. Voor de winter geldt in alle scenario's dat de hoeveelheden in langere periodes met veel neerslag (extreme 10-daagse winterneerslag; belangrijk voor de afvoer van rivieren zoals de Rijn) toenemen en ongeveer evenveel veranderen als de gemiddelde winterneerslagsom. In tabel 3.1 zijn veranderingen in neerslagpatronen cijfermatig weergegeven.



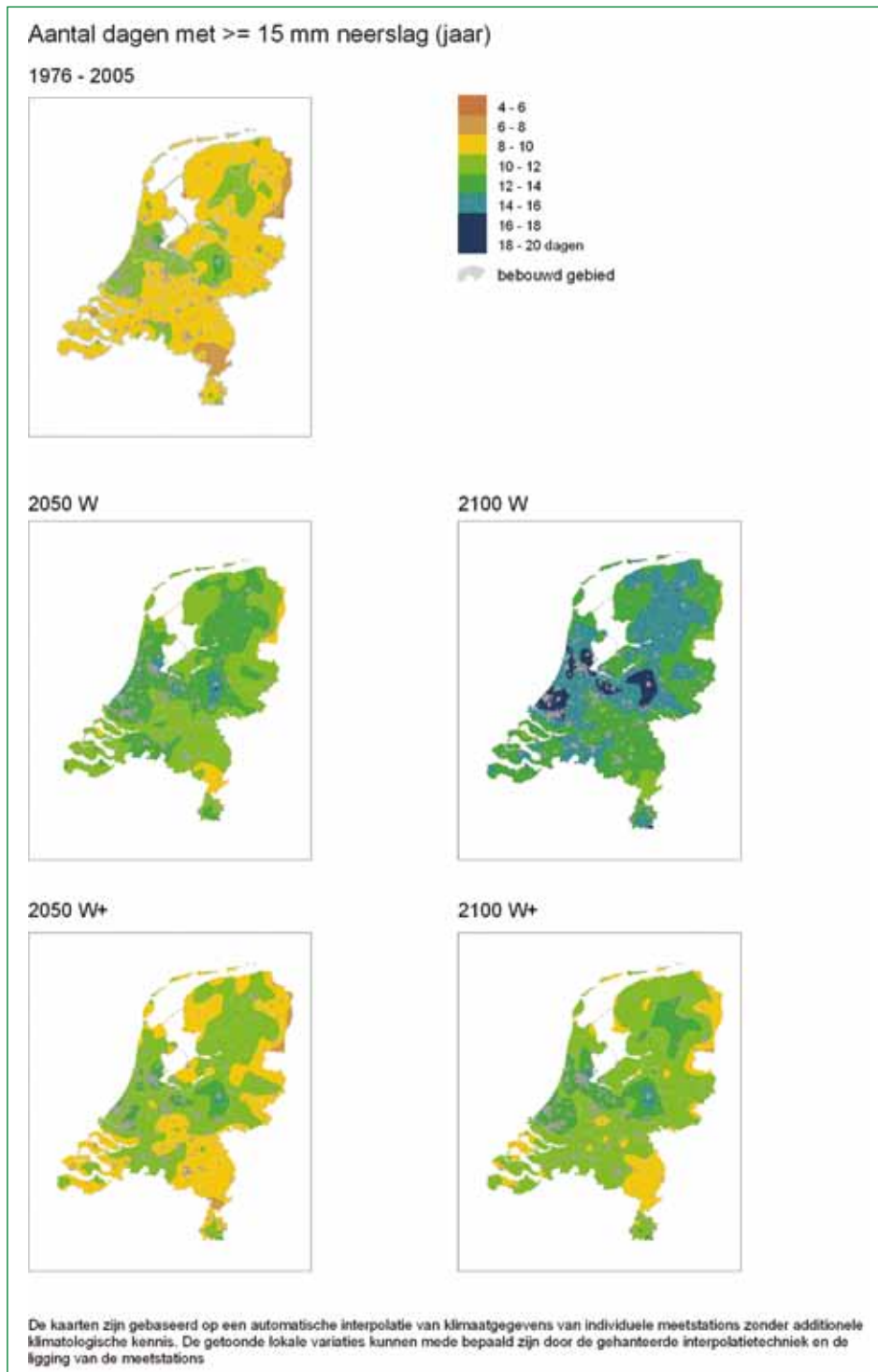
Figuur 3.2: Gemiddeld aantal vorstdagen per jaar in het W en W+ scenario 2050 (dagen met een temperatuur < 0°C). Gegevens gegenereerd met het transformatieprogramma op [http://climexp.knmi.nl/Scenarios\\_monthly/](http://climexp.knmi.nl/Scenarios_monthly/), kaarten gemaakt door middel van automatische interpolatie tussen de beschikbare KNMI-neerslagstations, zonder additionele klimatologische kennis (KNMI, 2009b).

Tabel 3.1 Neerslagveranderingen als gevolg van klimaatverandering in Nederland rond 2050 ten opzichte van het basisjaar 1990 volgens de vier KNMI'06 klimaatscenario's. Het klimaat in het basisjaar 1990 is beschreven met gegevens van 1976 tot en met 2005. (bron: website KNMI)

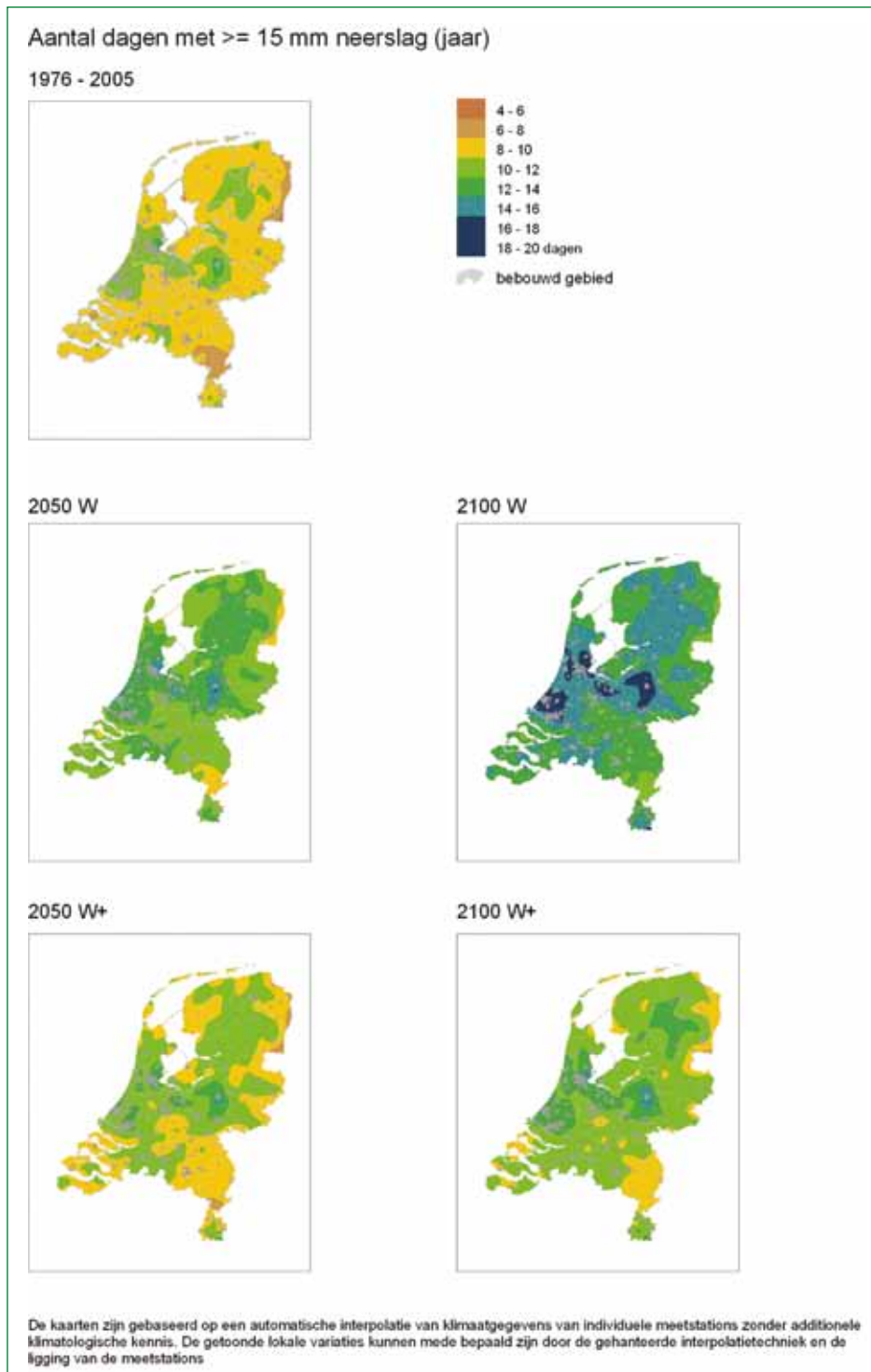
	G	G+	W	W+
<b>Zomer (juni, juli, augustus)</b>				
Procentuele toename van de neerslag	+3	-10	+6	-19
Procentuele toename aantal natte dagen (>0,1 mm)	-2	-10	-3	-19
Procentuele toename van de 10 daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+13	+5	+27	+10
<b>Winter (december, januari en februari)</b>				
Procentuele toename van de neerslag	+4	+7	+7	+14
Procentuele toename aantal natte dagen (>0,1 mm)	0	+1	0	+2
Procentuele toename van de 10 daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+4	+6	+8	+12

De hoogste dagneerslagsommen treden meestal in het zomerhalfjaar op en kan voor lokale wateroverlast zorgen. Het aantal dagen per jaar met minimaal 15 mm neerslag neemt in alle scenario's toe. In de G+ en W+ scenario's is de toename gering, en in de G en W scenario's het grootst. In deze scenario's zonder verandering in luchtstromingspatronen is de toename van extreme neerslag in de zomer procentueel ook het grootst. Figuur 3.3 geeft het verloop van het aantal dagen met minimaal 15 mm neerslag tot 2050 voor de W en W+ scenario's. Deze figuur geeft een indicatie van de verandering van de frequentie van piekbuien.

De hoeveelheid neerslag en de verdeling van deze neerslag over de zomer geeft een indicatie van de beschikbare hoeveelheid water in de zomer. In figuur 3.4 zien we een weergave van de gemiddelde zomerneerslag in het huidig klimaat vergeleken met het W scenario en W+ scenario in 2050. Hierin is duidelijk te zien dat het W+ scenario aanzienlijk droger is dan de huidige situatie. Ook wordt duidelijk dat er een groot verschil bestaat tussen het W en W+ scenario. In het W scenario neemt de gemiddelde zomerneerslag zelfs licht toe.



Figuur 3.3: Het gemiddelde aantal dagen per jaar met 15 mm of meer neerslag in het huidige klimaat (links; 1976-2005), en rond 2050. Gegevens gegenereerd met het transformatieprogramma op [http://climexp.knmi.nl/Scenarios\\_monthly/](http://climexp.knmi.nl/Scenarios_monthly/), kaarten gemaakt door middel van automatische interpolatie tussen de beschikbare KNMI-neerslagstations, zonder additionele klimatologische kennis (KNMI, 2009b).



Figuur 3.4: Gemiddelde neerslag in het huidig klimaat (1976-2006), in het W en W+ scenario in 2050 in mm per zomerhalfjaar. Gegevens gegenereerd met het transformatieprogramma op [http://climexp.knmi.nl/Scenarios\\_monthly/](http://climexp.knmi.nl/Scenarios_monthly/), kaarten gemaakt door middel van automatische interpolatie tussen de beschikbare KNMI-neerslagstations, zonder additionele klimatologische kennis (KNMI, 2009b).



### 3.4. Wateroverlast

Om de mate waarin wateroverlast optreedt inzichtelijk te maken, gebruiken we in deze studie de wateroverlast kaart die met behulp van HydroS berekend is (Immerzeel et al. 2010). In het model worden de vegetatielaag, de wortelzone en ondergrond met elkaar gecombineerd. De aanwezige hoeveelheid water wordt per laag afgeleid op basis van de bodemfysische eigenschappen. Het model berekent daarnaast de hoeveelheid water die naar het oppervlakte water stroomt (ontwatering). Verder bepaalt het model hoe dit water verder wordt afgevoerd (afwatering). De hoeveelheid afvoer/inundatie wordt berekend per cel van 50 bij 50 m en is het verschil tussen de drainage (en oppervlakkige afvoer) en afvoercapaciteit. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen poldergebieden, vrij afwaterende gebieden en stedelijk gebied. Voor de vrij afwaterende gebieden wordt aangenomen dat de afvoer benedenstrooms accumuleert. Om de consequenties van klimaatverandering in beeld te brengen is daarom voor de natste dag in een gemiddeld jaar (1983) voor verschillende herhalingstijden de te verwachte neerslag hoeveelheden in 2050 voor W en W+ bepaald. Er kan niet alleen gerekend worden met korte buien aangezien het watersysteem en vooral de bodem een grote buffercapaciteit hebben. Omdat wateroverlast in het landelijke gebied sterk samen hangt met de bergingscapaciteit van het watersysteem en de bodem, is het van groot belang de bodemvochtcondities voor een hevige bui adequaat te modelleren. Om die reden is in de analyse de verandering in verdamping onder invloed van klimaat integraal meegenomen. De volgende kaarten tonen de kans op wateroverlast aan de hand van de gebieden die onderlopen bij de verschillende herhalingstijden ( $t=10$ ,  $t=50$  en  $t=100$ ). De waterdieptekaart illustreert die waterdiepte die ontstaat bij een  $t=100$  bui

Voor twee scenario's (W en W+), twee herhalingstijden (25 en 100 jaar) en twee zichtjaren (2050 en 2100) is vervolgens de te verwachte wateroverlast doorgerekend met HydroS. De meest extreme situatie wordt verkregen voor het W scenario en het jaar 2100. De resultaten hiervoor met de twee herhalingstijden zijn te zien in figuur 3.5. Het is duidelijk dat aanzienlijke wateroverlast valt te verwachten met bij een herhalingstijd van  $T = 100$  jaar grote gebieden in Nederland zullen meer dan 30 mm wateroverlast te verwerken krijgen.

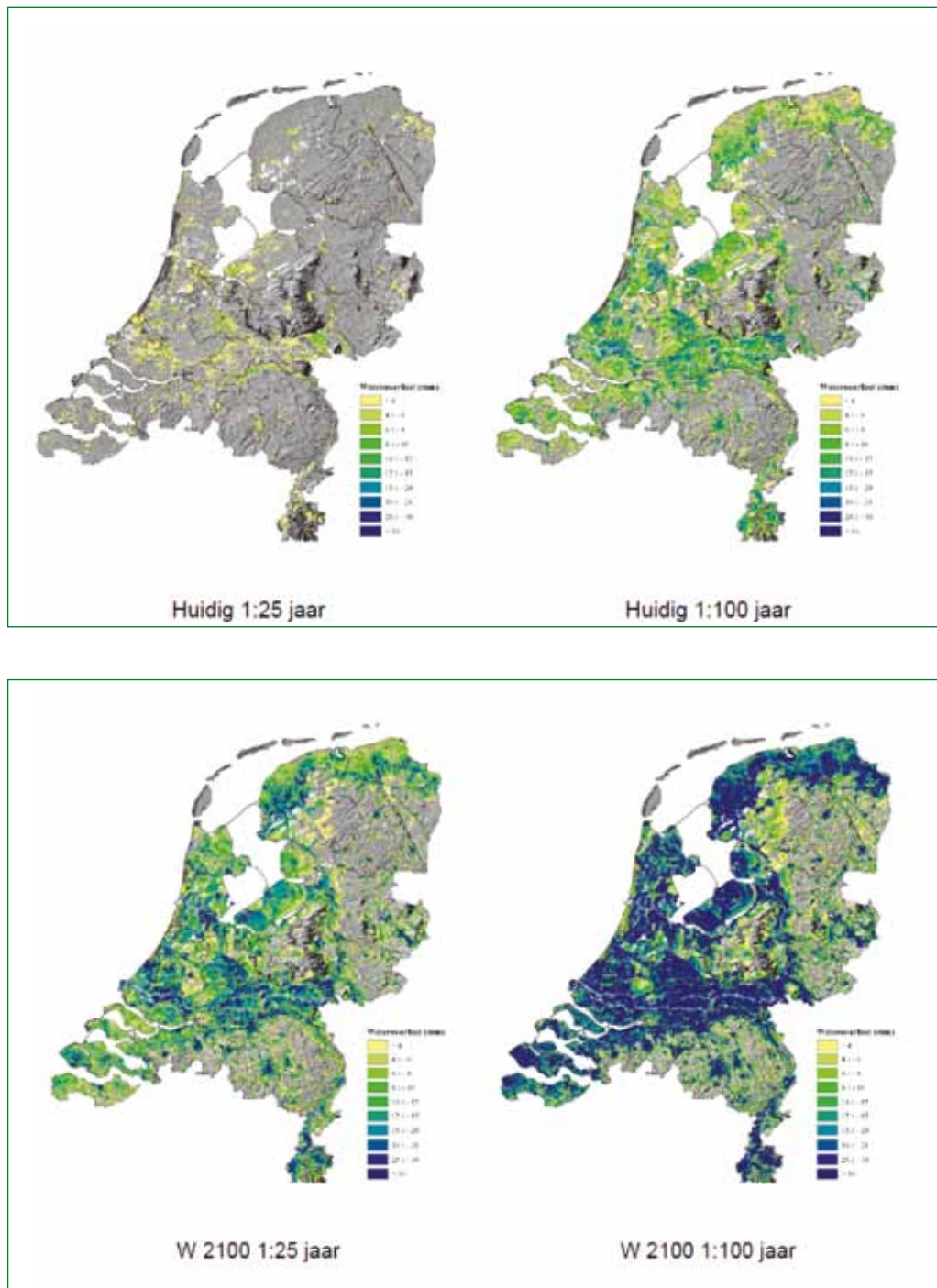
In figuur 3.5 is deze kaart voor het huidig klimaat (boven) en het W scenario 2100 (onder) opgenomen. De verwachte wateroverlast bij een bui met een intensiteit die eens per

25 jaar en 100 jaar voorkomt is weergegeven. Deze kaarten geven inzicht in waar de toenemende intensiteit van neerslag kan leiden tot wateroverlast in het landelijk gebied. Er is goed te zien dat het risico op wateroverlast toeneemt in de veen- en kleigebieden, de beekdalen en kwelgevoede gebieden. In deze gebieden neemt de kans op natschade in het W scenario aanzienlijk toe. In het W+ scenario zullen deze effecten minder groot zijn. Hoewel in de actualisatie van de KNMI o6 scenario's wel wordt aangegeven dat de intensiteit van de neerslag in de plus-scenario's van 2006 mogelijk wordt onderschat (KNMI, 2009a).

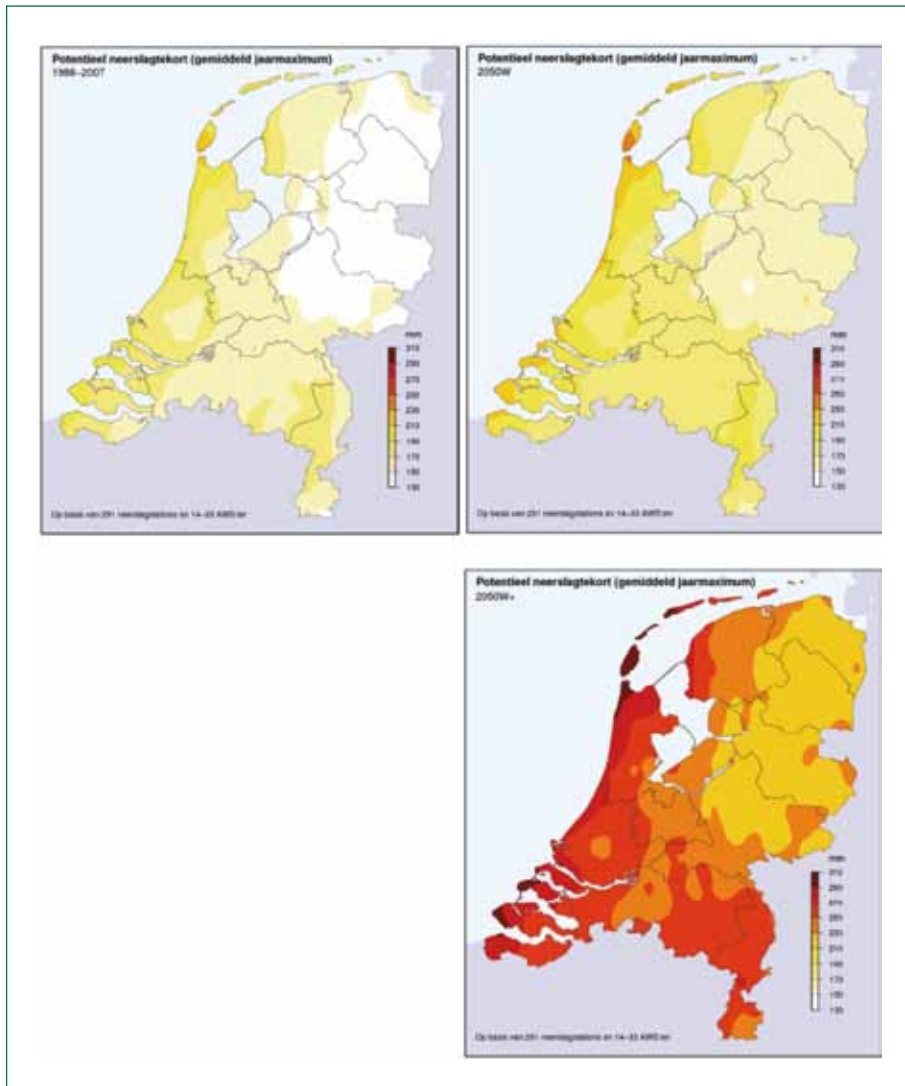
### 3.5. Droogte

Hierboven is beschreven dat mogelijk verschuivingen leiden tot minder neerslag in het groeiseizoen. Het W+ scenario wordt gemiddeld flink droger. Om iets te kunnen zeggen over de beschikbare hoeveelheid water moet niet alleen gekeken worden naar gemiddelde zomerneerslag maar gaat het ook om de relatie tussen neerslag en verdamping. Dit wordt uitgedrukt in het neerslagtekort. Bij een groot neerslagtekort kan de groei van planten beperkt worden door watertekort, tenzij de tekorten kunnen worden aangevuld via het grondwater of beregening. Figuur 3.6 geeft een ruimtelijk beeld van het potentieel neerslagtekort voor huidig klimaat en 2050 W en W+ (Bron: Klimaatshetsboek, 2009b).

Om te beoordelen of veranderingen in neerslagtekort en watertekorten betekenis hebben voor het landelijk gebied moet ook gekeken worden naar de gevoeligheid van de functies in die gebieden. Figuur 3.7 geeft een beeld van de robuustheid van gebieden voor watertekorten. Deze kaart is samengesteld uit een combinatie van de gevoeligheid van functies voor droogte, de eisen die functies stellen aan het water, het vochttekort in de bodem (in 2050 bij het W+ scenario) en de aanvoermogelijkheden van water. Dit beeld geeft een indruk van de plekken waar droogte in de toekomst de meeste impact zal hebben. Hieruit wordt zichtbaar dat droogte vooral op de zandgronden in het oosten van Nederland en in Noord-Brabant, in Zeeland (waar nauwelijks aanvoermogelijkheden van water zijn) en in de duinen een belangrijk knelpunt worden.



Figuur 3.5 Wateroverlast in de huidige situatie met een herhalingstijd van  $T = 25$  en  $T = 100$  jaar, in de huidige situatie (boven) en in het W scenario (bron Droogers et al, 2010).



Figuur 3.6: Het potentieel neerslagtekort over april-september per jaar in het huidige klimaat (links; 1988-2007), en rond 2050 voor het W-scenario (rechtsboven) en het W+-scenario (rechtsonder). Bron: KNMI, 2009. Klimaatschetsboek.



Figuur 3.7: Robuustheid van gebieden voor de gevolgen van watertekorten. Bron: Klimaatscan; Klimaat effect atlas, 2009

Gebieden waar geen aanvoer van zoet water mogelijk is zijn extra kwetsbaar voor watertekorten. Naar welke gebieden water kan worden aangevoerd vanuit het hoofdwatersysteem is weergegeven in figuur 3.8

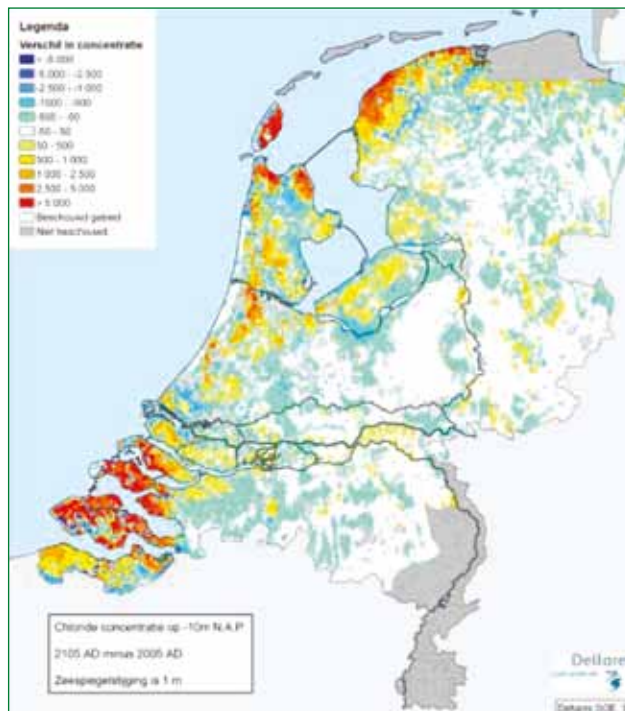
### 3.6. Effecten van verzilting

Er treedt zoutschade op als het water in de wortelzone een te hoge chloridenconcentratie heeft voor optimaal agrarisch gebruik. Er is op dit moment nog onvoldoende kennis om aan te geven hoe het zoutgehalte in de wortelzone verandert als gevolg van klimaatverandering. Wel kunnen we aangeven hoe zout concentraties in het diepe grondwater worden beïnvloed door zeespiegelstijging. Zout grondwater kan via kwel ion het regionale watersysteem en in de wortelzone terecht komen. Het zoutgehalte in het grondwater gebruiken we in deze studie als indicator voor de zoutschade. In figuur 3.9 is door TNO/Deltares het verschil in chloridengehalte op 10 meter diepte in het grondwater berekend met een zeespiegel stijging van 1 meter in 2100. Hoe groter de toename van het chloridengehalte hoe groter de kans op zoutschade. Bij een handhaving van het



Figuur 3.8 Aanvoermogelijkheden van zoet water vanuit het huidige hoofdwatersysteem in Nederland. Gebied waar naar toe water kan worden aangevoerd vanuit het hoofdwatersysteem aangegeven in groen (Bron: website Klimaat effect atlas)

huidige beleid betekent dit een forse toename van de hoeveelheid water die nodig is voor doorspoelen. Verzilting als gevolg van klimaatverandering treedt voornamelijk op in de zuidwestelijke Delta, de diepe droogmakerijen, de kop van Noord Holland, de Waddeneilanden en Noord Nederland.



Figuur 3.9 Verandering van de chloride concentratie in het diepe grondwater als gevolg van 1 meter zeespiegelstijging in 2100 (TNO en Deltares, 2008)

## 4. Klimaatadaptatie in het landelijk gebied

### 4.1. Inleiding

Het landgebruik in het landelijk gebied wordt beïnvloed door klimaatverandering. In dit hoofdstuk beschrijven we de effecten, gevoeligheid en mogelijke adaptatierichtingen van het landgebruik in Nederland. We gaan daarbij in eerste instantie sectoraal in op landbouw (4.2), natuur (4.3) en recreatie (4.4). In paragraaf 4.5 beschrijven we op welke manier sectorale adaptatierichtingen in een gebied gecombineerd kunnen worden tot integrale adaptatierichtingen.

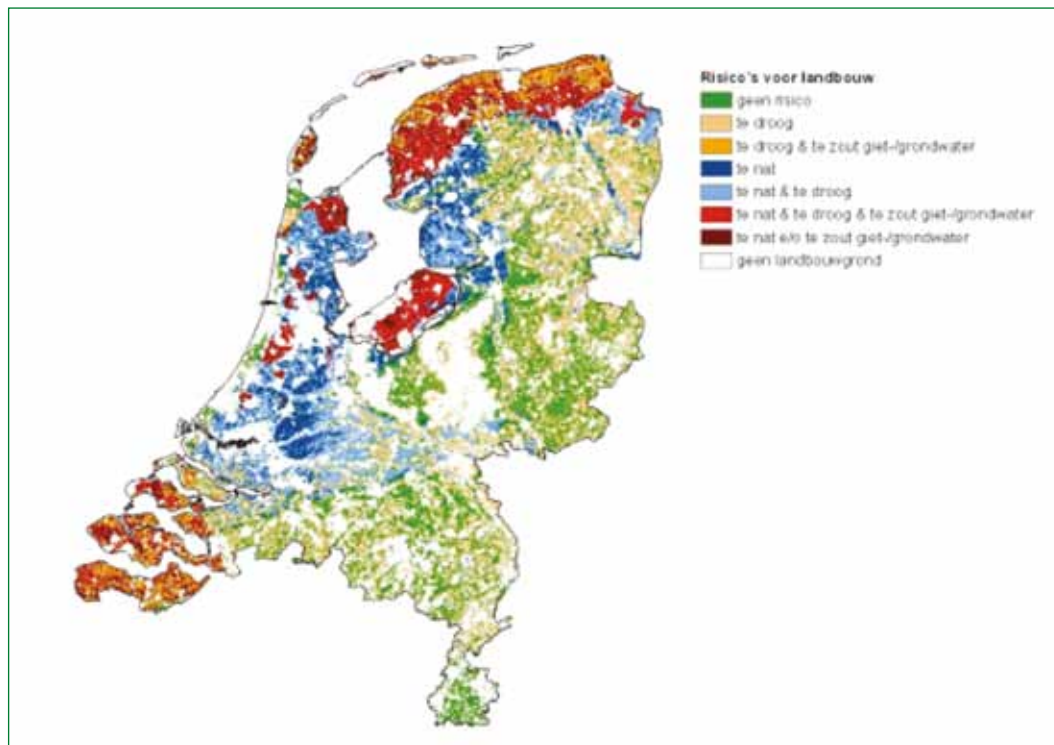
### 4.2. Landbouw

De agrarische sector beslaat in Nederland ongeveer 60 procent van het landoppervlak en het agrocomplex is verantwoordelijk voor circa 10 procent van het BNP, de inkomsten van de primaire landbouw bedragen 2 procent van het BNP. We kunnen de landbouw opdelen in de grondgebonden landbouw en de niet grondgebonden landbouw. De grondgebonden landbouw staat in directe verbinding met het bodem- en watersysteem en beslaat het merendeel van het Nederlandse landbouwareaal. Akkerbouw, intensieve melkveehouderij, opengrond tuinbouw en blijvende teelten zijn de belangrijkste grondgebonden sectoren, waarvan de akkerbouw en de melkveehouderij het meeste oppervlakte innemen. De opengrond tuinbouw en de blijvende teelten zijn over het algemeen ruimtelijk geconcentreerd, maar op de hoge zandgronden komen boomkwekerijen verspreid voor. Het nationaal ruimtelijk beleid richt zich sterk op het ondersteunen van deze locaties door ze aan te wijzen als Greenports of als landbouw ontwikkelingsgebieden. Glastuinbouw en de intensieve veehouderij zijn de niet-grondgebonden sectoren. Deze sectoren hebben de productie losgekoppeld van het bodem- en water systeem. Voor de glastuinbouw geldt ook dat deze ondersteund wordt door het nationale landbouw beleid. Veel glastuinbouwgebieden zijn gekoppeld aan Greenports en landbouw ontwikkelingsgebieden.

#### *Impact klimaatverandering op de grondgebonden landbouw*

Klimaatverandering werkt door in de kwaliteit en omvang van de productie en heeft daarmee potentieel invloed op het inkomen van de boer. De belangrijkste klimaateffecten voor de Nederlandse landbouw zijn veranderingen in frequentie van voorkomen en intensiteit van extremen die tot schade leiden. Het gaat hierbij om extreme neerslag, zoals hoosbuien en hagel, droogte, hitte en storm. Het is momenteel onduidelijk hoe klimaatverandering doorwerkt op de frequentie en hevigheid van storm en hagelbuien. Klimaatverandering werkt door in de hydrologie. Hierdoor kunnen landbouwgebieden droger, natter of zouter worden. Deze effecten kunnen de geschiktheid van gebieden voor de agrarische productie en daarmee de concurrentiekracht van deze gebieden beïnvloeden. De aard en de impact van de gevolgen van klimaatverandering verschillen per locatie, teelt en bedrijfssysteem. Klimaatverandering heeft daarnaast mogelijk invloed op de ziekte- en plaagdruk. Veranderingen in ziekte en plagen kunnen cruciaal zijn voor de agrarische bedrijfsvoering.

In het kader van Beleidsondersteunend onderzoek van het Ministerie van LNV is een risicokaart voor de landbouw in Noord-Nederland gemaakt. De methodiek is toegepast op het hele Nederlandse landbouwareaal (figuur 4.1). Op de kaart wordt een indicatie gegeven van delen van het land waar de kansen op natschade, droogteschade en zoutschade het grootst zijn. Deze kaart geeft weer waar in Nederland gebieden potentieel gevoelig zijn voor klimaateffecten die zich via de hydrologische veranderingen zullen manifesteren. De kaart geeft geen verdeling van de kans op optredende schade. Klei en veengronden zijn extra kwetsbaar voor natschade als gevolg van extreme buien. Als gevolg van een groter neerslagoverschot kan ook de kans op wateroverlast in kwelzones toenemen. Vooral onder het W scenario neemt het neerslagoverschot toe, onder het W+ scenario is dat onzeker. De kansen op droogteschade nemen toe als gevolg van een grotere kans op hittegolven en periode van droogte. De zandgronden zijn hiervoor gevoelig omdat zij over het algemeen een lage grondwaterstand



Figuur 4.1 Risico's op natschade, droogteschade, en zoutschade weergegeven onder het W+ scenario voor het jaar 2050

en een beperkt vochtvasthoudend vermogen hebben. Ook is de aanvoer van water naar de hoge zandgronden vaak problematisch. Vooral onder het W+ scenario is deze toename van het risico op droogteschade groot. Ook het risico op zoutschade neemt toe, vooral in de kuststrook, diepe droogmakerijen en in Zeeland. In het algemeen kunnen we stellen dat de kansen op droogteschade en zoutschade toenemen onder het W+ scenario en de kansen op natschade nemen toe onder het W scenario (zie hoofdstuk 3).

#### Gewassen

Klimaat effecten werken op elk gewas verschillend door. Het is daarom moeilijk om de effecten op bedrijfsniveau weer te geven. Met behulp van signaalgewassen (Schaap et al, 2009) kan het effect van klimaatverandering op verschillende teelten inzichtelijk worden gemaakt. De agroklimaatkalender brengt voor de volgende signaalgewassen de klimaatgegevens in kaart; gras, pootaardappel, consumptie/zetmeelaardappel, wintertarwe, suikerbiet, lelie, winterpeen, zaaiui, koolzaad, artisjok, druif, kers, riet, zonnebloem en de tomaat. Voor elk gewas is onderzocht hoe gevoelig ze zijn voor verschillende klimaatfactoren. Aan de hand van de signaalgewassen pootaardappel, Engels raaigras en de tulp kan inzichtelijk gemaakt worden hoe klimaat effecten doorwerken op deze gewassen. De

gevoeligheid van deze signaalgewassen geeft inzicht in de kwetsbaarheid van respectievelijk akkerbouw, intensieve melkveehouderij en de bollenteelt.

#### Pootaardappel

Voor de akkerbouw is de pootaardappel een belangrijk gewas in de vruchtrotatie. Pootaardappelen zijn in de periode mei tot en met september gevoelig voor wateroverlast omdat een deel van de oogst dan kan verrotten. Daarnaast kunnen aardappelen slecht tegen extreme hitte in juli tot en met september. Warme en natte perioden in het voorjaar verhogen de kans op ziekten en plagen, zoals het voorkomen van de bacterieziekte Erwinia en warme winters vergroten de luisdruk en de druk van cysteaaaltjes. Aanhoudend nat weer in juni tot en met september maakt spuiten tegen Phytophthora onmogelijk, waardoor een groot deel van de oogst verloren kan gaan. Met name onder het G+ en W+ scenario neemt de kans op hittegolven flink toe, van 2 naar 4 tot 12 respectievelijk in juli. Op kleigronden kan de zaai, oogst en grondbewerking worden beperkt onder natte omstandigheden. Door een toename van warm en nat weer wordt de kans op gunstige omstandigheden voor de Erwinia vergroot. De luisdruk wordt gestuurd door een aantal factoren waaronder de hoeveelheid generaties die zich kunnen ontwikkelen. Verwacht wordt dat de luizen-

druk zal toenemen bij hogere gemiddelde temperaturen omdat onder deze omstandigheden de hoeveelheid generaties toeneemt. Indien de windrichting in de noordelijke kuststrook wijzigt van west naar noord in droge zomers zal de luizendruk vermoedelijk toenemen. Ook de aardappelcysteraaltjes profiteren van warmere omstandigheden. Hierdoor is het mogelijk dat voor sommige gewassen de partiele resistentie wordt doorbroken. Warmere winters zorgen er voor dat de energiekosten om uitlopers en rot te voorkomen zullen toenemen.

#### *Engels raaigras*

Gras is een meerjarig gewas en dient als veevoer, ofwel gemaaid ofwel in de weidegang. Engels raaigras is de meest voorkomende grasvariëteit in Nederland. Melkveehouderijbedrijven zijn gevoelig voor natte omstandigheden omdat het vee de graszode kapot kan trappen en omdat er later in het jaar gemaaid kan worden. In warme en natte perioden neemt de druk van schimmels toe. Langdurige droogte vermindert de zodenkwaliteit. Hoge temperaturen en strenge vorst kunnen leiden tot sterfte. Goed management kan de kans op het afsterven van gras tijdens hoge temperaturen flink verkleinen. Vooral de kans op aanhoudend hete dagen neemt toe, terwijl de kans op vorstschade afneemt. Daarnaast kunnen melkveehouderijbedrijven in de veenweidegebieden en melkveehouderijbedrijven met gronden in beekdalen onder het W scenario te maken krijgen met een grotere kans op natschade. De kans op schade als gevolg van droogte neemt sterk toe onder het W+ scenario. Graslanden op de zandgronden zijn hiervoor gevoeliger.

#### *Tulp*

Tulpen kunnen niet in een te warm klimaat worden geteeld, omdat ze in de winter koude nodig hebben om de bolrust te kunnen doorbreken. Het doorbreken van de bolrust vereist temperaturen onder de 5°C gedurende 9 weken. Zachte winters kunnen leiden tot productieverlies. Langdurige regenval in het voor- en najaar kan natschade aan de bollen veroorzaken, terwijl hitte in de zomer kan leiden tot productieschade. De teelt is gevoelig voor natte perioden omdat er dan niet gespoten kan worden met gewasbeschermingsmiddelen. Tijdens natte warme perioden kunnen schimmelziekten voorkomen. Gemiddelde temperatuurstijging in de winter verhoogt de druk van luizen en daarmee ook de overdracht van virussen. Ten slotte kan hagel schade aan blad en bloem veroorzaken tijdens de ontwikkel en bloeifase (Blom et al, 2009a).

#### *Ziekte en plagen*

Ziekten en plagen vormen voor de hele Nederlandse landbouw een risico. Uit het rapport Klimaat en landbouw Noord Nederland rapportage van fase 2 (Schaap et al, 2009) blijkt dat het risico op schimmels groot is onder natte warme omstandigheden. Deze situaties zullen in de toekomst vaker voorkomen. We trekken daarom een algemene conclusie over de relatie tussen klimaatverandering en het voorkomen van ziekten en plagen. Mogelijk wordt het risico van ziekte en plagen voor dieren en gewassen beïnvloed door klimaatverandering. Het is niet duidelijk of de problemen met betrekking tot ziekten en plagen toe- of afnemen in de toekomst. De invasiviteit, de toekomstige verspreiding van ziekten en plagen is onbekend alsook de ontwikkeling van de ziektedruk (Scherm, 2004). Het is echter van groot belang voor de sterke positie van Nederland op het gebied van export van landbouwproducten dat producten ziektevrij zijn. De rol van kennis over ziekten en plagen in de landbouw en de controle op ziekten en plagen van import- en exportproducten is hierbij groot. Het is daarom van belang dat de kennis over de relatie tussen klimaatverandering en het voorkomen van ziekte en plagen in Nederland wordt vergroot.

#### *Kansen voor de landbouw*

Er zijn overigens ook positieve effecten van klimaatverandering. De hogere CO<sub>2</sub> concentratie heeft een 'bemestend' effect waardoor gewassen harder groeien. Hogere temperaturen leveren kansen om andere gewassen te verbouwen, zoals de druif, artisjok en de zonnebloem. Verder is er sprake van verlenging van het groeiseizoen. Tevens kan klimaatverandering in andere delen van de wereld leiden tot productieverlies, die mogelijk leiden tot prijsstijging.

#### *Impact op bedrijfseconomie*

Klimaatverandering kan leiden tot meer kans op natschade, droogteschade, zoutschade, hagelschade en mogelijke veranderingen op het voorkomen van ziekten en plagen. Om iets te kunnen zeggen over het uiteindelijke economisch effect van klimaatverandering op de landbouw zou rekening gehouden moeten worden met prijselasticiteit en internationale concurrentieverhoudingen. Maar gezien de termijn waarover we praten (>2050) en de looptijd van deze studie is een dergelijke analyse niet uitgevoerd. Deze studie beperkt zich daarom tot een weergave van de klimaateffecten die mogelijk effect zullen hebben op productiefactoren. De implicaties van die effecten op de sector zijn daaruit niet eenduidig af te leiden.



*Verwachting voor de landbouw*

De huidige sectoren zullen zich naar verwachting onder het toekomstige klimaat goed kunnen handhaven in Nederland. Dit beeld wordt ondersteund door een studie van (Hermans and Verhagen, 2008) waaruit blijkt dat de Nederlandse landbouwsector zich waarschijnlijk in 2050 nog steeds goed kan handhaven. Uit deze studie komt nadrukkelijk naar voren dat het landbouwbeleid en de markt een grotere impact hebben op de Nederlandse landbouw dan klimaatverandering. In deze studie is echter niet gekeken naar de effecten van klimaatverandering op weersextremen. Het effect van extremen (met name verandering in frequentie en omvang) kunnen desastreuze gevolgen hebben, zoals het verlies van grote delen van de oogst. Eventuele negatieve effecten op productie kunnen mogelijk gecompenseerd worden door prijsstijging. Deze compensatie zal echter alleen plaatsvinden als de ruimtelijke

schaal waarop de productieschade optreedt voor een belangrijk gedeelte overeenkomt met de ruimtelijke schaal van de productie.

**Klimaatadaptatie en ontwikkelingsrichtingen van de Nederlandse landbouw**

Klimaatverandering kan de kwaliteit en omvang van de productie beïnvloeden, daarom zijn adaptatiemaatregelen gewenst om de bedrijfsvoering te optimaliseren. Het nemen van deze maatregelen kan zorgen voor een verbetering of handhaving van de concurrentiepositie op de wereldmarkt. De maatregelen kunnen gericht zijn op het optimaliseren van de productie, het beperken van schade, het overstappen op andere teelten en het aanpassen van de bedrijfsvoering. In Tabel 4.1 zijn een aantal maatregelen die boeren kunnen nemen weergegeven.

Tabel 4.1 Lijst met een aantal voorbeelden van mogelijke adaptatiemaatregelen voor de landbouw (bron: maatregeldatabase uit *Klimaat-effect atlas* door Masselink en Goosen)

Adaptatiemaatregel	Beschrijving
<b>Aanpassen van vruchtwisseling en zaai- en oogstdata</b>	Vruchtwisseling en zaai- en oogstdata kunnen worden aangepast om productieverliezen te minimaliseren en te voorkomen dat er in de lente of herfst niet gewerkt kan worden door te natte condities
<b>Keuze van gewas variëteit en genotype</b>	Een belangrijke adaptatiestrategie voor de landbouw is het kruisen of genetisch-manipuleren van gewassen zodat de planten beter bestand zijn tegen de gevolgen van klimaatverandering
<b>Nieuwe gewassen</b>	Nieuwe gewassen zoals de druif of artisjok vinden in de toekomst mogelijk een beter klimaat in Nederland
<b>Ploegtechnieken om concentratie organische stof in de bodem te verhogen</b>	Met behulp van bepaalde ploegtechnieken kunnen overblijfselen van gewassen met de bodem worden vermixt. Hierdoor kan de bodem meer vocht vasthouden, droogt de bodem minder snel uit, en is minder vatbaar voor erosie
<b>Diversificatie van gewassen</b>	Agrariërs zijn vaak gespecialiseerd in de teelt van een gewas. Door de focus te verleggen naar meerdere gewassen, zijn slechte jaren voor één gewas, op te vangen met andere
<b>Irrigatie</b>	Irrigatie van landbouwgebieden is een adaptatiestrategie die gebruikt kan worden tijdens droge en hete zomers. Irrigatie is een kostbare aangelegenheid die veel water kost. Ontwikkeling van innovatieve irrigatietechnieken kan deze kosten omlaag brengen. Gedacht moet worden aan bodemvocht monitoring in combinatie met beregening
<b>Wateropslag op landbouwgronden</b>	(in combinatie met een vergoeding) is dit een van de blauwe diensten die agrariërs kunnen leveren. Gedacht moet worden aan het verbreden van sloten, wateropslag of overloop op landbouwgebieden, of het uit productie nemen van land

Adaptatiemaatregel	Beschrijving
<b>Onderwater drainage van veengebieden</b>	Een adaptatiemaatregel om bodemdaling en oxidatie van veengebieden tegen te gaan als gevolg van lage grondwaterstanden. Onder het veengebied wordt een pijpsysteem aangelegd, dat in contact staat met omliggende sloten. Deze buizen voeren een constante stroom van water aan, dat de grondwaterspiegel op peil moet houden.
<b>Watermanagement en landbouw</b>	Het vernatten van landbouwgebieden heeft verschillende voordelen. 1) het opvangen van piekneerslag of piekafvoer, 2) grondwaterstanden kunnen op peil worden gehouden, wat belangrijk is voor natuurgebieden, 3) grondwaterstanden worden langer aangevuld waardoor land minder snel verdroogd 4) bodemdaling in veengebieden wordt tegen gegaan
<b>Drijvende kassen en water opslag onder kassen</b>	Door kassen op drijvende vlonders te plaatsen, kunnen ze meebewegen met een fluctuerend waterpeil. Hierdoor kan de polder, naast landbouw, ook tijdelijk worden gebruikt voor wateropslag of overloopgebied. Opslag van water onder kassen - ten tijde van een wateroverschot; geen ruimte claim, toch watervoorziening
<b>Verzekeren van agrarische bedrijven en productie</b>	Door klimaatverandering zullen weersextremen toe gaan nemen. De schade als gevolg van stromen en overstromingen zullen voor de landbouw een van de grootste kostenposten zijn als gevolg van klimaatverandering. Verzekeren kan voor deze extreme gebeurtenissen oplossing bieden
<b>Verbreding van landbouwactiviteiten</b>	In plaats van steeds verder te specialiseren, is een adaptatiestrategie voor landbouw het verbreden van activiteiten. Gedacht kan worden aan het ontwikkelen van recreatieve en toeristische activiteiten of het aanbieden van groenblauwe diensten. Door het halen van inkomsten uit meerdere bronnen, neemt de kwetsbaarheid van een bedrijf voor extreme gebeurtenissen af
<b>Zoutwaterlandbouw - het kweken van zouttolerante gewassen</b>	In plaats van proberen vast te houden aan zoetwater gewassen, kan het kweken van zouttolerante gewassen - zoals kraal en spelt - een andere optie zijn. Daarnaast kunnen ook gronden die ongeschikt zijn voor landbouwproductie, wel gebruikt worden voor zoutwaterlandbouw
<b>Kweken van algen</b>	Algen kunnen worden gebruikt voor de productie van biobrandstoffen. Deze organismen gedijen uitstekend onder zoute condities
<b>Kweken van vissen</b>	Veel vissoorten hebben zoutwater nodig om te overleven; kweken onder zoute condities is mogelijk
<b>Beregenen met brakwater</b>	Ervaring bij agrariërs in het Westland heeft geleerd dat de schade door droogte vaak groter is dan de schade door beregenen met brak water. Dit hangt echter af van veel factoren, onder andere het type gewas.
<b>Vaccinatie</b>	Door veranderende klimatologische omstandigheden kan het voorkomen dat nieuwe ziekten de kop op steken. Vaccinatie kan nodig zijn voor mens en dier
<b>Monitoring van ziekten</b>	Goede monitoring van het voorkomen van ziekten is essentieel bij de bestrijding ervan
<b>Koelen van stallen</b>	In de volle zon kunnen stallen erg heet worden in de zomer, wat ten koste gaat van de productie. Koeling van stallen is een adaptatiestrategie die de gezondheid van dieren verhoogt
<b>Weersvoorspelling en waarschuwingen</b>	Accurate weersvoorspellingen en vroege waarschuwingen helpen mensen voorzorgsmaatregelen te nemen tegen weersextremen

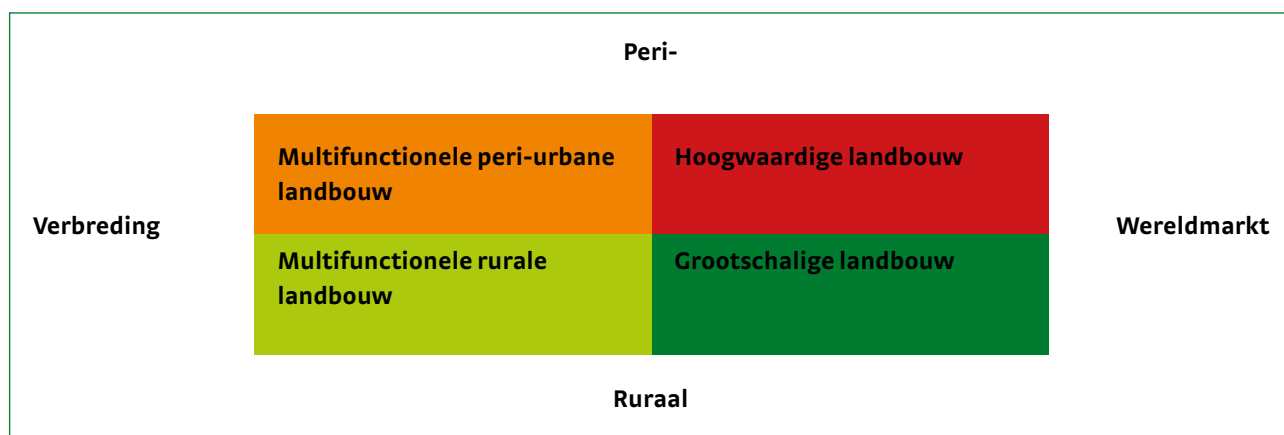
We nemen aan dat een boer alleen adaptatiemaatregelen neemt wanneer de baten opwegen tegen de kosten, de maatregelen passen binnen de bedrijfsvoering en overeenkomen met zijn toekomstperspectief. In deze studie koppelen we daarom de adaptatierichting van de individuele boer aan de meest waarschijnlijke ontwikkelingsrichting van de landbouw op basis van zijn concurrentiekracht en de stedelijke druk.

Meerburg et al, (2009) geven een overzicht van de ontwikkeling van de Nederlandse landbouw en het toekomstperspectief. Op basis van deze studie onderscheiden we twee belangrijke ontwikkelingsrichtingen, monofunctionele landbouw en de multifunctionele landbouw. De monofunctionele landbouw richt zich op primaire productie voor de wereldmarkt. Dit type landbouw kenmerkt zich door kostprijsverlaging, efficiënte productie, schaalvergroting en specialisering. De multifunctionele landbouw richt zich naast het produceren voor de wereld- en lokale markt duidelijk op het aanbieden van diensten aan de Nederlandse samenleving. De ontwikkelingsrichting kan worden gekoppeld aan de relatieve concurrentiekracht van de landbouw binnen Nederland. Boeren in gebieden met een hoge concurrentiekracht zullen zich eerder richten op de wereldmarkt, terwijl boeren in gebieden met een lage concurrentiekracht zich eerder zullen richten op de verbreding. Daarnaast zal de mate van verstedelijking invloed hebben op de ontwikkelingsrichting van de boer. De mate van verstedelijking beïnvloedt enerzijds de ruimtelijke druk en anderzijds de afzetmarkt. In de regel heeft de verbrede landbouw veel potentie in de buurt van steden en woonkernen (peri-urbaan gebied) en rond de EHS (Blom et al, 2010).

In appendix II is beschreven op welke manier het buitengebied is opgedeeld op basis van concurrentiekracht en stedelijke druk. In figuur 4.2 is deze indeling schematisch weergegeven. Elke categorie geeft een indicatie van de meest waarschijnlijke ontwikkelingsrichting van de landbouw. Hieronder zijn de verschillende categorieën voor de ontwikkeling van de landbouw schematisch weergegeven en beschreven op welke manier klimaatadaptatie binnen de verschillende landbouwcategorieën kan worden vormgegeven. I.

*Hoogwaardige landbouw:* Dit type landbouw wordt gekenmerkt zich door een zeer intensief agrarisch grondgebruik met hoogwaardige teelten, zoals glastuinbouw, vollegrond tuinbouw, intensieve veeteelt en de blijvende teelten. Deze teelten zijn voornamelijk te vinden in een verstedelijkte omgeving met een goede infrastructuur voor de afzet van producten. Het belang van hoogwaardige landbouw wordt in de nationale ruimtelijke ordening onderschreven doordat gebieden met hoogwaardige landbouw vaak zijn aangewezen als Greenpoort of landbouwontwikkelingsgebied. Klimaatverandering heeft potentieel een groot effect op de hoogwaardige landbouw, omdat schade als gevolg van weersextremen flink kan oplopen. De hoogwaardige landbouw beschikt over het algemeen over geld en kennis om adaptatiemaatregelen te nemen. Deze bedrijven zullen waarschijnlijk via technische maatregelen anticiperen op klimaatverandering.

Indien de beschikbaarheid van water onvoldoende is, zullen kapitaalkrachtige en intensieve bedrijven die niet grondgebonden zijn overwegen om hun bedrijf los te koppelen van de wateraanvoer. Hierdoor zijn ze niet meer af-



Figuur 4.2 Schematische weergaven van de verschillende landbouwcategorieën op basis van de verstedelijking en de mate waarin het bedrijf gericht is op de productie voor de wereldmarkt of op verbreding

hankelijk van de wateraanvoer. Via innovaties op bedrijfsniveau zal gewerkt worden om de kwaliteit en kwantiteit van de productie te verhogen en de kostprijs te verlagen en te blijven produceren voor de wereldmarkt. Ook vinden we nu al veel innovaties op het gebied van energiebesparing en zelfs energieproductie, maar ook voorbeelden van het omgaan met wateroverlast, zoals door opslag onder de kas in aquifers. We verwachten dat dergelijke ontwikkelingen zich doorzetten. Deze innovaties bieden mogelijk zelfs kansen voor het aanbieden van diensten gericht op mitigatie en waterbeheer. Innovaties komen van de grond omdat de tuinbouw een kapitaalkrachtige sector is die tevens een groot energieverbruik heeft (en dus loont het om energie te reduceren) en vanwege de grote potentiële schade die op kan treden in de glastuinbouw als gevolg van extreme warmte, neerslag en hagel. Kennis en techniek kunnen mede gedreven door klimaatverandering een belangrijk exportproduct gaan vormen. Op het gebied van de veredeling wordt veel gewerkt aan hitte- en droogteresistentie, zowel via genetische manipulatie als via klassieke veredelingsmethodieken. Tevens wordt er gewerkt aan innovaties die inspelen op de toename van ziekten en plagen. Er wordt binnen de gewasveredeling gewerkt aan nieuwe rassen die beter resistent zijn tegen bepaalde ziekten en plagen. Een nieuwe techniek die momenteel opkomt, is de cisgenese, een manipulatietechniek waarbij soorteigen genen worden gebruikt. Deze nieuwe ontwikkeling lijkt heel perspectiefvol. Ook vergroting van de agrobiodiversiteit of introductie van geïntegreerde plaagbestrijding verbetert de situatie in een kas of op het veld. Bovendien is binnen dit thema nog veel onderzoek nodig naar de interactie tussen verschillende ziekten, overdracht tussen gewassen, doorbreken van resistenties, invasies van nieuwe ziekten en plagen, vroegtijdig signaleren, etc. Een verdere ontwikkeling van sensortechnieken (die momenteel nog in geringe mate voorhanden zijn) kan hier ook een belangrijke bijdrage leveren (Blom-Zandstra et al, 2010). Veel van de genoemde innovaties kunnen door de sector zelf worden geïnitieerd

*Multifunctionele peri-urbane landbouw:* Dit type landbouw bestaat voornamelijk uit akkerbouw en melkveehouderij in peri-urbaan gebied. Het stedelijke karakter van de omgeving met veel ruimtelijke functies naast elkaar biedt de landbouw de mogelijkheid van een verbrede bedrijfsvoering. Naast akkerbouw en melkveehouderijen vinden we, vooral op de zandgronden, niet grondgebonden veeteelt. Deze gebieden kennen een verhoogde kans op transitie van agrarisch grondgebruik naar niet agrarisch grondgebruik, vanwege de grote ruimtelijke druk. De concurrentie-

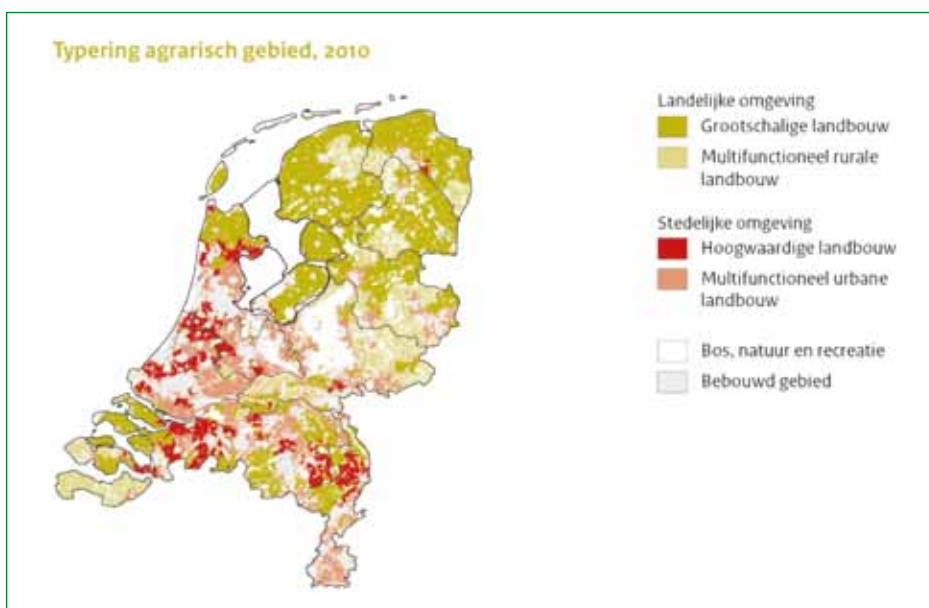
positie van de landbouw is in deze gebieden relatief laag door minder goed productieomstandigheden. Met adaptatiemaatregelen kan de bedrijfsvoering worden geoptimaliseerd op het toekomstige klimaat. Het aanpassen van de bedrijfsvoering kan bijvoorbeeld door over te stappen op gewassen die minder kwetsbaar zijn voor klimaateffecten, de waterefficiëntie vergroten en het verbeteren van de drainage. Daarnaast kunnen bedrijven hun bedrijfsvoering minder kwetsbaar maken voor klimaatverandering door te verbreden en stedelijke en maatschappelijke diensten aan te bieden. In deze gebieden zal klimaatverandering een driver kunnen zijn voor multifunctioneel peri-urbaan landgebruik. Multifunctioneel landgebruik is kansrijk als veel knelpunten bij elkaar komen in een verstedelijkte omgeving (Blom et al, 2010). Klimaatadaptatie kan via multifunctioneel landgebruik worden vormgegeven en agrariërs kunnen hierbij een rol spelen door naast de productie voor de wereldmarkt diensten aan te bieden die passen bij de behoefte van een stedelijke omgeving. Het Rijk en Provincies kunnen een belangrijke rol spelen bij het stimuleren van de transitie naar een verbrede landbouw.

*Grootschalige landbouw:* Dit type landbouw bestaat uit grootschalige akkerbouw en melkveehouderij in de rurale gebieden. De rurale omgeving, met een lagere ruimtelijke druk, biedt de landbouw een belangrijk voordeel omdat in deze gebieden schaalvergroting mogelijkheden is. De prijs van landbouwgrond in de rurale gebieden aanmerkelijk lager is dan in de peri-urbane gebieden. De grootschalige landbouw heeft hier een goed toekomstperspectief. Gebieden met grootschalige landbouw strekken zich uit over een groot deel van Noord Nederland (Flevoland, Drenthe, Friesland en Groningen) en een deel van Zeeland. Hier zullen agrariërs hun bedrijfsvoering via technische maatregelen optimaliseren. Hierbij kunnen we denken aan typische adaptatiemaatregelen voor akkerbouw- en melkveehouderijbedrijven, zoals het overstappen op minder kwetsbare of kansrijke teelten, verbeteren van de drainage, bestrijding van ziekte en plagen, vasthouden van water in reservoirs en het verbeteren van het bodembeheer. Omdat schaalvergroting in deze gebieden de overheersende trend vormt ontstaan grote robuuste bedrijven die beter in staat zijn om veranderingen in productieomstandigheden op te kunnen vangen. Omdat deze bedrijven vaak produceren voor de wereldmarkt, stellen ze hoge eisen aan de ruimtelijke ordening en het waterbeheer. Voldoende ontwatering en de beschikking over voldoende zoet water zijn belangrijke voorwaarden voor een hoge productie.

*Multifunctioneel rurale landbouw:* Dit type landbouw bestaat uit akkerbouw en melkveehouderij in rurale gebieden en heeft een relatief geringe concurrentiekracht. Daarnaast vinden we vooral op de zandgronden niet grondgebonden veeteelt. Omdat de stedelijke markt op grotere afstand is, liggen er kansen voor verbreding van de bedrijfsvoering die meer gericht is op landschappelijke en groenblauwe diensten. Er liggen vooral mogelijkheden rondom de EHS (Blom et al, 2010). In sommige gebieden biedt toerisme een aanvulling op deze markt. Voor dit type landbouw kunnen negatieve effecten van klimaatverandering grote gevolgen hebben. In deze gebieden staat de landbouw immers financieel al onder druk en door klimaatverandering zullen de kansen op schade toenemen. Klimaatadaptatie kan worden vormgegeven door een combinatie van het optimaliseren van het productieproces en het verbreden van de bedrijfsvoering. Het aanpassen van de bedrijfsvoering kan onder andere door over te stappen op gewassen die minder kwetsbaar zijn voor de toekomstige klimaatsituatie en het verbeteren van het bodembeheer en de drainage. Naast deze maatregelen op bedrijfsniveau kunnen landbouwbedrijven de kwetsbaarheid verminderen door te verbreden. De overheid kan een belangrijke rol spelen bij de transitie naar multifunctionele landbouw. In rurale gebieden speelt de overheid hierbij een belangrijkere rol dan in peri-urbane gebieden omdat de stedelijke markt deels afwezig is.

#### Discussie

In figuur 4.3 is de ruimtelijke verdeling van deze landbouwcategorieën weergegeven. De gebruikte methodiek is bedoeld om de belangrijkste ontwikkelingsrichting van de landbouw binnen een gebied te typeren en op die manier inzicht te krijgen in de meest waarschijnlijke adaptatierichting. Op basis hiervan kunnen beleidskeuzes in een gebied worden gemotiveerd. De beleidsmaker moet echter wel rekening houden met de onzekerheden van de bovenstaande methodiek. Kaartbeelden suggereren een grote precisie, echter de onderstaande kaart is gemaakt door verschillende kaartlagen te combineren. De grenzen tussen de verschillende categorieën zijn niet absoluut, maar gekozen op basis van expert judgement. Daarnaast valt elk gebied onder een categorie, dit betekent dat verschillen tussen gebieden op de kaart soms groter lijken dan ze in werkelijkheid zijn. Verder is de kaart gebaseerd op gemiddelde bedrijfsgegevens per gemeente. Dit kan betekenen dat een substantieel deel van de bedrijven zich anders gedraagt dan dat de kaart aangeeft. Dit leidt ertoe dat in sommige gebieden ook andere ontwikkelingen plaatsvinden dan figuur 4.3 suggereert. Zo kan hoogwaardige landbouw in de peri-urbane gebieden plaatsvinden op een deel van de gronden, terwijl er in dat zelfde gebied ook multifunctionele ontwikkeling plaatsvindt. Ten slotte hebben we te maken met individuele boeren die zelfstandig economische beslissingen nemen. Deze beslissingen kunnen afwijken van de geschetste ontwikkeling van de sector op gebiedsniveau.



Figuur 4.3 Typering van het buitengebied op basis van stedelijke druk en agrarische concurrentiekracht (bron Agricola 2010, publicatie in voorbereiding)

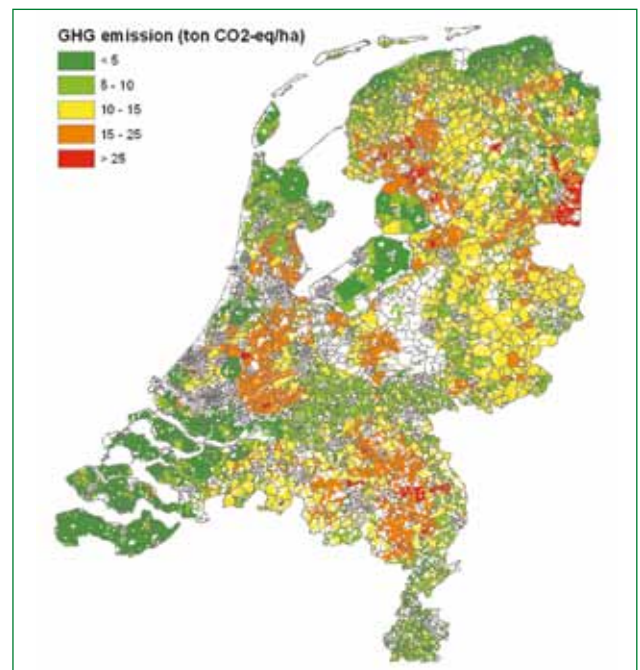
<p><b>Multifunctioneel urbane landbouw</b></p> <p><b>Adaptatierichting</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen gericht op voortzetten productieproces</li> <li>• Bedrijfsvoering minder kwetsbaar maken door te verbreden met focus op groen -blauwe en stedelijke diensten (inclusief diensten die bijdragen aan adaptatie en mitigatie)</li> </ul>	<p><b>Hoogwaardige landbouw</b></p> <p><b>Adaptatierichting</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Met behulp van technische en innovatieve adaptatiemaatregelen de productiviteit en kwaliteit van de producten optimaliseren voor de nieuwe klimatologische omstandigheden</li> <li>• Innovaties gericht op zuinige en zelfvoorzienende bedrijfssystemen</li> </ul>
<p><b>Multifunctionele rurale landbouw</b></p> <p><b>Adaptatierichting</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen gericht op voortzetten productieproces</li> <li>• Bedrijfsvoering minder kwetsbaar maken door te verbreden met focus op natuur en landschappelijke diensten (inclusief diensten die bijdragen aan adaptatie en mitigatie)</li> </ul>	<p><b>Grootschalige landbouw</b></p> <p><b>Adaptatierichting</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatie gericht op voortzetten en optimaliseren van het huidige productieproces, bijvoorbeeld drainage, bodembeheer, bestrijding ziekte en plagen, overstappen op andere gewassen</li> </ul>

Figuur 4.4 schematisch overzicht van de adaptatierichtingen in de landbouw op basis van expert judgement

#### Kansen voor klimaatgerelateerde diensten

Er liggen wellicht ook kansen voor boeren om klimaatgerelateerde diensten aan te bieden, zowel ten behoeve van adaptatie als mitigatie. Een dergelijke adaptatierichting ligt meer voor de hand in gebieden met een multifunctionele landbouw. Voor mitigatie richten de diensten zich op het verminderen van broeikasgasemissie of op de ontwikkeling van klimaat- of energielandschappen. Op dit moment is er geen kaart beschikbaar die inzichtelijk maakt waar diensten gericht op mitigatie kansrijk zijn. Figuur 4.5 geeft wel een ruimtelijk beeld van de emissies van broeikasgassen vanuit het landelijk gebied en daarmee tevens een indicatie van de gebieden mogelijkheden zijn om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen. Het gaat om gebieden met intensieve veehouderij, de bodemdalingsgebieden in veengebieden en akkerbouwgebieden op moerige- en veengronden.

Voor adaptatie zijn deze diensten gericht op het bestendiger maken van een gebied. We kunnen hierbij denken aan groenblauwe diensten (bijvoorbeeld wateropvang, waterretentie, vergroten ruimtelijke samenhang natuur). Daarnaast kan klimaatverandering leiden tot een grotere behoefte aan recreatie en boeren kunnen mogelijk profiteren door het aanbieden van recreatieve diensten. De overheid kan dergelijke adaptatiemaatregelen stimuleren of mogelijk maken via wet- en regelgeving. De provincie



Figuur 4.5 Huidige emissies van broeikasgassen uit de landbouw (Lesschen et al, 2009)

Gelderland investeert op dit moment al actief met initiatieven rondom de Biobased Economy. Ook Noord-Brabant is actief op zoek naar kansen voor multifunctioneel ruimtegebruik om de klimaatbestendigheid van natuur te vergroten in combinatie met adaptatierichtingen voor de landbouw.

### 4.3. Natuur

Binnen een recent uitgevoerde PBL studie “Adaptatiestrategie voor een klimaatrobuuste natuur” (Vonk, Vos en Van der Hoek, 2010) zijn de effecten van klimaatverandering op ecosystemen en soorten, de gevoeligheid van deze soorten en ecosystemen en een algemene adaptatierichting voor natuur geformuleerd. De algemene adaptatierichting is uitgewerkt en ruimtelijk expliciet gemaakt voor moerasnatuur, bossen, heidenatuur, kust en duinen. In deze studie onderschrijven we de methodiek, onderbouwing en adaptatierichtingen en geven de bevindingen van de bovengenoemde studie weer voor de moerasnatuur, bossen, heidenatuur en kust en duinen. Het gearceerde deel hieronder bestaat uit delen die letterlijk zijn overgenomen uit bovengenoemde studie. Voor een gedetailleerde uitwerking van de adaptatiestrategie per natuurtype wordt verwezen naar Vonk et al. (2010).

#### **Inloed klimaatverandering op de natuur**

##### *Fenologische veranderingen*

*De temperatuur speelt een belangrijke rol bij de timing van fenologische processen in de jaarcyclus van plantensoorten, zoals de startdatum van het vegetatie seizoen, de vruchtzetting en dergelijke. Voor veel soorten begint het groeiseizoen eerder en duurt het langer. Door deze wijziging in de jaarcyclus van organismen kunnen mismatches ontstaan bij de interacties tussen soorten, bijvoorbeeld in de relaties tussen prooi en predator of tussen planten en hun bestuivers; daardoor kunnen ecosystemen structureel anders gaan functioneren (EEA 2008; Schweiger et al. 2008).*

##### *Veranderingen in geografische verspreiding en populatieomvang*

*De Nederlandse natuur is aan het veranderen. Geschikte klimaatzones van soorten kunnen verschuiven door temperatuurstijging en verandering van neerslagpatronen. Vooral de zachtere winters hebben ertoe geleid dat het verspreidingsgebied van soorten zich verplaatst naar het noorden en naar hoger gelegen gebieden (EEA 2008). Maar ook langere periodes van droogte in de zomer zijn niet voor alle soorten even geschikt. Soorten gaan achteruit aan de zuidkant van*

*hun verspreidingsgebied, terwijl aan de noordkant juist een uitbreiding kan plaatsvinden.*

*Voor 7 procent van de huidige soorten is het klimaat in Nederland nu al minder geschikt geworden. Dit aantal neemt in 2100 toe tot ruim 15 procent van de soorten. Daar staat tegenover dat nu ruim 15 procent en in 2100 ruim 20 procent van de soorten profiteert van klimaatverandering. Dit betekent dat in 2100 bijna 40 procent van de huidige soorten ‘in beweging’ zal zijn vanwege klimaatcondities en dat een verschuiving in de soortensamenstelling van de natuur is te verwachten. Er zijn wel verschillen tussen soortgroepen. Het aantal soorten waarvoor het klimaat in Nederland in 2100 geschikt wordt, neemt volgens de modellen toe voor amfibieën, dagulinders en reptielen (Van der Veen et al. 2010). Voor hogere planten blijft de verdeling vrijwel gelijk, terwijl voor vogels de fractie waarvoor het klimaat in Nederland ongeschikt wordt relatief groot is. De vraag is of soorten het tempo van de verschuiving van geschikte klimaatzones kunnen bijhouden. Wanneer de verschuiving van verspreidingsgebieden langzamer verloopt dan de verschuiving van het klimaat, zullen verspreidingsgebieden krimpen; als de klimaatverandering niet op tijd tot stilstand komt, zullen er soorten uitsterven. Of soorten werkelijk in staat zijn hun leefgebied uit te breiden hangt ook af van de beschikbaarheid van geschikt leefgebied op bereikbare afstand.*

*Ook weersextremen hebben naar verwachting invloed op de natuur. Over de grootte van de effecten door weersextremen is nog relatief weinig bekend. Door weersextremen en een grilliger weerspatroon gaat de populatieomvang meer fluctueren, waardoor kleine populaties meer kans lopen uit te sterven (Verboom et al. 2001; Vos et al. 2007; Piessens et al. 2008). Ook duurt het herstel van populaties na een extreme gebeurtenis langer in een versnipperd leefgebied (Foppen et al. 1999).*

##### *Effecten op milieu- en watercondities*

*Ook de kwaliteit van het leefgebied van soorten kan veranderen. Bij een hogere temperatuur en CO<sub>2</sub>-concentratie neemt de decompositie toe en komen meer voedingsstoffen beschikbaar. De plantenproductie neemt hierdoor toe, vooral in nutriëntarme ecosystemen zoals heide. In heidesystemen heeft dit naar verwachting een verdere vervanging van heide door grassen tot gevolg (Heijmans & Berendse 2009). Afhankelijk van de omvang en de richting van de klimaatverandering zal de verandering in de waterhuishouding zowel positieve als negatieve effecten hebben op de standplaatscondities. Klimaatverandering zal vooral gevolgen hebben voor vegetaties die voor hun watervoorziening*

geheel zijn aangewezen op de atmosfeer (Witte et al. 2009a,b). Grondwateronafhankelijke vegetaties als droge heide, droge duingraslanden en droge bossen op de hogere zandgronden zullen te maken krijgen met een groter vochttekort in het groeiseizoen. Voor droge heide is deze ontwikkeling mogelijk gunstig, doordat de vegetatie een opener, structuurrijker karakter krijgt. Ook in natte en alleen door regenwater gevoede ecosystemen kunnen grote veranderingen optreden. Door een toenemende vochtdynamiek en temperatuur zullen karakteristieke vegetaties van hoogvenen, vennen en natte heiden het naar verwachting moeilijker krijgen. De ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland wordt onder het warmste en droogste scenario voor Nederland (W+-scenario, KNMI 2006), waarschijnlijk zelfs kritiek. Mits het infiltratiegebied groot genoeg is, kan een toename van kwel plaatsvinden naar lage gebieden als beekdalen en duinvalleien, wat juist gunstig is voor de typen natuur die afhankelijk zijn van kwelwater. De waterkwaliteit van sloten en meren zal vermoedelijk achteruitgaan, doordat in de zomer de watertemperatuur stijgt en het risico op droogval, verzilting en de invloed van sulfatrijk water uit de grote rivieren toeneemt. Door hogere watertemperaturen zullen probleemverschijnselen als blauwalgen en botulisme toenemen (Van de Bund & Van Donk 2004; Mooij et al. 2005; Wanink et al. 2008).

#### Gevolgen voor de biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen

Als klimaatverandering doorzet zullen ecosystemen de komende eeuw dus te maken krijgen met continue veranderingen in soortensamenstelling en standplaatscondities. Ze zullen worden blootgesteld aan verstoringen die in frequentie en intensiteit zullen toenemen. Niet alle soorten reageren hetzelfde op klimaatverandering. Hierdoor kunnen bestaande relaties tussen soorten binnen leefgemeenschappen gedeeltelijk uit elkaar vallen en zullen er mogelijk 'gaten' in het functioneren van ecosystemen ontstaan (Schweiger et al. 2008).

In hoeverre ecosystemen anders gaan functioneren als de soortensamenstelling verandert of de biodiversiteit afneemt, hangt af van de rol die verdwenen soorten binnen het ecosysteem vervulden (Kramer & Geijzendorffer 2009). Als soorten sterk structuurbepalend waren of een sleutelrol vervulden in het systeem, dan zal het verdwijnen ervan een groter effect hebben. Ook de komst van nieuwe soorten kan een grote invloed hebben op het functioneren van ecosystemen. Klimaatverandering heeft dus gevolgen voor de biodiversiteit en daarmee voor het strategische doel van het natuurbeleid (behoud en ontwikkeling van biodiversiteit).

#### Natuur klimaatbestendig door groter adaptief vermogen

De onzekerheden over de omvang en het tempo van klimaatverandering, de maatschappelijke reactie hierop, de effecten hiervan op ecosystemen en de interacties met andere belastende factoren zoals vermesting en versnippering, maken het gewenst dat een strategie gebaseerd is op adaptief management. Dit betekent dat het tempo en de omvang van de strategie 'opschaalbaar' is naar het tempo van klimaatverandering en dat ze in staat is om verschillende verstoringen op te vangen, zoals droge en natte extremen. Ook is het van belang dat de strategie toepasbaar is in het beleid en dat het kan worden aangepast op basis van voortschrijdende kennis. Een strategie die aan deze criteria voldoet, is een strategie die bedoeld is om het adaptief vermogen van ecosystemen te versterken. Met adaptief vermogen bedoelen we het vermogen van een ecosysteem om ondanks verstoringen te blijven functioneren.

Groter adaptief vermogen door meer biodiversiteit  
Biodiversiteit is een belangrijke component van het adaptief vermogen van een ecosysteem, omdat een hoge biodiversiteit risicospreiding geeft (zie ook Kramer & Geijzendorffer 2009). Een ecosysteem bestaat uit relaties tussen soorten in diverse functionele groepen. Een functionele groep bestaat uit soorten die ongeveer dezelfde functie in een ecosysteem vervullen, zoals bestuivers, strooiselafbrekers, herbivoren of insecteneters. Het risico bestaat dat veel vertegenwoordigers van functionele groepen of zelfs gehele functionele groepen lokaal verdwijnen door weersextremen zoals overstromingen of droogte, waardoor het ecosysteem slechter gaat functioneren. Een grote functionele biodiversiteit betekent dus risicospreiding, er is dan immers meer variatie in de functionele kenmerken van soorten. Kan de soort met de ene kenmerken niet overleven, dan kan de soort met de andere kenmerken dat wel.

#### Groter adaptief vermogen door meer interne heterogeniteit en natuurlijke dynamiek

Variatie in standplaatscondities is ook een belangrijke component van het adaptief vermogen van ecosysteem. De interne heterogeniteit van condities in een gebied speelt een centrale rol in het herstel van de populaties in dat gebied na een verstoring (Den Boer 1986; Piha et al. 2007). Interne heterogeniteit of gradiënten ontstaan in gebieden waar ruimte is voor overgangen van nat naar droog, voor open en dichte vegetatie, voor hoogteverschillen, enzovoort. Herstel treedt op vanuit die delen van het gebied die niet zijn getroffen en van waaruit het getroffen deel opnieuw kan worden gekoloniseerd. Natuurlijke landschapsvormende processen zijn



eveneens belangrijk voor het adaptief vermogen. Als natuurlijke dynamiek de ruimte krijgt, kan er een nieuwe leefgemeenschap ontstaan die beter is aangepast aan het veranderde klimaat.

*Groter adaptief vermogen door omvangrijke populaties in ecologische netwerken*

Populaties vertonen grotere aantalschommelingen wanneer er weersextremen optreden, zoals perioden van langdurige droogte of extreme neerslag. De kans op uitsterven neemt daardoor toe. Grotere populaties kunnen schommelingen in de aantallen, door bijvoorbeeld een jaar met mislukte reproductie of grotere sterfte, beter opvangen dan kleinere populaties (Verboom et al. 2001). Ook het herstelvermogen na een verstoring verloopt sneller in grote populaties. Daarnaast zijn grotere populaties sneller in staat nieuwe leefgebieden te koloniseren, zodat soorten de klimaatverandering beter bij kunnen houden. Soorten hebben dus grotere populaties en daarmee grotere gebieden nodig om bij toenemende kans op weersextremen te kunnen overleven. Veel natuurgebieden in Nederland zijn zo klein dat ze als geheel getroffen kunnen worden door bijvoorbeeld langdurige droogte, waardoor hele functionele groepen kunnen verdwijnen. Herstel is dan alleen mogelijk vanuit natuurgebieden in de omgeving. Ecologische netwerken van ecosystemen zijn daarom van cruciaal belang voor het herstelvermogen, omdat lokaal herstel kan optreden door hervestiging vanuit andere delen van het netwerk (Opdam en Wiens 2002).

#### **Natuur niet klimaatbestendig bij huidig natuurbeleid**

Een groot adaptief vermogen is belangrijk voor klimaatbestendigheid van de natuur. De vraag is daarom of eigenschappen die het adaptief vermogen bepalen – biodiversiteit, omvang, kwaliteit van condities, heterogeniteit, dynamiek en ruimtelijke samenhang van gebieden – voldoende sterk zijn ontwikkeld om de gewenste klimaatbestendigheid te garanderen.

- Veel gebieden zijn te klein en te versnipperd, ook na uitvoering van de ecologische hoofdstructuur (EHS). Bij optimale standplaatscondities zullen natuurgebieden groot genoeg zijn voor naar schatting twee derde van de fauna soorten. Wanneer echter rekening wordt gehouden met klimaatverandering, dan geldt dit nog maar voor de helft van de soorten. De omvang van de gebieden is niet het enige ruimtelijke knelpunt. De afstanden tussen de natuurgebieden moeten voor dieren en planten zijn te overbruggen, zodat ze een nieuw leefgebied kunnen bereiken. Uit een steekproef blijkt dat in Nederland 40 procent van de diersoorten een of meerde-

re locaties heeft waar de gebieden te ver uit elkaar liggen om migratie mogelijk te maken.

- De milieudruk op natuur neemt de laatste decennia af (PBL 2009a). Ondanks deze afname blijven verdroging, vermesting en verzuring een belasting voor de natuur. Klimaatverandering kan deze knelpunten mogelijk versterken. Afhankelijk van de omvang en de richting van de klimaatverandering zal dit zowel positieve als negatieve effecten hebben op de standplaatscondities.

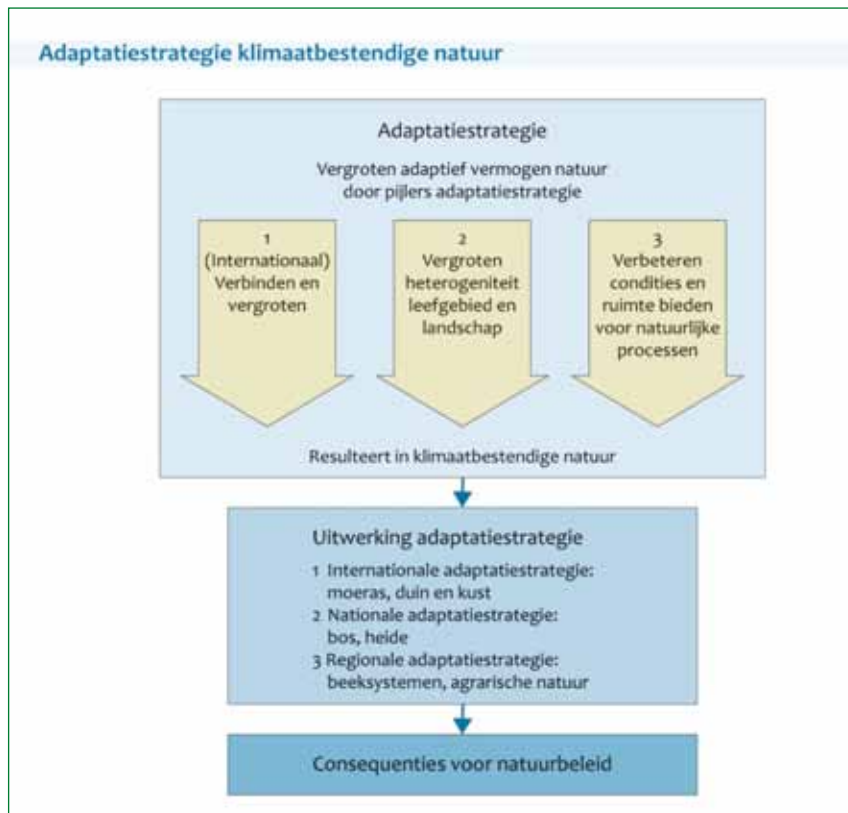
De natuur blijft bij uitvoering van het huidige beleid kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering. Daarom heeft het PBL een adaptatiestrategie ontwikkeld om het risico van biodiversiteitsverlies te verkleinen.

#### **Adaptatiestrategie voor klimaatbestendige natuur**

De adaptatiestrategie voor natuur is opgebouwd uit drie pijlers, die in combinatie het adaptief vermogen van ecosystemen en soorten vergroten en daarmee bijdragen aan de klimaatbestendigheid van de Nederlandse natuur (figuur 4.6).

- Pijler 1. Natuurgebieden (internationaal) met elkaar verbinden om het verschuiven van soorten mogelijk te maken. Natuurgebieden vergroten zodat ze beter bestand zijn tegen weersextremen.
- Pijler 2. De heterogeniteit en gradiënten vergroten in natuurgebieden en omringend landschap, zodat de gebieden beter bestand zijn tegen weersextremen.
- Pijler 3. De standplaatscondities in natuurgebieden verbeteren en daarbij zo veel mogelijk gebruik maken van natuurlijke landschapsvormende processen.

Uitgangspunten voor de strategie zijn de strategische natuurdoelen van LNV, dat wil zeggen: behoud en ontwikkeling van biodiversiteit in Nederland (LNV 2007). Ook de huidige ligging van natuurgebieden heeft als vertrekpunt voor de strategie gefungeerd. De huidige natuurdoelen liggen daarbij echter niet op voorhand vast, omdat deze als gevolg van klimaatverandering of door de adaptatiestrategie zelf kunnen veranderen. Dit betekent dat de uitvoering van de adaptatiestrategie consequenties heeft voor het natuurbeleid.



Figuur 4.6 Structuur van voorgestelde adaptatiestrategie, gericht op een klimaatbestendige natuur.

Doordat typen natuur verschillen in internationale betekenis, kwetsbaarheid voor klimaatverandering en kansen die klimaatverandering mogelijk biedt, is de strategie voor verschillende typen natuur afzonderlijk beschreven: een strategie voor duin, kust, moeras, heide en bos, en een strategie voor kleinschalige natuurgebieden. Als we de Nederlandse natuur in de Europese context bekijken, dan draagt Nederland een relatief grote internationale verantwoordelijkheid voor ecosystemen die typerend zijn voor een laaglanddelta: duinen, kwelders en schorren, en moeras. Voor deze ecosystemen ligt het voor de hand dat in Nederland een internationale adaptatiestrategie wordt toegepast. Voor heide en bos stellen we een nationale strategie voor. Als derde categorie is een regionale adaptatiestrategie ontwikkeld voor kleinschalige natuurgebieden.

Hieronder wordt in tabel 4.2 een aantal adaptatiemaatregelen weergegeven

Tabel 4.2 Lijst met een aantal voorbeelden van mogelijke adaptatiemaatregelen voor de natuur (bron: maatregeldatabase uit Klimateffect atlas door Masselink en Goosen)

Adaptatiemaatregel	Beschrijving
<b>Ecologische verbindingszones</b>	Het verbinden van natuurgebieden vergroot de veerkracht van de natuur. Natuur met een hoge veerkracht heeft betere mogelijkheden om de effecten van klimaatverandering te bufferen
<b>Verbinden van kleinere natuurgebieden</b>	Grotere natuurgebieden hebben een hogere veerkracht. Natuur met een hoge veerkracht heeft meer mogelijkheden tijdelijke extremen van klimaatverandering op te vangen
<b>Wegnemen fysieke barrières</b>	Door het wegnemen van fysieke barrières komen natuurgebieden beter met elkaar in contact te staan. Tevens biedt het kansen aan - onder andere door klimaatverandering - noordwaarts migrerende soorten
<b>Versterken (interne) heterogeniteit</b>	Meer gradiënten in een natuurgebied, biedt kansen voor veel verschillende soorten; en verhoogt de biodiversiteit. Over het algemeen wordt aangenomen: hoe hoger de biodiversiteit, hoe robuuster of veerkrachtiger een natuurgebied.
<b>Klimaatmantels</b>	Natuurgebieden worden sterk beïnvloed door omliggend landschap en land gebruik. Door het aanleggen van een bufferzone tussen het natuurgebied en omliggende gebieden, verkleint deze - vaak negatieve - invloed. Robuuste natuur kan meer klappen van klimaatverandering opvangen. Deze klimaatmantel kan multifunctioneel worden ingezet voor bijvoorbeeld recreatie, extensieve landbouw of groenblauwe dooradering van het omliggende gebied
<b>Aanpassen doel-formuleringen</b>	Het huidige natuurbeleid in Nederland is gericht op (het behoud en verkrijgen van) soorten. Door klimaatverandering is het mogelijk dat deze doelsoorten niet meer in bepaalde gebieden kunnen overleven; ongeacht de kwaliteit en/of functioneren van het natuurgebied. Hierdoor is het mogelijk dat sommige natuurdoelen niet gehaald worden. Het natuurbeleid kan worden aangepast; van zeldzaamheid en uniciteit naar indicatoren voor functionaliteit van natuur
<b>Acceptatie van soortveranderingen</b>	Door het afgraven van delen van de uiterwaard krijgt de rivier bij hoogwater meer ruimte.
<b>Monitoring van natuurgebieden</b>	Monitoren van natuur(kwaliteit) is erg belangrijk. Op deze manier kan er goed worden ingespeeld op veranderingen in het systeem.
<b>Vergroten van genetische variatie en biodiversiteit van boomsoorten</b>	Een infiltratiebekken is een tijdelijke buffer en infiltratiebassin om tijdelijke pieken in extreme Neerslag op te vangen
<b>Waterretentie van winterneerslag in bossen</b>	Problemen met hoogwater en extreme rivierafvoer kunnen voorkomen worden door meer ruimte aan de rivier te geven. Door dijken verder landinwaarts te leggen is er meer ruimte voor de rivier. De extra gecreëerde ruimte kan dienstdoen als recreatie gebied, natuurgebied of heeft landbouwpotentieel

### **Internationale klimaatcorridor duin en kust en herstel van natuurlijke processen**

Nederland vormt een belangrijk onderdeel van een internationaal duin- en kustecosysteem. De ruimtelijke samenhang van het ecosysteem kan de migratie van soorten naar het noorden ondersteunen. Een groot deel van de duin- en kustgebieden is groot genoeg om effecten van klimaatverandering op te vangen. Alleen de gebieden langs Zeeuwse kust en delen van de Noord- en Zuid-Hollandse kust zijn versnipperd en vergen dan ook een grotere ruimtelijke aanpassing.

Op basis van deze inzichten is gekozen voor een strategie waarbij Nederland een belangrijke schakel vormt binnen de Europese klimaatadaptatie; deze strategie omvat het ontwikkelen van een internationale klimaatcorridor voor duin en kust (figuur 4.7). Deze klimaatcorridor functioneert als zoekgebied waarbinnen maatregelen kunnen worden genomen om het adaptief vermogen van het duin- en kustecosysteem te vergroten. De belangrijkste maatregelen binnen de klimaatcorridor zijn bedoeld om de natuurlijke, landschapsvormende processen te herstellen, zoals sedimentatie en erosie ( pijler 3). Deze natuurlijke processen bevorderen de heterogeniteit binnen het systeem (pijler 2). Ook is het binnen de klimaatcorridor nodig om duingebieden te vergroten en barrières weg te nemen voor migrerende soorten (pijler 1). In het verleden zijn maatregelen voor de kustveiligheid ten koste gegaan van de natuurlijke dynamiek en natuurlijke processen, waardoor veel heterogeniteit van het systeem verloren is gegaan. Hierbij gaat het vooral om zoet-zoutgradiënten en vroege successiestadia van de vegetatie.

Volgens de huidige inzichten kunnen natuurlijke processen juist bijdragen aan de kustverdediging (Deltacommissie 2008). Het is dan ook van belang om deze natuurlijke processen te herstellen, bijvoorbeeld door zandsuppletie. Hiervoor kan een zandeiland worden aangelegd voor de kust, een zogenaemde 'zandmotor' (VenW 2008). Het Waddengebied vormt één geheel met Duitsland en Denemarken. Langs de Belgische kust zijn de duinen sterk versnipperd geraakt, maar bieden wel mogelijkheden voor duinontwikkeling.

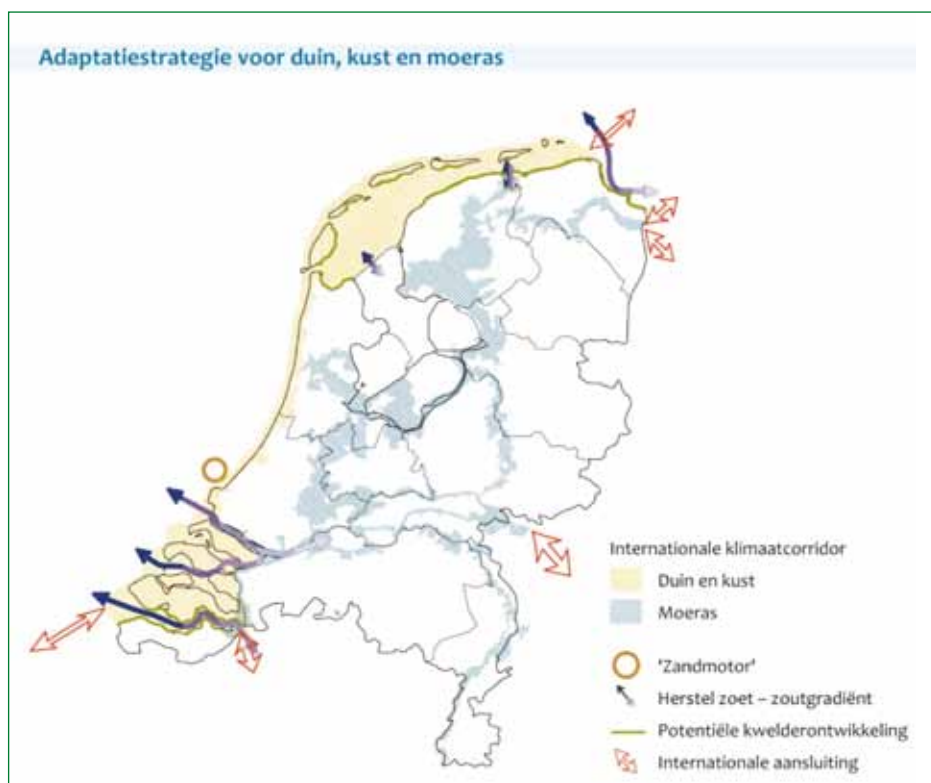
### **Internationale klimaatcorridor moeras als zoekgebied voor het nemen van maatregelen**

In de adaptatiestrategie gaat het om moerassen in laag Nederland en langs rivieren, zoals rietland en ruigte, natte schraalgraslanden, stroomdalgraslanden en struweel, en grienden op laagveen.

Als gevolg van klimaatverandering komt het duurzaam voorkomen van moeras sterker onder druk te staan. Omdat Nederland als laaglanddelta een relatief grote Europese ver-

antwoordelijkheid heeft voor moerasnatuur, is gekozen voor een internationale strategie: het ontwikkelen van een internationale klimaatcorridor moeras waar Nederland deel van uitmaakt en waarbinnen het bijdraagt aan de Europese klimaatadaptatie voor moeras (figuur 4.7). De klimaatcorridor moeras verbindt de Nederlandse moerasbolwerken onderling en met moerassen elders in Europa. De strategie van een klimaatcorridor houdt in dat adaptatiemaatregelen vrij geconcentreerd worden toegepast. Ze worden kosteneffectiever, omdat ze op de beste locaties worden ingezet en omdat ruimtelijk geconcentreerde maatregelen elkaar versterken. De klimaatcorridor functioneert als zoekgebied waarbinnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van moerasnatuur te vergroten. De eerste pijler is de ontwikkeling van een internationaal netwerk van moerasesystemen van voldoende omvang en samenhang (pijler 1). Daarnaast worden maatregelen genomen om de heterogeniteit en gradiënten binnen natuurgebieden en het omliggende landschap te vergroten (pijler 2). Ten slotte draagt het verbeteren van de standplaatscondities bij aan het adaptief vermogen, bij voorkeur door meer ruimte te geven aan landschapsvormende processen, bijvoorbeeld in het riviereengebied (pijler 3). De maatregelen vergroten het adaptief vermogen van het ecosysteem ter plaatse en bieden soorten tegelijkertijd de mogelijkheid om te migreren naar gunstige klimaatzones, wanneer het klimaat ongeschikt wordt.

Wanneer er maatregelen worden getroffen voor de waterveiligheid kan tegelijkertijd worden gewerkt aan de realisatie van de klimaatcorridor moeras. Vooral langs de grote rivieren maar ook in laag Nederland zijn er kansen om moerasnatuur te realiseren en de natuurlijke dynamiek te bevorderen. Voor laag Nederland is het aanwijzen van overstromingsgebieden in diepgelegen polders hier een goed voorbeeld van (Woestenburg 2009). Het aansluiten bij maatregelen om het riviereengebied beter te beschermen tegen overstromingen (programma Ruimte voor de Rivier) biedt kansen voor natuur. Voor de aansluiting van de nationale klimaatcorridor moeras op een Europese corridor bestaan verschillende mogelijkheden. Een verbinding naar het zuiden via het stroomgebied van de Schelde biedt grote kansen doordat de standplaatscondities daar goed zijn; bovendien bestaan er al concrete plannen voor dit gebied. De stroomgebieden van Rijn, Vecht, Reest en Eems verbinden de Nederlandse klimaatcorridor moeras met Duitsland.



Figuur 4.7 De ontwikkeling van een internationale corridor duin, kust en moeras, en andere maatregelen zoals de aanleg van een 'zandmotor' vergroten het adaptief vermogen van het ecosysteem

#### Adaptatiemaatregelen concentreren binnen een viertal clusters van heidegebieden

In Nederland zijn de heidegebieden sterk versnipperd, op enkele clusters na. Dit geldt ook voor de ons omringende landen. Het verbeteren van de ruimtelijke samenhang op internationale schaal is daarom geen realistische optie. De verwachte veranderingen in standplaatscondities en soortensamenstelling als gevolg van klimaatverandering zijn bovendien relatief groot en lijken ongunstig voor hoogveen en gunstig voor droge heide. Er is daarom gekozen voor een nationale strategie, met als centrale doelstelling het versterken van het adaptief vermogen in de vier Nederlandse clusters met een hoge dichtheid aan grote heidegebieden (figuur 4.8). Deze clusters dragen sterk bij aan het kunnen voortbestaan van heidesoorten in Nederland. In de clusters kunnen maatregelen worden genomen om het adaptief vermogen van het heide-ecosysteem te vergroten. De belangrijkste pijler van de adaptatiestrategie voor heide is het ontwikkelen van een grotere heterogeniteit, door natte heide, hoogveen en droge heide te beheren als mozaïeken met geleidelijke overgangen (pijler 2). Een ander aandachtspunt is het verbeteren van de ruimtelijke samenhang binnen de clusters, door gebieden te vergroten en met elkaar te verbinden (pijler 1). Ook worden maatregelen voorgesteld om de standplaatscondities te verbeteren (pijler 3).

#### Nederlandse bossen als zijtakken van de Europese klimaatcorridor bos

De duurzaamheid van de Nederlandse bossen gaat achteruit doordat gebieden mogelijk te klein zijn om weersextremen op te vangen en ruimtelijke knelpunten het migreren van soorten te verhinderen. De veranderingen in standplaatscondities lijken niet ingrijpend te zijn. De adaptatiestrategie voor de Nederlandse bossen richt zich vooral op het vergroten van de ruimtelijke samenhang (pijler 1). Oostelijk van Nederland liggen grote aaneengesloten bosgebieden, maar die grenzen niet aan de Nederlandse bossen. Het ligt daarom niet voor de hand dat Nederland deel zal uitmaken van een Europese klimaatcorridor voor bossen.

Voor de klimaatbestendigheid en het adaptief vermogen van de Nederlandse bossen is het echter wel belangrijk om aan te sluiten op de internationale klimaatcorridor. Soorten waarvoor het klimaat ongeschikt wordt, zullen op termijn uit Nederland verdwijnen. Via de internationale klimaatcorridor kunnen 'nieuwe soorten' waarvoor het klimaat geschikt wordt, de Nederlandse bossen koloniseren, waardoor de functionele biodiversiteit op peil zou kunnen blijven.

Als adaptatiestrategie wordt daarom voorgesteld om de Nederlandse bossen te ontwikkelen als zijtakken van een Europese klimaatcorridor bos (figuur 4.8). De zijtakken worden begrensd door gebieden die relatief veel bijdragen aan het duurzaam voorkomen van bossoorten, zoals de Veluwe, het Drents-Friese Wold en de Brabantse Wal. De aansluiting op de grotere Europese bosgebieden vraagt nog een flinke inspanning. De meest kansrijke routes lopen door Limburg richting België en door Overijssel richting Duitsland.

#### Regionale adaptatiestrategie voor kleinschalige natuurgebieden

Kleinschalige natuurgebieden vormen samen een soort mozaïek van verschillende typen natuur in multifunctionele landschappen. Vaak hebben ze een grote cultuurhistorische waarde, zoals de Achterhoek en Twente. Een regionale, multifunctionele adaptatiestrategie, ligt dan voor de hand, waarbij 'natuur' één van de functies is. Hierbij gaat het erom naar een synergie te streven tussen natuur en andere functies, zoals landbouw, waterregulatie, recreatie en landschap. Natuuradaptatiemaatregelen hoeven dan niet per definitie te leiden tot aankoop van meer natuur en een uitbreiding van het natuurareaal. Zo gaat in Groningen aanpassing van de waterregulatie samen met aanpassing van de natuurfunctie. De klimaatverandering noopt waarschijnlijk tot een

grotere opgave voor de waterberging. Het waterschap kan ruim 10 procent van de extra wateropgave voor klimaatverandering realiseren door een klimaatcorridor voor moeras en nat schaalgrasland aan te leggen via de voor natuur optimale routes (Roggema et al. 2009; Van Rooij et al. 2009). Ook in de westelijke veenweidegebieden kan een combinatie van water- en natuuradaptatiemaatregelen leiden tot synergie. Het ontwikkelen van moerasnatuur in de gebieden die het meest kwetsbaar zijn voor bodemdaling kan helpen om zowel bodemdaling tegen te gaan als een klimaatbestendige moerasnatuur te ontwikkelen (Woestenburg 2009). Tot slot ligt de 'natuur-watercombinatie' voor de hand bij beeksystemen. Beeksystemen spelen een sleutelrol bij een geïntegreerde multifunctionele klimaatadaptatie van de hogere zandgronden. Beeksystemen bestaan uit een beek met omliggende typen natuur en vormen een fijnmazig netwerk van natuurlijke groenblauwe dooradering. Ze zijn bijvoorbeeld belangrijk voor het reguleren van de regionale waterhuishouding (Agricola et al. 2010). Het herstel van natuurlijke en stromende beeklopen kan bijdragen aan het opvangen van wateroverlast bij piekafvoeren. Een groter watervasthoudend vermogen in de bovenlopen van beeksystemen komt de regionale waterhuishouding ten goede: er zullen dan minder watertekorten ontstaan gedurende droge periodes in de zomer. Dit voorkomt droogteschade in de landbouw en biedt



Figuur 4.8 De nationale strategie voor bos en heide kent twee opgaven: de adaptatiemaatregelen voor heide concentreren binnen (grensoverschrijdende) clusters van 'mozaïekgebieden', en Nederlandse bossen ontwikkelen tot zijtakken van een Europese klimaatcorridor bos.

*bovenstreams kansen voor natuurontwikkeling (Stuijzand et al., 2008).*

*Ook maatregelen in de omgeving van en tussen natuurgebieden in multifunctionele zones kunnen effectief zijn. Maatregelen in de waterhuishouding en nutriëntenhuishouding van zogenoemde beïnvloedingsgebieden (gebieden die invloed hebben op natuurgebieden, zie Kuijpers-Linde et al. 2007) kunnen sterk bijdragen aan de condities in de natuurgebieden zelf. Het rendement van het natuurbeleid zal door deze ingrepen toenemen, evenals de cultuurhistorische waarden van het landschap in de beïnvloedingszones.*

#### **Consequenties voor het natuurbeleid**

*De voorgestelde adaptatiestrategie vormt geen trendbreuk met de doelen van de EHS (inclusief de robuuste verbindingen) en Natura 2000: beschermen, vergroten, verbinden, verbeteren van standplaatscondities en waar nodig beheren. De invulling, prioritering en evaluatie van deze doelen zijn in de voorgestelde strategie echter wel anders dan in het huidige beleid. Zo verschuift de focus van het beleid bijvoorbeeld van soorten naar adaptief vermogen van ecosystemen. Ook noopt klimaatverandering tot keuzes in internationale context. We stellen daarom voor in te zetten op internationale verbindingen en de doelen en de strategie voor biodiversiteit te differentiëren over drie schaalniveaus.*

*Klimaatverandering vraagt dan ook om een aangepast natuurbeleid. In dat beleid moeten meer dan nu het geval is, randvoorwaarden worden gecreëerd waaronder het ecosysteem of ecologische netwerk als geheel, duurzaam kan functioneren. Ook zullen met het beleid de risico's van klimaatverandering kleiner moeten worden door het adaptief vermogen van de natuur te vergroten.*

*Deze aanpassing van doelen en instrumenten geldt niet alleen voor het nationale beleid. Ook de doelen van Natura 2000 zouden zich niet meer moeten richten op het duurzaam voortbestaan van specifieke soorten op specifieke plaatsen. Verder is het belangrijk dat voor typen natuur of soorten waarvoor de huidige beschermde gebieden op termijn ongeschikt worden, bereikbaar leefgebied aanwezig is in de nieuwe geschikte gebieden ergens anders in Europa.*

*De strategie houdt in dat adaptatiemaatregelen geconcentreerd worden toegepast binnen corridors en clusters. Ze worden (kosten)effectiever, omdat ze op de beste locaties worden ingezet en omdat ruimtelijk geconcentreerde maatregelen elkaar versterken. Daarnaast biedt een corridor of cluster ook planologische duidelijkheid. De ruimtelijke prioritering zoals die in de strategie is voorgesteld, wijkt af van de huidige ruimtelijke prioritering. Dit betekent dat ook de*

*nog aan te kopen of in te richten EHS-hectares bij voorkeur in deze corridors en clusters van gebieden moeten komen te liggen. Sommige van de huidige EHS-gebieden, (delen van) robuuste verbindingen en enkele Natura 2000-gebied vallen buiten de corridors en clusters van de adaptatiestrategie. Voor deze gebieden zou de rijksoverheid dus ook niet vanzelfsprekend doelen op het gebied van biodiversiteit hoeven te formuleren. Wel kunnen er andere nationale doelen worden geformuleerd waar de biodiversiteit profijt van heeft, zoals het tot stand brengen van een recreatielandschap. Er zijn in deze gebieden echter ook regionale doelen en regionaal beleid om de regio klimaatbestendig te maken. Als deze gebieden aansluiten op de klimaatcorridors en clusters zal ook de regionale natuur klimaatbestendiger worden.*

*In de strategie wordt voorgesteld om het milieu- en waterbeleid in de corridors en clusters voort te zetten. Om ervoor te zorgen dat de natuur zich goed kan aanpassen aan de gevolgen van de klimaatverandering, moet vermessing en in veel gevallen ook verdroging worden teruggedrongen. Het waterbeleid zou meer dan nu het geval is, gericht moeten zijn op een natuurlijke waterhuishouding binnen grotere samenhangende hydrologische eenheden. De vermessingsdoelen zijn wellicht lastiger te behalen met klimaatverandering dan zonder klimaatverandering, sommige doelen van het waterbeleid misschien juist gemakkelijker. Deze milieu- en waterdoelen en het beheer van een gebied zullen minder specifiek op bepaalde soorten gericht worden gericht, en meer op het gehele ecosysteem.*

*Klimaatverandering heeft niet alleen gevolgen voor de ruimtelijke aspecten van het natuurbeleid, ze beïnvloedt al het ruimtelijk beleid en zijn doelen. De kosten-batenbalans van natuurmaatregelen zal afhangen van de mogelijkheden om natuurdoelstellingen te combineren met andere doelen: de investeringskosten kunnen dan worden gedeeld en de maatschappelijke baten zullen stijgen, omdat de maatregelen niet alleen ten goede komen aan natuur maar ook aan andere landgebruikfuncties. Het Rijk streeft dan ook naar synergie van doelen.*

#### 4.4. Recreatie

In Nederland wordt op grote schaal gerecreëerd, toch is het oppervlak dat alleen voor recreatie wordt gebruikt klein. Het gaat hierbij om onder andere overnachtingplaatsen, jachthavens en om recreatie bedrijven die een stuk grond bezitten. De recreatieve behoefte is groot rondom stedelijke kernen, in de kustzone en gebieden met een aantrekkelijk landschap.

##### *Klimaatverandering en recreatie*

De invloed van klimaatverandering is onderzocht door de stichting recreatie (de Jonge et al, 2008). Deze studie stelt dat het weer in Nederland aantrekkelijker zal worden voor recreatie en toerisme. Lise et al. (2002) stelt dat voor elke graad temperatuurstijging de vraag naar binnenlands toerisme met 5 procent zal stijgen. Een kanttekening hierbij is dat consumenten binnenlandse vakanties afwisselen met buitenlandse vakanties in het volgende jaar. Hierdoor neemt de recreatieve behoefte en de druk op recreatieve bestemmingen en netwerken toe (vaar, fiets en wandel).

De klimatologische omstandigheden van populaire bestemmingen in Zuid-Europa worden minder aantrekkelijk en in Noordwest Europa aantrekkelijker. Klimatologische omstandigheden hebben invloed op de bestemmingskeuze. Volgens Amelung en Viner (2006) bepalen klimatologische omstandigheden, zoals temperatuur, aantal zonuren en neerslagverdeling een groot deel van de toeristische beweging binnen Europa. Dit kan betekenen dat Nederland ook aantrekkelijker wordt als vakantiegebied voor buitenlandse toeristen. Volgens Amelung (2005) zal het aantal buitenlandse toeristen dat naar de Nederlandse kust komt voor langere vakanties in de nabije toekomst echter maar beperkt toenemen.

De weersomstandigheden voor diverse vormen van (buiten-) recreatie worden gunstiger. Het wordt aangenamer voor veel buitenactiviteiten, zoals zwemmen, zonnen, wandelen en fietsen. Klimaatverandering beïnvloedt de geschiktheid van het landelijk gebied voor recreatie. Gezondheidsrisico's nemen door klimaatverandering toe. Warmer water kan maakt zwemwater gevoeliger voor blauwalgen. Vooral nutriëntrijk stilstaand water is hiervoor gevoelig, waardoor recreatie sterk wordt beperkt. De toename van teken en opschuiven naar het noorden van de Eikenprocessierups worden aan klimaatverandering gerelateerd. Daarnaast neemt de kans op hooikoorts toe door de introductie van planten met sterke allergenen (natuurkalender, 2009).

Mooi weer vergroot de aantrekkelijkheid van watersport. Dit kan leiden tot een toename van druk op de watersportgebieden. Daarnaast neemt de lengte van het seizoen voor watersport toe. Klimaatverandering leidt ook tot een aantal bedreigingen. Ten eerste komt bij hogere temperaturen de waterkwaliteit onder druk te staan. Er wordt de komende jaren veel geïnvesteerd om de waterkwaliteit in het regionale en hoofdwatersysteem te verbeteren. Daarnaast worden er maatregelen genomen om wateroverlast te voorkomen en het watersysteem veiliger te maken. Deze maatregelen hebben vaak een ruimtelijk karakter en kunnen effect hebben op de aantrekkelijkheid van het water en landschap voor recreatie. Het is daarom belangrijk om bij deze investeringen het recreatieve belang mee te nemen, zeker omdat de recreatieve druk op het watersysteem de komende jaren zal worden vergroot.

Over het algemeen wordt het in Nederland aantrekkelijker om te wandelen en te fietsen. De temperatuur stijgt en er is minder kans op neerslag. De toename van de hevigheid van buien is overigens minder aantrekkelijk. De aantrekkelijkheid van wandelen en fietsen is sterk gekoppeld aan de aantrekkelijkheid van het landschap. Klimaatverandering en adaptatiemaatregelen om klimaatverandering tegen te gaan hebben invloed op het landschap. Het verdient daarom aanbeveling om bij het nemen van adaptatiemaatregelen het landschappelijke en recreatieve aspect expliciet mee te nemen. In het algemeen kunnen we stellen dat kleinschalige landschappen, grote natuurgebieden en de kuststrook interessantere landschappen zijn dan de grootschalige en intensieve landbouwgebieden.

##### *Klimaatadaptatie recreatie*

Klimaatverandering biedt goede mogelijkheden voor de recreatieve sector, omdat er meer recreatie en toerisme wordt verwacht als gevolg van stijgende temperaturen. Deze extra druk betekent mogelijkheden voor ondernemerschap. De vraag naar overnachtingen, consumpties en activiteiten zal immers ook toenemen.

De toename van recreatieve druk levert wel een aantal beleidsvragen op. Ten eerste wordt de druk op de infrastructuur groter. Nu al staat het verkeer in de kuststrook vast als gevolg van kustrecreatie tijdens mooie dagen. Het verdient aanbeveling om recreatief gedrag te onderzoeken en te koppelen aan de mobiliteit. Daarnaast zorgt een toename van recreatiedruk voor een grotere behoefte aan overnachtingen, wandel- en fietspaden, zwemwater, musea, etc. De verschillende overheden moeten deze ontwikkeling faciliteren en er wellicht ook grenzen aan stel-



len. Ten slotte kunnen adaptieve maatregelen de aantrekkelijkheid van water en het landelijk gebied beïnvloeden. Het is daarom verstandig als overheden bij het nemen van adaptatiebeslissingen de aantrekkelijkheid van het landschap en de mogelijkheden voor recreatie meenemen.

#### 4.5. Integrale adaptatierichtingen

Klimaatverandering werkt verschillend door op gebieden en sectoren. Om tot een integrale klimaatadaptatie te komen moeten sectorale adaptatiemaatregelen en het beleid van de verschillende overheden elkaar versterken of bij elkaar aansluiten. Binnen deze studie hebben we een kader ontwikkeld waarbinnen klimaatadaptatiemaatregelen genomen kunnen worden. Het kader (adaptatierichting) bepalen we op basis van de potenties van een gebied. We nemen aan dat deze in grote mate bepaald worden door aanwezige landbouw en welke ontwikkelingsmogelijkheden de landbouw heeft. Deze keuze is arbitrair. Wij rechtvaardigen deze keuze met de volgende argumenten:

- De landbouw beslaat ongeveer 60 procent van het areaal in Nederlands en is hiermee een zeer belangrijke ruimtelijke speler
  - De landbouw is een groot gebruiker van water en stelt hoge eisen aan het waterbeheer
  - De landbouw heeft een economisch belang en is vaak sterk vertegenwoordigd in regionale gebiedsprocessen
- Dit betekent dat de landbouw categorieën uit paragraaf 4.2 de integrale adaptatierichting stuurt. Deze integrale adaptatierichting vormt het kader waarbinnen sectorale adaptatiemaatregelen voor landbouw, natuur en recreatie in een gebied het best genomen kunnen worden. Tevens schetst dit kader de mogelijkheden voor het meenemen van landschapsaspecten bij de adaptatiemaatregelen.

*Tabel 4.3 verdeling van het grondbeslag in Nederland naar gebieden met hoogwaardige-, grootschalige-, multifunctionele peri-urbane- en multifunctionele rurale landbouw in percentage*

	Percentage
Geen landbouwcategorie	15
Hoogwaardige landbouw	10
Grootschalige landbouw	36
Multifunctionele peri-urbane landbouw	21
Multifunctionele rurale landbouw	18

Hieronder beschrijven we hoe het kader voor integrale klimaatadaptatie eruit ziet in de verschillende gebieden met betrekking tot ruimtelijke ordening, water beheer, natuur en landschap. De adaptatiestrategie van de landbouw is al beschreven in paragraaf 4.2.

##### *Peri-urbane gebieden met hoogwaardige landbouw*

Adaptatie kan in deze gebieden worden vormgegeven met een sterk ruimtelijk beleid. Dit betekent dat de overheid duidelijk aangeeft waar bepaalde ontwikkelingen gewenst zijn. Voor de landbouw is dit ruimtelijk beleid al gestart met de zogenaamde greenports en landbouwontwikkelingsgebieden. De behoefte aan recreatiegebieden zal waarschijnlijk door klimaatverandering toenemen. In sommige gebieden is er nu al een gebrek aan recreatiegebied. De overheid kan zich richten op de aanleg van groengebieden in en om stedelijke kernen om voldoende recreatieve capaciteit te behouden. Deze groengebieden kunnen bijdragen aan de koeling van de stad en het voorkomen van wateroverlast in stedelijk gebied. Het is verstandig om bij de aanleg van deze gebieden rekening te houden met het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van natuur.

Het lijkt verstandig om het waterbeheer in te richten op het voorkomen van wateroverlast, aangezien de investeringen in deze gebieden vaak groot zijn. Dit betekent dat het waterbeheer zich sterk richt op “peil volgt functie”. Het is verstandig om groengebieden in de voor wateroverlast kwetsbare zones aan te leggen. Het waterbeheer kan zich richten op het beperken van de watervraag. Hierdoor kan de watervraag van een gebied worden beperkt. De watervraag vanuit de landbouw is groot, maar kapitaalkrachtige en intensieve niet grondgebonden bedrijven hebben de mogelijkheid om hun bedrijf los te koppelen van de wateraanvoer. Een voorbeeld hiervan is het loskoppelen van glastuinbouwgebieden in Zuid Holland. De overheid zou deze ontwikkeling kunnen stimuleren met subsidies of met wet- en regelgeving afdwingen. Tevens kan onderzocht worden welk effect het beprijzen van water heeft op de watervraag vanuit de landbouw en op het afkoppelen van hoogwaardige landbouw van het watersysteem. Voor hoogwaardige grondgebonden teelten, zoals de bollen-teelt, kan het beperken van het wateraanbod leiden tot grote productieverliezen. Een andere interessante ontwikkeling is om te kijken of de landbouw diensten kan leveren op het gebied van wateropslag en energie.

Over het algemeen lopen de zoekgebieden voor natuur waarbinnen adaptatiemaatregelen het meest kosteneffectief genomen kunnen worden niet door peri-urbane gebieden met een hoogwaardige landbouw. Indien dat toch

het geval is, is het verstandig natuurmaatregelen sterk te koppelen aan recreatie, waterbeheer en landschapsbeheer.

#### *Peri-urbane gebieden met multifunctionele landbouw*

Klimaatadaptatie kan via multifunctioneel landgebruik worden vormgegeven omdat hier landbouw, natuur en stedelijk gebied sterk verweven is. Multifunctioneel landgebruik is kansrijk als veel knelpunten bij elkaar komen in een verstedelijkte omgeving (Blom et al, 2010). Door de sterke functieverweving lenen multifunctionele landschappen zich goed voor het concept “functie volgt peil”. In deze gebieden kan het beleid gericht zijn op het vasthouden van water en daarmee de aanvoer beperken.

Agrariërs kunnen een rol spelen bij klimaatadaptatie door naast de productie voor de wereldmarkt diensten aan te bieden die passen in een stedelijke omgeving. De verbreding maakt de landbouw minder gevoelig voor klimaatverandering en kan zich richten op recreatie, zorg, landschap, groenblauwe diensten en het klimaatbestendiger maken van een gebied. Het staat niet op voorhand vast in welke richting deze markt zich ontwikkelt en welke diensten zullen worden aangeboden. De overheid kan de verbreding stimuleren door middel van bijvoorbeeld subsidies en pilots. Verschillende gebieden zijn actief bezig om multifunctioneel (peri-urbaan) landgebruik te stimuleren. Voorbeelden zijn het westelijke veenweidegebied en het Groene Woud. Het aanbieden van groenblauwe diensten kan bijvoorbeeld bijdragen aan het versterken van de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden en het beschermen van stedelijk gebied tegen wateroverlast.

Klimaatadaptatie van natuur in de klimaatcorridors en clusters kan in een multifunctioneel landschap worden vormgegeven door zowel het vergroten van natuurgebieden als het ontwikkelen van groenblauwe dooradering in het landschap. Groenblauwe dooradering betreft landschapselementen buiten natuurgebieden, zoals houtwallen, natuurlijke sloot en akkerranden, die bijdragen aan de ruimtelijke kwaliteit van een gebied. Groenblauwe dooradering en functie volgt peil vergroot ook de heterogeniteit van het landschap. Over het algemeen wordt een multifunctioneel landschap gezien als een interessant landschap voor recreatie.

#### *Rurale gebieden met grootschalige landbouw*

In deze gebieden, waar het landgebruik vaak uit grote eenheden bestaat, kan klimaatadaptatie via functiescheiding vorm worden gegeven. Het waterbeheer kan binnen

grote eenheden homogeen landgebruik goed worden vormgegeven volgens het principe peil volgt functie. Het watersysteem moet in deze gebieden “op orde” zijn. Op orde betekent dat het watersysteem voldoet aan de NBW normen en voldoende water kan aanvoeren om droogte of verzilting te bestrijden. Om het watersysteem op orde te houden liggen technische maatregelen voor de hand. Door de wateraanvoer te faciliteren is er geen aanleiding voor boeren om zuiniger om te gaan met water. Het is echter niet onwaarschijnlijk dat de wateraanvoer in een aantal van deze gebieden niet gegarandeerd kan worden. Er zullen dan innovaties nodig zijn om binnen het watersysteem en de landbouw efficiënter om te gaan met het (zoete) water. Alleen dan kunnen deze gebieden van voldoende water worden voorzien. Daarnaast zou het beprijzen van water een optie kunnen zijn om de watervraag te beperken. Hiernaar wordt momenteel onderzoek gedaan binnen het Deltaprogramma. De overheid speelt een belangrijke regierol bij de ruimtelijke ordening en bij het waterbeheer. Indien een dergelijke adaptatierichting wordt gekozen, dan faciliteert de ruimtelijke ordening en het waterbeheer het landgebruik. Adaptatiemaatregelen bieden weerstand aan klimaatverandering om het landgebruik te handhaven en negatieve effecten zo veel mogelijk te voorkomen.

Klimaatadaptatie van natuur in de klimaatcorridors en clusters kan in deze gebieden worden vormgegeven door het vergroten van natuurgebieden en het verbinden van natuurgebieden via robuuste verbindingzones. Bij de ruimtelijke planning van robuuste verbindingen wordt zo veel mogelijk rekening gehouden met areaal dat voor landbouw minder geschikt is. Binnen natuurgebieden is het beheer gericht op het vergroten van de heterogeniteit. Mogelijk kan de doorlatendheid van landbouwgebieden worden vergroot door actief akkerranden beheer. Dit beheer kan bijdragen aan het verlagen van de ziekte- en plaagdruk en ook de doorlatendheid van agrarisch gebied vergroten. De overheid kan dit beheer stimuleren. Omdat het peilbeheer in natuurgebieden en landbouwgebieden verschilt, zijn overgangszones tussen natuur en landbouwgebieden nodig.

#### *Rurale gebieden met multifunctionele landbouw*

Klimaatadaptatie kan via multifunctioneel landgebruik worden vormgegeven omdat hier landbouw en natuur verweven zijn. Door de sterke functieverweving lenen multifunctionele landschappen zich goed voor het concept “functie volgt peil”. In deze gebieden kan het beleid gericht zijn op het vasthouden van water en daarmee de aanvoer beperken.

De landbouw kan een rol spelen bij klimaatadaptatie door het aanbieden van klimaat gerelateerde diensten. In rurale gebieden ontbreekt de markt vanuit de stad ontbreekt grotendeels. De verbrede landbouw zal zich daarom vooral richten op groenblauwe diensten en op diensten die de uitstoot van broeikasgassen beperken. In sommige gebieden biedt toerisme een aanvulling op deze markt. De overheid kan deze markten actief stimuleren. In deze gebieden heeft de landbouw een relatief lage concurrentiekracht. Dit betekent dat bedrijven de extra druk die klimaatverandering oplegt niet altijd kunnen opvangen. Dit kan leiden tot het uit cultuur nemen van landbouwgronden. Het is raadzaam op deze ontwikkeling in te spelen. Wellicht biedt klimaatverandering voor deze gebieden nieuwe kansen om nieuwe teelten of bedrijfsstrategieën van de grond te krijgen, bijvoorbeeld de teelt van energiegewassen of aquacultuur. Het is interessant om deze mogelijkheden te onderzoeken. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met de kansen die de agrarische infrastructuur en het bestaande agrocomplex bieden en de beschikbaarheid van water.

Klimaatadaptatie van natuur in de klimaatcorridors en clusters kan in een multifunctioneel landschap worden vormgegeven door zowel het vergroten van natuurgebieden als het ontwikkelen van een multifunctioneel landschap. Groenblauwe dooradering en functie volgt peil vergroot ook de heterogeniteit van het landschap. Groenblauwe dooradering betreft landschapselementen buiten natuurgebieden, zoals houtwallen, natuurlijke sloot en akkerranden, die bijdragen aan de ruimtelijke kwaliteit van een gebied. Over het algemeen wordt een multifunctioneel landschap gezien als een interessant landschap voor recreatie.

In figuur 4.9 is een overzicht gegeven van de integrale adaptatierichtingen.

#### *Discussie*

Het is belangrijk om de beperkingen te onderkennen van de hierboven beschreven methodiek om de adaptatierichtingen te bepalen op basis van de landbouwcategorieën in een gebied. De gebruikte methodiek is bedoeld om een analyse op nationale schaal uit te voeren. Binnen de methodiek vallen lokale nuances weg, zoals de werkelijke verdeling van het type bedrijven binnen een gebied die zich willen richten op de wereldmarkt of op de verbrede landbouw. Daarnaast is de effectiviteit van adaptatiemaatregelen afhankelijk van lokale omgevingsfactoren. Ook is het belangrijk de belangen van stakeholders op te onder-

kennen. Kortom om tot een gedragen lokale of regionale adaptatiestrategie te komen is een gedegen gebiedsstudie nodig. Tevens dient de adaptatiestrategie te worden opgesteld in samenspraak met stakeholders. Overigens blijven de beschreven denklijnen voor adaptatie ook op lokale schaal van kracht.

<p><b>Gebied met multifunctionele urbane landbouw:</b> Meebewegen met klimaatverandering</p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functieverweving en multifunctioneel landgebruik</li> <li>• Klimaatadaptatie voor de stad, waterbeheer, natuur, recreatie en landbouw gezamenlijk oppakken</li> <li>• Meebewegen met het watersysteem: functie volgt peil en het vasthouden van (zoet) water</li> <li>• Geen nieuwe infrastructuur voor aanvoer (zoet) water aanleggen</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen gericht op voortzetten productieproces</li> <li>• Kwetsbaarheid verkleinen via verbreding</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Natuurgebieden vergroten en adaptatiemaatregelen</li> </ul>	<p><b>Gebied met hoogwaardige landbouw:</b> Weerstand bieden aan klimaatverandering</p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functiescheiding</li> <li>• Weerstand bieden aan wateroverlast, watertekort en verzilting, maar waterverbruik verkleinen door afkoppelen niet grondgebonden landbouw</li> <li>• Aanleg groengebieden rondom steden</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovatieve adaptatiemaatregelen</li> <li>• Verduurzaming via water- en energieefficiëntie</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maatregelen nemen binnen groengebieden en koppelen aan recreatiebehoeften</li> </ul>
<p><b>Gebied met multifunctionele rurale landbouw:</b> Meebewegen met klimaatverandering</p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functieverweving en multifunctioneel landgebruik</li> <li>• Klimaatadaptatie voor waterbeheer, natuur en landbouw gezamenlijk oppakken</li> <li>• Meebewegen met het watersysteem: functie volgt peil en het vasthouden van (zoet) water</li> <li>• Geen nieuwe infrastructuur voor aanvoer (zoet) water aanleggen</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen gericht op voortzetten huidige productie</li> <li>• Kwetsbaarheid verkleinen via verbreding</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Natuurgebieden vergroten en adaptatiemaatregelen zowel binnen en buiten natuurgebieden</li> </ul>	<p><b>Gebied met grootschalige landbouw:</b> Weerstand bieden aan klimaatverandering</p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functiescheiding</li> <li>• Weerstand bieden aan wateroverlast, watertekort en verzilting</li> <li>• Landgebruik faciliteren</li> </ul> <p><b>Landbouw</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen gericht op voortzetten huidige bedrijfsvoering</li> </ul> <p><b>Natuur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen nemen binnen bestaande natuurgebieden of robuuste verbindingen</li> </ul>

Figuur 4.9 Kansrijke adaptatierichtingen voor het landelijke gebied op basis van de adaptieve capaciteit van een gebied

## 5. Zeeklei

### 5.1. Gebiedsbeschrijving

Het zeekleigebied van Nederland strekt zich uit over de hele kustzone en langs het IJsselmeer met als onderbreking het westelijke en noordelijke veenweidegebied. Het zeekleigebied kenmerkt zich door overheersend landbouwkundig grondgebruik en een wisselende variatie in stedelijke druk. Rond de Randstad is de stedelijke druk groot, maar de overige gebieden hebben een ruraal karakter. We onderscheiden een aantal grote zeekleigebieden in Nederland; de Zuidwestelijke Delta, de droogmakerijen in de Randstad, Flevoland, het zeekleigebied in Noord-Holland en het Noordelijk Zeekleigebied (Friesland en Groningen). De Zuidwestelijke Delta en Flevoland zijn in deze studie nader geanalyseerd, om de adaptatierichtingen toe te passen op verschillende gebieden. De overige zeekleigebieden niet. Hieronder volgt een algemene beschrijving van belangrijkste kenmerken van het watersysteem, de landbouw en de natuur in het zeekleigebied. Vervolgens beschrijven we mogelijke adaptatierichtingen voor de Zuidwestelijke Delta en Flevoland.



Figuur 5.1 geografische ligging van het Zeekleigebied in Nederland

#### *Waterbeheer*

De waterhuishouding is van oudsher afgestemd op het landgebruik en kan sterk worden gereguleerd. Het regionale watersysteem van polders en droogmakerijen is ingericht om wateroverlast, natschade en (tot op zekere hoogte) droogte te voorkomen. Waterschappen moeten in 2015 hun watersysteem op orde hebben (Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)). Dit betekent dat het watersysteem voldoet aan de normen voor wateroverlast uit het NBW.

Een belangrijk aspect van het waterbeheer in een aantal Nederlandse zeekleigebieden is het bestrijden van verzilting. We onderscheiden interne en externe verzilting. In grote delen van west en noord Nederland is het grondwater in de ondiepe ondergrond zout (zie figuur 3.9). Het droogmalen van polders en droogmakerijen heeft het immobiele zoute grondwater in beweging gebracht en heeft een brakke kwelstroom in deze gebieden tot gevolg. Deze kwelflux neemt de komende jaren toe en daarmee de zoutbelasting. Dit proces wordt interne verzilting genoemd. Interne verzilting wordt versterkt door bodemdaling en zeespiegelstijging. De zeespiegelstijging heeft effect in een strook van ongeveer 7 km breedte langs de kust (Velstra et al, 2009). Interne verzilting wordt veelal bestreden met het doorspoelen van het watersysteem met gebiedsvreemd zoet water uit het IJsselmeer en de grote rivieren. Doorspoelen heeft een laag rendement in zowel het hoofdwatersysteem als in de boezems en het regionale watersysteem (de Vries et al, 2009)(Kwadijk et al, 2008). In het hoofdwatersysteem blijkt dat een klein gedeelte van de totale hoeveelheid water die naar zee stroomt gebruikt wordt voor de doorspoeling, peilbeheer en beregening. In het regionale watersysteem betekent dat een klein gedeelte van de totale hoeveelheid water die nodig is voor doorspoeling, peilbeheer en beregening, gebruikt wordt door de boer.

#### *Landbouw*

Zeeklei is zeer vruchtbaar; van oudsher worden deze gebieden gedomineerd door de landbouw. In de meer rurale gebieden is de grondgebonden landbouw dominant. De grondgebonden landbouw bestaat uit akkerbouw en melkveehouderij. Het akkerbouwgebied ligt in de groot-

schalige landschappen. Met uitzondering van Walcheren en Zeeuws Vlaanderen hebben deze gebieden een goede concurrentiepositie als gevolg van vruchtbare gronden, een lage ruimtelijke druk en een goed agrocomplex. De akkerbouw zal in deze gebieden naar schaalvergroting streven om de productiekosten te beperken. De laatste jaren zien we daarnaast op kleine schaal een verschuiving van akkerbouw naar melkveehouderij.

In en rond de Randstad worden voornamelijk kapitaalintensieve gewassen geteeld, zoals fruitteelt, bollenteelt en glastuinbouw. Deze bedrijven hebben over het algemeen een sterke concurrentiepositie en zullen ernaar streven om met innovaties de productiecapaciteit en de kwaliteit van de producten te verbeteren. Hierdoor kunnen ze blijven concurreren op de wereldmarkt. Kapitaalintensievere teelten stellen hogere eisen aan de beschikbaarheid van zoet water voor beregening, hierdoor stijgt de watervraag. Overigens is de glastuinbouw op veel plaatsen al losgekoppeld van het hoofd- en regionale watersysteem.

#### *Natuur*

Het aandeel natuurgebieden op het terrestrische deel van de zeekleigebieden is relatief klein. Het gaat hierbij voornamelijk om rietland en ruigte, bloemrijk grasland, hakhout en griend en bossen van (zee)kleigronden, en om zoute en brakke ruigten en graslanden (met name in het Zeeuwse deel van zeekleigebieden). Het zeekleigebied biedt kansen voor moerasnatuur. Er ligt hier echter wel een aantal problemen. In de grootschalige landschappen zijn natuurgebieden vaak versnipperd en zijn de migratiemogelijkheden tussen natuurgebieden vaak beperkt. Rondom de Randstad worden de mogelijkheden voor de aanleg van natuurgebieden en robuuste verbindingen beperkt door de ruimtelijke druk vanuit de stad.

De natuurwaarden van sloten is vaak beperkt als gevolg van een mindere waterkwaliteit, tegennatuurlijke seizoengerelateerde variatie van waterpeilen en de onnatuurlijk steile oevers. In het gebied dat gevoelig is voor verzilting komt daar een tegennatuurlijke variatie in zoutgehalte bij. (Aquatische) ecosystemen zijn erg gevoelig voor grote schommelingen in zoutgehalte. In Zeeland en Noord Nederland waar zeekleigebieden direct aan de kust grenzen liggen mogelijkheden voor het versterken van een dynamische kustnatuur door ontpoldering en het herstellen van zoet-zout overgangen.

Een mogelijke kans voor natuurontwikkeling is het vergroten van agrobiodiversiteit door meer natuurlijke akkerlanden en waterbeheer gericht op waterkwaliteit die de aquatische natuur stimuleert. Dit verbetert de ruimtelijke samenhang van de natuur. Groenblauwe netwerken zijn niet alleen belangrijk voor natuur, maar zijn ook voor andere functies van belang. Een positief neveneffect is dat ze de plaag- en ziektedruk kunnen verminderen. In het Nationale landschap Hoekse waard is geëxperimenteerd om het agrarisch gebied duurzaam te ontwikkelen met behoud van de karakteristieke identiteit. Het groenblauwe netwerk heeft geleid tot minder chemische bestrijdingsmiddelen (Blom et al, 2010). Daarnaast kunnen groenblauwe netwerken de aantrekkelijkheid voor recreatie versterken en een bijdrage leveren aan de waterkwaliteit.

#### *Zuidwestelijke Delta*

Onder de Zuidwestelijke Delta verstaan we in deze studie de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden, het zeekleigebied van West Brabant, Voorne Putten, Delfland en het Westland. De nadruk ligt op de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden. Deze gebieden kennen een sterk landbouwkundig grondgebruik. De Deltawerken hebben veel invloed gehad op de waterhuishouding. De Zuidwestelijke Delta kan worden opgedeeld in een deel waar het inlaten van zoet water mogelijk is (West Brabant, Tholen, St. Philipsland, Goeree-Overflakkee, Hoekse Waard, Voorne Putten en Delfland) en een gedeelte waar geen aanvoermogelijkheden van zoet water zijn (Zeeuwse Eilanden) (zie figuur 5.2).

Het Haringvliet en het Volkerrak-Zoommeer zijn grote zoetwatervoorraden, die de teelt van kapitaalintensieve gewassen (fruitteelt, bollenteelt en glastuinbouw) hebben gestimuleerd. In gebieden waar zoetwater kan worden aangevoerd of lokaal kan worden verzameld (bassins) hebben deze kapitaalintensieve teelten zich gevestigd. Deze teelten zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van zoet water en kennen een groter zoetwaterverbruik dan akkerbouw en veeteelt. In de gebieden waar de aanvoer van water niet mogelijk is, bestaat het grondgebruik voornamelijk uit akkerbouw en liggen karakteristieke open cultuurlandschappen.

Er liggen relatief weinig terrestrische natuurgebieden in de Zuidwestelijke Delta en er zijn beperkte migratiemogelijkheden. Hierdoor is de ruimtelijke samenhang beperkt. Het regionale watersysteem kent een lage biodiversiteit omdat de zoutconcentraties in het systeem sterk door het waterbeheer beïnvloedt worden. In het groeiseizoen worden delen van het watersysteem doorgespoeld om de



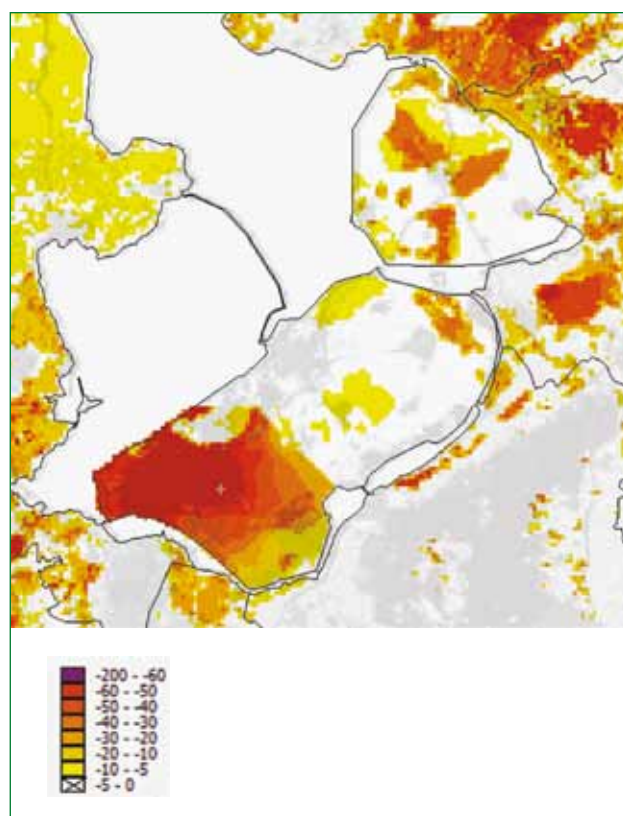
Figuur 5.2 Wateraanvoermogelijkheden in de Zuidwestelijke Delta (Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009)

zoutconcentraties te beperken, terwijl in de natuurlijke situatie de zoutconcentraties juist toe zouden nemen. Hier zijn weinig soorten tegen bestand. De kust- en estuarine zone heeft potenties voor de ontwikkeling van moeras- en dynamische kustnatuur. De koppen van de Zeeuwse en Zuid Hollandse eilanden kennen een sterk recreatief gebruik. De kust, het cultuurlandschap en oude stadskernen trekken in de zomer veel toeristen en recreanten.

#### Flevoland

De Noordoostpolder, Oostelijk en Zuidelijk Flevoland zijn ontstaan door inpoldering van het IJsselmeer. De Noordoostpolder is in 1942 drooggelegd. De rest van Flevoland volgde later. Oostelijk Flevoland viel droog in 1957 en Zuidelijk Flevoland in 1968. Deze polders zijn gevoelig voor bodemdaling als gevolg van rijping van klei, oxidatie van veen en de onttrekking van bodemvocht. Oorspronkelijk was het in de Flevopolders de bedoeling eerst akkerbouw te bedrijven en later over te stappen op melkveehouderij. Flevoland is echter nog steeds ingericht als productielandschap voor de akkerbouw. De productie is hoog en het landschap is open. In het zuidwesten van Flevoland neemt de ruimtelijke druk toe omdat Almere uitbreidt en er een natuurverbinding is gepland tussen de Oostvaardersplassen en de Veluwe. De Oostvaardersplassen is een belangrijk moerasnatuurgebied dat kan worden gezien als moerasbolwerk (Vonk et al, 2010).

Waterschap Zuiderzeeland hanteert hogere normen voor wateroverlast dan de rest van Nederland. De standaardnormering voor wateroverlast in Nederland is 1:25 voor akkerbouwgebieden. Dit betekent dat er eens in de 25 jaar inundatie vanuit de waterlopen mag plaatsvinden. Het



Figuur 5.3 De potentiële bodemdaling in Flevoland (centimeters)

waterschap hanteert in het landelijk gebied een norm van minimaal 1:80 en maximaal 1:100. Het waterschap wil dit ambitieniveau vasthouden. Het watersysteem van Zuidelijk en Oostelijk Flevoland voldoet, bij uitvoering van het huidige beleid aan de zelf opgelegde normen. Het heeft grote peilvakken en kent een grote drooglegging. Het wa-

tersysteem heeft voldoende bergingscapaciteit om in 2015 op orde te zijn. De Noordoostpolder heeft wel een wateropgave. Het watersysteem is hier krupper gedimensioneerd dan in Zuidelijk en Oostelijk Flevoland. In de watersysteembeheer jaarrapportage 2005 van het Waterschap Zuiderzeeland zijn de waterbalansen (1995 - 2004) voor Zuidelijk en Oostelijk Flevoland en de Noordoostpolder weergegeven (tabel 5.1). Het belangrijkste verschil tussen beide polders is dat er naar Zuidelijk en Oostelijk Flevoland jaarlijks nauwelijks water wordt aangevoerd (4%), terwijl er naar de Noordoostpolder op jaar basis wel water wordt aangevoerd (14%). Flevoland gebruikt de aanvoer van water om de waterkwaliteitsdoelstellingen te realiseren. In de Noordoostpolder wordt water aangevoerd voor doorspoeling, peilhandhaving, nachtvorstbestrijding en om in droge tijden gewassen te beregenen, het bestrijden van vorstschade en het doorspoelen van de polder. Het waterschap acht een uitbreiding van de wateraanvoer bij de huidige functies niet wenselijk.

Het kwelwater in de Noordoostpolder komt enerzijds uit Overijssel (zoet) en anderzijds uit het IJsselmeer (brak). Naast kwel treedt er vanuit de hoger gelegen gebieden, zoals Urk, Schokland, Kadoelen en Ramspol, wegzijging op. Ook Zuidelijk en Oostelijk Flevoland ontvangen een significante hoeveelheid kwelwater. In circa 40 procent van het oppervlakte is deze kwel zoet (De IJn Harderwijk – Oostvaardersplassen en in de oost-rand van Oostelijk Flevoland).

## 5.2. Kwetsbaarheid en kansen

Het hele zeekleigebied is kwetsbaar voor neerslagextremen en droge perioden. De lage delen, zoals diepe droogmakerijen zijn extra gevoelig voor natschade en wateroverlast. In de kuststrook (zuidwestelijke Delta en Noord Nederland) en de diepe droogmakerijen wordt de verzil-

ting versterkt door zeespiegelstijging en bodemdaling. In gebieden waar water vanuit het hoofdwatersysteem kan worden aangevoerd (figuur 3.8) kan de verzilting worden bestreden. De landbouw is vanwege het intensieve grondgebruik gevoelig voor ziekten en plagen. Het is echter onduidelijk of deze zullen toenemen als gevolg van klimaatverandering. De natuur in het zeekleigebied bestaat voornamelijk uit het type moerasnatuur. De ruimtelijke kwaliteit is onvoldoende om klimaatverandering op te vangen. Er zijn maatregelen nodig om deze te verbeteren. Daarnaast zijn er maatregelen nodig om de waterkwaliteit te verbeteren. Hieronder wordt de kwetsbaarheid van het watersysteem, de landbouw en de natuur uitgebreid beschreven. Vervolgens beschrijven we de kwetsbaarheid van de Zuidwestelijke Delta en van Flevoland.

### Watersysteem

Extreme buien kunnen leiden tot wateroverlast en natschade in het landelijk gebied, maar ook in de stedelijke kernen. Klimaatverandering vergroot de kans dat het watersysteem niet langer aan de gestelde eisen voldoet. Kleigronden zijn slecht doorlatend en daarom is een goede afvoer- en bergingscapaciteit van het regionale watersysteem nodig om piekbuien af te voeren. Er zullen in veel gebieden maatregelen nodig zijn om ervoor te zorgen dat het watersysteem in 2050 en 2100 aan de normen voor wateroverlast (NBW) blijft voldoen. In het kader van het WB21 beleid moeten maatregelen in 2015 gerealiseerd zijn. Hierbij is rekening gehouden met het KNMI midden scenario.

De kans op droogteschade neemt toe vooral onder de + scenario's. Een voordeel van kleigronden is dat ze relatief goed water vasthouden. Ondanks dit voordeel worden er ook in de Zeekleigebieden problemen ten aanzien van droogte verwacht. In gebieden met zout grondwater maken boeren gebruik van de zoetwaterlens. De zoetwaterlens bestaat uit zoetwater afkomstig uit het neerslagoverschot dat blijft drijven op het zoute grondwater. Ver-

Tabel 5.1 Gemiddelde waterbalansen over de periode 1995-2004 voor Flevoland en de Noordoostpolder (Bron: Watersysteembeheer Jaarrapport 2005)

	Zuidelijk en Oostelijk Flevoland (mm)	Noordoostpolder (mm)	Zuidelijk en Oostelijk Flevoland (%)	Noordoostpolder (%)
Neerslag	870	870	73	66
Kwel	270	270	23	20
Inlaat	50	185	4	14
Afvoer	- 700	- 870	59	66
Verdamping	- 490	- 450	41	34



damping zorgt ervoor dat de dikte van de zoetwaterlens afneemt. Het neerslagoverschot en de verdamping zullen als gevolg van klimaatverandering veranderen. Momenteel wordt er in Noord Nederland onderzoek gedaan naar de effecten van klimaatverandering op de neerslaglens.

De gangbare manier om verzilting te bestrijden is het doorspoelen met zoet water van het watersysteem met gebiedsvreemd zoet water uit het IJsselmeer en de grote rivieren. Niet overal kan water worden aangevoerd om verzilting te bestrijden. In delen van Zeeland en Noord Groningen is de wateraanvoer beperkend. Als gevolg van klimaatverandering neemt de beschikbaarheid van doorspoelwater af en de behoefte aan doorspoelwater toe. De afvoer van rivieren en beken zal met name in de G+ en W+ scenario's in de zomer afnemen. In laag Nederland zal als gevolg van zeespiegelstijging en lagere rivierafvoeren de zoutindringing in het hoofdwatersysteem vanuit zee vaker optreden en verder landinwaarts reiken. Dit bedreigt meerdere inlaatpunten voor zoetwater, waaronder inlaatpunten die belangrijk zijn voor het bestrijden van verzilting in Zeeland en Zuid Holland. In het Deltaprogramma worden keuzes voorbereid in de verdeling van het beschikbare zoete water binnen Nederland. Deze keuzes kunnen grote consequenties hebben voor het landgebruik in de Zeekleigebieden, zeker als besloten wordt om de aanvoer van zoet water in verziltingsgevoelige gebieden niet te garanderen.

#### *Landbouw*

De landbouw op kleigrond is gevoelig voor natschade. Een ander probleem van natte situaties is dat boeren niet met zware machines op het land kunnen om te oogsten of de grond te bewerken. Boeren op zeeklei hebben ook last van droogteschade, maar zijn hiervoor relatief minder gevoelig omdat kleigronden water goed vast kunnen houden. Hierdoor kan een concurrentievoordeel ontstaan, zeker als boeren kunnen beregenen. Boeren in Noord Nederland hebben in droge jaren een goed bedrijfsresultaat omdat ze de beschikking houden over water in de bodem, terwijl veel Europese concurrenten lage opbrengsten hebben als gevolg van droogteschade (Hermans et al, 2008).

In een aantal verziltingsgevoelige gebieden wordt het oppervlaktewater zoet gehouden, zodat de agrarische sector kan beregenen. Beregenen is nodig om in droge periode droogteschade te voorkomen of om in verziltingsgevoelige gebieden de zoetwaterlens intact te houden. Niet overal is beregening mogelijk. Akkerbouwbedrijven met aardappelen in de gewasrotatie produceren zonder te beregenen,

omdat beregenen niet is toegestaan als gevolg van besmettingsgevaar met bruinrot. De zouttolerantie van beregeningswater verschilt sterk per gewas. In het algemeen kan gesteld worden dat kapitaalintensieve teelten, zoals glastuinbouw, fruitteelt en bollenteelt afhankelijk zijn van beregening met kwalitatief hoogwaardig water. De akkerbouw en melkveehouderij zijn zouttoleranter. In Nederland is discussie ontstaan over de aanbevolen chloride concentratie in gietwater. Het concept van Maas en Hofman (1977) om gewasschade als gevolg van te zout gietwater te berekenen voldoet niet in Nederland (van Bakel et al, 2009). Dit zou betekenen dat de drempelwaarden voor chloride concentratie opnieuw berekend zouden moeten worden voor de Nederlandse situatie.

Voor teelten als glastuinbouw en fruitteelt kan het aantrekkelijk zijn om hun bedrijf los te koppelen van het regionale watersysteem als het watersysteem de beschikbaarheid van zoet water niet kan garanderen. Hierdoor worden bedrijven zelf verantwoordelijk voor de aanvoer van kwalitatief hoogwaardig water en neemt de afhankelijkheid van deze bedrijven af. Het afkoppelen van glastuinbouwcomplexen in Delfland toont dit aan.

In gebieden waar verziltingbestrijding niet mogelijk is, zijn boeren afhankelijk van zoetwaterlens. De zoetwaterlens bestaat uit zoetwater afkomstig uit het neerslagoverschot dat blijft drijven op het zoute grondwater. Een groter neerslagtekort of droge perioden in het groeiseizoen kunnen ook leiden tot het verdwijnen of verdunnen van de zoetwaterlens, waardoor zout de wortelzone kan binnendringen met zoutschade als gevolg. Onder met name het G+ en het W+ scenario neemt de kans op te dunne zoetwaterlens tijdens droge periode toe.

Grootschalige akkerbouwgebieden zijn nu al extra kwetsbaar voor ziekte en plagen, omdat de teeltrotaties om kostendekkend te produceren elkaar snel opvolgen en percelen maximaal belast worden.

#### *Natuur*

Binnen het zeekleigebied is moerasnatuur het belangrijkste ecosysteem. Door klimaatverandering gaan naar verwachting de geschikte klimaatzones van planten en dieren verschuiven en neemt de kans op het lokaal uitsterven van soorten toe. Het vergroten van natuurgebieden versterken van de ruimtelijke samenhang is nodig om vestiging van soorten en migratie naar geschikte leefgebieden mogelijk te maken. Natuurgebieden in zeekleigebieden en droogmakerijen kennen momenteel een beperkte samenhang.

De standplaatsfactoren kunnen als gevolg van klimaatverandering veranderen. Tevens kunnen weersextremen in gebieden die gevoelig zijn voor verzilting leiden tot grotere fluctuaties in het zoutgehalte van het oppervlakte water. Hierdoor komt de natuurkwaliteit in het watersysteem verder onder druk te staan.

In de kustgebieden liggen kansen om adaptatiemaatregelen gericht op waterveiligheid in samenhang met natuurontwikkeling uit te voeren. Hier liggen kansen voor het herstel van zoet-zout gradiënten, ontpoldering en kweldervorming. Deze maatregelen kunnen in samenhang worden genomen met veiligheidsmaatregelen in het kustbeheer.

#### *Zuidwestelijke Delta*

Als gevolg van zeespiegelstijging en een toenemende watervraag is de Zuidwestelijke Delta gevoelig voor verzilting. De zoute kwel neemt op de eilanden, langs de kust en in de diepe droogmakerijen toe als gevolg van zeespiegelstijging en veranderende managementstrategieën, zoals het vergroten van het getij en inlaten van zout/brak water. De kwetsbaarheid wordt vergroot omdat als gevolg van externe verzilting de inlaat van zoet water wordt beperkt. Externe verzilting wordt veroorzaakt door zout indringing vanuit zee in het hoofdwatersysteem, hierdoor kan het chloride gehalte van het oppervlakte water bij een aantal inlaatpunten voor zoet water te hoog worden voor de bestrijding van verzilting. In dergelijke gevallen moet de bestrijding van verzilting tijdelijk worden stopgezet. Daarnaast staat de aanvoer van water op korte termijn onder druk omdat in het Deltaprogramma het Rijk een aantal keuzes in het hoofdwatersysteem voorbereidt worden die sterk doorwerken op de aanvoermogelijkheden van zoet water, zoals het kierbesluit en de plannen voor verzilting van het Volkerrak-Zoommeer.

Het wordt niet alleen moeilijker om water aan te voeren om verzilting te bestrijden en te beregenen, er is ook meer water nodig om de verzilting te bestrijden. Daarnaast groeit de agrarische watervraag omdat in de gebieden waar wateraanvoer mogelijk is boeren overstappen op kapitaalintensieve gewassen die meer water verbruiken. Daarom zullen in drogere en warmere zomers grotere hoeveelheden zoetwater in het regionale watersysteem moeten worden ingelaten om het serviceniveau te handhaven en aan de toenemende watervraag vanuit de landbouw te kunnen voldoen. In de toekomst zal er daarom vaker schaarste zijn aan kwalitatief voldoende zoet water (de Vries et al, 2009). Dit effect treedt vooral op onder het W+

scenario. Een belangrijke vraag is of deze extra watervraag gefaciliteerd kan worden uit het hoofdwatersysteem. De gevoeligheid van Zeeland ten aanzien van verzilting wordt vergroot doordat in het watersysteem het zoete water niet van het zoute water wordt gescheiden. Hierdoor is nu al relatief veel zoet water nodig om de waterlopen zoet te houden.

Omdat er relatief weinig terrestrische natuurgebieden in de Zuidwestelijke Delta zijn, is de ruimtelijke samenhang onvoldoende om klimaatverandering op te vangen. Uit analyses blijkt dat zowel voor de natuurtypen moeras en kust- en duinen er een ruimtelijke opgave ligt om de effecten van klimaatverandering op te vangen. De Zuidwestelijke Delta speelt potentieel een belangrijke rol in het verbinden van de Nederlandse klimaatcorridor moeras en de klimaatcorridor duin en kust via België met het Europese netwerk.

De toename van verzilting biedt zowel kansen als bedreigingen voor de natuur. Er ontstaan mogelijkheden voor het herstel van natuurlijke zoet-zout overgangen. Ecosystemen en soorten zijn echter kwetsbaar voor harde en plotselinge overgangen en grote (onnatuurlijke) fluctuaties in zoutconcentratie. Er liggen in de Zuidwestelijke Delta goede kansen om natuurontwikkeling te koppelen aan dynamisch kustbeheer en recreatie.

Het toerisme en recreatie zijn op de koppen van de Zeeuwse eilanden al een belangrijke bron van inkomen. Als het klimaat warmer en droger wordt neemt de aantrekkelijkheid van het gebied voor kusttoerisme toe. Tevens zal het seizoen worden verlengd. Dit biedt kansen voor ondernemerschap en stelt eisen aan de recreatieve voorzieningen.

#### *Flevoland*

Klimaatverandering leidt in Flevoland tot een grotere gevoeligheid voor wateroverlast. De Bodemdaling die als gevolg van het droogleggen van de Flevopolders nog verwacht wordt, vergroot deze gevoeligheid aanzienlijk. Hierdoor kunnen de hoge normen met betrekking tot wateroverlast onder druk komen te staan. In tabel 5.2 is per deelgebied de oppervlakte weergegeven dat in 2050 niet voldoet aan de normen van Waterschap Zuiderzeeland. Bij deze berekeningen is gebruik gemaakt van het KNMI midden scenario.

Tabel 5.2 Opperlakte (ha) dat in 2050 niet voldoet aan de huidige normen voor wateroverlast van Waterschap Zuiderzeeland zonder aanvullende maatregelen en na uitvoering huidig beleid (situatie maart 2010)

	Geen maatregelen	Uitvoeren huidig beleid
Zuidelijk en oostelijk Flevoland	4000	2700
Noordelijk Flevoland	3700	1200

De beschikbaarheid van zoet water op Flevoland is afhankelijk van neerslag, wateraanvoer en kwelwater. De inschatting is dat er nu en in de toekomst voldoende zoetwater beschikbaar is, zonder extra water aan te voeren. Deze inschatting wordt ondersteund doordat zowel in 2003 (droog) als in 1976 (extreem droog) er voldoende zoetwater in Flevoland beschikbaar was. Het opzetten van het IJsselmeer kan leiden tot een verhoogde brakke kwel. De brakke kwel is het gevolg van (historisch) zout grondwater. Mocht blijken dat er in de toekomst toch extra water nodig is, dan kan dit relatief gemakkelijk worden aangevoerd vanuit het IJsselmeer of de randmeren.

De landbouw is vooral gevoelig voor wateroverlast. Daarnaast kunnen ziekten en plagen in grootschalige productiegebieden zoals Flevoland grote consequenties hebben. De ruimtelijke kwaliteit van moerasnatuur is momenteel onvoldoende om klimaatverandering op te vangen. De Oostvaardersplassen liggen tamelijk geïsoleerd. De geplande verbindingzone tussen de Oostvaardersplassen en de Veluwe verbetert de ruimtelijke kwaliteit aanzienlijk.

### 5.3. Adaptatierichtingen

Zoals in hoofdstuk vier besproken gaan we in deze studie ervan uit dat de meest kansrijke adaptatierichting wordt bepaald door het type landbouw in een gebied; hoogwaardige landbouw, multifunctionele peri-urbane landbouw, multifunctionele rurale landbouw en grootschalige landbouw. In deze paragraaf beschrijven we eerst hoe adaptatie kan worden vormgegeven in het waterbeheer, de landbouw en de natuur. Vervolgens passen we de in hoofdstuk 4 beschreven adaptatierichtingen toe in de Zuidwestelijke Delta en in Flevoland.

#### Watersysteem

Maatregelen om wateroverlast en natschade voor de landbouw tegen te gaan kunnen zowel in het regionale watersysteem worden genomen als op bedrijfsniveau. Het watersysteem in zeekleigebieden is ontworpen om overtollig regenwater efficiënt af te voeren. Maatregelen die

het regionale watersysteem robuuster maken voor wateroverlast passen in de beleidsstrategie vasthouden, bergen en afvoeren. Om droogte- en zoutschade tegen te gaan kan zoet water vanuit het hoofdwatersysteem worden aangevoerd of kunnen maatregelen genomen worden die gericht zijn op het vasthouden van zoet water, het robuuster maken van het landgebruik en het stimuleren van een zelfvoorzienende landbouw. De wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem komt in een aantal gebieden onder druk te staan als gevolg van klimaatverandering.

De huidige strategie om verzilting tegen te gaan is om het regionale watersysteem door te spoelen met zoet water. Uit verschillende studies blijkt dat dit een weinig efficiënte methode is. Uit de KvK studie “*Vraag en aanbod van zoetwater in de zuidwestelijke Delta een verkenning*” blijkt dat het rendement van het doorspoelen van Tholen en West Brabant respectievelijk slechts 2 en 6 procent is. Dit betekent dat 2 tot 6 procent van het de totale hoeveelheid water die nodig is voor doorspoeling, peilbeheer en beregening, gebruikt wordt door de boer. Het rendement van de watervoorziening van Tholen zal afnemen tot minder dan 1 procent als het klimaat verandert (de Vries et al, 2009). Het Rijk staat voor de keuze om zoet water aan te blijven voeren vanuit het hoofdwatersysteem en daarmee de beschikbaarheid van zoet water te blijven garanderen (serviceniveau handhaven) of om de aanvoer van zoet water te beperken of te stoppen. Indien de wateraanvoer wordt beperkt of gestopt zijn er maatregelen gericht op een efficiënter watergebruik nodig in het regionale watersysteem of in het landgebruik. Het landgebruik kan ook zouttoleranter worden. In het regionale watersysteem kan de waterefficiëntie worden vergroot met een aantal maatregelen, zoals:

- Gescheiden systemen (aanvoer van zoetwater scheiden van de afvoer van zilt water)
- Isoleren zoute kwelgebieden
- Afkoppelen Glastuinbouw- en fruitteeltbedrijven
- Beprijzen van water

In het kader van het Deltaprogramma zal onderzoek worden gedaan naar het beprijzen van water.

### Landbouw

Op bedrijfsniveau zullen agrariërs zich waarschijnlijk richten op technische maatregelen om nat-, droogte- en zoutschade te beperken. De agrariër kan bijvoorbeeld het drainagesysteem verbeteren om natschade te voorkomen. Het verbeteren van bodembeheer kan de kwetsbaarheid van bedrijven ten aanzien van nat- en droogteschade beperken. Boeren kunnen daarnaast overwegen om over te stappen op minder kwetsbare teelten (Schaap et al, 2009). Boeren hebben dergelijke maatregelen op het netvlies.

Indien droogte en verzilting bestreden wordt is er voor de agrarische sector geen reden om efficiënter met water om te gaan. In de gebieden waar het serviceniveau verslechtert of die qua wateraanvoer zelfvoorzienend zijn zal de kwetsbaarheid van de landbouw toenemen. De adaptatiemaatregelen die bedrijven nemen zijn sterk afhankelijk van zijn bedrijfsvoering. Waarschijnlijk zullen glastuinbouwbedrijven en fruitteelt zich loskoppelen van het watersysteem en zelfvoorzienend worden of zich verplaatsen naar locaties waar wel voldoende zoet water aanwezig is. Een goed voorbeeld is Delfland. Hier zijn glastuinbouwbedrijven losgekoppeld van het regionale watersysteem, omdat de zoetwatervoorziening onvoldoende gegarandeerd was. Zij vangen regenwater op en vullen het tekort aan zoetwater aan met leidingwater en grondwater dat door middel van omgekeerde osmose zoet wordt gemaakt. Leidingwater heeft een te hoge concentratie natrium (Sonneveld et al, 1991). De zoute afvalstroom (brijn) wordt weer geïnjecteerd in de bodem. Voor de lozing van brijn moet overigens binnen afzienbare tijd een duurzame oplossing worden gevonden. Het ontkoppelen van landbouwbedrijven biedt perspectief voor glastuinbouw en fruitteelt.

Als het niet mogelijk is om (tijdelijk) te beregenen, vanwege te zout oppervlakte water of beperkingen zoals beregeningsverboden, zijn boeren in verziltingsgevoelige gebieden aangewezen op de zoetwaterlens. Dit vereist meer robuustere teelten ten aanzien van zout, zoals akkerbouw en melkveehouderij. In met name de droge scenario's kunnen zoetwaterlenzen in het groeiseizoen te dun worden, waardoor zout de wortelzone binnen zou kunnen dringen. Technische maatregelen/innovaties op perceel niveau kunnen bijdragen aan het behouden van de zoetwaterlenzen. Boeren kunnen daarnaast maatregelen nemen om hun watervoorraad te vergroten, zoals aansluiting op leidingwater, het opvangen van neerslag, ontzilten van oppervlaktewater en het hergebruik van water. Al deze technieken worden ook gebruikt bij het afkoppelen van het watersysteem. Indien de zoutschade een groot risico gaat

vormen voor de bedrijfsvoering dan kunnen transitie in de landbouw of in grondgebruik plaatsvinden. Transitie van de landbouw kunnen bijvoorbeeld gericht zijn op het verbreden, het overstappen op zouttolerante teelten, zilte aquacultuur en het overstappen naar een ander landgebruik. Op basis van de huidige kennis is het niet mogelijk om aan te geven wanneer deze transitie als gevolg van klimaatverandering nodig zijn.

Akkerbouwgebieden op zeekleigrond zijn vanwege het intensieve landgebruik nu al kwetsbaar voor ziekten en plagen. Naast de gangbare ziekte en plaagbestrijding, kan de kwetsbaarheid worden verkleind door de agrobiodiversiteit te vergroten. Akkerbouwgebieden kunnen bijvoorbeeld de agrobiodiversiteit vergroten door in te zetten op groenblauwe dooradering. Deze maatregelen hebben een positief effect op de ruimtelijke kwaliteit van de natuur en op de aantrekkelijkheid van het landschap.

### Natuur

Door adaptatiemaatregelen te concentreren in klimaatcorridors en clusters worden deze kosteneffectiever, omdat ze op de beste locaties worden ingezet en omdat ruimtelijk geconcentreerde maatregelen elkaar versterken. In het zeekleigebied zijn de belangrijkste ecosystemen moeras en kust en duinen. Het zoekgebied voor de klimaatcorridor moeras loopt voor ongeveer 20 procent over zeekleigebied. Adaptatiemaatregelen voor natuur zijn gericht op het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van natuurgebieden, het vergroten van de heterogeniteit van binnen natuurgebieden en van het landschap en het vergroten van de milieukwaliteit. De klimaatcorridor moeras loopt grofweg langs de rand van het Noordelijk Zeekleigebied, langs de rand van de Flevoland, de Noordoostpolder en door het zeekleigebied van de Zuidwestelijke Delta. Daarnaast moet het noordelijk zeekleigebied worden doorkruist om het Lauwersmeer te ontsluiten.

Het verbeteren van de natuurkwaliteit en de ruimtelijke samenhang kan worden vormgegeven door de aankoop van natuurgronden. Het vergroten van natuurgebieden en het verbinden van deze gebieden door robuuste verbindingzones aan te leggen ligt meer voor de hand in gebieden met een grootschalige landbouw. Eventueel kan groenblauwe dooradering worden toegepast in dergelijke gebieden, omdat de landbouw hier voordeel uit kan halen doordat dit leidt tot een vermindering van de ziekte- en plaagdruk. In gebieden met een multifunctionele landbouw liggen echter deze maatregelen meer voor de hand. In gebieden met een hoogwaardige landbouw is

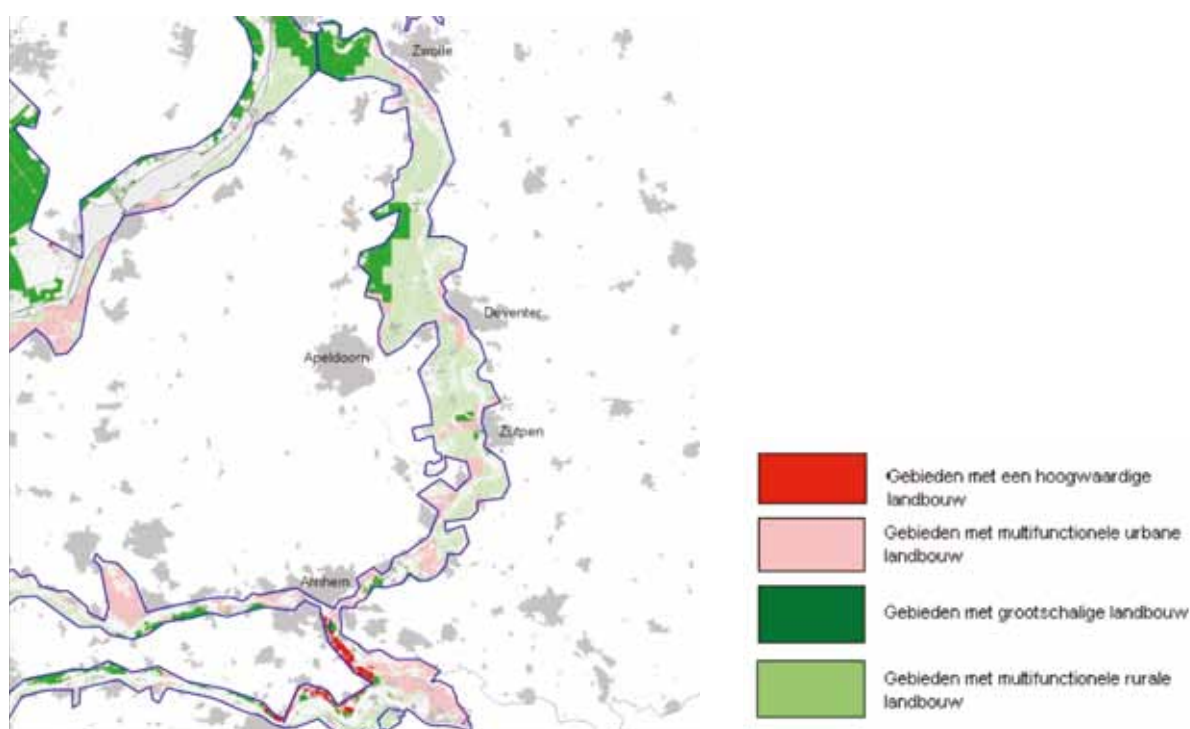
het raadzaam om de natuurontwikkeling sterk te koppelen aan de toenemende recreatieve druk. De aanleg van groengebieden om in de recreatiebehoefte te voorzien kan tevens gebruikt worden als migratiezone voor de natuur. De natuurkwaliteit kan worden verbeterd door natuurlijker waterlopen met natuurvriendelijke oevers en een natuurlijker peilbeheer. In het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn in heel Nederland plannen gemaakt om de waterkwaliteit te verbeteren. Deze plannen worden momenteel uitgevoerd.

Het zeekleigebied kan bijdragen aan de ontwikkeling van de klimaatcorridor duin en kust. Er liggen hier kansen voor het herstel van zoet-zout gradiënten, ontpoldering en kweldervorming. In sommige gebieden liggen deze maatregelen zeer gevoelig. Een belangrijke randvoorwaarde bij het herstel van zoet-zout gradiënten is dat de chloridenconcentraties in deze gebieden een natuurlijk verloop hebben.

#### Box 1 Mogelijkheden voor adaptatiemaatregelen in het Rivierkleigebied van de IJssel

Langs de IJssel is inzichtelijk gemaakt hoe de klimaatcorridor moeras kan worden vormgegeven. Omdat het hier om een gebied gaat dat bestaat uit rivierklei zijn deze bevindingen weergegeven in een box

In het zee- en rivierkleigebied zullen de mogelijke integrale adaptatierichtingen sterk afhankelijk zijn van de agrarische structuur in een gebied. Een deel van de klimaatcorridor moeras loopt door het IJssel dal. Uit figuur 5.4 blijkt dat in de IJsselvallei goede kansen liggen om de klimaatcorridor moeras via multifunctioneel landgebruik vorm te geven. Hier liggen mogelijkheden voor boeren om diensten gericht op klimaatadaptatie aan te bieden. De adaptatiemaatregelen voor natuur kunnen hier worden vormgegeven door nieuwe natuurgebieden aan te leggen, maar ook door de aanleg van groenblauwe dooradering en het verbeteren van milieucondities. Bovendien liggen in het IJssel traject van de klimaatcorridor moeras goede mogelijkheden voor de synergie tussen adaptatiemaatregelen voor natuur en waterveiligheid.



Figuur 5.4 De agrarische structuur binnen de klimaatcorridor moeras in de IJsselvallei

### Zuidwestelijke Delta

De KvK studie “*Vraag en aanbod van zoetwater in de zuidwestelijke Delta een verkenning*” stelt dat er twee mogelijke beleidsrichtingen zijn voor de Zuidwestelijke Delta. De eerste is om weerstand te blijven bieden aan de verzilting en de tweede is om mee te bewegen met de verzilting. Hieronder beschrijven we de gevolgen van beide beleidsrichtingen voor de waterhuishouding, landbouw en natuur.

In de beleidsrichting *weerstand bieden aan verzilting* wordt water aangevoerd om de verzilting te bestrijden. Deze beleidsstrategie faciliteert de grondgebonden landbouw en ligt daarom meer voor de hand in gebieden waar de grondgebonden landbouw hoogwaardig of grootschalig is. De effectiviteit van verziltingbestrijding kan worden vergroot, waardoor er minder water vanuit het hoofdwatersysteem nodig is om het serviceniveau te handhaven. Het regionale watersysteem kan efficiënter worden gemaakt door de aanvoer van het zoete water te scheiden van het zilte afvoerwater. In delen van het regionale watersysteem zoals Goeree Overflakkee worden nu het aanvoerwater en afvoerwater gemengd. Het scheiden van aan- en afvoerwater vergt een structurele aanpassing in de infrastructuur van het watersysteem en daarmee een flinke investering. De efficiëntie kan verder worden vergroot door het bestrijden van zoute kwel, het isoleren van kwelgebieden en het vergroten van de seizoensberging. Ten slotte kan de efficiëntie worden vergroot door het instellen van ruimtelijke zonerings grondgebruik (Velstra et al, 2009). De gevolgen voor het landgebruik zijn in deze beleidsvariant beperkt, omdat de agrarische sector beschikking blijft houden over hoogwaardig water. Het clusteren van landbouwbedrijven als gevolg van zonerings levert echter wel problemen op voor ondernemers omdat het gehele bedrijf, inclusief alle gewassen die in rotatie zijn, verplaatst moet worden naar een nieuw gebied dat geschikt moet zijn voor de teelt. Waterkwaliteit, bodemstructuur, bodemhygiëne en onkruiddruk zijn enkele factoren om rekening mee te houden. Gescheiden watersystemen bieden mogelijk kansen voor de ontwikkeling van natuur, omdat de waterkwaliteit van afzonderlijke brakke, voedselrijke kwel- en drainagesloten en zoete, voedselarme sloten beter in te richten is. Bij de aanleg van het gescheiden watersysteem zou expliciet rekening gehouden kunnen worden met de ontwikkeling van zowel zoete van zilte natuur en de ontwikkeling van zoet-zout overgangen.

In de beleidsrichting *meebewegen met verzilting* wordt de verziltingsbestrijding losgelaten. Bij deze richting behoudt

het regionale watersysteem wel zijn drainage- en afvoerfunctie. Deze adaptatierichting heeft grotere gevolgen voor het landgebruik. Bedrijven met kapitaalintensieve gewassen zullen hun bedrijf waarschijnlijk verplaatsen of zullen moeten afkoppelen van het regionale watersysteem en noodgedwongen hun eigen zoetwatervoorziening moeten regelen. Dit kan als de aanvoer van zoetwater bedrijfseconomisch opweegt tegen de veroorzaakte schade. Er liggen mogelijkheden voor een zelfvoorzienende landbouw in gebieden met een niet grondgebonden hoogwaardige landbouw, zoals Delfland, Voorne, Putte en West Brabant. Indien bedrijven niet kunnen omschakelen of verplaatsen zullen ze stoppen of overstappen op meer robuustere teelten.

Overstappen op robuustere teelten ligt meer voor de hand in gebieden met een grondgebonden multifunctionele landbouw. Meer robuustere teelten, zoals akkerbouw en melkveehouderij (grondgebonden landbouw), kunnen voorlopig blijven bestaan en zijn afhankelijk van zoetwaterlenzen. Zoetwaterlenzen kunnen als gevolg van klimaatverandering dunner worden in het groeiseizoen en hierdoor kan zoutschade ontstaan. Een agrariër kan ervoor kiezen om met behulp van technische maatregelen/innovaties op perceel niveau de zoetwaterlenzen langer te behouden of zelf maatregelen te nemen om zoetwater te bergen (neerslagreservoirs) of aan te voeren (weg, leidingwater, ontzilten). Akkerbouwbedrijven kunnen de overstap naar melkveehouderij overwegen omdat de melkveehouderij minder gevoelig is voor zoutschade. Een andere aanpassing om de bedrijfsvoering minder kwetsbaar te maken voor verzilting is het verbreden van de bedrijfsvoering. Deze adaptatierichting ligt voor de hand in multifunctionele landschappen. In Zeeland kan de verbreding worden gericht op het aanbieden van groenblauwe, landschappelijke en recreatieve diensten. Er liggen vooral kansen voor recreatieve diensten op de koppen van de Zeeuwse eilanden. Landschappelijke diensten kunnen het cultuurlandschap van de Zeeuwse eilanden versterken.

Meer ingrijpende maatregelen zijn ook mogelijk. Hierbij moet worden gedacht aan transities van de landbouw naar nieuwe (zouttolerante) teelten of het omzetten van landbouwgrond in recreatie- of natuurgebieden. Voor Zeeland wordt een transitie richting zilte landbouw vaak genoemd als mogelijke oplossingsrichting. Hieraan zijn wel risico's verbonden. De huidige markt voor zilte landbouwproducten is klein en een dergelijke transitie biedt op dit moment geen grootschalige oplossing. Een andere mogelijkheid die vaak genoemd wordt is de transitie naar zilte aquacultuur,

vanwege de beschikbaarheid van zout zeewater. Onderzoek toont aan dat met name de productie van kweekvis, schaal- en schelpdieren moeilijk is om concurrerend in de markt te zetten, omdat deze bulkproductie vooralsnog elders goedkoper kan worden geproduceerd. Niettemin wordt op dit moment druk geëxperimenteerd met zilte teelten. Vooral het gemengd zilt bedrijf 'Zeeuwse Tong' dat sinds mei 2010 op Agrarisch Innovatie- en Kenniscentrum 'Rusthoeve' te Colijnsplaat (Noord-Beveland) operationeel is wekt veel belangstelling. In dit project wordt zout Oosterschelde water ingelaten als productiemiddel. Naast de 'Zeeuwse Tong' is sprake van experimenten met de productie van kweekvis, schaal- en schelpdieren op diverse agrarische bedrijven. Een consistent beeld van het succes van deze initiatieven, ook in termen van bedrijfseconomie, is nog niet voorhanden. De kweek van algen biedt een perspectief want deze blijkt in de praktijk te werken en winstgevend te zijn (Stuyt, 2009). De introductie van zilte aquacultuur heeft een impact op het landschap en het kustmilieu.

Binnen beide beleidsrichtingen ontstaan kansen voor natuurontwikkeling en adviseren we om in te zetten op de realisatie van de klimaatcorridor moeras en de klimaatcorridor duin en kust. De klimaatcorridor moeras loopt tussen West Brabant en Zeeland via de grote waterlichamen. Bij beslissingen binnen het Deltaprogramma over de grote wateren in de Zuidwestelijke Delta kan de realisatie van de klimaatcorridors worden meegenomen in het beleidsproces. Het ligt daarbij voor de hand om de klimaatcorridor duin en kust in samenhang met dynamisch kustbeheer en recreatie te realiseren.

De beleidsrichting *meebewegen met verzilting* biedt kansen voor natuurontwikkeling. Chloride concentraties zullen waarschijnlijk een natuurlijker verloop krijgen en dit biedt kansen voor de zoet-zout overgangen. Er ontstaan verschillende kansen voor natuurontwikkeling via verbreding. Voor agrariërs kan natuurontwikkeling een interessante verbredingsoptie zijn. Vooral groenblauwe en landschappelijke diensten zijn interessant voor natuurontwikkeling. Groenblauwe dooradering vergroot de ruimtelijke samenhang van verschillende natuurtypen, verkleint de kwetsbaarheid ten aanzien van ziekte en plagen en kan water vasthouden. Daarnaast zijn er verschillende synergieopties mogelijk om maatregelen ten behoeve van de kustveiligheid te koppelen met natuurontwikkeling. Dit levert een dynamisch kustlandschap op, dat weer aantrekkelijk is voor recreatie en toerisme.

<p><b>Voorne-Putten: gebied met multifunctionele urbane landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meebewegen met verzilting</li> <li>• Zoet water vasthouden in watersysteem</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inzetten behoud zoutwaterlenzen</li> <li>• Vasthouden zoet water</li> <li>• Robuustere teelten en bedrijfssystemen</li> <li>• Mogelijkheden verkennen voor zilte teelten, zilte aquacultuur en algen</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zoute en brakke natuur laten profiteren van natuurlijker watersysteem</li> <li>• Verbeteren van de ruimtelijke samenhang van moerasnatuur en kust en duinnatuur via multifunctioneel landgebruik</li> </ul>	<p><b>Haaglanden: kassengebied met hoogwaardige landbouw:</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weerstand bieden aan verzilting (wateraanvoer)</li> <li>• Rendement doorspoelen vergroten</li> <li>• Inzetten op efficiënter watergebruik door bijvoorbeeld afkoppelen niet grondgebonden landbouw en beprijzen water grondgebonden landbouw</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovatieve maatregelen gericht op zelfvoorzienende landbouw</li> <li>• Water- en energie-efficiëntie vergroten en water vasthouden</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbeteren van de ruimtelijke samenhang van natuurgebieden door mee te koppelen met maatregelen binnen groen- en recreatiegebieden</li> </ul>
<p><b>Walcheren en Zeeuws Vlaanderen: gebied met multifunctionele rurale landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meebewegen met verzilting</li> <li>• Zoet water vasthouden in watersysteem</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inzetten behoud zoutwaterlenzen</li> <li>• Vasthouden zoet water</li> <li>• Robuustere teelten en bedrijfssystemen door bijvoorbeeld verbreding</li> <li>• Mogelijkheden verkennen voor zilte teelten, zilte aquacultuur en algen</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zoute en brakke natuur laten profiteren van natuurlijker watersysteem</li> <li>• Verbeteren van de ruimtelijke samenhang van moerasnatuur en kust en duinnatuur via multifunctioneel landgebruik</li> </ul>	<p><b>Goeree-Overflakkee: gebied met grootschalige landbouw</b></p> <p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weerstand bieden aan verzilting (wateraanvoer)</li> <li>• Inzetten op efficiënter watergebruik door bijvoorbeeld aan- en afvoer van water te scheiden, zoute kwelgebieden hydrologisch te isoleren en het beprijzen van water</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen nemen om productie te optimaliseren en schaderisico's te beperken, zoals verbeteren drainage en bodembeheer</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen nemen in natuurgebieden en natuurgebieden verbinden via robuuste verbindingen</li> </ul>

Figuur 5.5 Schematische weergaven van verschillende adaptatierichtingen op basis van de ontwikkelingsrichting van de landbouw en de mate van verstedelijking in de Zuidwestelijke Delta



### *Flevoland*

Flevoland kenmerkt zich door een akkerbouwgebied dat zich richt op de productie voor de wereldmarkt. In deze gebieden zijn het watersysteem en de ruimtelijke ordening afgestemd op het landgebruik. Klimaatverandering en bodemdaling leiden tot normoverschrijding van wateroverlast in een aantal gebieden. De wateroverlast kan op verschillende manieren worden aangepakt door bij ruimtelijke ontwikkelingen het watersysteem te dimensioneren op het toekomstige klimaat. Ook kunnen technische maatregelen worden genomen in het watersysteem, zoals het vergroten van de afvoercapaciteit, de aanleg van bergingsgebieden, vergroten van de bergingscapaciteit door peilverlaging. Op een aantal locaties bieden bovenstaande maatregelen een onvoldoende oplossing. Hier kan normverlaging worden overwogen, zeker omdat de huidige normen van het waterschap strenger zijn dan de NBW normen. Boeren in deze gebieden kunnen overstappen op ander landgebruik.

In zuidwest Flevoland ligt een aantal ruimtelijke claims vanuit verschillende landgebruikfuncties. Het is belangrijk om invulling te geven aan deze ruimtelijke claims rekening houdend met klimaatverandering en bodemdaling. Bij deze ruimtelijke opgave kan met de dimensionering van het watersysteem rekening worden gehouden met het toekomstige klimaat. Een interessante invalshoek is om bij locatiekeuzes rekening te houden met de potentiële bodemdaling en de maaiveldhoogte. Bodemdaling vereist investeringen van de agrariër in drainagesystemen. Deze investering is overigens wel rendabel voor de agrariër omdat ook de lagere delen van Zuid Flevoland zeer geschikt blijven als landbouwgebied. Omdat het huidige landgebruik voornamelijk bestaat uit landbouwgrond, zal landbouwgrond uit productie moeten worden genomen om te voorzien in ruimteclaim vanuit Almere en voor natuurontwikkeling. Omdat gebieden waarvan de bodem daalt een extra investering vereisen zijn deze het meest interessant voor functiewijzigingen. Overigens zal sterk dalende gebieden in Almere ook kwetsbaar zijn voor wateroverlast. In figuur 5.3 is de potentiële bodemdaling weergegeven.

In het zuidwesten van Flevoland wordt het Oostvaarderswold ontwikkeld, de Robuuste Verbinding die de Oostvaardersplassen verbindt met het Horsterwold en de Veluwe. Deze verbinding versterkt de nationale klimaatcorridor moeras. De verbinding bestaat uit bossen en moerassen. Het vergroot de migratiemogelijkheden tussen het bolwerk Oostvaardersplassen en andere moerasgebieden en bosgebieden. De Robuuste Verbinding heeft als hoofddoel

de ruimtelijke samenhang van natuur te verbeteren, maar belangrijk nevensdoel is het bijdragen aan de waterberging van Zuidelijk en Oostelijk Flevoland en het biedt nieuwe recreatiemogelijkheden in Flevoland. Bij de behoefte aan waterberging in de provincie is rekening gehouden met bodemdaling en klimaatverandering. De Robuuste Verbinding loopt gedeeltelijk door gebieden die door bodemdaling niet aan de norm voor wateroverlast voldoen. Omdat voor natuurgebieden geen norm voor wateroverlast geldt, wordt door de verbinding een deel van de problematiek van bodemdaling opgelost (provincie Flevoland 2009).

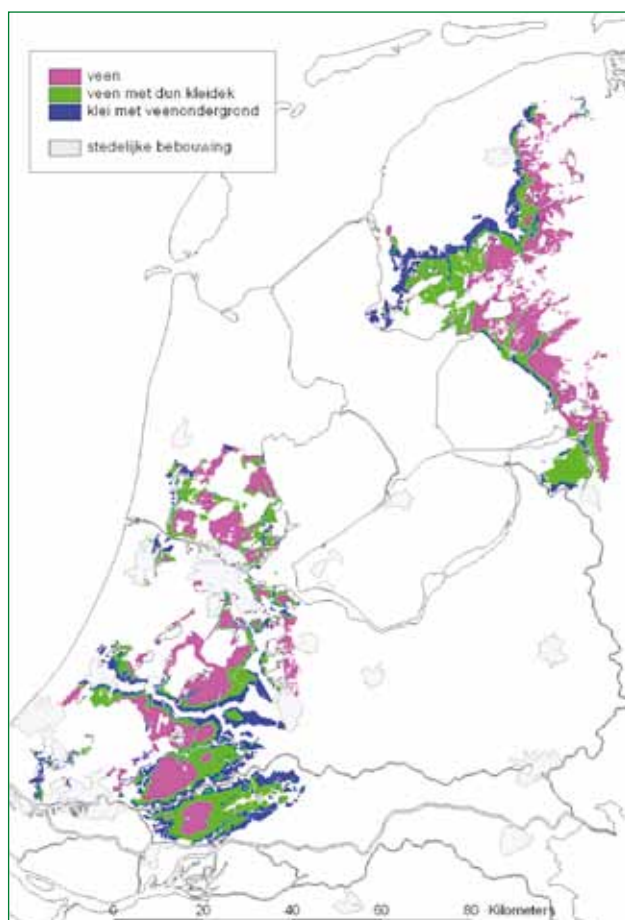
## 6. Veenweidegebieden

### 6.1. Gebiedsbeschrijving

De Veenweidegebieden beslaan het Nederlandse laagveengebied en bestaan uit grasland en veenmoerassen. Het landschap van het Veenweidegebied wordt als een typisch Nederlands landschap gezien. In de studie *Waarheen met het veen* is aan landschapsarchitecten gevraagd om het landschap van de westelijke veenweidegebieden te karakteriseren. Het landschap heeft een open karakter. Dit komt doordat het grondgebruik overwegend bestaat uit grasland. Deze graslanden worden beheerd door melkveehouderijbedrijven. Het grasland heeft daarnaast ook een ecologische functie. Op het grasland komt veenweidennatuur voor met weidevogels als kroon op de biodiversiteit van deze gebieden. Typische veenweidennatuur zoals kamgraslanden en dotterbloemhooilanden hebben ook een cultuurhistorische waarde. Het open landschap wordt afgewisseld met lintbebouwing en moerasnatuur. De moerasnatuur is ontstaan doordat grote delen van het laagveen zijn verveend. Er ontstonden plassen op de plaats waar het veen verdwenen is. Deze plassen zijn grotendeels drooggemalen voor de landbouw. Alleen de onvolledig ontveende gebieden zijn veranderd in moerasnatuur. Rondom veel plassen zijn rietvelden en zegge-gemeenschappen ontstaan. Hier leven bedreigde vogelsoorten als het woudaapje, de roerdomp en de rietzanger. De verschillende soorten broekbossen bevatten een rijkdom aan schimmels, paddenstoelen, vogels en vleermuizen. Op de trilvenen groeien orchideeën. Water is overal in het veenweidelandschap. De sloten, plassen, boezems, vaarten en kleine riviertjes maken het tot een nat landschap. De veenweiden kennen een sterk gereguleerd waterbeheer. In deze gebieden worden streefpeilen gehanteerd die gehandhaafd worden door overtollig water af te voeren en watertekorten aan te vullen. Het landschap bevat cultuurhistorische elementen, zowel in de woonkernen als in het landschap. De oude verkaveling is nog steeds zichtbaar en aan de linten, wegen en wateren is te zien dat ze met de hand gemaakt zijn of getekend door de tijd, dankzij markante kleine oneffenheden (Woestenburg et al., 2009).

Nederland kent twee regio's met veenweiden; het westelijk veenweidegebied (het Groene Hart en Laag Holland) en het noordelijk veenweidegebied (Friesland en Noordwest-Overijssel). Kenmerkend voor het westelijk veenweidegebied is de nabijheid van de Randstad. Het Groene Hart en Laag Holland fungeren voor bewoners van de Randstad als recreatieruimte. Het noordelijk veenweidegebied heeft een sterk agrarisch karakter waar productie centraal staat. Daarnaast zijn er ook plassen en moerassen die vooral ruimte bieden aan natuur en recreatie.

Door ontwatering daalt de bodem van het Veenweidegebied al eeuwen. Het agrarische grondgebruik vraagt een diepe ontwatering om zo efficiënt mogelijk te boeren. Hierdoor komt het veen in aanraking met zuurstof waardoor het oxideert. Oxidatie leidt tot bodemdaling en broeikasgasemissies. Niet alle gronden zijn even kwetsbaar voor bodemdaling. De veengronden die afgedekt zijn met een kleilaag zijn veel minder gevoelig voor bodemdaling als de gronden die uitsluitend uit veen bestaan. Verschillen in bodem, drooglegging en landgebruik hebben geleid tot hoogteverschillen. Vaak zijn de laagste delen veenweide met een grote drooglegging, terwijl de moerasnatuur meestal hoog in het land ligt. In figuur 6.1 is het Nederlandse veenweidegebied weergegeven opgesplitst in verschillende bodemtypen.



*Figuur 6.1 Geografische ligging van het Nederlandse Veenweidegebied. Het veenweidegebied is onderverdeeld in verschillende bodemklassen*

#### *Waterbeheer*

Het watersysteem in het veenweidegebied is complex en afgestemd op het huidige landgebruik. Om aan de wensen van het landgebruik tegemoet te komen is het watersysteem en het beheer steeds complexer geworden. Er wordt vaak nog een vast peilbeheer gehanteerd. Dit leidt tot een stringente aanvoer van water bij een neerslagtekort en de afvoer van water bij een neerslagoverschot. Voor een goede vochtvoorziening van de vegetatie en om bodemdaling te beperken zijn de zomerpeilen in de sloten hoger dan de winterpeilen. Op veel plaatsen wordt in het zomerhalfjaar voornamelijk water uit de boezem ingelaten. De hoogte van het slootpeil wordt bepaald door het landgebruik en door aanpassingen van individuele grondeigenaren. Dit betekent dat er binnen een polder verschillende peilvakken ontstaan. Gemiddeld na 10 – 15 jaar worden de slootpeilen en de peilvakverdeling opnieuw aangepast aan de daling van het maaiveld.

#### *Landbouw*

Het veenweidegebied kent een overheersend agrarisch grondgebruik. De dominante vorm van landbouw in de veenweiden is melkveehouderij met minder dan 5% masteeft. In delen van West-Nederland ontbreekt de masteeft zelfs geheel. De veenweiden zijn betekenisvol voor de natuur (weidevogels en bloemrijke graslanden). De landbouw vraagt om een goede ontwatering. Landinrichtingsplannen in de laatste decennia van de 20<sup>e</sup> eeuw om een hogere agrarische productie te realiseren hebben geleid tot een rationelere verkaveling van de bedrijven en een grotere drooglegging. In Friesland is de drooglegging in sommige gebieden opgelopen tot wel 120 cm. In West-Nederland is men terughoudend gebleven met het vergroten van de drooglegging (merendeel maximaal 60cm). Wel hebben boeren daar het recht op particuliere onderbemaling van percelen als een bedrijf meer dan 10 cm peilafwijking heeft ten opzichte van het gemiddeld slootpeil. De landbouw heeft daarmee een grote invloed gehad op de bodemdaling en is nu vaak gelokaliseerd in de lage delen met de onderbemalingen. In Friesland is als gevolg van de diepere drooglegging het nut en de noodzaak van onderopmalingen minder vanzelfsprekend.

De inkomens in de melkveehouderij in het westelijk veenweidegebied liggen op of net iets onder het landelijke gemiddelde dankzij de relatief goede verkaveling. Er zijn hier beperktere mogelijkheden voor schaalvergroting en er zijn mogelijkheden voor verbreding, met neveninkomsten uit recreatie, landschaps- en natuurbeheer, zorg en waterbeheer. De melkveehouderij in het noordelijke veenweidegebied behoort tot de sterkste van Nederland. De sector zal zich in het noorden vooral blijven richten op produceren voor de wereldmarkt. Schaalvergroting ligt hierbij voor de hand.

#### *Natuur*

De belangrijkste natuurtypen van het veenweidegebied zijn de veenweidenatuur (weidevogels en bloemrijke graslanden) en de moerasnatuur. Nederland heeft een internationale verantwoordelijkheid voor het behoud van weidevogels. Grutto's en Kievieten nemen echter al jaren in aantallen af. De intensiteit van de landbouw draagt daar aan bij. De plassen en moerassen in de veenweidegebieden hebben een grote betekenis en potentie voor moerasnatuur, zoals zoetwater gemeenschappen, nat schraal grasland, rietlanden en ruigte. De EHS in het laagveengebied in West-Nederland bestaat uit een aantal grotere gebieden en veel kleine versnipperde gebieden. In totaal zijn ongeveer 12.000 ha EHS op laagveen in het gebied begrensd.

Zoetwatergemeenschappen en (multifunctionele) graslanden beslaan het grootste oppervlak in de EHS. Vervolgens zijn nat schraalgrasland, rietland en ruigte en bloemrijk grasland belangrijke doelen waar duizenden hectares voor gerealiseerd moeten worden. Ook Europees beleid biedt bescherming aan de natuur in het veenweidegebied. Van de westelijke veengebieden valt 29.541 hectare onder de Europese Vogel en habitatrichtlijn (Woestenburg et al., 2009).

Moerasnatuur vereist hogere waterstanden dan de melkveehouderij. Hierdoor zijn de landbouwgronden veel dieper komen liggen dan de natte natuurgebieden die minder snel dalen. Het gevolg is dat veel water weglekt uit plassen en moerassen. Om dit waterverlies te compenseren is inlaat van gebiedsvreemd water nodig. De kwaliteit hiervan is echter meestal onvoldoende om de aquatische en terrestische ecologische doelstellingen in de natuurgebieden te realiseren.

#### *Broeikasgasemissies*

Het veenweidegebied is een belangrijke bron voor broeikasgasemissies. De bodem is rijk aan organische stof en organische stof is dé energiebron voor veel microbiologische processen. Deze processen zijn verantwoordelijk voor (bijna) alle broeikasgasemissies uit het landgebruik. In deze studie gaan we in op de emissie van de belangrijkste broeikasgassen die het veenweidegebied produceert: koolzuurgas ( $\text{CO}_2$ ) en lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ).  $\text{N}_2\text{O}$  wordt weliswaar veel minder uitgestoten maar is een veel sterker broeikasgas dan  $\text{CO}_2$ . Voor de emissie van  $\text{CO}_2$  geldt dat voor iedere centimeter maaiveld daling er ongeveer 2.26 ton  $\text{CO}_2$  vrij komt per hectare (Kuikman et al., 2005). Net als voor bodemdaling wordt dus de emissie van  $\text{CO}_2$  sterk bepaald door de diepte van de landbouwkundige drooglegging. Voor het broeikasgas  $\text{N}_2\text{O}$  is deze wisselwerking veel gecompliceerder. De vorming van  $\text{N}_2\text{O}$  uit organische stof is een ingewikkeld bodemchemisch proces.  $\text{N}_2\text{O}$  kan worden gevormd uit organische stof en door de omzetting van mest. Organische stof wordt via aerobe processen omgezet in  $\text{NO}_3$  via mineralisatie en nitrificatie. Anaerobe micro-organismen zetten  $\text{NO}_3$  om in  $\text{N}_2\text{O}$ . De vorming van het broeikasgas  $\text{N}_2\text{O}$  uit organische stof vereist daarom fluctuerende grondwaterpeilen. Als het land bemest wordt (met ruige mest, drijfmest en/of kunstmest) wordt er  $\text{NO}_3$  – al dan niet na omzetting – aan de bodem toegevoegd. Om die reden zijn  $\text{N}_2\text{O}$  emissies op bemeste percelen hoger dan op onbemeste percelen (Woestenburg, 2009). Het is op dit moment niet mogelijk om locatie en tijd specifieke  $\text{N}_2\text{O}$  emissies te simuleren, omdat er verschillende proces-

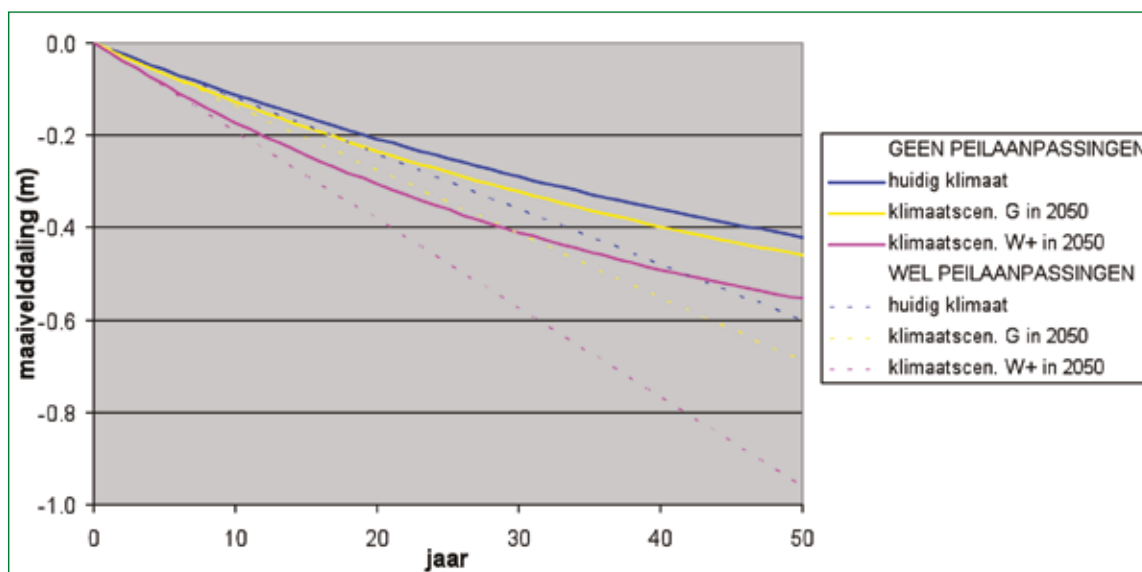
sen betrokken zijn bij de  $\text{N}_2\text{O}$  emissies (grondwaterstand, grondwaterstandfluctuaties, bemesting) en  $\text{N}_2\text{O}$  emissies doorgaans zeer variabel zijn.

#### *Beleid*

Het Rijksbeleid voor de veenweidegebieden staat beschreven in de Nota Ruimte (2004) en de Agenda voor de Westelijke Veenweidegebieden (2004). Volgens de Nota Ruimte moet de veenbodem en het cultuurlandschap behouden blijven. Voor de aanpak van bodemdaling wordt in de Nota Ruimte aangegeven dat de kwetsbaarheid voor bodemdaling leidend moet zijn bij ruimtelijke ontwikkeling. Voor het behoud van het cultuurlandschap is de grondgebonden landbouw volgens de Nota ruimte een belangrijke economische drager. De landbouw moet echter ook rekening houden met de landschappelijke, ecologische en cultuurhistorische waarden van het gebied. In gebieden met een sterke bodemdaling of met zoute kwel heeft volgens de nota ruimte de strategie van volledige vernatting de voorkeur. In de Agenda voor de Westelijke Veenweidegebieden staat dat het waterbeheer sturend moet zijn voor de ruimtelijke functies (functie volgt peil). Dit principe wordt nu al toegepast in delen van het westelijke veenweidegebied, maar is politiek en maatschappelijk niet onomstreden.

## 6.2. Kwetsbaarheid en kansen

Het veenweidegebied is kwetsbaar voor klimaatverandering, omdat deze de huidige problematiek van bodemdaling versterkt (Woestenburg et al., 2009). Belangrijke klimaatinvloeden van klimaatverandering voor het veenweidegebied zijn hogere temperaturen en grotere kansen op weersextremen, zowel neerslagpieken als droge perioden met watertekorten. Deze veranderingen hebben effect op het functioneren van het watersysteem, landbouw, natuur en versterken bodemdaling en broeikasgasemissies. De problematiek van bodemdaling wordt versterkt door hogere temperaturen en een grotere kans op droogte. Dit wordt veroorzaakt doordat bodemprocessen, zoals mineralisatie, bij hogere temperaturen sneller verlopen en doordat tijdens droge periode de grondwaterstand verder zal uitzakken dan nu het geval is. Deze effecten zullen vooral optreden onder het W+ scenario. In figuur 6.2 wordt het effect op de bodemdaling schematisch weergegeven voor een veengrond met een ontwatering van 60 centimeter. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een perceel waar de ontwatering niet is aangepast en waar de ontwatering op 60 centimeter wordt gehouden.



Figuur 6.2 Illustratie van het verschil in maaiVELddaling tussen het huidige klimaat en de klimaatscenario's G en W+ in 2050. Uitgangspunt is een veengrond met een drooglegging van 60 cm.

De klimaatbestendigheid van het veenweidegebied hangt in sterke mate samen met de inrichting en het beheer van het watersysteem. Neerslagpieken verhogen het risico van wateroverlast, vooral ook omdat de veenbodems een geringe bergingscapaciteit hebben en ook omdat de afvoercapaciteit van het boezemstelsel nu al beperkt is. Andersom zal door langduriger droogte en grotere verdamping er meer behoefte ontstaan aan inlaatwater. De vraag is of aan die toenemende behoefte altijd kan worden voldaan. Het veenweidegebied klimaatbestendiger maken gaat daarom vooral over het tijdelijk bergen van neerslagpieken (voorkomen van schade aan de landbouw en bebouwing) en het voorkómen van uitdroging van de bodem en verdroging van natuurgebieden (voorkomt bodemdaling, emissie en schade aan natuur) door water langer vast te houden in het gebied. Een centraal instrument om het veenweidegebied klimaatbestendiger te maken is dus het regionaal waterbeheer.

Het risico voor klimaateffecten in het veenweidegebied is het grootst bij klimaatscenario's waarbij sprake is van een sterke stijging van de gemiddelde zomertemperatuur, daling van de zomerneerslag en lagere rivierstanden. Dit zijn vooral de '+' scenario's en daarbinnen is het risico onder het W+ scenario groter dan onder het G+ scenario. Berekend is dat de bodemdaling en ook de CO<sub>2</sub> emissie bij het W+ scenario in 2100 tussen 55 en 70% groter zal zijn dan nu het geval is (Jansen et al., 2009).

#### Watersysteem

Het huidige waterbeheer is complex en duur. Het huidige waterbeheer kent vaak een vast zomer- en winterpeil. Dat is erop gericht om het neerslagoverschot zo snel mogelijk af te voeren en het tekort zo snel mogelijk aan te vullen met boezemwater. Klimaatverandering vergroot de druk op het watersysteem. De aan- en afvoer van water zullen bij grotere neerslagextremen door klimaatverandering moeten worden geïntensiveerd om het peil te handhaven in een peilvak. Maatregelen die het watersysteem robuuster en klimaatbestendiger kunnen maken zijn het vergroten van de peilvakken en een meer flexibel waterpeil. Een flexibeler peilbeheer kan ervoor zorgen dat de polder meer water in de sloot kan bergen waardoor meer ruimte ontstaat voor het opvangen van neerslagpieken en waardoor de polder minder afhankelijk wordt van gebiedsvreemd water.

#### Landbouw

De melkveehouderij is met name gevoelig voor natschade en droogteschade als gevolg van een grotere kans op weersextremen (piekbuien en langduriger droge perioden). Indien op de percelen zich vaker plasdras situaties voordoen, zullen de koeien ook vaker uit de wei moeten worden gehaald om vertrapping van het gras te voorkomen (Schaap et al, 2009). Bij een robuuster ingericht watersysteem zal de impact van klimaatverandering echter beperkt blijven omdat meer berging mogelijk wordt door een flexibel slootpeil en het beschikbaar stellen van laag gelegen delen van percelen waar tijdelijk water kan wor-

den geborgen. Dergelijke aanpassingen om het watersysteem robuuster te maken en de bodemdaling te beperken stellen wel eisen aan de landbouw, die zich meer zal moeten aanpassen aan een variabele drooglegging. De kwetsbaarheid van de landbouw wordt daarnaast veroorzaakt doordat de landbouw verantwoordelijk is voor de bodemdaling. Maatregelen om de bodemdaling te beperken, zoals het opzetten van peilen, hebben grote gevolgen voor de bedrijfsvoering.

Onderwaterdrains kunnen de bodemdaling en broeikasgasemissies van landbouwgronden flink beperken. Deze drainagebuizen worden onder het slootwaterpeil aangelegd en hebben zowel een drainerende als wateraanvoerende functie. Hierdoor wordt in de zomer het uitzakken van de grondwaterspiegel beperkt, terwijl de afvoer tijdens natte periode zelfs verbeterd wordt. Daarnaast blijkt uit praktijkonderzoek dat onderwaterdrains leiden tot een betere beschikbaarheid van stikstof in de bemesting. De landbouw kan flink profiteren van onderwaterdrains, door draagkrachtigere bodems met hogere opbrengsten in het voorjaar, terwijl de bodemdaling sterk afneemt.

#### *Natuur*

De natuur in het veenweidegebied bestaat uit veenweidenatuur en moerasnatuur. Door klimaatverandering gaan naar verwachting de geschikte klimaatzones van planten en dieren verschuiven, met als gevolg dat hun areaal zou kunnen veranderen. Over het algemeen wordt verwacht dat arealen van soorten in Nederland naar het noorden verschuiven. Knelpunten voor het verschuiven van soorten ontstaan wanneer gebieden geïsoleerd liggen van andere gebieden. Dergelijke knelpunten liggen verspreid in het westelijk veenweidegebied, vooral bij de vele kleine gebieden. Trilveen, veenmosrietland, natte matig voedselrijke graslanden hebben een groot aandeel van soorten waarvoor de klimaatomstandigheden minder gunstig worden. Moeras, natte strooiselruigte en wilgenstruweel hebben een groot aandeel van soorten waarvoor het klimaat gunstiger wordt. uitbreidende soorten. Soorten met een goed verspreidingsvermogen of met een algemeen voorkomend habitat zullen goed in staat zijn de verschuiving van klimaatzones te volgen. Soorten die zich slecht kunnen verspreiden, of waarvoor het habitat sterk versnipperd is, komen echter in de problemen. Voor deze laatste is het huidige habitat onvoldoende ruimtelijk verbonden. Hierdoor kunnen soorten onvoldoende migreren naar habitat dat onder het toekomstige klimaat geschikt is (Geertsema et al 2009). Problemen in fluctuaties van de populatiegrootte ontstaan bij kleine populaties. Immers een sterke afname

van de populatiegrootte leidt hier snel tot lokaal uitsterven van een populatie (Verboom et al 2001, Vos et al 2007). Bovendien verloopt het herstel van populaties in versnipperde leefgebieden trager dan in verbonden leefgebieden (Foppen et al 1999). De geplande robuuste verbinding in zowel het noordelijk als het westelijke veenweidegebied lossen een deel van de ruimtelijke problematiek op.

De verwachte toename van dynamiek in de waterhuishouding door een grotere kans op extremen (nattere winters en droge zomers) heeft mogelijk grote gevolgen voor het terrestrische deel van laagveenmoerassen. Moerasnatuur loopt het gevaar uit te drogen, vooral in het W+ scenario. Inlaat van gebiedsvreemd water helpt weliswaar tegen verdroging, maar dit water moet wel van voldoende kwaliteit zijn (niet te veel nutriënten) om eutrofiëring te voorkomen. Een toename van de kweldruk kan gunstig zijn voor bloemrijke schaalgraslanden indien de waterkwaliteit van de kwel voldoende is. Deze toename is een onzekere factor, zeker onder het W+ scenario. Als de kweldruk toeneemt, is dat vooral in de laagste delen, vaak droogmakerijen.

Hogere temperaturen en droogte leiden tot verdamping en versnelde mineralisatie, waardoor in deze moerassen versterkte verlandings- en verzuuring te verwachten is. De voedselrijkere omstandigheden leiden tot eentoniger en soortenarmere vegetaties. Met name nat schraalland en bloemrijk grasland zijn gevoelig voor verdroging en eutrofiëring. Deze gevoeligheid wordt in kleine gebieden vergroot, omdat deze zeer gevoelig voor invloed vanuit de omgeving. Toename van de (winter)neerslag is mogelijk gunstig voor deze graslanden, maar de verzuring neemt wel toe. Dit komt doordat de neerslag zuurder is dan het kwelwater. Het oppervlakte zilte graslanden zou binnendijks toe kunnen nemen door toename van zoute kwel. Daarnaast kan door externe verzilting het inlaatwater in droge zomers een hoger zoutgehalte kan krijgen krijgt. Dit kan leiden tot stroken zilt grasland langs deze zoutere sloten. Aquatische ecosystemen zijn bij hoge temperaturen gevoeliger voor eutrofiëring, leidend tot vissterfte, blauwalg, vertroebeling, plantsterfte.

### 6.3. Adaptatierichtingen

In de veenweide is de kwetsbaarheid voor bodemdaling structurend in de discussie over klimaatadaptatie. Daarom bepalen we in het Veenweidegebied de integrale adaptatierichting op basis van de kwetsbaarheid van een gebied voor bodemdaling. De adaptatierichting is nauwelijks

Veengronden (kwetsbaar)	Klei op veen gronden en veengronden met een klei-dek (minder kwetsbaar)
<p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Waterbeheer en ruimtelijke ordening gebaseerd op functie volgt peil</li> <li>• Vergroten peilvakken, flexibel peilbeheer, water vasthouden</li> <li>• Faciliteren transitie landbouw</li> <li>• Multifunctioneel landgebruik</li> <li>• Recreatie en landschapsdoelen meenemen bij adaptatie</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transitie naar boeren met ruimtelijke variatie drooglegging</li> <li>• Kwetsbaarheid verkleinen via verbreding</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inzetten op klimaatcorridor moeras</li> <li>• Adaptatiemaatregelen nemen in en rondom natuurgebieden</li> <li>• Inlaat gebiedsvreemd water beperken</li> </ul>	<p><b>Ruimtelijke ordening en waterbeheer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Waterbeheer en ruimtelijke ordening gericht op cultuurlandschap met intensieve veehouderij</li> <li>• Behoud beschermde natuurgebieden</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatie binnen traditionele bedrijfsvoering</li> <li>• Bodemdaling beperkende maatregelen (onderwaterdrainage)</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inzetten op klimaatcorridor moeras</li> <li>• Adaptatiemaatregelen nemen in natuurgebieden</li> <li>• Hydrologisch isoleren natuurgebieden</li> </ul>

Figuur 6.3 Schematische weergaven van integrale adaptatierichtingen in de veenweide op basis van de kwetsbaarheid ten aanzien van bodemdaling

afhankelijk van de mate waarin het gebied verstedelijkt is. In figuur 6.3 is weergegeven welke adaptatierichtingen voor veenweidegebieden logisch zijn.

Maatregelen in het waterbeheer zijn de primaire instrumenten om het veenweidegebied klimaatbestendig te maken en de bodemdaling tegen te gaan. Ze zijn tevens sturend voor de maatregelen die in de landbouw of in het natuurbeheer worden genomen. Het waterbeheer zal zich echter moeten houden aan een aantal randvoorwaarden die vanuit het landgebruik worden gesteld. In deze studie wordt de effectiviteit van maatregelen om het watersysteem klimaatbestendig te maken onderzocht. Tevens wordt onderzocht wat de cross sectorale effecten van deze maatregelen zijn. We richten ons op het vergroten van de peilvakken en het veranderen van het streefpeil.

Op basis van deze maatregelen zijn drie adaptatierichtingen uitgewerkt, daarnaast wordt de huidige situatie als referentievariant bekeken:

- huidige situatie: De peilvakken en de huidige slootpeilen blijven gehandhaafd (50 (in West Nederland) – 80 (in Noord Nederland) cm onder maaiveld)
- adaptatierichting 1; *huidige peilvakken met slootpeil – 30 cm*: De huidige peilvakken worden gehandhaafd,

maar de slootpeilen in het landbouwgebied worden verhoogd tot 30 cm onder maaiveld

- adaptatierichting 2; *functie volgt peil met hoge slootpeilen*: De peilvakken worden vergroot en het slootpeil is gemiddeld 30 cm onder de gemiddelde maaiveldhoogte
- adaptatierichting 3; *huidige peilvakken met slootpeil –45 cm*: De huidige peilvakken worden gehandhaafd, maar de streefpeilen worden verhoogd tot 45 cm beneden maaiveld

Een mogelijkheid om polders minder afhankelijk te maken van de aanvoer van gebiedsvreemd water is flexibeler peilbeheer. Deze aanpassing in het waterbeheer is niet meegenomen in de varianten, maar kan aanvullend worden toegepast. Hieronder worden de randvoorwaarden beschreven die het landgebruik stelt aan het watersysteem.

#### Landbouw

Voor boeren is een diepe ontwatering nodig om optimaal te kunnen boeren. Indien klimaatadaptatie gericht is op het tegengaan van bodemdaling en het robuuster maken van het watersysteem, dan worden gebieden met hogere grondwaterstanden minder geschikt voor intensieve veehouderij. In de ruimtelijke ordening kan hier rekening mee worden gehouden. Klei op veengronden en veengronden

met een kleidek zijn minder gevoelig voor bodemdaling dan de pure veengronden. Met name klei op veen gronden blijven daarom geschikt voor intensieve melkveehouderij. In de delen die gevoelig zijn voor bodemdaling (veengronden) of de delen met een beperkte drooglegging zullen boeren onder minder optimale omstandigheden moeten produceren. Hieronder staan de randvoorwaarden beschreven waaronder agrariërs ook in deze gebieden kunnen blijven boeren.

Functie volgt peil kan gerealiseerd worden binnen grotere peilvakken. Grotere peilvakken betekenen een grotere ruimtelijke variatie in drooglegging. Dit kan binnen een grootschalig melkveehouderijbedrijf geaccommodeerd worden. Theoretische analyses over de inpasbaarheid van (agrarische) natuur (Vos, B. de, et al., 2008) en van gronden met een beperkte drooglegging tonen aan dat een bedrijf dit soort gronden goed kan beheren, mits het aandeel in het totale bedrijf niet te groot is (maximaal 30%). Een toeslag of afkoop grondwaarde is nodig om de inkomensschade te compenseren. In gesprekken met boeren worden deze analyses bevestigd (RLG, 2009). Boeren stellen als voorwaarde dat dergelijke gronden extra aan een bedrijf worden toegevoegd. Gronden met verregaande beperkingen in productieomstandigheden hebben een lagere productie en de melkveehouderij kan dit beter accommoderen naarmate het beter in staat is om de arbeid efficiënt te organiseren. Een goed bedrijfsresultaat vraagt een uitgekende combinatie van management en productiemiddelen: de machines, de arbeid, de koeien, e.d. Het meest belangrijke daarbij is wellicht de verkaveling. De verkaveling is voor de toekomst van de landbouw de grootste uitdaging. Het ruimtelijk ensemble van bedrijven en grond moet voortdurend worden aangepast, zeker als die grond een verschillend opbrengend vermogen heeft. Daarnaast is het urgent om te zoeken naar innovaties in het management van de bedrijven. Zo lopen in veenweiden de koeien gemiddeld meer buiten dan elders, soms tot laat in de herfst. Dat mag als een cultuurkwesie worden gezien, maar het wordt in het Westen ingegeven door de hogere kosten van winning van ruwvoer in deze gebieden. Met de toenemende schaalvergroting ontstaat nu de behoefte om de melksystemen mobiel te maken, waarmee inmiddels wordt geëxperimenteerd. Arbeid is een belangrijke factor voor het bedrijfsrendement, daarom is het gemakkelijker om heterogene drooglegging te accommoderen als de variatie in drooglegging op relatief kleine schaal plaatsvindt. Dan zijn op berijdbare afstand zowel drogere als nattere percelen binnen een bedrijf te combineren.

Als het oppervlak van de eenheden groter worden, zoals in de Krimpenerwaard, is het moeilijker om natter en droger binnen een bedrijf te combineren. Het beheer van deze polders bij een robuuste inrichting van het watersysteem, vraagt om een heroriëntatie op het individuele ondernemerschap. Een oplossingsrichting voor dergelijke gebieden kan liggen het – al dan niet als collectief – opzetten van speciale jongvee opfok bedrijven in het noordelijk deel van de Krimpenerwaard ten behoeve van de bedrijven in het Zuiden. Een andere optie is om gespecialiseerde natuurbedrijven te vestigen in het noordelijk deel. Dit kan alleen als boeren intensiever samenwerken tussen boeren en zich eventueel specialiseren.

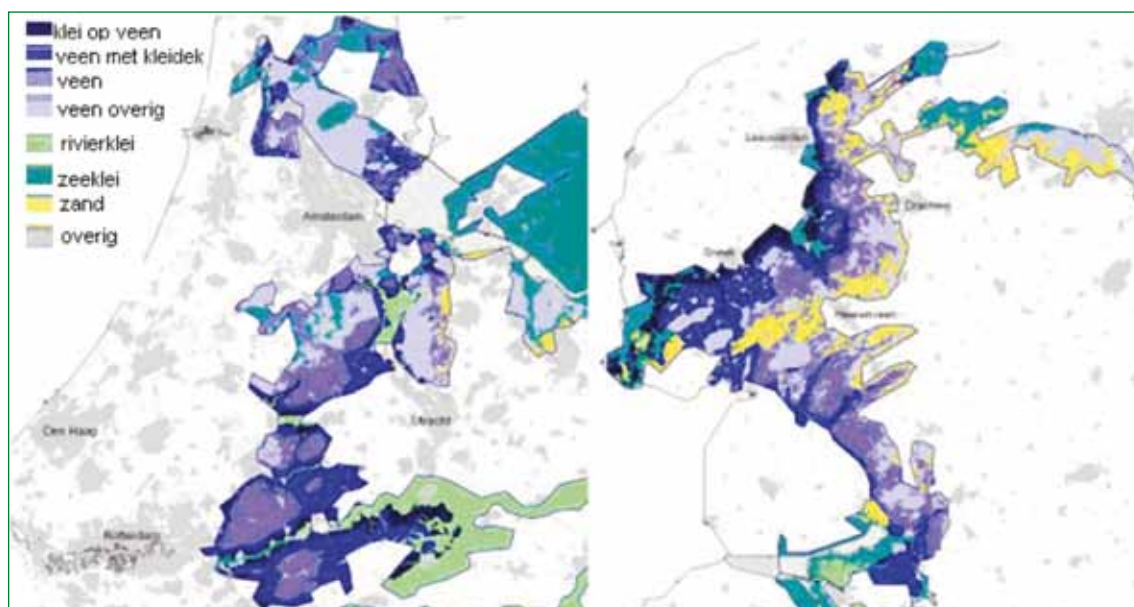
In het westelijke veenweidegebied is het draagvlak voor het vergroten van peilvakken groter dan in het noordelijke veenweidegebied. Er is relatief meer ervaring met natuurbeheer en in sommige bedrijven vormt natuurbeheer een substantieel deel van de inkomsten. In Friesland is intensiteit van boeren hoger en daardoor zijn de bedrijven kwetsbaarder voor toepassingen van geringere droogleggingen op het bedrijf. Verwacht mag worden dat ook in Friesland klimaatadaptatie en de ruimtelijke variatie in drooglegging in toekomstige watergebiedsplannen een serieus onderwerp van gesprek gaat worden. Die is niet onbespreekbaar, mits rekening wordt gehouden met het investeringsniveau dat op de bedrijven ligt, iets dat overigens ook voor West Nederland geldt.

Een flexibeler peilbeheer maakt het watersysteem robuuster. De mogelijkheden voor inpassing van flexibel peilbeheer in de melkveehouderij zijn echter beperkt. Het bergen van het neerslagoverschot in de winter en vroege voorjaar betekent dat pas later in het voorjaar de drooglegging kan worden aangepast aan de landbouwkundige vraag. Daardoor ontstaat er een korter groeiseizoen en een lagere droge stof productie per jaar. Dit betekent slechts een deel van het areaal een flexibel peilbeheer kan hebben. Gebieden met een flexibel peilbeheer bieden kansen voor natuurontwikkeling.

#### *Natuur*

Door adaptatiemaatregelen te concentreren in klimaatcorridors en clusters worden deze kosteneffectief, omdat ze op de beste locaties worden ingezet en omdat ruimtelijk geconcentreerde maatregelen elkaar versterken. In het veenweidegebied is het belangrijkste ecosystemen moeras- en veenweidenatuur. Het zoekgebied voor de klimaatcorridor moeras loopt door beide veenweidegebieden. De adaptatierichting van de natuur is erop gericht om de





Figuur 6.4 De bodemsoorten binnen de klimaatcorridor moeras in het westelijke en noordelijke veenweidegebied

ruimtelijke samenhang van de moeras- en veenweidennatuur te verbeteren, natuurgebieden te vergroten, de heterogeniteit van het landschap te vergroten en de standplaatsfactoren te verbeteren.

Natuurontwikkeling kan in het Veenweidegebied worden gekoppeld aan maatregelen om de bodemdaling te beperken en het watersysteem robuuster te maken bieden. De ontwikkeling van de klimaatcorridor moeras kan daarom in samenhang met het tegengaan van bodemdaling worden opgepakt. Er liggen daarom goede mogelijkheden om adaptatiemaatregelen voor moerasnatuur en veenweidennatuur te nemen op de voor bodemdaling kwetsbare gronden. De veengronden die niet zijn afgedekt met een kleilaag zijn het meest kwetsbaar voor bodemdaling. Ongeveer een derde van het oppervlak bestaat uit dergelijke veengronden. In figuur 6.4 is duidelijk zichtbaar dat het vernatten van de voor bodemdaling gevoelige gronden leidt tot een noord-zuid verbinding in zowel het Westelijk als het Noordelijk Veenweidegebied.

Grotere peilvakken en peilopzetting bieden mogelijkheden in de lage en natte delen voor natuurontwikkeling. In grotere peilvakken is de ontwatering variabel en daarmee de heterogeniteit van het landschap groter. De lage natte delen kunnen benutten worden als nieuwe natuur, of om via groen-blauwe dooradering en natuurlijke landschapselementen de connectiviteit van het landschap te vergroten. Agrariërs kunnen via groene diensten bijdragen aan een klimaatbestendige natuur. Hierboven staat uitgebreid

beschreven wat de consequenties op bedrijfsniveau zijn. De geplande EHS met robuuste verbindingen sluit goed aan bij de klimaatcorridor moeras en kunnen een aanzienlijk deel van de ruimtelijke knelpunten in Noord en West Nederland oplossen (Vonk et al, 2010). Er is hierbij uitgegaan van de huidige begrenzing van peilvakken en het huidige peilbeheer. Indien adaptatiemaatregelen genomen worden waardoor het peilbeheer of de begrenzing van de peilvakken wordt veranderd, kan de begrenzing van de EHS nog verder worden geoptimaliseerd. Hierbij zou moerasnatuur in de lage natte delen gesitueerd kunnen worden. Een lastig aspect hierbij is dat de huidige moerasnatuur vaak in de hogere delen van het veenweidegebied ligt. Voor bestaande hooggelegen moerasnatuur kan functie volgt peil nadelig uitpakken omdat de hogere delen droger worden. Deze natuurgebieden zijn vaak beschermd. Als deze natuurgebieden behouden moeten blijven zullen ze onder functie volgt peil hydrologisch afgescheiden moeten worden van het omringende polderland.

Voor de natuur is een goede waterkwaliteit in het veenweidegebied van belang. Het opzetten van peilen kan als neveneffect leiden tot extra nutriënten emissies naar het oppervlaktewater. Daarnaast kan de inlaat van gebiedsvreemd water de waterkwaliteit verslechteren. Om de natuurkwaliteit te verbeteren moet de inlaat van eutroof gebiedsvreemd water worden beperkt. Hierbij kan worden gedacht aan het invoeren van flexibel peilbeheer.

De veenweidennatuur staat onder druk door de intensieve veehouderij. Adaptatiemaatregelen zoals het opzetten van streefpeilen en functie volgt peil bieden kansen voor de veenweidennatuur, omdat op deze gronden minder intensief geboerd kan worden. Daardoor hebben in deze gebieden de weidevogels een grotere kans op overleving, omdat het ritme van de agrarische bedrijfsvoering beter kan worden afgestemd op de broedcyclus van de weidevogels. Het gras gaat later groeien als gevolg van de nattere omstandigheden en dus wordt er later geoogst. Weidevogels hebben daarom meer kans om vliegvlugge jongen groot te brengen.

#### 6.4. Resultaten

Hieronder worden de belangrijkste resultaten weergegeven van de adaptatierichtingen. De effectiviteit en de neveneffecten van elke adaptatierichting zijn kwalitatief weergegeven in tabel 6.1 en vervolgens beschreven.

##### *Huidige situatie*

De huidige situatie leidt tot een grote bodemdaling die de druk op het watersysteem zal vergroten en grote maatschappelijke kosten met zich meebrengt (Woestenburg et al., 2009). Daarnaast leidt de bodemdaling tot een hoge uitstoot van broeikasgassen. Het voortzetten van de huidige situatie is weliswaar gewenst vanuit een optimale agrarische bedrijfsvoering, maar heeft veel negatieve effecten. Het voortzetten van de huidige situatie lijkt daarom geen optie.

##### *Adaptatierichting 1; huidige peilvakken met slootpeil – 30 cm:*

De huidige peilvakken worden gehandhaafd, maar de slootpeilen in het landbouwgebied worden verhoogd tot 30 cm onder maaiveld. Het opzetten van de streefpeilen heeft een positief effect op de bodemdaling. De emissie van CO<sub>2</sub> zal afnemen. Voor de emissie van N<sub>2</sub>O is dat onduidelijk. Indien boeren meer gaan bemesten om het verlies aan grasproductie te beperken, zal de uitstoot van N<sub>2</sub>O vergroot worden. Een ondiepe ontwatering beperkt de mogelijkheden voor waterbergen in de polder, aangezien de bergingscapaciteit als gevolg van hogere (grond)waterstanden afneemt. Voor de natuur levert een ondiepe ontwatering kansen op voor weidevogels en moerasnatuur. Daarnaast worden de milieucondities buiten de natuurgebieden beter en nemen daardoor ook de migratiemogelijkheden toe. Voor de landbouw is een ondiepe ontwatering ongunstig. Ondiepe ontwatering vergroot de kans op nat-schade, vooral in het voorjaar. De risico's op droogteschade nemen echter af.

##### *Adaptatierichting 2; functie volgt peil met hoge slootpeilen:*

De peilvakken worden vergroot en het slootpeil ligt gemiddeld 30 cm onder de maaiveldhoogte. Het vergroten van de peilvakken maakt het watersysteem robuuster en beter beheersbaar. Door de ondiepe ontwatering zijn er mogelijkheden voor waterberging echter beperkt. De bodemdaling wordt geremd in de lage delen, maar zal fors blijven in de hogere delen. Hierdoor wordt het verschil in maaiveldhoogte kleiner. Aangezien het aandeel natte gronden groot is, zal de gemiddelde bodemdaling afnemen. Dit geldt ook voor de gemiddelde emissies van CO<sub>2</sub>. De verandering van de N<sub>2</sub>O emissies is onzeker, omdat deze mede afhankelijk is van de bemesting. Door verschillen in maaiveldhoogte ontstaan er binnen een peilvak lage natte

Tabel 6.1 Kwalitatief overzicht van de effectiviteit en neveneffecten van de verschillende adaptatierichtingen:

Peilrichting	Bodemdaling	Robuustheid watersystemen / waterberging	Broeikasgasemissie	Landbouw	Natuur
Huidige situatie	--	-	--	++	-
Adaptatierichting 1	+	-	+ (CO <sub>2</sub> ) / - (N <sub>2</sub> O)	o	+
Adaptatierichting 2	++ / -	++	+ (CO <sub>2</sub> ) / o (N <sub>2</sub> O)	-- / + (i)	++
Adaptatierichting 3	-	o	-	+	o

(i): bij innovatie in de landbouw

delen en hogere delen met landbouwkundige goede drooglegging. Dit biedt kansen om het concept functie volgt peil in te voeren. Het landgebruik wordt dan aangepast op het ontwateringsniveau. Verschillen in ontwatering biedt kansen voor multifunctioneel landgebruik. Op de hoge delen van een peilvak blijven er goede omstandigheden voor de landbouw, terwijl in de lage delen er juist kansen ontstaan voor natuur en extensievere vormen van landbouw, aangepast aan de nattere omstandigheden. Dit vereist wel een flinke transitie in ruimtegebruik, aangezien in het huidige landgebruik de landbouw juist in de lage delen gevestigd is. Bij het vergroten van de peilvakken moet daarom ook rekening worden gehouden met historische investeringen van de landbouw. Beschermde moerasnatuur in de hoge delen is niet te verplaatsen. Huidige beschermde natuurgebieden moeten worden gehandhaafd en van een apart peil worden voorzien. Ruimtelijke ordening speelt bij deze oplossingsrichting dan ook een belangrijke rol.

*Adaptatierichting 3; huidige peilvakken met slootpeil -45 cm:* De huidige peilvakken worden gehandhaafd, maar de streefpeilen worden verhoogd tot 45 cm beneden maaiveld. Voor delen van het westelijke veenweidegebied is een drooglegging van 45 centimeter in de zomer inmiddels beleid geworden. Deze richting onderscheidt zich door een diepere ontwatering dan richting 1. Dit levert kansen op voor boeren, omdat zij met een ontwatering van -45 cm beneden maaiveld uit de voeten kunnen. Diepere ontwatering is echter weer slechter voor bodemdaling, broeikasgasemissies en de natuur. Er is wel meer waterberging mogelijk.

De adaptatierichtingen zijn doorgerekend en het effect van de strategieën op de maaiveldaling in het noordelijk veenweidegebied is weergegeven in figuur 6.5.

#### *Broeikasgasemissies*

Het veenweidegebied draagt fors bij aan de uitstoot van broeikasgassen, via bodemdaling en emissies vanuit het agrarisch landgebruik. Hieronder zijn de verschillende CO<sub>2</sub> emissies berekend voor de verschillende adaptatierichtingen. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat er geen CO<sub>2</sub> vrijkomt in natuurgebieden en kleigronden met een veen ondergrond.

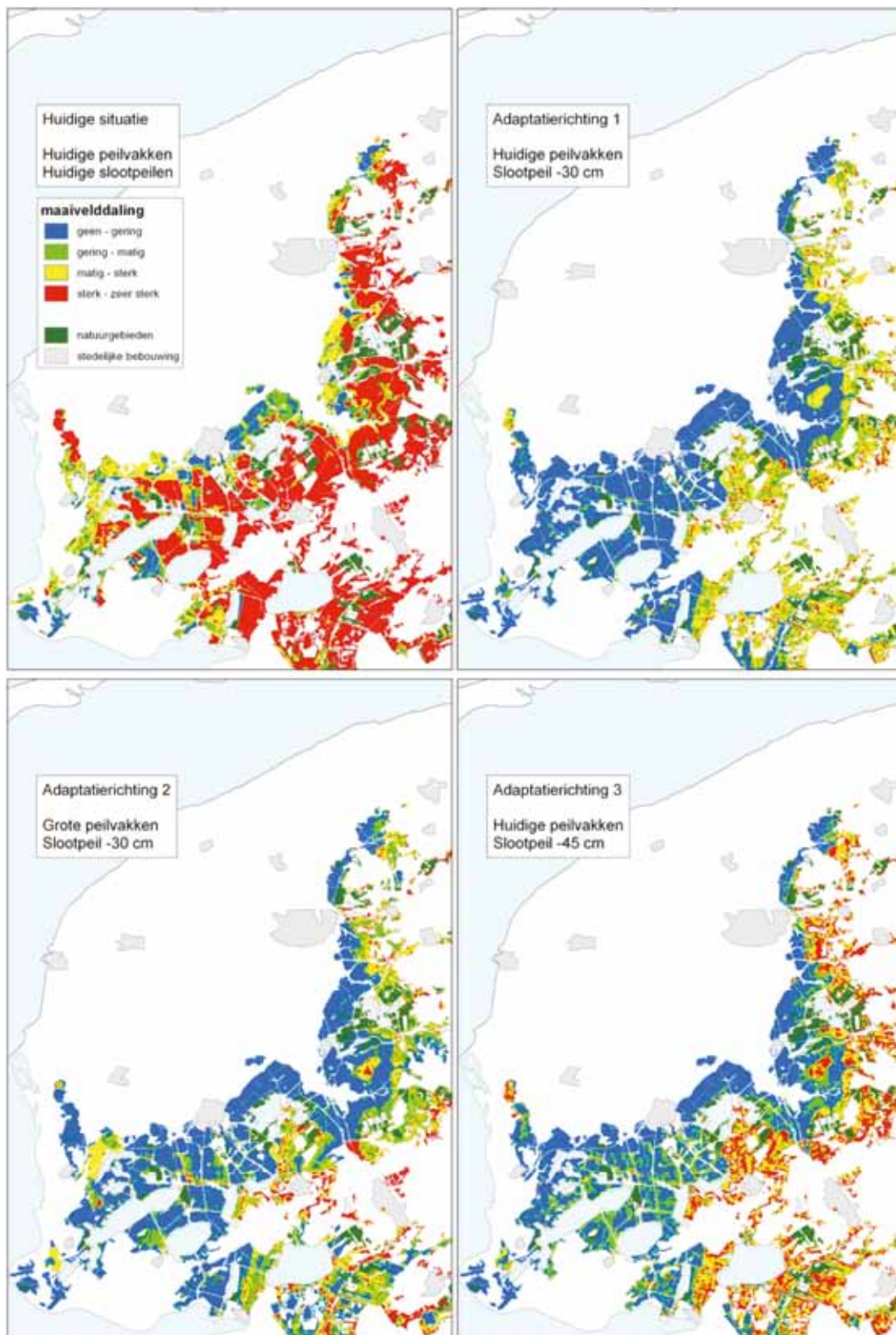
Tabel 6.2 Uitstoot van CO<sub>2</sub> bij verschillende peilrichtingen

	west	noord	totaal
	CO <sub>2</sub> -emissie totale gebied (ton x 10**6)		
Huidige situatie	1.3	1.6	2.9
Adaptatierichting 1	0.9	0.6	1.5
Adaptatierichting 2	0.9	0.6	1.5
Adaptatierichting 3	1.1	0.9	2.0
per ha			
	west	noord	totaal
oppervlak (ha)	67000	53000	120000
	CO <sub>2</sub> -emissie (ton/ha)		
Huidige situatie	20	29	24
Adaptatierichting 1	13	12	12
Adaptatierichting 2	14	12	13
Adaptatierichting 3	17	16	17

De lachgas (N<sub>2</sub>O) emissie is afhankelijk van de bemesting en de grondwaterstand. Een hogere grondwaterstand leidt doorgaans tot een vermindering van de N<sub>2</sub>O emissies als de mestgift gelijk blijft. Als percelen vernatten zal de boer zijn beheer veranderen. Hij kan:

- meer gaan bemesten om het verkorte groeiseizoen te compenseren. Bemesting leidt juist tot hogere N<sub>2</sub>O emissies
- minder gaan bemesten omdat het groeiseizoen korter is geworden.

Dit betekent dat vernatting zowel kan leiden tot een vermindering als tot een vermeerdering van de lachgasemissies.



Figuur 6.5 Effect van de verschillende adaptatierichtingen op de maaielddaling in het noordelijk veenweidegebied

## 7. Hogere zandgronden in Nederland

### 7.1. Gebiedsbeschrijving

In Nederland liggen drie grote zandgrondgebieden; Brabant, Oost Nederland en het Veluwe massief. Karakteristieke elementen zijn zandplateaus, veenkoloniaal zand en beekdalen. Oorspronkelijk was er veel hoogveen te vinden. Dit is echter voor een groot deel afgegraven en heeft platte hoge delen achter gelaten. Verspreid over het hele gebied liggen nog kleine geïsoleerde hoogveen snippers. In de Peel en op de Veenkoloniën zijn grotere resten van het hoogveenpakket aanwezig.



Figuur 7.1 Geografische ligging van de Hoge zandgronden en beekdalen

Het landschap op de hoge zandgronden varieert van kleinschalig zoals de nationale landschappen rondom Winterswijk en het Groene Woud tot grootschalige landschappen zoals de Peel en de Veenkoloniën. Het gebied rond Winterswijk heeft een kleinschalige openheid en een groen karakter. Hier vinden we een microreliëf door essen en 'eenmansessen'. Het Groene Woud heeft een sa-

menhangend complex van beken, essen, kampen, bossen en heidegebieden. In Zuid Drenthe en op de Veluwe liggen ook kleinschaligere gebieden. Het kleinschalige landschap heeft een grote verwevenheid tussen verschillende landschapselementen. Deze kleinschalige landschappen hebben een cultuurhistorische waarde. De economische relevantie van de cultuurhistorie komt tot uitdrukking in een aantrekkelijk gebied voor recreatie en toerisme. De verwevenheid leidt soms tot problemen omdat bijvoorbeeld de wensen ten aanzien van ontwatering op kleine schaal uit elkaar kunnen lopen als gevolg van verschillend landgebruik. In gebieden met minder natuurlijke variatie zien we dat de landbouw wat grootschaliger is, zoals in de Veenkoloniën, Noord Drenthe en in de Peel. De natuur in deze gebieden ook grootschaliger.

De ruimtelijke druk vanuit de stedelijke gebieden is groot in Brabant en op de Veluwe. Het gaat om steden als Eindhoven, Den Bosch, Tilburg, Breda, Utrecht, Amersfoort en Apeldoorn. Het zandgebied in oost Nederland heeft een ruraal karakter met uitzondering langs de huidige stedelijke kernen zoals Nijmegen, Arnhem, Enschede en Assen. De zandgebieden kennen een intensief recreatief gebruik. Zeker rond stedelijke kernen kan het landelijk gebied een belangrijke rol spelen om in deze behoefte te voorzien. Vooral bossen en heidegebieden zijn geliefde recreatiegebieden.

In dit hoofdstuk werken we oostelijk Brabant nader uit. De informatie over Oostelijk Brabant komt uit het rapport: "Klimaatverandering in drie case studiegebieden" (Blom et al, 2009b).

#### Watersysteem

Het regionaal watersysteem in zandgebieden bestaat vaak uit hoofdbeken die vanuit de hogere delen weer gevormd worden door kleine beekjes en sloten. De hydrologie kenmerkt zich door infiltratiegebieden en kwelzones. De hooggelegen zandgronden dienen als infiltratiegebied, waar het neerslagoverschot naar het grondwater stroomt. In de lage delen zoals beekdalen ontstaan kwelzones. Het watersysteem heeft een drainerende en afvoerende functie. Veel beken zijn rechtgetrokken om de waterafvoer te

verbeteren. Inmiddels worden verschillende beekherstel projecten uitgevoerd om de natuurwaarden van beken te vergroten, maar ook om onder andere via hermeandering water langer vast te houden en de wateroverlast in de benedenlopen van beken te beperken. Omdat er geen water kan worden aangevoerd naar de bovenlopen van deze beken kunnen deze tijdens droge perioden droogvallen. De aquatische natuur is hier gevoelig voor.

De zandgronden zijn grotendeels afgesloten van het hoofdwatersysteem. Dit betekent dat deze gebieden voor de watervoorziening van de neerslag afhankelijk zijn. Naar verschillende gebieden, zoals delen van Drenthe, Overijssel en Groningen en rondom de Maas in Oost Brabant en Limburg, kan water vanuit het hoofdwatersysteem worden aangevoerd (zie figuur 3.8). Om watertekorten op te vangen wordt door de landbouw gebruik gemaakt van beregening. Hiervoor wordt meestal grondwater gebruikt. Het gebruik van grondwater is gereguleerd door provincies en waterschappen. Beregening komt vooral voor in Brabant en wordt ingezet bij de teelt van maïs. Ook het water voor het vee is hier afkomstig uit het grondwater.

#### *Landbouw*

De melkveehouderij is de grootste grondgebruiker op de hoge zandgronden gevolgd door akkerbouw en tuinbouw. De intensieve veeteelt is ook sterk aanwezig in vooral Noord-Brabant, Gelderland en Overijssel. Door de aanwezigheid van de melkveehouderij en de intensieve veehouderij is vrijwel overal maïsteelt aanwezig. Op de zandgronden zijn de verschillen tussen de agrarische gebieden groot. Er zijn gebieden die zich vooral richten op de productie voor de wereldmarkt, terwijl er ook gebieden zijn waar een deel van de landbouw zich duidelijk richt op verbreding.

De intensieve veehouderij produceert voornamelijk voor de wereldmarkt. Intensieve veeteelt vinden we terug in grote delen van Brabant. Deze bedrijven bezitten vaak grond waar veelal maïs verbouwd wordt. Er liggen op de zandgronden een aantal tuin- en akkerbouwgebieden die zich sterk richten op de wereldmarkt, zoals rond de Peel en in west Brabant. Verder zijn een aantal sterke melkveehouderijgebieden te duiden: Noord-Overijssel en Drenthe. De agrarische sector streeft hier naar kostprijsverlaging door schaalvergroting ondanks het vaak kleinschalig landschap.

Verscheidene gebieden bieden kansen voor een verbrede landbouw. Langs de stedelijke kernen en op de Veluwe lig-

gen goede mogelijkheden voor een verbrede landbouw die gericht is op het aanbieden van diensten voor de stedelijke markt. De recreatieve behoefte is groot en het cultuurlandschap aantrekkelijk. Daarnaast liggen er nu al mogelijkheden voor het aanbieden van groenblauwe en landschappelijke diensten.

Een aantal gebieden kenmerken zich door een lagere concurrentiekracht in ruraal gebied. Het gaat hierbij om de Veenkoloniën, de Achterhoek, Twente en Zuidwest Drenthe. Verbreding is hier een optie, maar de stedelijke markt ontbreekt. De verbreding zal zich hier richten op meer rurale functies, zoals landschap en groenblauwe diensten. In een aantal gebieden kunnen boeren daarnaast voorzien in de recreatiebehoefte van toeristen, zoals de Achterhoek, Twente en Zuidwest Drenthe.

#### *Natuur*

De belangrijkste natuurtypen op de hoge zandgronden zijn bossen, heide en beekgebonden natuur. Grondwater onafhankelijke systemen, zoals hoogveen, vennen, natte en droge hei en droge bossen vinden we met name op de hogere delen. De natte systemen zijn afhankelijk van het vasthouden van regenwater. In beekdalen vinden we systemen die gevoed worden door oppervlakte- en grondwater. Het betreft aan beken gebonden systemen, zoals beken, natte graslanden, beekbegeleidende bossen. In kwelgevoede gebieden vinden we kwel gevoede systemen, zoals vochtige graslanden.

In gebieden waar het watersysteem en de ruimtelijke ordening sterk is afgestemd op de landbouw, leidt dit tot extra drukfactoren voor natuurgebieden, vooral aan de randen. De diepe drainage om landbouwgronden, beekdalen of gebieden met stagnerend grondwater droog te houden leidt tot verdroging in aanliggende natuurgebieden. Het Rijk heeft aangegeven in welke natuurgebieden de verdrogingproblematiek prioritair moet worden aangepakt. Het gaat om de zogenaamde TOP natuurgebieden. Emissies van nutriënten naar natuurgebieden leiden tot eutrofiering en verzuivering van voedselarme natuur.

#### *Oostelijk Brabant*

De informatie over Oostelijk Brabant komt uit het rapport: 'Klimaatverandering in drie case studie gebieden' (Blom et al, 2009b). Oostelijk Brabant wordt gedefinieerd als het deel van Brabant ten oosten van de lijn Den Bosch – Tilburg. Dit gebied bestaat vrijwel geheel uit zandgronden. Rondom de Peel en lokaal in beekdalen komen ook veenbodems voor. Oostelijk Brabant helt van het hooggelegen zuiden

en oosten naar het laaggelegen noordwesten. De Peelhorstbreuk is de grens tussen de hooggelegen Peelhorst en de laaggelegen centrale slenk. Op de Peelhorst ten zuiden van Uden ligt een groot inzijgingsgebied. Doordat op het overgangsg gebied tussen de Peelhorst en de slenk ondoordringende bodemlagen liggen, ontstaat hier een kwelzone op de hoge gronden (wijstgronden). Terwijl de lagere gronden juist droog zijn. Hierdoor is er nauwelijks uitwisseling tussen de hydrologische systemen van de Peelhorst en de Aa en de Dommel in de slenk. Belangrijke kwelgebieden zijn de beekdalen en het gebied tussen Tilburg, Den Bosch en Eindhoven. Overigens vinden we door lokale verschillen in maaiveldhoogte ook hier wegzijgingsgebieden.

We kunnen het gebied indelen in twee gebieden; het westelijk en het oostelijk deel. Het westelijk deel valt onder het waterschap de Dommel. Hier is de wateraanvoer niet mogelijk. In het oostelijk deel is wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem mogelijk. Dit gebied wordt beheerd door het waterschap Aa en Maas. Het landbouw areaal bestaat uit 1.333.056 hectare en beslaat ongeveer de helft van het gebied. De belangrijkste gewassen zijn snijmaïs, grasland, korrelmaïs aardappelen, suikerbieten, corn cob mix, sierconiferen en sierheesters. Onder Helmond ligt een glastuinbouwgebied. In het oostelijk deel van het casestudiegebied ligt een grootschalig en intensiever landbouwgebied, in het westen is de landbouw meer verweven met andere functies en daardoor kleinschaliger. De intensieve veehouderij is een belangrijke sector. De grootste bedrijven liggen in het oostelijke deel. Een kwart van het casestudiegebied heeft een natuurdoel. Deze doelen zijn zeer divers. Bossen vormen veruit het grootste natuurtipe. Verder liggen er enkele hoogveen en heide gebieden. In de beekdalen vinden we nat schraalgrasland en bloemrijk grasland. Het zuidwestelijk deel is kleinschalig. Kleine bosjes, houtwallen en bomenrijen vormen belangrijke landschapselementen (Geertsema et al, 2002) Het noordwestelijke deel is grootschaliger, ook hier komen echter ook eerdergenoemde landschapselementen voor.

## 7.2. Kwetsbaarheid en kansen

De belangrijkste klimaateffecten voor de zandgronden en beekdalen zijn een vergroot risico op droogte, wateroverlast, weersextremen en ziekten en plagen. Klimaatverandering vergroot de kans op wateroverlast en natschade in de kwelgebieden en beekdalen. Daarnaast lopen zandgronden een vergroot risico op droogteschade, vooral in het infiltratiegebied. Een aantal gebieden is afhankelijk

van de neerslag omdat contact met het grondwater ontbreekt en er geen water kan worden aangevoerd. Met name de landbouw en de natuur zijn kwetsbaar voor weersextremen. Ten slotte heeft klimaatverandering mogelijk een effect op het voorkomen van ziekten en plagen.

### *Watersysteem*

Het regionaal watersysteem is een systeem van hoofdbeken die in de hogere delen weer gevormd worden door kleine beekjes en sloten. De hydrologie kenmerkt zich door infiltratiegebieden en kwelzones. De watersystemen watern onder vrij verval af op beken en daarna op rivieren. Aangezien grote delen van de hoge zandgronden afhankelijk zijn van neerslag, is dit gebied kwetsbaar voor de toenemende kans op neerslagtekorten in het groeiseizoen en kan droogte hier een belangrijk knelpunt worden. Klimaatverandering vergroot de kans op droge periodes en hiermee de kwetsbaarheid van het watersysteem voor droogte. Met name onder het W+ scenario kan het fors droger worden. Veel zandgronden hebben nu al problemen die gerelateerd zijn aan droogte en verdroging. Een voorbeeld hiervan is de verdroging van natuurgebieden die vaak ontstaat door het draineren van landbouwgrond in de omgeving. Veel zandgronden zijn extra gevoelig voor droogte omdat aanvoer van water uit het hoofdwatersysteem niet mogelijk is. In sommige delen kan overigens wel water worden aangevoerd. Bovenlopen van beken kunnen droog vallen.

De laaggelegen delen, waaronder de beekdalen zijn gevoelig voor wateroverlast. Maatregelen om de drainerende functie van het watersysteem te vergroten, zoals het rechttrekken van beken hebben geleid tot wateroverlast in de benedenlopen van beekdalen. Een grotere kans op piekbuien zal deze problematiek, met name onder het W scenario, aanzienlijk vergroten. Vooral de benedenlopen van beken zijn kwetsbaar. Vaak liggen hier stedelijke kernen, zoals Meppel of Den Bosch, die extra gevoelig zijn voor wateroverlast omdat de schade in stedelijk gebied groot is.

### *Landbouw*

De landbouw is kwetsbaar voor weersextremen, zoals hevige regenval, hagel, droogte of hitte, omdat deze tot schade kunnen leiden. Vooral de akkerbouw kan last hebben van extreme weersgebeurtenissen waarvan verwacht wordt dat ze vaker gaan optreden en toenemen in intensiteit (Schaap et al., 2009). De landbouw op de zandgronden bestaat voornamelijk uit melkveehouderij, akkerbouw en intensieve veeteelt. Voor de melkveehouderij zijn vooral de problemen met hitte schadelijk voor het vee en de melk-

productie. Tijdens droogte zal de grasproductie stil komen te liggen en de snijmaisproductie daalt. Berekening van snijmais om productieverlies te voorkomen in perioden van droogte verlaagt de grondwaterstand en werkt verdroging in de hand. Natte omstandigheden lijden voor melkveebedrijven tot meer kosten doordat koeien niet naar buiten kunnen.

Naast natschade, droogteschade en hitteschade is de landbouw kwetsbaar voor ziekte en plagen. Het is onduidelijk in welke mate klimaatverandering doorwerkt op de vestiging en de omvang van ziekte en plagen. De potentiële toename van ziekten en plagen is ongewis en kan tot onverwachte kosten leiden. De uitbraak van de Blauwtong ziekte enkele jaren geleden toont dit aan. Overigens is de uitbraak van Blauwtong niet terug te voeren op klimaatverandering.

#### *Natuur*

De natuur op de zandgronden is gevoelig voor temperatuurstijging, weersextremen, wateroverlast en droogte. Temperatuurstijging en weersextremen leiden tot fluctuaties in soortenaantallen en verschuiven de klimaatzones.

De natte en vochtige natuur op de hoge zandgronden, zoals hoogveen, vochtige heide, schraalgraslanden, is zeer gevoelig voor droogte. Klimaatverandering zal deze stressfactor versterken, met name onder het W+ scenario. De bestaande droogtestress wordt voornamelijk veroorzaakt door ontwatering van landbouwgronden. Hoogveen is het meest kwetsbaar en is daarnaast ook gevoelig voor temperatuurstijging. Naast droogteschade resulteren hogere temperaturen en droge omstandigheden in snellere mineralisatie van organisch materiaal waardoor extra nutriënten beschikbaar komen. In gebieden waar de aanvoer van water mogelijk is wordt gebiedsvreemd water ingelaten. Dit water is vaak veel rijker aan nutriënten dan regenwater of kwelwater. Het nutriëntengehalte van veel zandgronden is als gevolg van bemesting hoog. In Noord Brabant en Oost Nederland zijn veel gronden fosfaatverzaagd. De toevoer van nutriënten in de voedselarme vegetaties van hoogveen, vochtige heide en schraalgraslanden is vaak desastreus voor deze systemen. Enkele plantensoorten profiteren van de toegenomen nutriëntenrijkdom, zoals bijvoorbeeld het Pijpenstrootje, en verdringen daarmee specialisten van de schrale omstandigheden. Naast droogteschade kan extreme neerslag een negatief effect hebben op de natuur. Zeker als dit leidt tot een extra uitspoeling van nutriënten. Als regenwater oppervlakkig afgevoerd wordt, kunnen nutriënten vanuit landbouwgebieden in

het water meegevoerd die ook weer een bron zijn van extra voedselrijkdom in voedselarme natuurtypen. Ten slotte kunnen overstromingen van beken leiden tot de aanvoer van extra nutriënten op schraalgraslanden.

Extreme weersituaties leiden tot grotere fluctuaties in populatiegrootte. Dit kan leiden tot tijdelijk grotere of kleinere populaties. Die kleinere populaties hebben een grotere extinctiekans, vooral in kleine, geïsoleerde gebieden. Daarnaast leidt klimaatverandering ertoe dat de geschikte klimaatzones van soorten verschuift. Voor doelsoorten van het Nederlandse natuurbeleid is dit over het algemeen een verschuiving richting het noorden. Op basis van modelberekeningen zijn voorspellingen gedaan voor het potentiële verspreidingsgebied van de doelsoorten in Nederland. Hieruit blijkt dat het geschikte klimaat voor relatief veel soorten van met name hoogveen en vochtige heide zich terugtrekt uit Nederland (Geertsema et al, 2009).

#### *Oostelijk Brabant*

Voor de infiltratiegebieden op de hoge zandgronden zijn gevoelig voor droogte. De grondwaterstand ligt hier laag en het water zakt snel weg in de bodem. Ook het grondgebruik is kwetsbaar voor droogte. Dit geldt zowel voor de landbouw als voor de natuur. Zeer gevoelige natuurtypen zijn soorten die voorkomen in natte heide, hoogvenen en natuurtypen in beekdalen. In het stroomgebied van de Dommel vinden we beekdalen en hoogveen en heidegebieden, in het stroomgebied van de Aa vinden we relatief weinig beeknatuur. Het natuurgebied de Peelvenen is een belangrijk hoogveen/heidegebied. Als gevolg van de droogte neemt de kans op bosbranden ook toe (Blom et al, 2009b).

De kans op wateroverlast is op de infiltratiegebieden klein, terwijl in de beekdalen en kwelzones de risico's toenemen. Het risico op wateroverlast in de beekdalen kan worden vergroot door hermeandering van beken. Meanderende beken treden bij piekafvoeren eerder buiten hun oevers dan gekanaliseerde beken (Blom et al, 2009b). Overigens draagt hermeandering bij aan het verkleinen van de waterproblematiek benedenstrooms.

De landbouw is in het algemeen kwetsbaar voor weersextremen. In het westelijke deel van Oost Brabant is de landbouw intensief. De totale schade als gevolg van weersextremen is hier in potentie groter dan in het oostelijk deel, waar de landbouw kleinschaliger is. Ook neemt het risico op ziekte en plagen toe. Met name natte heide, hoogveen en natuurtypen op arme gronden kennen relatief veel koude-minnende soorten. Deze soorten krijgen het moeilijk als



gevolg van temperatuurstijging. Ook is de ruimtelijke samenhang tussen de verschillende bos en heidegebieden nog onvoldoende.

### 7.3. Adaptatierichtingen

Op de zandgronden is de klimaatproblematiek sterk gerelateerd aan waterproblematiek. De kansen op schade als gevolg van te veel water in de beekdalen en de kwelzones of te weinig water in het infiltratiegebied nemen toe. Het watersysteem en de daarbij behorende beken is daarom een belangrijk instrument voor klimaatadaptatie. In deze studie gaan we ervan uit dat de meest voor de hand liggende adaptatierichting afhankelijk is van de overheersende ontwikkelingsrichting van de landbouw in een gebied volgens Agricola (not yet published); hoogwaardige landbouw, multifunctionele peri-urbane landbouw, multifunctionele rurale landbouw en grootschalige landbouw. Dit staat uitgebreid beschreven in hoofdstuk 4.

#### *Watersysteem*

Op de zandgronden speelt de gevoeligheid van het watersysteem voor klimaatverandering een belangrijke rol. Op de zandgronden moeten adaptatiemaatregelen worden genomen die gericht zijn op het verkleinen van de kwetsbaarheid ten aanzien van droogte en wateroverlast. Met name de infiltratiegebieden zijn kwetsbaar voor droogte. Een aantal gebieden in Brabant en Oost Nederland zijn minder kwetsbaar voor droogte omdat hier water kan worden aangevoerd. De aanleg en onderhoud van infrastructuur om water aan te voeren naar hogere delen is kostbaar. Gebieden aansluiten op het hoofdwatersysteem lijkt daarom geen optie. Voor gebieden waar geen wateraanvoer mogelijk is lijkt de enige adaptatierichting om het watersystemen en het landgebruik efficiënter met water om te gaan. Opties die inzetten op vermindering van de watervraag door efficiënt om te gaan met water zijn bijvoorbeeld 'beregenen op maat' of het langer vast houden van neerslagwater in het gebied. Het vasthouden van water kan door het plaatsen van stuwtjes in of het dempen van sloten. Een nieuwe mogelijkheid voor landbouwgebieden is 'peil gestuurd draineren' hierdoor kan water langer worden vastgehouden in gedraineerde landbouwgebieden en neemt de waterbehoefte (om te beregenen) af. In natuurgebieden kunnen naaldbomen vervangen worden door loofbomen, hierdoor neemt de waterbehoefte van bossen af.

Naast droogte zal de kans op wateroverlast en natschade toenemen in de beekdalen en kwelzones. Het huidige waterbeleid gericht op de trits vasthouden, bergen en afvoeren is een goede adaptatierichting. Hermeanderen van beken en het laten optreden van inundaties vertragen de waterafvoer en kunnen een bijdrage leveren aan het bergen van wateroverschotten. In beekdalen kan water meer ruimte gegeven worden. Het voordeel van dergelijke maatregelen is dat ze zowel gericht op bestrijding van wateroverlast als het conserveren van water uit oogpunt van droogtebestrijding. Daarnaast is een meanderende beek een interessant landschapselement. Hierboven genoemde maatregelen zijn al jaren gangbaar.

Maatregelen die vallen onder de trits vasthouden, bergen afvoeren verkleinen zowel de gevoeligheid van het watersysteem voor verdroging als voor wateroverlast. Dit staande beleid kan worden gezien als geen spijt adaptatiemaatregel.

<p><b>Multifunctionele peri-urbane gebieden o.a. Groene Woud</b></p> <p><b>Overheid:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functieverweving, multifunctioneel landgebruik met nadruk op lagenbenadering</li> <li>• Functie volgt peil en vasthouden van water</li> <li>• Waterefficiëntie bij het landgebruik stimuleren</li> <li>• Recreatie en landschapsdoelen meenemen bij adaptatie</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatie binnen huidige bedrijfsvoering</li> <li>• Kwetsbaarheid verminderen door verbreden</li> <li>• Klimaatdiensten aanbieden gericht op mitigatie, water, natuur en de stad</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen in en rondom natuurgebieden</li> <li>• Omliggende landschap benutten</li> <li>• Water vasthouden koppelen aan verbeteren standplaatsfactoren natte heide en hoogveen</li> </ul>	<p><b>Gebieden met een hoogwaardige landbouw o.a. intensieve veeteeltgebieden in Brabant</b></p> <p><b>Overheid:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functiescheiding en peil volgt functie</li> <li>• Stimuleren zelfvoorzienende intensieve veeteelt en hoogwaardige teelten (water)</li> <li>• Stimuleren kennisontwikkeling en innovatie</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatie door innovatie en technische maatregelen</li> <li>• Water- en energieefficiëntie vergroten en water vasthouden</li> <li>• Klimaatdiensten veehouderijen op gronden met kleine toegevoegde waarde</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen in natuurgebieden</li> <li>• Natuur verbinden via robuuste verbindingen</li> </ul>
<p><b>Multifunctionele rurale gebieden o.a. Veenkoloniën</b></p> <p><b>Overheid:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functieverweving, multifunctioneel landgebruik met nadruk op de lagenbenadering</li> <li>• Functie volgt peil en vasthouden van water</li> <li>• Verbeteren waterefficiëntie landgebruik</li> <li>• Recreatie en landschapdoelen meenemen bij adaptatie</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatie binnen huidige bedrijfsvoering</li> <li>• Kwetsbaarheid verminderen door verbreden</li> <li>• Klimaatdiensten aanbieden gericht op natuur</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen in en rondom natuurgebieden</li> <li>• Omliggende landschap benutten</li> <li>• Water vasthouden koppelen aan verbeteren standplaatsfactoren natte heide en hoogveen</li> </ul>	<p><b>Gebieden met een grootschalige landbouw o.a. Noord Drenthe</b></p> <p><b>Overheid:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Functiescheiding en peil volgt functie gericht op het landgebruik</li> <li>• Weerstand bieden aan klimaatverandering</li> <li>• Handhaven wateraanvoer</li> </ul> <p><b>Landbouw:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatie door adaptatiemaatregelen in de bedrijfsvoering</li> </ul> <p><b>Natuur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptatiemaatregelen in natuurgebieden</li> <li>• Ruimtelijke samenhang verbeteren via robuuste verbindingen</li> <li>• Vasthouden gebiedseigen water</li> </ul>

Figuur 7.2 Schematische weergaven van verschillende adaptatierichtingen op basis van de ontwikkelingsrichting van de landbouw en de mate van verstedelijking op de zandgronden

### Landbouw

Agrariërs in de kwelzones en in de beekdalen zullen eerder te maken krijgen met natschade, terwijl de boeren in de infiltratiegebieden kwetsbaar zijn voor droogte. Agrariërs kunnen aanvullende maatregelen nemen op het watersysteem om hun bedrijfsvoering minder kwetsbaar te maken. Om natschade te beperken gaat het om maatregelen als bijvoorbeeld het op stal houden van koeien en een betere drainage en bodembeheer. Om droogteschade te beperken gaat het om maatregelen als bijvoorbeeld het overstappen op minder kwetsbare teelten, beregenen en het zelf opvangen van regenwater. Overigens werkt beregening vanuit het grondwater verdroging in de hand. Maatregelen die de gevolgen van weersextremen beperken zijn per teelt verschillend.

In gebieden met hoogwaardige teelten en intensieve veehouderijen kunnen bedrijven streven naar een volledig onafhankelijke watervoorziening door het recyclen van water (substraatteelt), het aanvoeren van leidingwater of grondwater en het opvangen en gebruiken van regenwater. Op dit moment wordt er onderzoek gedaan om effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties te gebruiken als irrigatie in de landbouw (bijvoorbeeld voor maïs). De overheid kan besluiten deze transitie te stimuleren of via regelgeving af te dwingen. Daarnaast kan de overheid besluiten om het gebruik van water te beprijsen.

In grootschalige landbouwgebieden wordt de beschikbaarheid van water door de boeren als een belangrijke randvoorwaarden beschouwd. Vaak zijn grootschalige landschappen gevestigd in gebieden waar water kan worden aangevoerd (Gebied rond de Peel en Noord Overijssel en Noord Drenthe). Door water aan te blijven voeren, zullen deze gebieden makkelijker voor de wereldmarkt kunnen blijven produceren. Indien de wateraanvoer gehandhaafd blijft zullen boeren in deze gebieden streven naar intensivering via schaalvergroting en diepe ontwatering. Er is dan geen prikkel om het landgebruik efficiënter met water om te laten gaan.

In een multifunctioneel landschap liggen kansen op een verbrede bedrijfsvoering. Daardoor kunnen boeren naast hun primaire productie een rol spelen in de ontwikkeling van groenblauwe netwerken, waterconserving en de introductie of het onderhoud van landschappelijke elementen. Dergelijke maatregelen kunnen een gebied klimaatbestendiger maken, doordat bijvoorbeeld water wordt vastgehouden. Dit kan gestimuleerd worden door als overheid bijvoorbeeld voor dergelijke diensten te be-

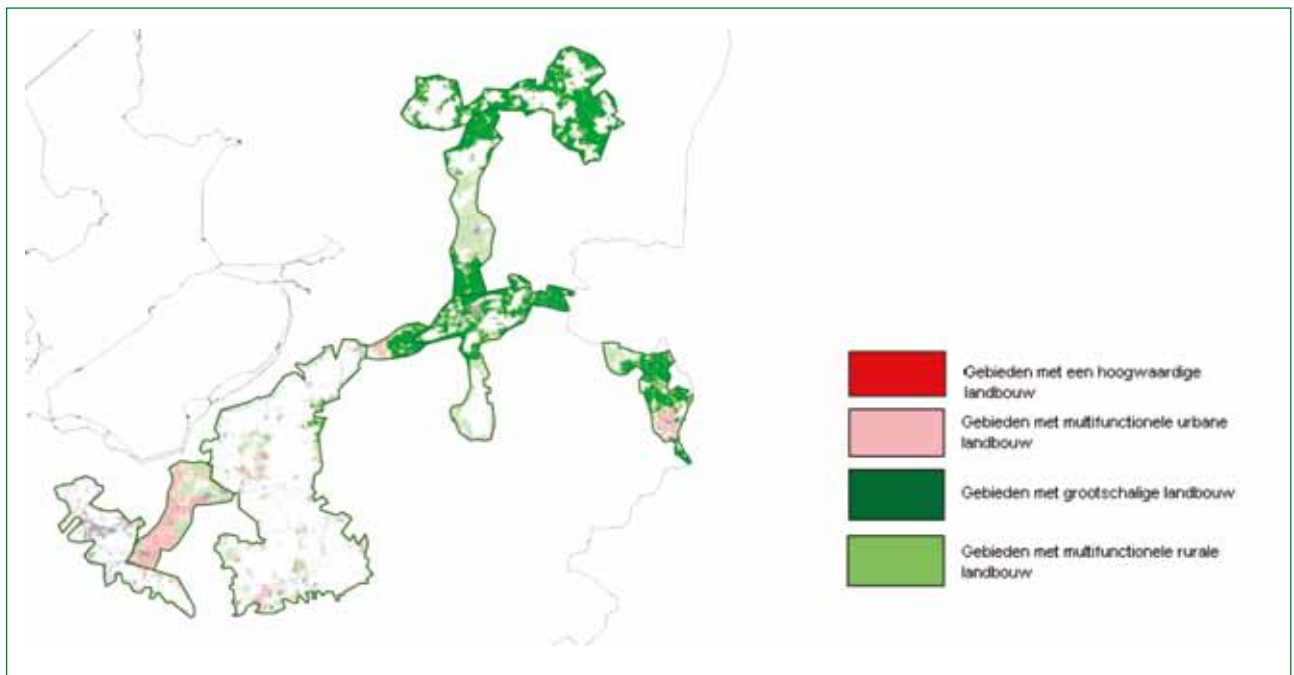
talen. Er ontstaat dan een dienstenmarkt die kansen biedt aan de verbrede landbouw. Indien de overheid wil inzetten op de verbreding van de landbouw, dan zullen ze een betrouwbaar stelsel van vergoedingen op moeten zetten dat rendabel is voor een onderneming. Verbreding van de landbouw ligt meer voor de hand in gebieden waar de concurrentiepositie van de landbouw minder is, zoals het Groene Woud, De Achterhoek, Twente en de Veluwe. Vaak zijn dit kleinschalige gebieden. Daarnaast kunnen bepaalde maatregelen worden afgedwongen via wet en regelgeving.

### Natuur

Belangrijke ecosystemen op de hoge zandgronden zijn bos, heide en beken. Op de hogere zandgronden is het voorkomen van 40 soorten vlinders, vogels en planten van opgaande begroeiing onderzocht. Veel van deze soorten bleken veel vaker voor te komen in gebieden waar bosgebieden en groenblauwe dooradering van het landschap samen voorkomen (Grashof-Bokdam et al., 2009). Het stimuleren van multifunctioneel landgebruik op de zandgronden draagt bij aan het vergroten van de functionele biodiversiteit van bosgebieden op zandgronden en is daarom een interessante adaptatierichting. Hierbij kunnen andere adaptatiedoelen worden gerealiseerd, zoals het vasthouden van water en het voorzien in de recreatiebehoefte. Het regionaal vasthouden van water in het bovenstroomse gebied (vergroten van de sponswerking) kan de kwetsbaarheid van het watersysteem verminderen.

In hoofdstuk 4 zijn voor bos en heide natuur de adaptatierichtingen omschreven. De adaptatierichting voor bossen bestaat uit het ontwikkelen van een noordelijke en zuidelijke zijtak van de Europese klimaatcorridor bos en voor heide uit het ontwikkelen van heideclusters. Vrijwel het gehele areaal van de adaptatie zoekgebieden voor bos en heide liggen op de hoge zandgronden. Binnen de corridor en de clusters kunnen adaptatiemaatregelen, zoals het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit, het vergroten van de heterogeniteit en de milieukwaliteit het meest kosteneffectief worden genomen.

De adaptatie zoekgebieden voor heide en voor bossen overlappen elkaar grotendeels (42 procent). Daar waar bos en heidegebieden samen voorkomen kunnen adaptatiemaatregelen gecombineerd worden uitgewerkt. Het creëren van geleidelijke overgangen tussen bos en heidenatuur, vergroot bijvoorbeeld de heterogeniteit van het landschap. Ook wordt geadviseerd om geleidelijke overgangen te creëren tussen droge heide en natte heide en



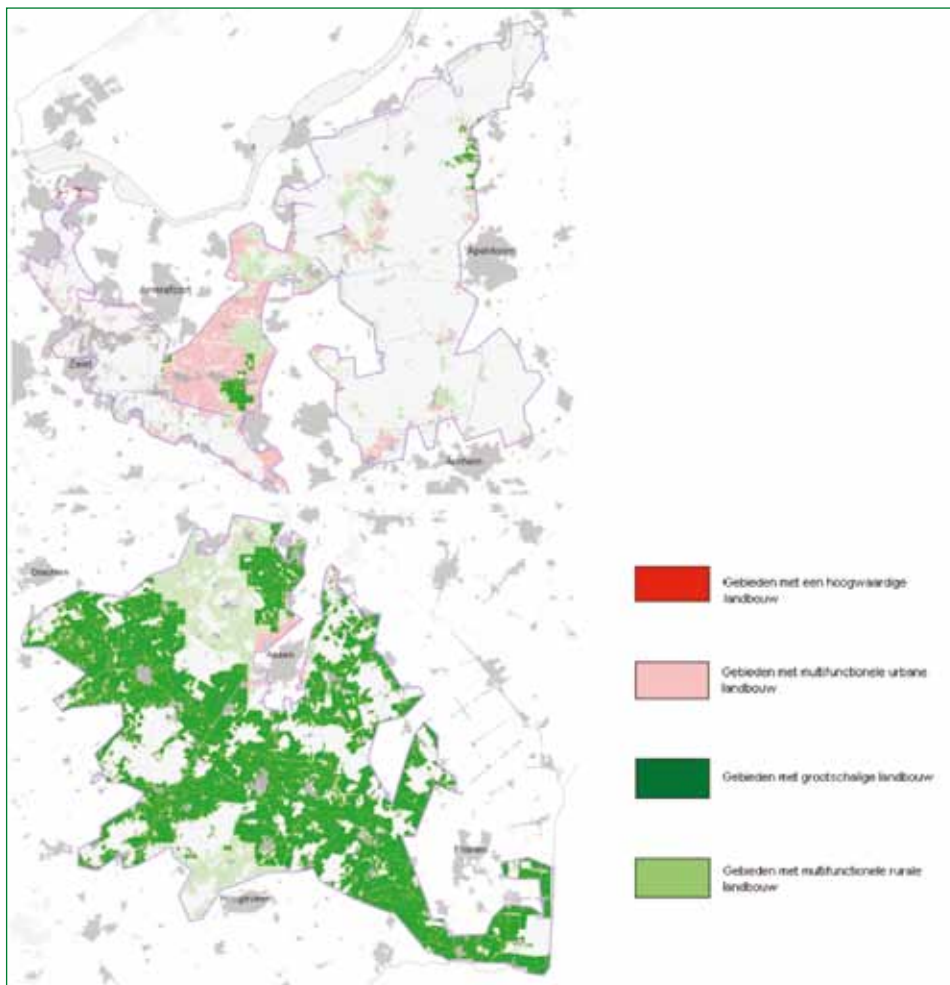
Figuur 7.3 De agrarische structuur binnen de noordelijke zijtak van de klimaatcorridor bos

hoogveen. Hiermee ontstaat meer variatie in condities en microklimaat dat gunstig is voor het opvangen van weers-extremen. Bij het inzetten van multifunctioneel landschap voor adaptatiemaatregelen zijn maatregelen voor het verbeteren van de milieucondities belangrijk.

Hieronder bespreken we de mogelijkheden om klimaatadaptatie vorm te geven in de noordelijke klimaatcorridor bos. Deze overlapt deels met het noordelijke cluster van heidegebieden en het cluster rondom het Veluwe massief en de Utrechtse heuvelrug. De noordelijke zijtak van de klimaatcorridor bos (figuur 7.3) bestaat al voor ruim de helft uit natuurgebied. Over het algemeen liggen er grote bossen en heidegebieden, zoals op de Veluwe. De adaptatiemogelijkheden binnen de klimaatcorridor bos worden bepaald door de typologie van de agrarische sector. Rondom en tussen de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug liggen goede mogelijkheden voor maatregelen gericht op het vergroten van de ruimtelijke kwaliteit van de bos en heidenatuur, het vergroten van de heterogeniteit van het landschap en het verbeteren van de milieucondities via multifunctioneel landgebruik vorm te geven. De mogelijkheden voor multifunctioneel landgebruik worden versterkt omdat de Veluwe een nationaal landschap is.

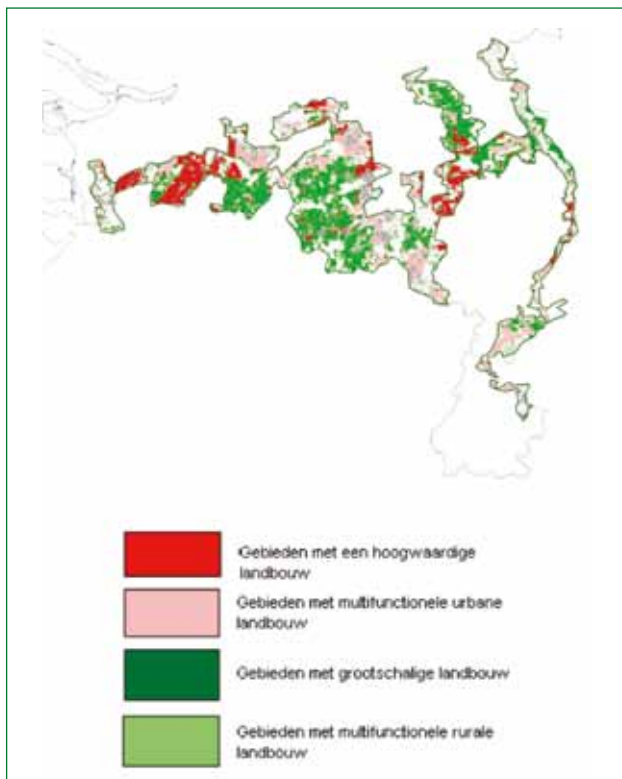
In Drenthe en Overijssel liggen gebieden met een grootschalige landbouw en grote natuurgebieden. Hier is de landbouw meer gericht op de productie voor de wereld-

markt dan op het aanbieden van diensten. Adaptatiemaatregelen die passen bij functiescheiding liggen hier meer voor de hand. Adaptatiemaatregelen die gericht zijn op het verbeteren van de ruimtelijke samenhang binnen de klimaatcorridor bos en de clusters van heidegebieden kan in de grootschaliger gebieden van Drenthe en Overijssel het best worden vormgegeven met behulp van het vergroten van de natuurgebieden en het verbinden van natuurgebieden met robuuste verbindingen. Binnen natuurgebieden kan de heterogeniteit worden vergroot. Natuurgebieden zullen beter bestand zijn tegen klimaatverandering als de negatieve invloeden worden beperkt (eutrofiëring, verdroging, etc.). Dit kan worden bereikt door minder intensief te boeren rondom natuurgebieden. Uit een studie naar de mogelijkheden voor multifunctionele adaptatiemaatregelen in Drenthe (Agricola et al, 2009) blijkt dat er lokaal wel degelijk mogelijkheden zijn voor een verbrede landbouw vooral rondom de natuurgebieden.

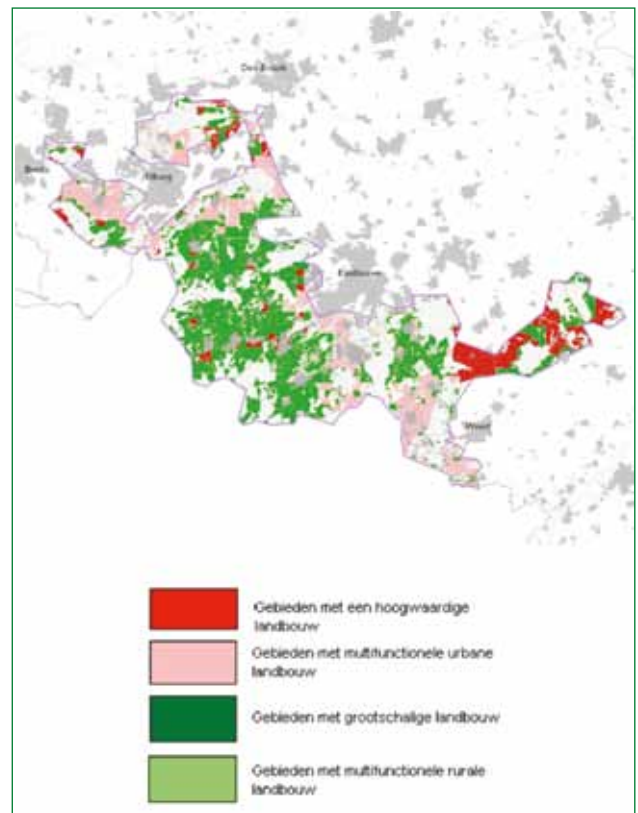


*Figuur 7.4 De agrarische structuur binnen de clusters van heidegebieden van het Veluwe massief en de Utrechtse heuvelrug en de agrarische structuur van het noordelijke heidecluster*

De zuidelijke zijtak van de klimaatcorridor bos en de zuidelijke heidecluster liggen op de hoge zandgronden van Brabant en Limburg. De agrarische structuur binnen de klimaatcorridor bos kent een grote verscheidenheid (figuur 7.5). Grofweg vinden we intensieve teelten, zoals boomteelt en vollegrondstuinbouw in West Brabant. Hier ligt klimaatadaptatie via functiescheiding voor de hand. Dit betekent dat adaptatiemaatregelen voor bos gericht zijn op het vergroten van natuurgebieden en het verbinden van bosgebieden via robuuste verbindingen. In oost Brabant en Limburg verwachten we meer mogelijkheden voor een multifunctionele adaptatierichting.



*Figuur 7.5 De agrarische structuur binnen de zuidelijke zijtak van de klimaatcorridor bos*



*Figuur 7.6 De agrarische structuur binnen het zuidelijke cluster van heidegebieden*

Met name rondom de steden, de EHS en de nationale landschappen (Groene Woud) liggen goede mogelijkheden om de ruimtelijke samenhang, de heterogeniteit van natuurgebieden en het omringende landschap en het verbeteren van de milieucondities voor bos via functieverweving vorm te geven. Hierbij kunnen andere adaptatiedoelen worden gerealiseerd, zoals het vasthouden van water en het voorzien in de recreatiebehoefte. Brabant kent een intensieve veehouderij (hoogwaardige landbouw). Deze bedrijven bezitten vaak grond. De inkomsten uit deze gronden zijn laag ten opzichte van de inkomsten uit de veeteelt. Daarom liggen er mogelijkheden voor deze boeren om op deze gronden klimaatgerelateerde diensten aan te bieden. Gebieden met intensieve veehouderij in oostelijk Brabant en Limburg bieden daarom toch mogelijkheden voor multifunctionele klimaatadaptatie. Een knelpunt hierbij is dat deze gronden vaak gebruikt worden voor de afzet van mest. Wellicht kan deze mest in de toekomst worden verwerkt in kleinschalige biogasinstallaties, zodat tevens wordt bijgedragen aan mitigatie.

Daar waar bos en heidegebieden samen voorkomen zullen adaptatiemaatregelen gecombineerd kunnen worden. Het creëren van geleidelijke overgangen tussen bos en heidenatuur vergroten bijvoorbeeld de heterogeniteit van het landschap. Ook wordt geadviseerd om geleidelijke overgangen te creëren tussen droge heide en natte heide en hoogveen. Hiermee ontstaat meer variatie in condities en microklimaat dat gunstig is voor het opvangen van weers-extremen. Bij het inzetten van multifunctioneel landschap voor adaptatiemaatregelen zijn maatregelen voor het verbeteren van de milieucondities belangrijk. Natuurgebieden zullen beter bestand zijn tegen klimaatverandering als de negatieve invloeden worden beperkt (eutrofiering, verdroging, etc.). Dit kan worden bereikt door minder intensief te boeren rondom natuurgebieden. Voor de natte heide moeten maatregelen genomen worden die de verdroging tegengaan.

*Adaptatierichtingen*

Oostelijk Brabant is gevoelig voor droogte in de infiltratiegebieden en voor wateroverlast in de kwelzones en beekdalen. Een groot deel van oostelijk Brabant valt onder de zuidelijke klimaatcorridor bos en het zuidelijke heidecluster. In het hele gebied neemt het risico op bosbranden toe, dit zou beperkt kunnen worden door het aandeel loofbomen in bossen te vergroten (Blom et al, 2009b). We kunnen oostelijk Brabant verdelen in een gebied rondom de Dommel en een gebied rondom de Aa.

In het gebied rond de Dommel is het landgebruik sterk verweven en liggen kleinschalige bedrijven. Hier zou klimaatadaptatie via multifunctioneel landgebruik kunnen worden vormgegeven. Vooral rondom de steden, de EHS en de nationale landschappen (Groene Woud) liggen goede mogelijkheden om de ruimtelijke samenhang, de heterogeniteit van natuurgebieden en het omringende landschap en het verbeteren van de milieucondities voor bos via functieverweving vorm te geven. Hierbij kunnen andere adaptatiedoelen worden gerealiseerd, zoals het vasthouden van water en het voorzien in de recreatiebehoefte. Het regionaal vasthouden van water in het bovenstroomse gebied (vergroten van de sponswerking) kan de kwetsbaarheid van het watersysteem verminderen. Het vergroten van de sponswerking beperkt het watertekort in de zomer en de kansen op wateroverlast benedenstrooms. Een nadeel is dat echter dat de bovenstroomse gebieden natter worden en daarmee minder geschikt voor de landbouw. Het vergroten van de sponswerking van een gebied biedt kansen voor natuurontwikkeling (Blom et al, 2009b).

In het stroomgebied van de Aa is wateraanvoer mogelijk vanuit de Maas. Hier is de landbouw intensiever en ligt een intensief veehouderijgebied. In principe lijkt dit gebied daarom geschikter voor een adaptatiestrategie gebaseerd op functiescheiding. Veehouderijbedrijven bezitten echter vaak ook grond. Omdat de inkomsten uit deze gronden vaak laag zijn, kunnen deze mogelijk ook ingezet worden voor multifunctionele klimaatadaptatie. Een knelpunt hierbij is dat deze gronden vaak gebruikt worden voor de afzet van mest. Wellicht kan deze mest in de toekomst worden verwerkt in kleinschalige biogasinstallaties, zodat tevens wordt bijgedragen aan mitigatie. In de Peelhorst is droogte het grootste probleem. Het gebied is weinig doorsneden met beken. Beregenen uit het grondwater is geen duurzame strategie. In het gebied rond Deurne kan adaptatie worden vormgegeven door water bovenstrooms vast te houden. Daarnaast kunnen adaptatiemaatregelen voor de intensieve veehouderij gericht zijn op het vasthouden van regenwater.

Ook voor het stroomgebied van de Aa biedt het bovenstrooms vasthouden van water kansen voor de benedenstroomse landbouw (Blom et al, 2009b). De Peelvenen kennen een relatief groot aandeel koude minnende soorten. Hydrologisch hoogveenherstel biedt hier perspectief (Blom et al, 2009b) en vergroot de sponswerking.

## 8. Discussie en Conclusies

### 8.1. Methodiek

Er is veel onderzoek gedaan naar de impacts van klimaatverandering en mogelijke adaptatiemaatregelen voor de sectoren landbouw, natuur en recreatie en in specifieke gebieden. Deze studie heeft adaptatierichtingen ontwikkeld waarbinnen deze maatregelen op kunnen worden afgestemd. In deze studie hebben we aangenomen dat de dominerende landbouw in een gebied bepalend is voor de meest kansrijke adaptatierichting. Deze keuze is arbitrair. Wij rechtvaardigen deze keuze met de volgende argumenten:

- De landbouw beslaat ongeveer 60 procent van het areaal in Nederlands en is hiermee een zeer belangrijke ruimtelijke speler
- De landbouw is een groot gebruiker van water en stelt hoge eisen aan het waterbeheer
- De landbouw heeft een economisch belang en is vaak sterk vertegenwoordigd in regionale gebiedsprocessen

Binnen de deelstudie landelijk gebied is de methodiek niet besproken in case studie gebieden en met stakeholders. In sessies die het PBL heeft gehouden in het kader van wegen naar een klimaatbestendig Nederland is deze methodiek wel besproken. In deze sessies is de methodiek goed ontvangen.

De toegepaste methodiek om de landbouw categorie in Nederland ruimtelijk weer te geven is grof en bedoeld voor analyses op nationale schaal. Kaartbeelden suggereren een grote precisie. De werkelijkheid is echter complexer. De ruimtelijke kaart is een combinatie van verschillende kaartbeelden. De grenzen tussen de categorieën zijn arbitrair en gekozen op basis van expert judgement. Elk gebied valt onder een categorie, waardoor verschillen tussen gebieden op de kaart groter lijken dan ze in werkelijkheid zijn. Verder is de kaart gebaseerd op gemiddelde bedrijfsgegevens van gemeenten. Dit kan betekenen dat een groot deel van de landbouw zich anders gedraagt dan op de kaart wordt gesuggereerd. Ten slotte maken boeren individuele beslissingen die sterk kunnen verschillen binnen een gebied.

Op lokale schaal kunnen specifieke eigenschappen leiden tot alternatieve kaders waarbinnen adaptatie plaats vindt. Een gebied specifieke studie om tot lokale of re-

gionale klimaatadaptatie te komen is altijd nodig en de adaptatiestrategie moet in samenspraak tussen verschillende overheden en stakeholders uit het gebied worden opgesteld. De binnen deze studie ontwikkelde denklijnen blijven op lokale schaal bruikbaar. Daarnaast is de methodiek niet altijd toepasbaar. Dit is het geval als de landbouw niet structurerend is in de adaptatiediscussie, zoals in het veenweide gebied. De gebruikte methodiek om tot adaptatierichtingen te komen is met uitzondering van het veenweidegebied goed bruikbaar op landelijke schaal.

### 8.2. Vergelijking tussen de adaptatierichtingen in het zeeleigebied, het veenweidegebied en op de zandgronden

Op de zandgronden en in het zeeleigebied is de adaptatierichting bepaald op basis van de landbouwcategorie, in het veenweidegebied op basis van de kwetsbaarheid ten aanzien van bodemdaling. We vergelijken hoe de adaptatierichtingen uitwerken voor landbouw natuur en recreatie. In tabel 8.1 is hier een overzicht van gegeven.



Tabel 8.1 Het effect van de verschillende adaptatierichtingen op de landbouw, natuur en de recreatie

Adaptatierichting	Water en R.O	Landbouw	Natuur	Recreatie
Gebieden met Hoogwaardige landbouw	Weerstand bieden aan klimaatverandering met veelal technische maatregelen	++ Adaptatie richt zich op het faciliteren van het landgebruik	-- Nadruk ligt niet op de natuur	+/- Recreatiebehoefte is groot
Gebieden met Grootschalige landbouw	Weerstand bieden aan klimaatverandering met veelal technische maatregelen	++ Adaptatie richt zich op het faciliteren van de grootschalige landbouw	- Adaptatie richt zich op faciliteren grootschalige natuurgebieden, ruimtelijke samenhang moeilijk realiseerbaar	- Grootschalige landbouwgebieden zijn vaak minder aantrekkelijk voor recreatie en landschap. Het meekoppelen van recreatie in natuurgebieden goed mogelijk
Peri-rurale gebieden met multifunctionele landbouw	Meebewegen met klimaatverandering in de ruimtelijke ordening en door watersysteem en landgebruik meer robuust te maken	- Door mee te bewegen met klimaatverandering worden de omstandigheden voor landbouw minder optimaal. De aanwezigheid van de stad biedt kansen	++ Een multifunctioneel landschap is heterogeen en de natuur wordt goed verbonden	++ Een multifunctioneel landschap is aantrekkelijk voor recreanten. Daarbij is de recreatiedruk hoog
Rurale gebieden Met multifunctionele landbouw	Meebewegen met klimaatverandering in de ruimtelijke ordening en door watersysteem en landgebruik meer robuust te maken	-- Door mee te bewegen met klimaatverandering worden de omstandigheden voor landbouw minder optimaal. De afwezigheid van de stad zorgt niet voor extra kansen	+ Een multifunctioneel landschap is heterogeen en de natuur wordt goed verbonden	+ Een multifunctioneel landschap is aantrekkelijk voor recreanten. Daarbij is de recreatiedruk laag
Veenweide: Gebieden kwetsbaar voor bodemdaling	Meebewegen en ruimtelijke variatie drooglegging: vergroten peilvakken, flexibeler peilbeheer en functie volgt peil	- Minder optimale productieomstandigheden	++ Biedt goede mogelijkheden voor natuurontwikkeling en minder intensieve landbouw	+/- Het veenweidelandschap verandert
Veenweide: Gebieden niet kwetsbaar voor bodemdaling	Weerstand bieden aan klimaatverandering, waterbeheer en r.o. gericht op cultuurlandschap met intensieve veehouderij	++ Optimale productieomstandigheden	- Beheer is niet gericht op natuur	+ Cultuurlandschap dat aantrekkelijk is voor recreanten blijft behouden

Tijdens de bovenstaande vergelijking vallen de volgende zaken op:

- Het type landbouw in een gebied kan in het zeekleigebied en op de zandgronden gebruikt worden om tot een kader voor klimaatadaptatie te komen in het landelijk gebied. De adaptatierichtingen voor gebieden met een grootschalige of hoogwaardige landbouw zijn meer gericht op het bieden van weerstand tegen klimaatverandering, terwijl in gebieden met een multifunctionele landbouw de nadruk van de adaptatierichting meer ligt op het meebewegen met klimaatverandering;
- De adaptatierichtingen tussen gebieden met een hoogwaardige, grootschalige landbouw en multifunctionele landbouw verschillen wezenlijk van elkaar. Het kader voor klimaatadaptatie in een gebied met peri-urbane en rurale multifunctionele landbouw verschilt nauwelijks;
- De vier adaptatierichtingen kunnen op de zandgronden en in de zeekleigebieden worden toegepast. De technische uitwerking verschilt tussen de zandgronden en de zeekleigebieden;
- Adaptatiemaatregelen voor de grondgebonden akkerbouw en melkveehouderij verschillen niet wezenlijk tussen gebieden met een grootschalige of multifunctionele landbouw. De daadwerkelijke adaptatiemaatregelen op een bedrijf zijn mede afhankelijk van de adaptatiemaatregelen die worden genomen in de ruimtelijke ordening of het watersysteem
- Er liggen goede mogelijkheden om recreatie en landschap mee te nemen bij ruimtelijke adaptatiemaatregelen

### 8.3. Vervolgonderzoek

Er is veel onderzoek gedaan naar de impact van klimaatverandering en mogelijke adaptatiemaatregelen op landbouw natuur en recreatie. Ook zijn er enkele gebiedsstudies uitgevoerd om te komen tot een klimaatbestendige ruimtelijke ordening. Momenteel is er nog relatief weinig bekend over de effectiviteit, neven effecten en kosten die gepaard gaan met adaptatiemaatregelen. Ook is er weinig bekend over de neven effecten van maatregelen en hoe maatregelen het meest effectief gecombineerd kunnen worden. Kennisontwikkeling op deze vlakken is zeer belangrijk, indien klimaatadaptatie een belangrijk onderdeel van onze ruimtelijke ordening en waterbeheer gaat worden.

## Literatuurlijst

- Agricola H.J.; Goosen H.; Grashof C.J.; Opdam P.F.M. (2009), *Kansrijke gebieden voor klimaatmantels in de provincie Drenthe, Wageningen : Alterra, (Alterra rapport 1860)*
- Agricola H.J., H. Goosen, P.F.M. Opdam & R.A. Smidt (2010), *Kansrijke gebieden voor groenblauwe mantels in de provincie Noord-Brabant, Wageningen: Alterra.*
- Allee W. C., 1938. A field study in Animal Behaviour. *Ecology* 19 (2): 311-312.
- Amelung B. (2005). *Global (Environmental) Change and Tourism: Issues of scale and distribution.* Maastricht: Universitaire Pers Maastricht.
- Amelung B. & D. Viner (2006). *Mediterranean Tourism: Exploring the Future with the Tourism Climatic Index.* *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 14, No. 4.
- Bakel van P.J.T., Kselik R.A.L., Roest C.W.J., Smit A.A.M.F.R., 2009, *Review of crop salt tolerance in the Netherlands, Wageningen, Alterra report 1926*
- Bal D., H.M. Beije M. Fellingier R. Haveman A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhoff, 2001. *Handboek Natuurdoeltypen.* Tweede, geheel herziene editie, Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- van Bakel P.J.T., Kselik R.A.L., Roest C.W.J., Smit A.A.M.F.R., *Review of salt tolerance in the Netherlands, Wageningen, Alterra report 1926, 2009*
- Blom G., Paulissen M., Vos C.C., Agricola H., 2008, *Effecten van klimaatverandering op landbouw en natuur, nationale knelpuntenkaart en adaptatiestrategieën, PRI rapport 182*
- Blom. G., Braber M den, Bessembinder J., 2009 a, *Landbouw, water en extremen, Wageningen UR*
- Blom G., Paulissen M., Geertsema W., Agricola H., 2009 b, *Klimaatverandering in drie case studie gebieden. Integratie van adaptatiestrategieën voor landbouw en natuur, Wageningen UR rapport 255*
- Blom-Zandstra G., Goosen H., Korevaar H., Steingröver E., Grashof-Bokdam C., Opdam P., 2010, *Multifunctioneel landgebruik voor klimaatadaptatie in Het Groene Woud, PRI rapport 335*
- Boer P.J. den, (1986), 'Environmental heterogeneity and the survival of natural populations', pp. 345-356 in H.H.W. Velthuis (ed.) (1986), *Proceedings 3rd European Congress of Etom, Amsterdam.*
- Bund W.J. van de & Donk E. van, 2004, 'Effects of fish and nutrient additions on food-web stability in a charophyte-dominated lake', *Freshwater Biology* 49: 1565-1573.
- Case T. J., Holt R. D., Mark A. McPeck & Timothy H. Keitt, 2005. *The community context of species' borders: ecological and evolutionary perspectives.* *Oikos* 108 (1): 28-46.
- Da Fonseca, G.A.B., Sechrest, W. & Oglethorpe, J. (2005) *Managing the matrix.* *Climate Change and Biodiversity* (eds T.E. Lovejoy & L. Hannah), pp. 346-358. Yale University Press, New Haven.
- Deltacommissie (2008), *Samen werken met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst, Den Haag: Deltacommissie.*
- Deltares (2008), *De klimaatbestendigheid van Nederland waterland. Verkenning van knikpunten in beheer en beleid voor het hoofdwatersysteem, Delft: Deltares.*
- Dorland, van R. & Jansen B. (red.), 2006. *De Staat van het Klimaat 2006.* Uitgave PCCC, De Bilt/Wageningen.
- Drake J. M., 2005. *Population effects of increased climate variation.* *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 272 (1574): 1823-1827.
- Droogers P., Immerzeel W., Goosen H., de Groot M., 2010, *Klimaatatlas: ontwikkeling wateroverlast kaarten, H2O/10. 2010*

- Dijkman W. (2004): Veenweiden: erop of eronder. In: *Nova Terra* 4/4: pp 24-29.
- Easterling D. R., Evans J. L., Ya. Groisman P., Karl T.R., Kunkel K.E. & Ambenje P., 2000a. Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review. *Bulletin of American Meteorological Society* 81: 417-425.
- Easterling, D. R., Meehl G. A., Parmesan C., Changnon S.A., Karl T.R. & Mearns L.O., 2000b. Climate extremes: observations, modelling and impacts. *Science* 289: 2068-2074.
- EEA, JRC, WHO, 2008, Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment, EEA-JRC-WHO report, EEA report No 4/2008, JRC report No JRC47756
- Foppen R., C.J.F. ter Braak, J. Verboom & R. Reijnen, 1999. Dutch sedge warblers *Acrocephalus schoenobaenus* and West-African rainfall: Empirical data and simulation modelling show low population resilience in fragmented marshlands. *Ardea* 87 (1): 113-127.
- van der Gaast J. W.J., H.Th.L. Massop, H.R.J. Vroon, 2009, Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte, analyse van de waterbeschikbaarheid rekeninghoudend met freatische grondwaterstand en bodem, ALterra-rapport 1791
- Geertsema W., 2002. Het belang van groenblauwe doordering voor natuur en landschap. Achtergrond document Natuurbalans 2002. -in uitvoering. Werkdocument 2002/02. Alterra. Wageningen
- Geertsema W., R.J.F. Bugter, M. van Eupen, S.A.M. van Rooij, T. van der Sluis & M. van der Veen (2009), Robuuste verbindingen en klimaatverandering, Wageningen: Alterra.
- Geijzendorffer I., Engelbertink, R., Smidt, R., Hermans, T., Schaap, B., Verhagen, J., Blom-Zandstra, G., 2009. Gevolgen van klimaatextremen voor de Noord Nederlandse landbouw: noodzaak voor adaptatie? Alterra
- Goosen H., L. Stuyt, M. de Groot, M. den Braber, J. Bessembinder, E. Steingröver, S. van Rooij, F. Witte, G. Blom-Zandstra, A. Sedee (2009). Klimaat-effect atlas 1.0. Eindrapport Klimaat-effect atlas. IPO, KvR, KvK, RGI en Waterdienst. <http://Klimaat-effectatlas.wur.nl>
- Grashof-Bokdam C.J., J.P. Chardon, C.C. Vos, R.P.B. Foppen, M. Wallis de Vries, M.van der Veen & H.A.M. Meeuwssen (2009), 'The synergistic effect of combining woodlands and green veining for biodiversity', *Landscape Ecology* 24:1105-1121.
- Hannah L. & L. Hansen, 2005. Designing landscapes and seascapes for change. In: *Climate Change and Biodiversity*. Hannah, T.E.L.L. New Haven, Yale University Press: 329-341.
- Hazeu G.W., Schuiling, C., Dorland, G.J., Oldengarm, J. & H.A. Gijssbertse, 2010. Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 6 (LGN6). Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 2012, 132p.
- Hanski I., 1994. Patch-occupancy dynamics in fragmented landscapes. *Trends in Ecology and Evolution* 1994 9: 131-135.
- Heijmans M. & F. Berendse (2009), State of the art review on climate change impacts on natural ecosystems and adaptation, Wageningen: Wageningen University.
- Hermans T., Verhagen, A., 2008. Spatial impacts of climate and market changes on agriculture in Europe.
- Holt D. R., T. H. Keitt, M.A. Lewis, B.A. Maurer & M.L. Taper, 2005. Theoretical models of species' borders: single species approaches. *Oikos* 108: 18-27.
- van den Hurk B., Klein Tank, A., Lenderink, G., van Ulden, A., van Oldenborgh, G.J., Katsman, C., van den Brink, H., Keller, F., Bessembinder, J., Brugers, G., Komen, G., Hazeleger, W., Drijfhout, S., 2006. KNMI climate change scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01. KNMI, De Bilt.
- IPCC, 2007, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment, Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.), IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104
- Isoard S.; Grothmann, T. and Zebisch, M., 2008. Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation: Theory and concepts'. Workshop 'Climate Change impacts and adaptation in the European Alps: focus water': UBA Vienna

- Jansen P.C.; Hendriks, R.F.A.; Kwakernaak, C. (2009). *Behoud van veenbodems door ander peilbeheer : maatregelen voor een robuuste inrichting van het westelijk veenweidegebied Wageningen : Alterra, (Alterra-rapport, ISSN 1566-7197 2009*
- de Jonge C., E. Tuunter, H Gijsbertse, H. Goosen, 2008, Gevolgen voor klimaatverandering voor recreatie en toerisme, kansen voor de recreatiesector, stichting recreatie 2008
- Julliard R., F. Jiguet & D. Couvet (2004), 'Common birds facing global changes: what makes a species at risk?', *Global Change Biology* 10: 148-154
- KNMI, 2006. Klimaat in de 21e eeuw vier scenario's voor Nederland.
- KNMI, 2009, Klimaatverandering in Nederland, aanvulling op de KNMI'o6 scenario's
- KNMI, 2009, Klimaatschetsboek Nederland, het huidige en toekomstige klimaat, KNMI rapport 223
- Kramer H., G.W. Hazeu, J. Clement, 2007. Basiskaart Natuur, 2004. Vervaardiging van een landsdekkend basisbestand terrestrische natuur in Nederland. WOT werkdocument 40. Alterra, Wageningen.
- Kramer K. & I. Geijzendorffer (2009), Ecologische veerkracht. Concept voor natuurbeheer en natuurbeleid, Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Kuijpers-Linde M.A.J., A.A. Bouman, T. Roos Klein-Lankhorst, & R. Smidt, 2007, Nederland later. Tweede duurzaamheidsverkenning, deel fysieke leefomgeving Nederland, Bilthoven: Milieu en Natuur Planbureau
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker and F. de Vries, 2005. Emission of N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> from organic agricultural soils. Alterra-report 1035.2. Alterra, Wageningen.
- Kwadijk J., Jeuken A., Waveren van H., De klimaatbestendigheid van Nederland Waterland. Verkenning naar knikpunten in beheer en beleid voor het hoofdwatersysteem, Deltares rapport, 2008
- Lise W. & R.S. Tol (2002). Impact of Climate on Tourist Demand. *Climatic Change*, No. 55, 429-449.
- Lovejoy T.E. (2005) Conservation with a changing climate. *Climate Change and Biodiversity* (eds T.E. Lovejoy & L. Hannah) pp. 325-328. Yale University Press, New Haven.
- Lesschen J.P., P.J. Kuikman en I. van den Wyngaert. 2009. Nulmeting emissie broeikasgassen Gelderse land- en tuinbouw. Alterra-rapport 1891. Alterra, Wageningen.
- Maas E.V., Hoffman G.J., Crop salt tolerance- current assessment. *ASCE Journal of the irrigation and drainage division, IR2*, 118 - 134
- Meerburg, B.G., Korevaar, H., Haubenhof, D.K., Blom-Zandstra, M., van Keulen, H., 2009. The changing role of agriculture in Dutch society. *The Journal of Agricultural Science* 147, 511-521.
- Mooij, W.M., S. Hülsmann, L.N. De Senerpont Domis, B.A. Nolet, L.E. Bodelier, P.C.M. Boers, M.L. Dionisio Pires, H.J. Gons, B.W. Ibelings, R. Noordhuis, R. Portielje, K. Wolfstein & R.R. Lammens (2005), 'The impact of climate change on lakes in the Netherlands. A review', *Aquatic Ecology* 39: 381-400.
- Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit LNV (2007), Agenda voor een vitaal platteland. Meerjarenprogramma 2007- 2013, Den Haag: Ministerie van LNV.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008), [www.verkeerenwaterstaat.nl/onderwerpen/water/050\\_water\\_en\\_ruimte/building\\_with\\_nature](http://www.verkeerenwaterstaat.nl/onderwerpen/water/050_water_en_ruimte/building_with_nature) (geraadpleegd op 14 maart 2009)
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, VROM, LNV, VenW & EZ (2006), Nota Ruimte. Ruimte voor ontwikkeling, Deel 4, Den Haag: Sdu Uitgevers.
- Olsthoorn A.F.M. (1998), Soil acidification effects on fine root growth of Douglas-fir on sandy soils, proefschrift, Wageningen: Wageningen Universiteit
- Opdam P. & J. Wiens (2002), 'Fragmentation, habitat loss and landscape management', pp. 202-223 in K. Norris & D. Pain (eds.), *Concerving bird biodiversity*, Cambridge: Cambridge
- Opdam P., Verboom, J. & Pouwels, R. (2003) Landscape cohesion: an index for the conservation potential of landscapes for biodiversity. *Landscape Ecology*, 18, 113-126.

- Opdam P. & D. Wascher, 2004. Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation*. May 117 (3): 285-297.
- Opdam P. & Wiens, J., 2002. Fragmentation, habitat loss and landscape management. In: Norris, K. & Pain, D., editors. *Conserving bird biodiversity*. Cambridge University Press, UK, pp. 202-223.
- Planbureau voor de Leefomgeving, 2009a, *Natuurbalans 2009*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Planbureau voor de Leefomgeving, 2009, *Wegen naar een klimaatbestendig Nederland*, 2009
- Parmesan C., T. L. Root & M.R. Willig, 2000. Impacts of extreme weather and climate on terrestrial biota. *Bulletin of American Meteorological Society* 81: 443-450.
- Parmesan C. & G. Yohe, 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems" *Nature* 421: 37-42.
- Pierssens K., D. Adriaens, H. Jacquemyn & O. Honnay, 2008, Synergistic effects of an extreme weather event and habitat fragmentation on a specialized insect herbivore, *Oecologia* 159: 117-126
- Piha H., M. Luoto, M. Piha & J. Merila, 2007, Anuran abundance and persistence in agricultural landscapes during climate change extremes, *Global Change Ecology* 13: 300-311
- Provincie Flevoland, 2009, *Structuurvisie Oostvaarderswold*
- Pulliam H. R., 1988. Sources, sinks, and population regulation. *Am. Nat.* 132 (5): 652-661
- Pulliam H. R., Dunning J. B. & J. G. Liu, 1992. Population Dynamics in Complex Landscapes - A Case Study. *Ecol. Appl.* 2: 165-177.
- Reijnen M.J.S.M., Kuipers, H. & Pouwels, R. 2007. Optimalisatie samenhang ecologische hoofdstructuur; ruimtecondities voor duurzaam behoud biodiversiteit diersoorten. *Alterra-rapport 1296*, Alterra, Wageningen.
- Reidsma P., 2007, *Adaptation to Climate Change: European Agriculture*, Proefschrift 2007
- Roggema R., E. Steingröver, S. van Rooij & S. Troost (2009), *Naar klimaatbestendige natuur en water in Groningen. Hotspot Klimaatbestendig Omgevingsplan Groningen*, Groningen: Provincie Groningen/Alterra/Tauw.
- Rooij S. van, E. Steingröver, J. den Besten & E. van Hooff (2009), 'Water en natuur: natuurlijke partners voor klimaatadaptatie', *H2O* 25/26.
- Rijkswaterstaat & Deltares (2008), *De klimaatbestendigheid van Nederland Waterland. Verkenning van knikpunten in beheer en beleid van het hoofdwatersysteem*, Lelystad/Utrecht: Rijkswaterstaat/Deltares
- Schaap B.F.; Blom-Zandstra, M.; Geijzendorffer, I.R.; Hermans, C.M.L.; Smidt, R.A.; Verhagen, A. 2009. *Klimaat en landbouw Noord-Nederland : rapportage van fase 2*. Wageningen : Plant Research International, 2009 (Nota / Plant Research International 629)
- Schelhaas M.J. & M. Moriondo (2007), 'Bosbranden en klimaatverandering', *Vakblad Natuur, Bos, Landschap* 8:13.
- Scherm H., 2004. Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management? *Canadian journal of plant pathology* 26, 267-273.
- Schippers, P., Verboom, J., Vos, C.C. & Jochem, R. *Metapopulation dynamics under climate change: will species be able to track?* Submitted.
- Schweiger O., J. Settele, O. Kundra, S. Klotz & I. Kühn (2008), 'Climate change can cause spatial mismatch of trophically interacting species', *Ecology* 89: 3472-3479.
- Stuijzand S., R. van Ek & J. Klein et al. (2008), *Praktijkervaringen met waterberging en natuur in een beekdal. Achtergrondrapport Beerze*, RWS Waterdienst.
- Stuyt L.C.M., 2009, *Kansen voor zilte aquacultuur in Nederland, met speciale aandacht voor visteelt op land*, Alterra rapport 1839
- Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009. *Zoetwater zuidwestelijke delta, een voorstel voor een regionale zoetwatervoorziening*.

- Tamis W.L.M., M. van 't Zelfde, R. van der Meijden & H.A.U. de Haes (2005), 'Changes in vascular plant biodiversity in the Netherlands in the 20th century explained by their climatic and other environmental
- Thomas C.D. & I. Hanski, 2004. Metapopulation dynamics in changing environments: butterfly responses to habitat and climate change. In: Hanski, I. & O. Gaggiotti (eds). *Ecology, genetics and evolution of metapopulations*. Scaedemic Press, San Diego: 105-132.
- Tilman D., R.M. May, C.L. Lehman & M.A. Nowak, 1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371: 65-66.
- Veen M. van der, E. Wiesenekker, B.S.J. Nijhoff & C.C. Vos (2010), *Klimaat Respons Database, versie 2.0. Ontwikkeld binnen het Klimaat voor Ruimte Programma*, Project A2, Adaptatie EHS.
- Velstra J. en ter Voorde, M. Leven met Zout Water, Overzicht huidige kennis omtrent interne verzilting. STOWA-publicatie 2009-45.
- Velstra J., Hoogmoed M. en Groen J., 2009. Leven met Zout Water, deelrapport: Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting. Leven met Water en Stowa.
- Verboom J., 1996. Modelling fragmented populations: between theory and application in landscape planning" Ph. D. Dissertation, University of Leiden, Leiden.
- Verboom J., R. Foppen, P. Chardon, P. Opdam & P. Luttikhuisen, 2001. Introducing the key patch approach for habitat networks with persistent populations: an example for marshland birds. *Biological Conservation*: 89-101
- Vereijken P.H., Hermans, C.M.L., 2010. A quick scan tool to assess the relative prospects of European regions for sustainable agriculture in a liberal market. *Land Use Policy* 27, 440-448.
- Vonk M., C. Vos, D.J. Van der Hoek, 2010, Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur, PBL rapport
- Vos C.C., Nijhof, B.S.J., van der Veen, M., Opdam, P.F.M. & Verboom, J., 2007a. Risicoanalyse kwetsbaarheid natuur voor klimaatverandering. Alterra-rapport 1551, Alterra, Wageningen.
- Vos C.C., Opdam, P., Nabuurs, G.-J., Bugter, B. & Epe, M., 2007b. Klimaatverandering en ruimtelijke adaptatie natuur" wat we (niet) weten. Rapport uit het Routeplanner traject 2010-2050 in kader van BSIK programma's Klimaat voor Ruimte, Leven met Water, Haboforum/Vernieuwend Ruimtegebruik en Ruimte voor Geo-informatie.
- Vos C.C., Kuipers, H., Wegman, R. & van der Veen, M. (2008). Klimaatverandering en natuur: identificatie knelpunten als eerste stap naar adaptatie van de EHS. Alterra-rapport 1602, Alterra, Wageningen.
- Vries de, A., Veraart, J., de Vries, I., Oude Essink G., Zwolsman G., Creusen, R., Buijtenhek, H., 2009, Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta, een verkenning, KVK rapport 017/09 ISBN978-94-90070-15-1, 2009
- Wanink J., H. van Dam, F. Grijpstra & T. Claassen (2008), 'Invloed van klimaatverandering op fytoplankton van de Friese meren', *H2O* 41 (23): 32-35.
- Warren M. S., J. K. Hill, J.A. Thomas, J. Asher, R. Fox, B. Huntley, D.B. Roy, M.G. Telfer, S. Jeffcoate, P. Harding, G. Jeffcoate, S.G. Willis, J.N. Greatorex-Davies, D. Moss & C.D. Thomas, 2001. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* Nov 414 (6859): 65-69.
- Witte J.-P., R. Bartholomeus, D. Cirkel & P. Kamps (2008), Ecohydrologische gevolgen van klimaatverandering voor de kustduinen van Nederland, Kiwa-rapport KWR 08.006, Nieuwegein.
- Witte J.P.M., J. Runhaar & R. van Ek (2009a), Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland, KWR rapport 2009.032.
- Witte J.P.M., J. Runhaar, R. van Ek & D.C.J. van der Hoek (2009b), 'Eerste landelijke schets van de ecohydrologische effecten van een warmer en grilliger klimaat', *H2O* 16/17.
- Woestenburg M. (2009), Waarheen met het veen. Kennis voor keuzes in het westelijk veenweidegebied, Wageningen: Uitgeverij Landwerk/Alterra Wageningen UR.
- Wolfert H.P., E. Fakkkel, G.J. Maas, B. Makaske, N.G.M. van den Brink, N. Pietersen, E.P. Querner & C.C. Vos (2008), Ruimte voor natte natuur. Achtergronden bij de 'natuurbalans 2008', Wageningen: Wettelijke onderzoekstaken Natuur en Milieu

**Websites**

Natuurkalender: [www.natuurkalender.nl](http://www.natuurkalender.nl)

KNMI website: [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)

Klimaat-effect atlas: [www.klimaat-effectatlas.nl](http://www.klimaat-effectatlas.nl)



## Appendix I - Methodiek Risicokaart Nederlandse landbouw

Op de risicokaart zijn drie kaartbeelden gecombineerd. Een kaartbeeld voor het risico op natschade, een kaartbeeld voor het risico op droogte schade en een kaartbeeld voor het risico op zoutschade. Hieronder staat kort beschreven welke gegevens gebruikt zijn en welke drempelwaarden is gebruikt voor het risico op natschade, droogteschade en zoutschade.

### Natschade

Om in te schatten waar risico's bestaan voor vernatting is gebruik gemaakt van de hoogteligging, de grondsoort en eventueel bodemdaling (zie tabel 1.1). Gebieden die lager liggen dan 50 cm- NAP zijn aangemerkt als afwateringsbeperkt en hebben daardoor een vergroot risico op natschade. Het bodemtype met een verhoogd risico op natschade zijn kei en veen. Klei is slecht doorlatend en er treedt relatief snel natschade op. Daarnaast wordt het risico vergroot doordat de klei slecht bewerkt kan worden als gevolg van bijvoorbeeld extreme neerslag. Ook de veengebieden zijn meegenomen, maar de reden voor de slechte afwatering is hier niet zozeer bepaald door de grondsoort als wel door hun ligging beneden NAP. De grondsoortenkaart (Alterra, 2006) is gebruikt om de grondsoort te bepalen. Gebieden waar een bodemdaling van meer dan 50 cm verwacht wordt zijn aangemerkt als risico gebieden voor natschade.

De risicokaarten van hoogteligging, bodemdaling en grondsoort zijn gecombineerd tot een eindkaart voor gebieden met een verhoogd risico voor natschade. Hierbij zijn de risicogebieden met betrekking tot de hoogteligging, grondsoort en bodemdaling bij elkaar opgeteld. Bodemdaling in de veengebieden buiten Noord-Nederland

valt bijna volledig samen met de hoogteligging kaart en is nauwelijks meer expliciet te onderscheiden.

### Droogteschade

Droogteschade wordt veroorzaakt door het optreden van vochttekort in het groeiseizoen. Het vochttekort is het verschil tussen wat de plant wil verdampen voor optimale groei (de potentiële verdamping) en wat de plant kan verdampen doordat er maar beperkt water beschikbaar is in de bodem (de actuele verdamping). De hoeveelheid beschikbaar vocht is afhankelijk van bodemkenmerken, de hydrologische situatie (inclusief grondwaterstand) en de klimatologische omstandigheden. In deze studie is gebruik gemaakt van een vochtdeficiëntiekaart uit de studie van Van de Gaast & Massop (2008). Op de kaart staat het cumulatieve vochttekort (mm) voor het gewas gras gedurende het groeiseizoen in een 10% droogjaar. Een droog jaar is een jaar, waarvan we aannemen dat de potentiële verdamping tijdens het groeiseizoen de neerslag met meer dan 200 mm overtreft. Deze situatie doet zich statistisch eens in de 10 jaar voor. Op basis van expert judgement is geschat dat bij een vochttekort van meer dan 100 mm in het groeiseizoen significante schade optreedt voor gewassen. Op basis van deze aanname is een kaart gemaakt met een risico-indeling voor droogteschade als het Nederlandse landbouw areaal met gras bedekt was. Gewassen die dieper wortelen zullen doorgaans een minder groot vochttekort opbouwen in de zomer, hiervoor is gecorrigeerd.

Tabel 1.1 Indicatoren voor natschade

Indicator	Drempelwaarden	informatiebron
Hoogteligging	< - 0,50 meter NAP	
Grondsoort	Klei en veen	Grondsoortenkaart (Alterra, 2006)
Bodemdaling	> 0,50 meter	Maaiveldkaart (RIZA, 2007)

Tabel 1.2 Indicatoren voor droogteschade

Indicator	Drempelwaarden	informatiebron
Cumulatief vochttekort in [mm] in het groeiseizoen voor het gewas gras voor een droogte jaar dat eens in de 10 jaar voorkomt	> 100 mm	vochtdeficiëntiekaart (van der Gaast en Massop, 2008)

Op basis van deze aanname is een kaart gemaakt met een risico-indeling voor droogteschade.

### Zoutschade

Er treedt zoutschade op als het water een te hoge chloride heeft voor optimaal agrarisch gebruik. Voor deze studie is gebruik gemaakt van een de kaart met de gemiddelde Chloride concentratie in het oppervlaktewater in de maand juli in 2050 van het W+ scenario (RIZA, 2007). De kaart is representatief voor een droogjaar dat eens in de 12 jaar voorkomt. De Chloride concentratie in het oppervlaktewater is bepaald aan de hand van de interne zoutbelasting via kwel en de externe zoutbelasting (via oppervlaktewater) en netto neerslag. Op basis van zout toleranties (Dam et al., 2007) van een aantal belangrijke gewassen (o.a. aardappelen en uien) en expert judgement zijn drie risicogroepen onderscheiden in de concentratie van Chloride in het oppervlaktewater, deze worden weergegeven in tabel 1.3.

Tabel 1.3 Indicatoren voor zoutschade

Effect	Indicator	Drempelwaarden	informatiebron
Te zout voor berekening	Cloride concentratie in oppervlaktewater [mg [CL/l]	> 300 mg/l	Chloride concentratie in het oppervlaktewater in de maand juli in 2050 van het W+ scenario (RIZA, 2007)
Te zout grondwater	Cloride concentratie in oppervlaktewater [mg [CL/l]	> 1000 mg/l	Chloride concentratie in het oppervlaktewater in de maand juli in 2050 van het W+ scenario (RIZA, 2007)

## Appendix II - Methodiek typologie agrarische gebieden op basis van stedelijkheid en agrarische concurrentie- kracht

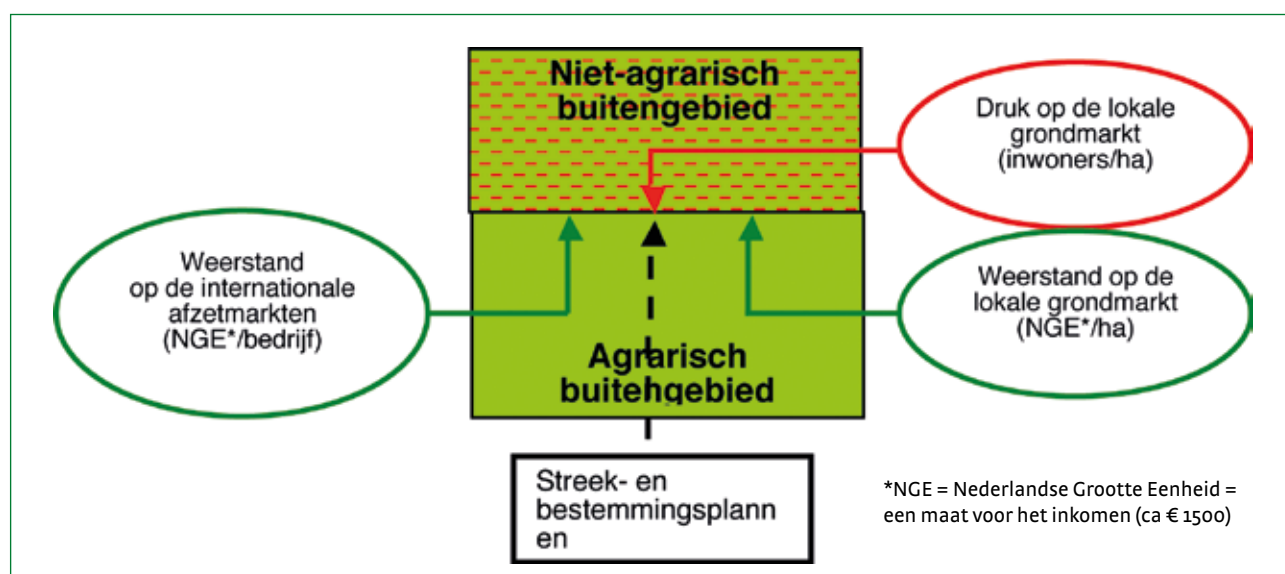
### Mate van stedelijkheid, Urban-ruraal typologie

De kaart met typologie Van Urban-rurale gebieden (van Eupen, 2009) betreft een gridanalyse op basis van de factoren Economische dichtheid en Toegankelijkheid, het resultaat is een relatief beeld van Nederland voor de mate van stedelijkheid. De Economische dichtheid is bepaald op basis van 'Gross Domestic Production', een maat voor de economische toegevoegde waarde. De mate van toegankelijkheid is berekend op basis van de bereikbaarheid van diensten. De meest verstedelijkte gebieden binnen deze typologie zijn gebieden (gelegen buiten de bebouwde kommen) die zowel een hoge economische dichtheid hebben als goed toegankelijk zijn. De meest rurale gebieden hebben een lage economische dichtheid en zijn slechte toegankelijk.

### Agrarische concurrentiekracht

De agrarische concurrentiekracht is bepaald op basis van 3 factoren als aangeven in onderstaande figuur, de factoren zijn per gemeente bepaald, gescoord en vervolgens gerangschikt. Gemeenten met relatief veel grote en intensieve bedrijven en een lage druk op de lokale grondmarkt hebben in dit verband een hoge agrarische concurrentiekracht. Naarmate een gemeente veel kleine en extensieve agrarische bedrijven heeft en/of een hoge druk op de lokale grondmarkt (welke zich doorgaans vertaalt in hoge grondprijzen), neemt de agrarische concurrentiekracht af.

Dit kan als volgt worden weergegeven:

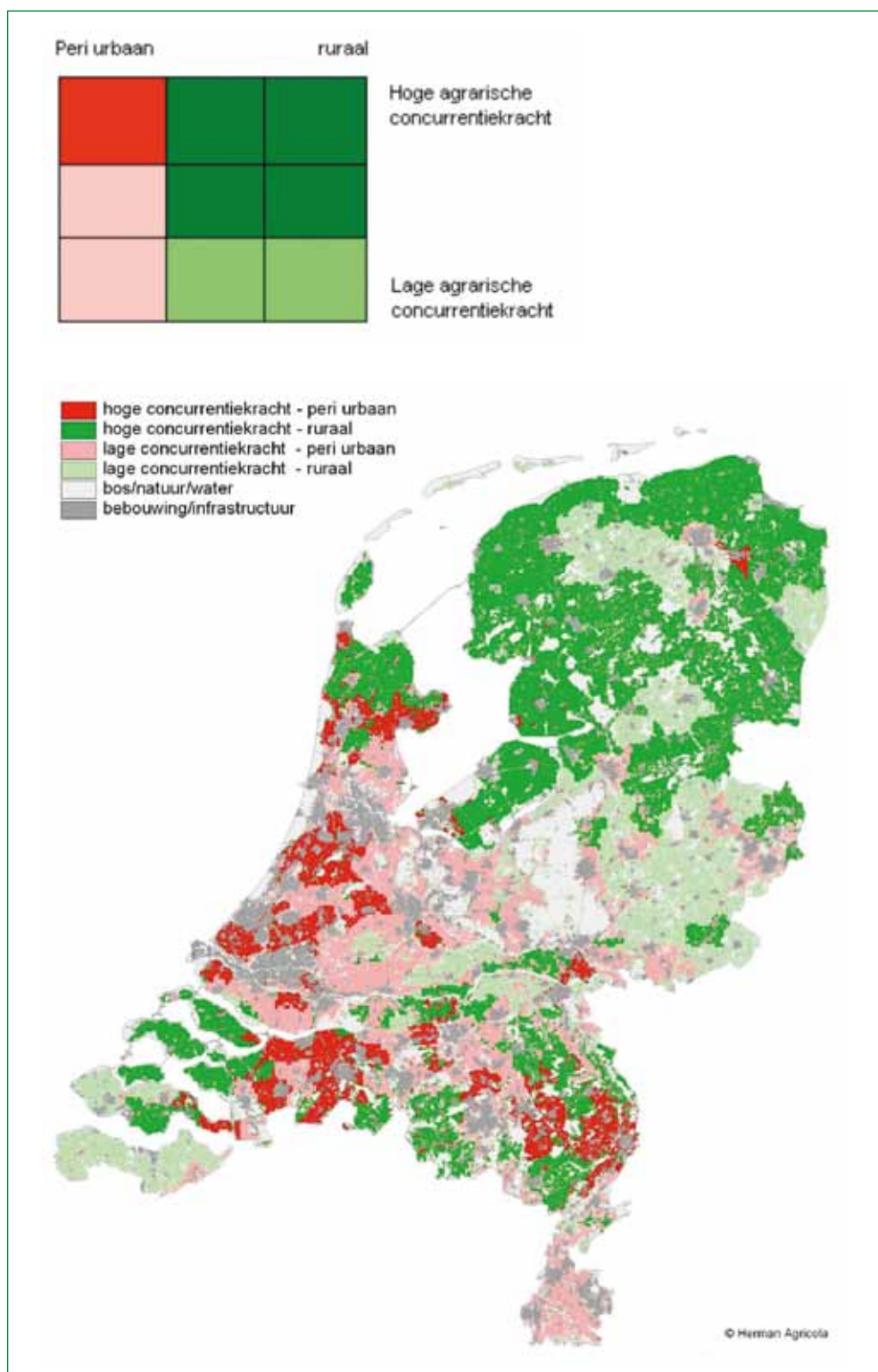


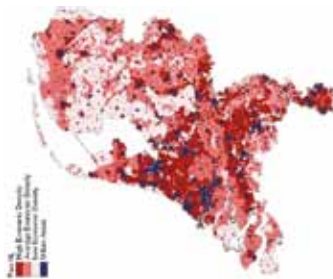
Figuur 1 Transitie naar niet-agrarisch gebruik van het buitengebied als resultante van groeiende niet-agrarische druk en tanende agrarische weerstand op internationale afzetmarkten en lokale grondmarkt (tot nu toe wordt deze marktwerking beperkt door landbouwbeschermende streek- en bestemmingsplannen) (Bron Vereijken & Agricola, 2004)

### Typologie agrarische gebieden

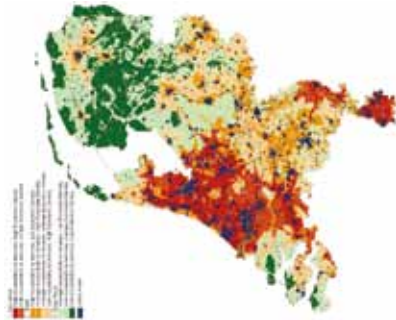
Combinatie van de beschreven eindbeelden levert een kaart met een typologie voor 4 soorten agrarische gebieden in Nederland. Voor de typering zijn zowel de mate van

stedelijkheid als de agrarische concurrentiekracht op basis van het landbouwareaal in 3 gelijke klassen verdeeld. De daaruit voortvloeiende 9 klassen zijn daarna volgens onderstaand schema geaggregeerd.

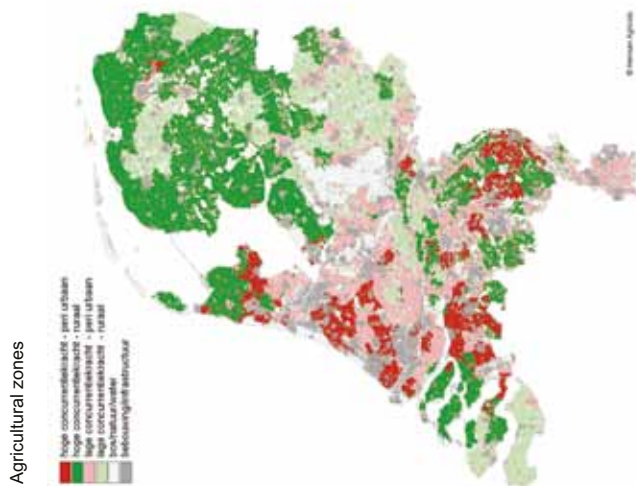




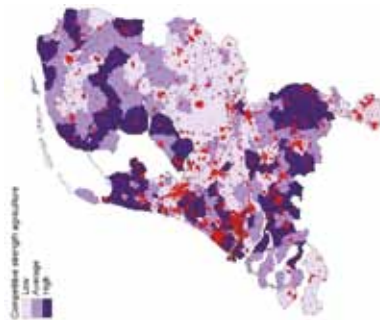
Economic Density



Rural - Urban gradient



Agricultural zones



Agricultural Competitiveness



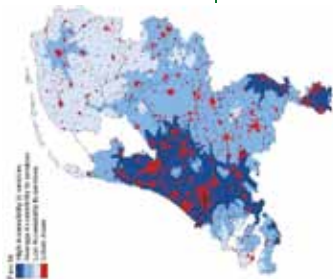
Competitiveness international foodmarket



Competitiveness national landmarket



Urban pressure



Accessibility

Het project Klimaatbestendig Nederland (KBNL) heeft als doel de consequenties in beeld te brengen van verschillende keuzes die het Rijk zou kunnen maken bij het nemen van adaptatiemaatregelen in relatie tot klimaatverandering in Nederland. Deze keuzes zijn echter niet sectoraal maar vooral integraal van karakter. Integraal houdt in dat bij de te maken keuzes voor een klimaatbestendige ruimtelijke inrichting deze in onderlinge samenhang genomen moeten worden waarbij rekening gehouden moet worden met de mogelijkheden om adaptatie te koppelen aan diverse beleidsdoelen en aan de sociaaleconomische ontwikkelingen op lange termijn.

Deze studie behoort tot een reeks van bouwstenen voor het onderzoek naar ruimtelijke strategieën voor een klimaatbestendig Nederland. De bouwstenen zijn:

- landelijk gebied
- stedelijk gebied
- systeemanalyse
- bestuurlijke en juridische kansen en beperkingen
- gezondheid
- watersysteem
- netwerken

De studies zijn uitgevoerd onder regie van het Planbureau voor de Leefomgeving in samenwerking met de onderzoeksprogramma's Kennis voor Klimaat en Klimaat voor Ruimte,



## Contactgegevens

### Programmabureau Kennis voor Klimaat

Daltonlaan 400  
3584 BK Utrecht  
T 088 335 7881  
E [office@kennisvoorklimaat.nl](mailto:office@kennisvoorklimaat.nl)  
[www.klimaatonderzoeknederland.nl](http://www.klimaatonderzoeknederland.nl)

### Programmabureau Klimaat voor Ruimte

p/a Vrije Universiteit, FALW  
De Boelelaan 1085  
1081 HV Amsterdam  
T 020 598 7318  
E [office@klimaatvooruimte.nl](mailto:office@klimaatvooruimte.nl)  
[www.klimaatonderzoeknederland.nl](http://www.klimaatonderzoeknederland.nl)

### Planbureau voor de Leefomgeving

Postbus 30314  
2500 GH Den Haag  
T 070 328 8700  
E [info@pbl.nl](mailto:info@pbl.nl)  
[www.pbl.nl](http://www.pbl.nl)