



Klimaatrisico's en -kansen voor de landbouw

B.F. Schaap, P. Reidsma, H. Agricola & A. Verhagen





Klimaatrisico's en -kansen voor de landbouw

B.F. Schaap¹, P. Reidsma², H. Agricola³ & A. Verhagen¹

¹ Wageningen UR - Plant Research International

² Wageningen Universiteit – Plantaardige Productiesystemen

³ Wageningen UR - Alterra

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is uitgevoerd door Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR. Dit onderzoeksproject werd uitgevoerd in opdracht van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.



Trefwoorden: Nationale Adaptatie Strategie, landbouw, tuinbouw, klimaatverandering, klimaatadaptatie.

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 16, 6700 AA Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 13 77
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.wageningenUR.nl/pri

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
Summary	3
1. Inleiding	5
1.1 Aanleiding en achtergrond	5
1.2 Doel en aanpak	5
2. Systembeschouwing landbouw	7
2.1 Overzicht landbouwsector	7
2.2 Landbouwregio's en fysieke eigenschappen	8
2.3 Klimaatdeterminanten in de landbouw	10
3. Risico's en kansen huidige systeem	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Akkerbouw	13
3.3 Tuinbouw	17
3.3.1 Onbedekte tuinbouwteelten	18
3.3.2 Bedekte tuinbouwteelten	18
3.4 Veehouderij	20
3.4.1 Melkveehouderij	20
3.4.2 Intensieve veehouderij	21
3.5 Dierziekten	21
3.6 Waterbeheer	22
4. Klimaatscenario's en toekomstige ontwikkelingen	25
4.1 Sectorperspectief 2050	25
4.2 Klimaatscenario's en sociaaleconomische ontwikkeling	27
5. Risico's en kansen 2050	29
5.1 Akkerbouw	29
5.2 Tuinbouw	32
5.2.1 Onbedekte teelten	32
5.2.2 Bedekte teelten	33
5.3 Veehouderij	33
5.3.1 Melkveehouderij	33
5.3.2 Intensieve veehouderij	34
5.4 Dierziekten	34
5.5 Waterbeheer	35
5.6 Worst case scenario's	36
5.7 Cascade effecten	37

6.	Adaptatiemaatregelen en Handelingsperspectief	39
6.1	Inleiding	39
6.2	Adaptatiecapaciteit	40
6.3	Adaptatiemaatregelen	41
6.3.1	Akkerbouw	41
6.3.2	Tuinbouw	43
6.3.3	Veehouderij	43
6.3.4	Dierziekten	44
6.3.5	Waterbeheer	45
6.3.6	Verzilting	46
6.4	Aanpassing aan klimaatverandering in context	46
6.4.1	Worst-Case scenario's	47
6.5	Aanknopingspunten in beleid en uitvoeringspraktijk	47
6.5.1	Sector	47
6.5.2	Beleid	48
6.5.3	Onderzoek	48
6.6	Raakvlak met andere thema's	48
7.	Mogelijke indicatoren voor monitoring en evaluatie	51
7.1	Inleiding	51
7.2	Voorbeeld: Centrum Monitoring Vectoren	51
8.	Kennislacunes	53
9.	Conclusies	55
9.1	Risico's en kansen	55
9.2	Adaptatie door de sector	55
9.3	Handelingsperspectieven beleid	56
	Literatuur	59
	Bijlage I.	2 pp.
	Bijlage II.	1 p.

Samenvatting

De landbouw beslaat 68% van het grondgebruik in Nederland en is in verschillende regio's bepalend voor de ecologie en de economie. Klimaatverandering zorgt in deze sector voor veranderingen die van invloed kunnen zijn op de toekomst van individuele bedrijven en onderdelen van de primaire sector. In deze studie zijn de risico's en kansen benoemd voor de belangrijkste teelten.

Risico's en kansen

Klimaatverandering in Nederland heeft invloed op alle landbouwsectoren, maar vooral op de akkerbouw en tuinbouw in de open grond. Gewasproductie staat direct onder invloed van het klimaat, door hitte, droogte en natschade, maar ook indirect door de invloed op ziekten en plagen. Klimaatverandering in Nederland zorgt voor een toename van de potentiële productie van de meeste akkerbouwgewassen in 2050, omdat de temperatuur en de CO₂ concentratie stijgt. Vooral de opbrengst van suikerbieten kan sterk stijgen, maar de opbrengststijging voor aardappel is minimaal. De werkelijke effecten van klimaatverandering worden echter ook bepaald door het voorkomen van klimaatextremen en ziekten en plagen. Risico's zijn vooral hoog voor aardappelen en uien: meer hittegolven welke doorwas in aardappelen veroorzaken, warme winters die de bewaring van aardappelen problematisch maken, en nat en vochtig weer wat schimmels in uien veroorzaakt. In de tuinbouw zijn de klimaatrisico's relatief klein, maar door de intensiteit van de teelt, kunnen zij wel veel schade veroorzaken. Binnen de melkveehouderij kan de toename in het aantal hete dagen zorgen voor lagere grasopbrengsten, maar tot op bepaalde hoogte kan dit worden gecompenseerd door de opslag en aankoop van voer. Hitte kan ook de melkproductie beïnvloeden, maar dit is effect zal niet erg groot zijn. Een groter risico in de veehouderij zijn de toenemende temperaturen welke zorgen voor een verhoogde kans op ziekten en plagen. Voor de landbouw is verder een goede waterhuishouding van belang. Dit is relatief goed geregeld in Nederland, maar door conflicterende belangen tussen landbouw, natuur en andere sectoren kan hier een risico ontstaan.

Adaptatie

De ontwikkelingen in de sector laten zien dat er veel technologie ingezet kan worden om klimaatverandering het hoofd te bieden. Slimme irrigatie (druppel-irrigatie) om met weinig water de teelt te intensiveren (en het risico op doorwas in aardappelen te verminderen), en maatregelen om de structuur van de bodem te verbeteren (vaste rijpaden met GPS sturing) zijn voorbeelden van de mogelijkheden die nu of in de nabije toekomst worden ingezet. De hoogwaardige teelten waar nu al veel technologie wordt ingezet zullen steeds meer gebruik maken van ICT, robotisering en drones om met weinig verliezen zo efficiënt mogelijk te produceren.

Voor veel weersextremen zijn aanpassingen in de bedrijfsvoering met drainage, irrigatie of gewasbescherming afdoende en op redelijk korte termijn realiseerbaar met kosten die de vermijdbare schade rechtvaardigen. Er zijn echter ook maatregelen die een meer sectorbrede aanpak vergen, zoals de veredeling van ziekteresistente rassen of het minimaliseren van risico's op ziekten in de veehouderij. Ook waterbeheer vergt planning op regionaal niveau, mede door vaak conflicterende belangen van landbouw en natuur.

Handelingsperspectief sector

Er zijn voor de Nederlandse land- en tuinbouw voldoende kansen aanwezig om de relatief gunstige concurrentiepositie te behouden en te versterken, ook onder toenemende gevolgen van klimaatverandering. Het relatief goede kennisniveau en de toegang tot wereldmarkt in combinatie met een gematigd klimaat geven Nederland een goede uitgangspositie om internationaal te concurreren. Veranderingen in beleid, handel en technologie zijn echter ook van grote invloed, en beïnvloeden ook de aanpassing aan klimaatverandering. Terwijl er veel maatregelen direct door de ondernemers genomen kunnen worden, zijn voor het beleid en de sector de volgende maatregelen van belang: het stimuleren van kennisverspreiding, stimuleren van goed bodembeheer, ontwikkelen van resistente gewassen, lokaal en flexibel waterbeheer met oog voor conflicterende belangen, en monitoring van plagen en ziekten.

Handelingsperspectief beleid

De rijksoverheid is voor de ziekten en plagen verantwoordelijk voor het quarantaine beleid en het aansturen van de Keuringsdiensten (KD's). Deze activiteiten zijn belangrijk voor een goede signalering, monitoring en beheersing van ziekten en plagen. Het mestbeleid, energie, waterkwaliteit, waterveiligheid (Deltaplan), infrastructuur, voedselzekerheid, voedselveiligheid en kennisbeleid zijn voorbeelden van thema's die vragen om beleid waarbij klimaatverandering en de invloed op landbouw meegenomen moet worden. Duidelijk is dat besluitvorming en beleid baat hebben van kennis en onderzoek waarbij synergiën, afwentelingen en risico's van adaptatiemaatregelen in kaart worden gebracht. Verder is onderzoek belangrijk bij het opzetten van effectieve en efficiënte monitoringsystemen van de impacts van klimaatverandering en de effecten van adaptatiemaatregelen.

Provinciaal beleid kan d.m.v. ruimtelijke ordening zorgen voor goede kaders waardoor landbouw en natuur, water en gezondheid verminderde tegenstrijdige belangen hebben. Functiescheiding en functieverweving zijn concepten waarmee het provinciaal beleid kan sturen op betere klimaatbestendigheid. Waterschappen spelen een cruciale rol bij het verzorgen van een goede uitgangssituatie van de landbouw m.b.t. het waterbeheer. Peilbeheer en de aanvoer van zoet water is één van de belangrijkste taken voor het waterschap en bij klimaatverandering zal hier een verhoogd beroep op gedaan worden. Enerzijds zijn heldere kaders rond het peilbeheer voor ondernemers belangrijk zodat zij hun bedrijfsvoering hierop aan kunnen passen en anderzijds vragen ondernemers het waterschap om flexibiliteit om het peilbeheer op kleine schaal te beïnvloeden.

Conclusie

Kort samengevat zijn er kansen voor de landbouw vanwege mogelijke hogere opbrengsten, maar zijn er risico's vanwege weerextremen en ziekten en plagen. Aanpassing is in het algemeen goed mogelijk, maar dit wordt mede bepaald door veranderingen in technologie, markt en beleid.

Summary

Agriculture in The Netherlands accounts for 68% of the total land use and dominates ecology and economy locally. Climate change impacts the future of farms and the primary sector. This study discusses the risks and opportunities for the most important production systems.

Risks and opportunities

Climate change in the Netherlands affects all agricultural sectors, but especially in arable farming and horticulture in the open field. Crop production is directly influenced by the climate, heat, drought and wet circumstances, but also indirectly through its impact on diseases and pests. Climate change in the Netherlands allows for an increase in the potential production of most crops in 2050, because the temperature and CO₂ concentration rises. Especially the yield of sugar beet may rise sharply, but the yield increase in potato is minimal. The actual effects of climate change are also determined by the occurrence of climate extremes and pests and diseases. Risks are particularly high for potatoes and onions: cause more heat waves which sprouting in potatoes, warm winters that make the storage of potatoes problematic, and wet and humid weather which causes mold in onions. In horticulture climate risks are relatively small, but by the intensity of cultivation, they can still cause a lot of damage. Within the dairy industry, the increase in the number of hot days can lead to lower yields grass, but this may be offset by the purchase and storage of the feed. To a certain extent heat can also affect milk production, but this effect will not be very large. A higher risk in animal husbandry is the increasing temperature that will cause an increased risk of pests and diseases. For agriculture good water management is also important. This is relatively well organized in the Netherlands, but due to conflicting interests between agriculture, nature and other sectors there could be more tensions.

Adaptation

The developments in the sector show that there is a lot of technology that can be used to tackle climate change. Smart irrigation (drip irrigation) to intensify the cultivation with little water (and reduce the risk of sprouting in potatoes) and measures to improve the structure of the soil (fixed paths with GPS guidance) are examples of the possibilities that can be deployed now or in the foreseeable future. Especially high-value cropping systems, that already use technology more than average will make increasing use of ICT, robotics and drones to produce more efficiently.

For many weather events adaptation via business operations such as drainage, irrigation or pest control are achievable on the short term with cost justifying the avoidable damage. However, there are measures that require a more sector-wide approach, such as the breeding of disease resistant varieties or minimize risks of diseases in livestock. Also, water management requires planning at the regional level, including conflicting interests of agriculture and nature.

Action perspective sector

For Dutch agriculture and horticulture sufficient opportunities exist to strengthen its relatively favourable competitive position under increasing effects of climate change. The relatively good level of knowledge and access to world markets, combined with a moderate climate give The Netherlands a good position to compete internationally. However, changes in policy, trade and technology are also of great influence, and also influence the adaptation to climate change. While there are many measures that can be taken immediately by the entrepreneurs, the following measures are important for policy makers and the sector: encouraging the dissemination of knowledge, encouraging good soil management, development of resistant crops, local and flexible water management with an eye for conflicting interests and monitoring of pests and diseases.

Action perspective policy

For quarantine policy and controlling diseases and pests inspection services within the government are responsible. These activities are important for proper signalling, monitoring and control of pests and diseases. In agriculture, policy fields such as, manure, energy, water quality, water safety (Delta Plan), infrastructure, food security, food safety and knowledge are examples of topics that require climate change to be included as a factor in the policymaking. It is clear that decision-making and policy benefit from knowledge and research where synergies, trade-offs and risks of adaptation measures are mapped. Further research is important in establishing effective and efficient monitoring systems for the impacts of climate change and the impacts of adaptation measures.

By means of spatial planning good frameworks exist to deal with conflicting interests from agriculture and nature, water and health. Segregation or combining land use functions are concepts that can be used by provincial policy to manage climate resilience. Water Boards play a crucial role by providing suitable production conditions through water management. Water level management and the supply of fresh water are main tasks for the water management and with climate change impacts those tasks are increasingly important to the agricultural sector. On the one hand clear frameworks around water level management are important for entrepreneurs, but on the other hand entrepreneurs would like to have some flexibility to cope with extreme events on the field or farm scale.

Conclusion

Due to increasing yields from crops that benefit from climate change there are opportunities however, risks from extreme weather and pests and diseases also increase. Adaptation is generally possible, but this is influenced by changes in technology, market and policy.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

Naar aanleiding van het rapport van de Algemene Rekenkamer (2012) is het rapport 'Aanpassen met beleid; Bouwstenen voor een integrale visie op klimaatadaptatie' (PBL, 2013) verschenen. Nederland heeft zich gecommitteerd om in 2016 een Nationale Adaptatiestrategie (NAS) gereed te hebben. De NAS zal voor een brede set aan sectoren en thema's aangeven hoe Nederland zich het beste kan wapenen tegen de gevolgen van klimaatverandering, en kansen kan benutten. Voor de water-gerelateerde klimaatrisico's worden deze belegd in het Deltaprogramma. Voor de andere thema's heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) opdracht gegeven om – in samenwerking met Kennis voor Klimaat (KvK) en het KNMI - risico's, kansen en kwetsbaarheden voor klimaatverandering in beeld te brengen. Naast waterveiligheid, zoetwatervoorziening en het klimaatbestendig maken van steden die in het Deltaprogramma zijn geadresseerd, zijn gezondheid, visserij, land- en tuinbouw, transport en infrastructuur, energie, ICT en natuur onderdeel van de NAS.

De landbouw beslaat 68% van het grondgebruik in Nederland en is in verschillende regio's bepalend voor de ecologie en de economie. De Nederlandse land- en tuinbouw staat in toenemende mate onder invloed van klimaatverandering. Deze invloed is divers door verschillen in regio's landschappen en bodems en is op verschillende onderdelen van de sector van belang. In deze studie zullen de belangrijkste impacts voor de belangrijkste onderdelen van de sector aan bod komen. Er is gekozen om sectoren te beschrijven die zowel van economisch belang zijn als ook blootgesteld worden aan de effecten van klimaatverandering. De beschrijving hiervan zal een solide basis moeten vormen voor het maken van een Nationale Adaptatie Strategie (NAS), waarvan deze studie één van de bouwstenen zal zijn.

De invloed van klimaatverandering op de sector landbouw kent veel onzekerheden en kan complex zijn. Klimaatverandering is op zeer veel verschillende manieren van invloed op de landbouw en de diversiteit van de sector maakt het beeld niet overzichtelijker. Niet alleen de primaire productie van voedsel maar ook eetpatronen en de wereldvoedselhandel worden beïnvloed door het klimaat.

De landbouw is van zichzelf kwetsbaar voor weersinvloeden vanwege de brede blootstelling aan klimaat-determinanten, maar is tegelijkertijd ook weerbaar. Er is in de landbouw een lange historie van aanpassingen om risico's het hoofd te bieden en de kwetsbaarheid te verminderen (Reidsma *et al.*, 2010) om zo schade te voorkomen. Via bijvoorbeeld drainage of juist irrigatie kunnen bijvoorbeeld gewassen bij hevige regenval of droogte toch zo optimaal mogelijk groeien en de percelen toegankelijk op de gewenste momenten. Een extreme vorm om de omgevingsfactoren naar de hand te zetten is de glastuinbouw waar bijna alles is te sturen, zelfs het CO₂ gehalte.

1.2 Doel en aanpak

Deze studie heeft als doel om de effecten van klimaatverandering op de land- en tuinbouw in kaart te brengen, in de huidige situatie en voor de (midden)lange termijn (2050). Op basis daarvan worden de risico's en kansen voor de sector geïdentificeerd en de adaptatiemaatregelen waarmee risico's kunnen worden opvangen en kansen worden benut.

Doelstelling

De doelstelling van deze studie is het actualiseren van kwetsbaarheden, risico's en kansen voor de Nederlandse land- en tuinbouw gerelateerd aan klimaatverandering. De beoogde uitkomsten zijn:

- Een concrete aanduiding van de aard en omvang kwetsbaarheid en klimaatrisico's,
- Een lijst van mogelijke indicatoren voor kwetsbaarheid,

- Een overzicht van de kansen die voortvloeien uit klimaatverandering, ook in relatie tot sociaaleconomische ontwikkelingen,
- Mogelijke aangrijpingspunten voor beleid.

Afbakening en aanpak

Deze studie behandelt de Nederlandse land- en tuinbouwsector en beperkt zich tot de primaire productie. In het deelproject 'International threats and opportunities of climate change to the Netherlands' uitgevoerd door het PBL zullen de internationale aspecten worden meegenomen.

Voor deze studie wordt gebruik gemaakt van al bestaande kennis en literatuur. Er is gekozen om kort een algemeen beeld te schetsen van de landbouw in Nederland, en effecten van klimaatverandering op de landbouw. Vervolgens wordt gefocust op de grootste risico's, aangezien daar aanpassing nodig is. De nadruk ligt op de akkerbouw, tuinbouw en melkveehouderij omdat dit de grootste open teelten zijn die direct worden blootgesteld aan de negatieve gevolgen van klimaatverandering. Bijzondere aandacht krijgen klimaatextremen en ziekten en plagen, omdat de landbouw hier kwetsbaar voor is (Rosenzweig *et al.*, 2001; Schaap *et al.*, 2011; Van Oort *et al.*, 2012a). Ook watermanagement krijgt specifieke aandacht omdat de landbouw er sterk van afhankelijk is en omdat het watersysteem richting 2050 aan verandering onderhevig, bijvoorbeeld onder invloed van het Deltaprogramma (Van de Maat *et al.*, 2014).

In een stakeholderbijeenkomst op 3 juni zijn de eerste bevindingen gepresenteerd voor een groep ondernemers en andere sectorvertegenwoordigers (zie Bijlage II). Experts op deelgebieden hebben vervolgens waardevolle kennis aangeleverd voor diverse onderwerpen en voor het maken van keuzes met betrekking tot de diepte en breedte van de onderwerpen. Bilaterale gesprekken met sectorvertegenwoordigers hebben nog extra terugkoppeling opgeleverd aanvullend op de stakeholderbijeenkomst van 3 juni.

Er is ook afstemming geweest met een aantal ander thema's, KNMI en PBL over de opzet en reikwijdte van de studie.

Leeswijzer

In de inleiding wordt de aanleiding en achtergrond toegelicht waarna het doel en de aanpak worden beschreven. Hierna volgt een systeembeschouwing die gebruikt wordt om de uitgangssituatie van de land- en tuinbouw te schetsen inclusief informatie over de landbouwregio's en fysieke omstandigheden en welke klimaatdeterminanten ingrijpen op de landbouw. In hoofdstuk 3 worden de huidige risico's en kansen voor verschillende deelsectoren toegelicht, voor akkerbouw, tuinbouw, melkveehouderij. Daarnaast krijgen de onderwerpen dierziekten en waterbeheer extra aandacht. In hoofdstuk 4 worden de klimaatscenario's en sociaaleconomische scenario's beschreven inclusief een sectorperspectief voor 2050. In hoofdstuk 5 worden de risico's en kansen uit hoofdstuk 3 voor 2050 beschreven en de mogelijkheden voor adaptatie in hoofdstuk 6. Daarnaast komen worstcase scenario's in hoofdstuk 6 aan bod. In hoofdstuk 7 worden mogelijke indicatoren voor monitoring en evaluatie benoemd en in hoofdstuk 8 de kennislacunes en tot slot in hoofdstuk 9 worden conclusies getrokken.

2. Steembeschuwing landbouw

2.1 Overzicht landbouwsector

De land- en tuinbouw is veruit de grootste groep grondgebruikers met 68% van de totale oppervlakte in Nederland. In economische zin heeft het totale agrocomplex een totale toegevoegde waarde van 48.6 miljard euro en dat is 9% van de totale Nederlandse toegevoegde waarde (BNP). Van dit totaal is 7.7 miljard euro (1.4%) toe te schrijven aan de primaire sector (Tabel 1; Berkhout *et al.*, 2014).

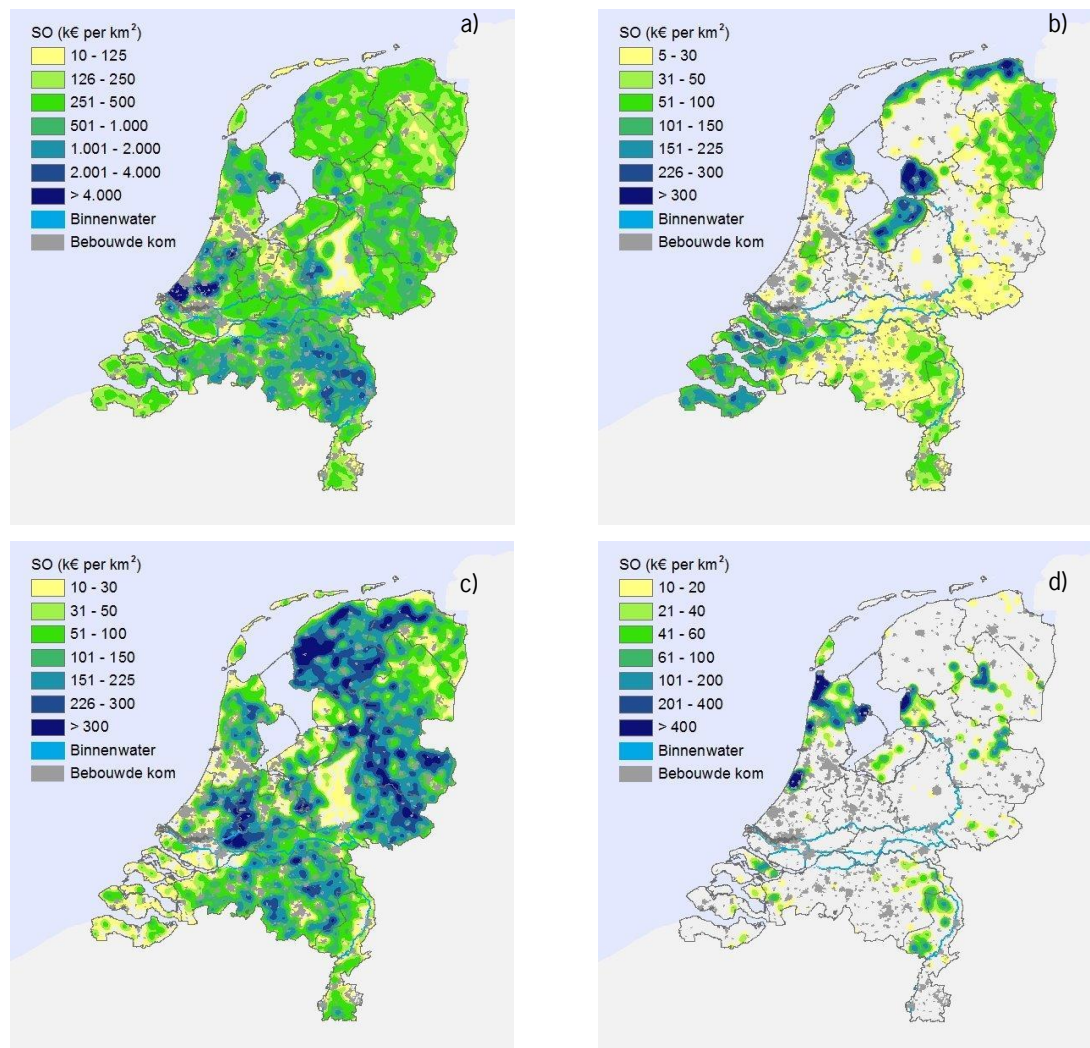
Voor deze studie richten wij ons vooral op de grondgebonden sectoren. Deze sectoren worden direct blootgesteld aan het weer, en zijn daarom het meest kwetsbaar voor klimaatverandering (Porter *et al.*, 2014). Binnen deze sectoren wordt gefocust op de belangrijkste gewassen, waarbij zowel de oppervlakte als de economische grootte van belang zijn. In de akkerbouw zijn aardappel, suikerbiet, tarwe en ui verantwoordelijk voor meer dan 75% van het akkerbouwareaal. De melkveehouderij is verantwoordelijk voor bijna al het graslandgebruik in Nederland, wat meer dan 50% is van de totale oppervlakte van het agrarisch ruimtegebruik. Hoewel economisch van belang, neemt de tuinbouw maar ongeveer 5% in van het totale agrarisch ruimtegebruik (CBS/PBL, 2012). Bovendien is de tuinbouw minder kwetsbaar voor klimaatverandering, aangezien omgevingsfactoren gecontroleerd kunnen worden. Mede daarom is er ook weinig onderzoek gedaan naar de effecten van klimaatverandering op deze sector, wat ook geldt voor de varkens- en kippenhouderij.

Tabel 1. Kerncijfers Nederlandse Agrocomplex (Bron: Berkhout *et al.*, 2014).

	Toegevoegde waarde (factorkosten, mrd. euro)	Werkgelegenheid (1.000 arbeidsjaren)
Agrocomplex, binnen- en buitenlandse agrarische grondstoffen (a+b+c)	48,6	632,2
<i>Aandeel in nationaal totaal</i>	9,0%	8,8%
Agrocomplex, buitenlandse agrarische grondstoffen	17,5	185,3
<i>Aandeel in nationaal totaal</i>	3,3%	2,6%
Agrocomplex, binnenlandse agrarische grondstoffen	31,1	446,9
<i>Aandeel in nationaal totaal</i>	5,8%	6,2%
Primaire productie	7,7	162,4
Verwerking	7,2	80,4
Toelevering	12,4	156,6
Distributie	3,8	47,6
a Vanwege een herziening van de cijfers, zijn de gegevens voor 2012 niet vergelijkbaar met eerder gepubliceerde getallen.		
Bron: Agrarische input-outputtabel, bewerking LEI.		

De Nederlandse primaire sector exporteert veel zuivel, groenten, uitgangsmaterialen (zaden, bollen en pootgoed), sierteelt, boomteelt en vlees. Deze producten vertegenwoordigen een relatief grote exportwaarde ten opzichte van andere teelten.

De ruimtelijke verdeling van de standaardopbrengst (SO) in (kEuro per km²) per sector geeft een beeld waar welke sector aanwezig is en hoeveel er per vierkante kilometer verdiend wordt. In Figuur 1 zijn de totale land- en tuinbouw en de sectoren akkerbouw, melkveehouderij en bloembollenteelt weergegeven. In het algemeen wordt er momenteel het meest verdiend in het Westland, Noord-Limburg en Oost-Brabant. In deze gebieden zijn met name de niet grond gebonden sectoren glastuinbouw en de varkenshouderij verantwoordelijk voor hogere standaardopbrengsten dan gemiddeld, vanwege het intensieve karakter van deze sectoren (zie ook Figuur 2). Voor de melkveehouderij liggen de standaardopbrengsten een stuk lager en zijn met name de zandgronden en de veengebieden belangrijk. De akkerbouw is geconcentreerd in het Noordelijk Zeekleigebied, Flevoland, de Noordoostpolder en Zeeland. De bloembollenteelt is belangrijk tussen Den-Haag en Haarlem, in Noord-Holland en de Noordoostpolder.



Figuur 1. De ruimtelijke verdeling van de standaardopbrengst (kEuro per km²) voor drie grondgebonden teelten, respectievelijk a) de totale land- en tuinbouw, b) akkerbouw, c) melkveehouderij en d) bloembollenteelt (Bron: www.agrimatie.nl).

2.2 Landbouwregio's en fysieke eigenschappen

De verschillende landschappen in Nederland herbergen een verscheidenheid aan bodems en het waterbeheer is vrijwel overal aangepast voor de landbouw voor een zo goed mogelijke water toevoer en water afvoer. Door de geologische uitgangssituatie en het ingrijpen van de mens zijn er in Nederland een aantal landbouwproductie-

gebieden ontstaan met ieder eigen kenmerken waardoor bepaalde teelten wel of niet voorkomen (Figuur 2). Intensieve akkerbouw is bijvoorbeeld te vinden op relatief goed ontwaterde en vruchtbare zeekleibodems. De melkveehouderij was traditioneel vrijwel overal aanwezig vanwege het gemengde karakter van bedrijven. In de veengebieden met hoge waterstanden was de melkveehouderij wel altijd zeer sterk vertegenwoordigd. Daarnaast is de melkveehouderij ook sterk aanwezig op de hoge zandgronden die veelal ontginningsgebieden zijn waar bijvoorbeeld heide- of hoogveengebieden plaats hebben gemaakt voor de landbouw.



Figuur 2. Ruimtelijk spreiding van hoofdbedrijfstypen in Nederland (Bron: GIAB, 2012).

Op kleigronden is de zeer intensieve akkerbouw een probleem voor de bodemkwaliteit doordat met name de structuur achteruit gaat door het telen van veel rooibare gewassen (aardappelen, uien, peen en suikerbiet). De hoge grondprijzen en de hoge opbrengsten zijn redenen waarom er in dit gebied veel intensieve teelten plaatsvinden. In de Veengebieden vindt met name in het Groene Hart flinke bodemdaling plaats door veenoxidatie, waardoor de beheerskosten van keringen en infrastructuur zullen stijgen. Op de hoge zandgronden ligt er een grote uitdaging om de nutriëntenuitspoeling terug te dringen, omdat nutriënten makkelijk uitspoelen op goed ontwaterde zandbodems. Huidig inzicht is dat in 2027 minder dan de helft van de wateren zal voldoen aan de Kader Richtlijn Water (KRW) doelstellingen. Met name in gebieden met veel intensieve veehouderij en weinig akkerbouw blijft de uitdaging groot.

2.3 Klimaatdeterminanten in de landbouw

Voor de landbouw is er een breed scala aan klimaatdeterminanten die relevant zijn: CO₂ concentratie, temperatuur, straling, regenval, luchtvochtigheid, wind, en de zeespiegel. Niet alleen gemiddelden zijn van belang, maar ook de extremen: hittegolven, extreme regenval, langdurig droog, vorst, etc. Deze klimaatdeterminanten hebben direct invloed op de gewasproductie, maar soms ook indirect via plagen en ziekten. Het klimaat heeft ook invloed op dierenwelzijn, en daardoor op de veeproductie.

CO₂

De potentiële productie van gewassen wordt bepaald door de CO₂ concentratie, temperatuur en straling (Van Ittersum *et al.*, 2003; zie Figuur 3). Een hogere CO₂ concentratie leidt tot hogere opbrengsten, vooral voor de zogenoemde C3 gewassen (Tubiello & Ewert, 2002; Weigel & Manderscheid, 2012). Alle belangrijke akkerbouwgewassen in Nederland zijn C3 gewassen, alleen maïs is een C4 gewas. Schattingen van de positieve effecten zijn over de jaren echter kleiner geworden. Proeven op veldniveau laten kleinere stijgingen zien dan proeven op plantniveau. Volgens Weigel & Manderscheid (2012), de eerste studie op veldniveau in Europa, zal een stijging van 50% in de [CO₂] tot een 10-15% stijging in opbrengst leiden voor een rotatie van suikerbiet, rogge, gerst en tarwe. Een ander positief effect van een stijgende [CO₂] is de verhoogde efficiëntie in het gebruik van water. De sluiting van de stomata zorgt voor een lagere transpiratie van het gewas.

Temperatuur

De temperatuur bepaalt in hoge mate de potentiële gewasproductie (Figuur 3). De optimale temperatuur verschilt per gewas, maar ligt voor veel gewassen rond de 20°C (Gobin, 2012). Voor de meeste gewassen ligt de temperatuur in Nederland nog onder de optimale temperatuur, en een temperatuurstijging zal dus veelal een positief effect hebben. Belangrijk zijn echter ook de minimum en maximum temperatuur voor gewasgroei, extra effecten bij langdurig te hoge temperaturen, de snelheid van de gewasontwikkeling bij hogere temperatuur en effecten van temperatuur op de bewaring van producten en de ontwikkeling van ziekten en plagen.

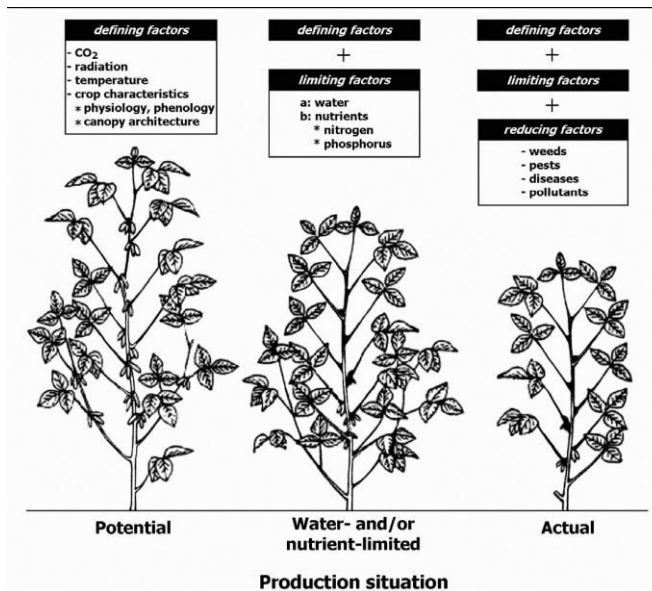
De temperatuur heeft indirect ook invloed op de productie van melk en vlees. Koeien hebben in een stal bescherming tegen weersextremen maar warmte kan wel negatief uitpakken voor het dierenwelzijn en melkproductie. De temperatuur heeft ook een relatie met plagen en ziekten in de veehouderij, en het voorkomen hiervan kan ook invloed hebben op de gezondheid van mensen.

Straling

Straling heeft naast [CO₂] en temperatuur invloed op de potentiële gewasproductie (Figuur 3), en aangezien de lucht de afgelopen jaren schoner is geworden, heeft dit een positieve invloed gehad op gewasopbrengsten.

Regenval

Regenval heeft invloed op de water gelimiteerde gewasproductie (Figuur 3). Planten ondervinden stress bij zowel te weinig als teveel water. Extreme regenval kan ook de teeltplanning (zaaien, oogsten, bemesting, gewasbescherming) en de productiekwaliteit beïnvloeden. Binnen Nederland is de potentiële gewasproductie vergelijkbaar, maar de watergelimiteerde productie kan sterk verschillen. Mede omdat zandgronden water minder goed vasthouden, is de productie van veel gewassen hier lager dan op kleigronden. Waterstress moet vooral voorkomen worden tijdens specifieke perioden tijdens de groei, zoals de korrelzetting bij granen. Regenval in de vorm van hagel kan ook veel schade veroorzaken in gewassen, met name in de tuinbouw.



Figuur 3. Factoren die de opbrengst van een gewas bepalen (Van Ittersum *et al.*, 2003).

Luchtvochtigheid

De luchtvochtigheid heeft veel invloed op het voorkomen van plagen en ziekten, met name op schimmelziekten zoals meeldauw (druif), *Erwinia* (aardappel) en *aarfusarium* (tarwe). Plagen en ziekten zijn zogenoemde reducerende factoren voor gewasproductie (Figuur 3). Ook bij dierziekten is de luchtvochtigheid van belang.

Wind

Ook wind is een klimaatdeterminant die van invloed kan zijn, bijvoorbeeld bij het omwaaien van granen (vaak samen met hevige regenval) waardoor de oogst bemoelijk wordt.

Goed management op het gebied van water (irrigatie en drainage), nutriënten (bemesting) en plagen en ziekten (gewasbescherming) kan ervoor zorgen dat de actuele gewasproductie op het niveau van de potentiële gewasproductie komt. In Nederland is het verschil tussen beide voor de meeste gewassen kleiner dan 10-20% (Wolf *et al.*, 2011). Dit wordt als optimaal beschouwt, gezien de klimaatvariabiliteit, en de economische en ecologische efficiëntie (Van Ittersum *et al.*, 2013).

Zeespiegelstijging

Tenslotte is de stijging van de zeespiegel voor de land- en tuinbouw belangrijk, omdat het gevolgen heeft voor de mate van verzilting van het oppervlakte water en het grondwater. Met name gewassen die beregend worden kunnen hinder ondervinden van hogere zoutgehalten als het gewas er kwetsbaar voor is.

In het volgende hoofdstuk gaan we verder in op de effecten van klimaatextremen, inclusief plagen en ziekten.

3. Risico's en kansen huidige systeem

3.1 Inleiding

Van de belangrijkste gewassen in Nederland is op een systematische manier onderzocht hoe extreme weersomstandigheden en ziekten en plagen van invloed zijn op de landbouw. In het Klimaat voor Ruimte project 'Landbouw en Klimaat in Noord-Nederland' is er een Agroklimaatkalender (ACC) ontwikkeld om in beeld te brengen wat de huidige impact is van extremen, wat de frequentie van voorkomen is en hoe deze frequentie zich naar 2050 ontwikkelt voor verschillende scenario's (Schaap *et al.*, 2009, De Wit *et al.*, 2009, Schaap *et al.*, 2011; Schaap *et al.*, 2013). Ook zijn voor de veehouderij de belangrijkste klimaatfactoren op een rijtje gezet.

Bij het vaststellen van klimaatsextremen zijn vooral de klimaatdeterminanten temperatuur, regenval en luchtvochtigheid van belang (zie sectie 2.3). De klimaatfactoren CO₂ en straling hebben niet zozeer invloed op extremen, maar wel op de invloed van klimaatverandering richting de toekomst, en zullen aan de orde komen bij bespreken van de risico's en kansen in 2050 (H5).

In paragraaf sectie 3.2 t/m paragraaf 3.4 staat voor respectievelijk de akkerbouw, tuinbouw en de melkveehouderij omschreven wat de belangrijkste klimaatextremen zijn. Er wordt aangegeven in welk deel van het groeiseizoen de schade optreedt, wat de impact is op het gewas, en de geschatte economische schade met een onzekerheidsmarge. Na de identificatie van de klimaatextremen, is voor alle klimaatextremen de frequentie van voorkomen in de referentieperiode (1976-2005) berekend. Dit is gedaan voor alle klimaatstations; de gepresenteerde gegevens refereren naar station Eelde in Groningen. Op basis van de economische impact en de frequentie wordt duidelijk wat de belangrijkste risico's zijn in het huidige klimaat. Meer gewassen en informatie zijn beschikbaar in Schaap *et al.* (2009) en De Wit *et al.* (2009). Voor de intensieve veehouderij is er geen kwantitatieve analyse gedaan, maar in paragraaf 3.5 wordt de beschikbare kennis kort besproken.

In sectie 3.6 worden dierziekten in meer detail besproken, en in 3.7 wordt waterbeheer afzonderlijk besproken. Dit zijn aandachtspunten voor de landbouw in relatie tot klimaat, en van belang voor verschillende sectoren, en worden daarom afzonderlijk besproken.

3.2 Akkerbouw

Voor de vier belangrijkste akkerbouwgewassen (aardappel, tarwe, suikerbiet, ui) is aangegeven wat op dit moment de belangrijkste problemen zijn die gekoppeld zijn aan extreem weer en ziekten en plagen. In het algemeen zorgt nat en warm weer voor meer kans op voorkomen van plagen en ziekten. Plagen en ziekten zorgen voor stress in een gewas, en het voorkomen hiervan wordt dus gezien als een belangrijk risico. Daarnaast zijn te natte, te droge, en te warme omstandigheden risico's; de invloed hangt af van het gewas en de periode waarin extreem weer voorkomt.

Het belangrijkste gewas in de akkerbouw is de aardappel. Nederland heeft veel kennis op aardappelgebied, is een belangrijke exporteur van pootaardappelen, en opbrengsten zijn relatief hoog. In het algemeen zijn klimatologische en andere agro-ecologische omstandigheden voor veel gewassen goed. De grootste klimaatrisico's voor aardappel zijn een nat voorjaar, nat najaar, en langdurig nat in de zomer. Deze hebben een hoge frequentie van voorkomen (Tabel 3) en hoge opbrengstderving (Tabel 2), en zijn vergelijkbaar voor poot- en consumptieaardappel. De effecten van een nat voorjaar en najaar, welke zaaien en oogsten beletten, zijn verder gekwantificeerd in Van Oort *et al.* (2012). Op basis van lange tijdreeksen laten zij zien dat in meer dan 10% van de jaren een oogstverlies is van meer dan 20%, en dat dit voornamelijk wordt veroorzaakt door een nat voor- en/of najaar. Langdurig natte omstandigheden beletten het spuiten tegen Phytophthora, één van de belangrijkste ziekten die de aardappelteelt bedreigen.

Suikerbieten zijn een belangrijk gewas voor veel boeren, en opbrengsten zijn de laatste jaren sterk gestegen, mede door de toename in de temperatuur. Voor granen geldt dat een hogere temperatuur zorgt dat het gewas sneller afrijpt en er daardoor minder tijd is voor korrelzetting, wat leidt tot een lagere opbrengst. Suikerbieten blijven groeien, en profiteren daarom meer van hogere temperaturen. Voor suikerbiet zijn onder de huidige klimatologische omstandigheden nachtvorst, wisselvallig nat en aanhoudend nat weer de meest voorkomende klimaatfactoren die schade veroorzaken (Tabel 6, 7). Nachtvorst komt het vaakst voor, maar zal niet altijd schade veroorzaken, aangezien dit mede afhankelijk is van de zaaidatum.

Tabel 6. *Impact van extreme weersomstandigheden en gerelateerde ziekten en plagen op suikerbieten (Bron: Schaap et al., 2009).*

Klimaatfactor	Periode	Impact op gewas	Bereik van geschatte schade (%)
Langdurig droog	mei - sept	Problemen bij opkomst	10-35
Wisselvallig nat weer	juli - sept	Heeft laag suikergehalte tot gevolg	10-25
Aanhoudend nat weer	juli - sept	Bij vochtige omstandigheden van de grond kan Rhizomanie optreden	10-50
Aanhoudend warme winter	juni - aug	Bewaring van bieten bij warm weer lijdt tot verlies van suikergehalten	10-25
Nachtvorst	dec - mrt	Opkomende kiemplantjes kunnen doodvriezen	10-20

Tabel 7. *Frequenties van klimaatfactoren voor suikerbieten in het referentieklimaat rond 1990 (Bron: Schaap et al., 2009).*

Klimaatfactor*	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Langdurig droog			0	2								
Wisselvallig nat weer								13	8			
Aanhoudend nat weer				4	4	9	8					
Aanhoudend warme winter	0	0	3									0
Nachtvorst			89	33								

Uien zijn een belangrijk gewas voor boeren, omdat ze gemiddeld veel opbrengen, maar de variabiliteit in prijzen is hoog. Voor uien zijn er een aantal klimaatfactoren die voor opbrengstderiving kunnen zorgen (Tabel 8), maar er is op dit moment geen enkele schadelijke klimaatfactor die meer dan 3 maal in de 30 jaar voorkomt.

Tabel 8. Impact van extreme weersomstandigheden en gerelateerde ziekten en plagen op uien (Bron: Schaap et al., 2009).

Klimaatfactor	Periode	Impact op het gewas	Opbrengstderving van (in % kg)
Langdurig droog (lente)	febr - mrt	In de lente droogte kan leiden tot plant sterfte. Als erg vroeg gezaaid is kan de oogstreductie te niet gedaan worden door opnieuw in te zaaien (adaptatie). Of er kan extra dik ingezaaid worden in de planten ten einde genoeg planten over te houden.	0-100%
Langdurig droog (zomer)	juni – juli	Droogte in de zomer leidt tot verminderde groei en kan leiden tot oogstreducties van 30-40%.	30-40%
Bodem staat blank; enkele weken	sept - okt	Er kan niet gerooid worden vanwege het natte land en de kwaliteit van de uien gaat snel achteruit (schimmel-infecties), dus ook de prijs. Dit is geen probleem gedurende de teelt.	0-100%
Zware buien	juli - aug	Bacteriën spatten op met grond deeltjes en veroorzaken infecties in de bol. Oogstreducties mogelijk van 50%.	10-50%
Warm en vochtig	juni - aug	Schimmels infecteren het blad. Oogstreductie mogelijk van 50-60%.	50-60%

Op basis van deze inventarisatie is duidelijk dat ook er ook in de huidige omstandigheden risico's zijn wat betreft het klimaat. Voor veel van deze risico's zijn adaptatiemaatregelen beschikbaar, welke in meer detail in H6 zullen worden besproken. Veel van de klimaatrisico's zijn afhankelijk van goed waterbeheer; dit wordt verder besproken in paragraaf 3.6. Verzilting is niet aan de orde gekomen als klimaatrisico voor de akkerbouw omdat het geen klimaatfactor zoals gedefinieerd in de Agroklimaatkalender waar de focus ligt op grote schade. Verzilting kan echter in de toekomst wel voor meer risico's zorgen en dit wordt verder besproken binnen het waterbeheer in paragraaf 3.6.

Een ander risico in de huidige akkerbouw is de verslechtering van de bodemkwaliteit. Door intensieve rotaties met vaak 1 op 3 aardappelen, zijn veel bodems verdicht. Ook nemen organische stofgehalten af. Boeren geven ook zelf aan dat een 1 op 3 rotatie op de langere termijn niet houdbaar is, en dat een belangrijk doel richting de toekomst is om bodems te verbeteren (Mandryk et al., 2014). Een goede bodemkwaliteit staat in relatie tot klimaatrisico's: een verbeterde bodemkwaliteit kan risico's wat betreft zware regenval en droogtes verminderen.

3.3 Tuinbouw

Binnen de tuinbouw zijn er zowel onbedekte als bedekte teelten. Onbedekte tuinbouwteelten zoals bloemen en groenten worden direct beïnvloed door klimaatverandering, op een vergelijkbare wijze als de akkerbouw. Bedekte teelten worden vanzelfsprekend minder blootgesteld aan schadelijke klimaatomstandigheden. Voor beide type teelten wordt een voorbeeld besproken: lelie als voorbeeld voor een onbedekte, open sierteelt, en tomaat als voorbeeld voor de bedekte groenteteelt.

3.3.1 Onbedekte tuinbouwteelten

Lelie is één van de belangrijkste sierteeltgewassen van Nederland. Tabel 9 en 10 laten zien dat hevige regenval (verdrinken bollen en meer kans op schubrot) en hagelbuien (hagelschade aan blad en knop) de meest voorkomende klimaatfactoren zijn. Voor andere bloembollenteelten zullen de risico's enigszins vergelijkbaar zijn voor hagelbuien en hevige regenval.

Tabel 9. *Impact van extreme weersomstandigheden en gerelateerde ziekten en plagen op lelie (Bron: Schaap et al., 2009).*

Klimaatfactor	Periode	Impact op gewas	Bereik van geschatte schade (%)
Hevige regenval	juli - sept	Verdrinken bollen en meer kans op schubrot.	25-100 (ook *)
Zomers, maar nat	apr - juni	1. Botrytus (ook wel vuur genoemd) 2. Fusarium kan een probleem vormen als er nog weinig wortels gevormd zijn.	10-75
Bodem staat blank; enkele weken	okt - nov	Natte omstandigheden maken het rooien onmogelijk. De bol is dan wel in rust dus geen kans om verdrinking, wel meer kans op schubrot.	25-100
Aanhoudend warme winter	dec - maart	Koeling kost meer energie	10 *
Hagel (zwarte buien)	juni - aug	Hagelschade aan blad en knop	25-75

Tabel 10. *Frequenties van klimaatfactoren voor lelie in het referentieklimaat rond 1990 (Bron: Schaap et al., 2009).*

Klimaatfactor*	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hevige regenval							7	7	9			
Zomers, maar nat				0	0	0						
Bodem staat blank; enkele weken										0	0	
Aanhoudend warme winter	0	0	3									0
Hagel (zwarte buien)						4	7	7				

3.3.2 Bedekte tuinbouwteelten

Tomaat is als voorbeeld genomen voor een bedekte teelt in de tuinbouw. Tabel 11 en 12 laten zien dat voor geen enkele klimaatfactor de fysieke schade boven de 5% uitkomt. Ondanks dit lage percentage kan de economische schade wel hoog zijn, gezien de intensiteit van de tomatenteelt, en de hoge kosten. Een tomatenteelt is over het algemeen een monocultuur en de omzet van een bedrijf bedraagt doorgaans miljoenen. Omdat een tomatenteler met een relatief kleine marge werkt (hoge input kosten ten opzichte van de output), met een groot aantal werknemers, kan een schadepost van 5% ingrijpende gevolgen hebben. In het huidige klimaat is vooral de frequentie van strenge vorst hoog (Tabel 13) met als gevolg hoge stookkosten. Warme omstandigheden (hittegolf) kunnen nadelig zijn voor de bloemzetting en de waterbeschikbaarheid.

3.4 Veehouderij

3.4.1 Melkveehouderij

De veehouderij wordt op vier manieren door het klimaat en klimaatverandering beïnvloed: 1) productie van gras en ander veevoer, 2) prijzen van veevoer, welke beïnvloed worden door de productie elders, 3) dierenwelzijn, groei en reproductie, en 4) plagen en ziekten (Rötter & Van de Geijn, 1999).

Gras en mais zijn de belangrijkste gewassen voor melkveehouders. Omdat gras het meest verbouwde gewas is, focussen we hier op. Voor gras komt geen van de schadelijke klimaatextremen (Tabel 14) op dit moment veel voor (Tabel 15). Aanhoudend heet is het grootste risico. Naast de risico's genoemd in Tabel 14 kan wateroverlast er voor zorgen dat er vaker gemaaid moet worden onder ongunstige omstandigheden, en koeien kunnen de graszode vertrappen.

Tabel 14. *Impact van extreme weersomstandigheden en gerelateerde ziekten en plagen op gras (melkveehouderij) (Bron: de Wit et al., 2009).*

Klimaatfactor	Periode	Impact op het gewas	Opbrengstderving van (in % kg)
Tropisch en nat	april - sept	Schimmels en indien langdurig gaat gras dood; weten we uit ervaring in Midden China, waar Engels en Italiaans raaigras in juni door warmte en vocht dood gingen.	0-10%
Langdurig droog	mrt - okt	Geleidelijk effect op zodekwaliteit.	5-10% per maand
Zeer strenge vorst	nov - febr	Engels raaigras gaat dood; andere soorten als timothee (<i>Phelum pratense</i>) kunnen overleven: is wel een argument om timothee in mengsels op te nemen. Naarmate er meer tijd is verstreken sinds een winter met kale strenge vorst, laten boeren timothee weer weg uit mengsel.	20-40%
Aanhoudend hete dagen (periode van min. 3 dagen > 30 °C)	mrt - okt	Engels raaigras kan slecht tegen temperaturen boven de dertig graden. Planten kunnen afsterven waardoor de grasmat verslechterd, vooral als hoge temperatuur samengaat met sub-optimaal management.	0-10%

Tabel 15. *Frequenties van klimaatfactoren voor gras (melkveehouderij) in het referentieklimaat rond 1990 (Bron: de Wit et al., 2009).*

Klimaatfactor	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tropisch en nat				0	0	0	0	0	0			
Langdurig droog			0	0	0	0	0	0	0	0		
Zeer strenge vorst	2	0									0	0
Aanhoudend hete dagen				0	0	2	1	7	1			

In de melkveehouderij is het economisch resultaat echter niet direct afhankelijk van voerproductie. Een mindere voerproductie kan aangevuld worden met de aankoop van voer, en boeren zijn daarom afhankelijk van prijzen van veevoer. Deze kunnen beïnvloed worden door klimaatverandering. De melkproductie is naast genoeg voer van voldoende kwaliteit afhankelijk van huisvesting en de gezondheid van de koeien. Belangrijkste klimaatfactoren hierbij zijn:

- Hitte: hittestress bij koeien leidt tot een lagere voeropname en daarmee tot een lagere melkproductie
- Wateroverlast: leverbot
- Warmer weer: veelvuldiger optreden maagdarmwormen
- Zachtere winters: hogere ziektedruk aan het begin van het seizoen

De invloed van het voorkomen van plagen en ziekten wordt in meer detail besproken in paragraaf 3.5.

3.4.2 Intensieve veehouderij

De intensieve veehouderij is niet-grondgebonden, en wordt daarom relatief weinig blootgesteld aan het klimaat. Mede hierdoor is er relatief weinig onderzoek gedaan naar de invloed van klimaat(verandering) op de intensieve veehouderij (Porter *et al.*, 2014). Net als bij de melkveehouderij zijn de belangrijkste invloeden van het klimaat: 1) prijzen van veevoer, welke beïnvloed worden door de productie elders, 2) dierenwelzijn, groei en reproductie, en 3) plagen en ziekten. De productie van veevoer is in tegenstelling tot de melkveehouderij van minder belang, omdat de sector over het algemeen niet zelf zijn veevoer verbouwd. Veevoer wordt vooral uit Zuid-Amerika gehaald, in de vorm van soja. Klimaatomstandigheden in deze productiegebieden kunnen dus de aanvoer en prijzen beïnvloeden. Ook de stroomvoorziening kan beïnvloed worden door klimaatomstandigheden, maar veel veehouders hebben noodaggregaten om stroomstoringen op te kunnen vangen.

Wat betreft dierenwelzijn, groei en reproductie in de varkenshouderij: gangbare varkens zitten geconditioneerd in binnenruimtes, waar geen airco is. Soms is er wel een warmtewisselaar, zodat de lucht gekoeld kan worden, maar dit is beperkt. Bij een hogere buitentemperatuur wordt de binnentemperatuur dus automatisch ook hoger. Dit heeft gevolgen voor het welzijn. Bovendien eten varkens minder, en de ammoniakemissie neemt toe. Ook kraamhokken worden te warm. Bio-varkens kunnen bij hogere temperatuur ook naar buiten om af te koelen. Er is dus minder hittestress dan bij gangbaar gehouden varkens. Mest op de vloer en de rooster wordt warmer en er is meer emissie bij warm weer. (De Wit *et al.*, 2009)

Wat betreft plagen en ziekten in de varkenshouderij: virussen kunnen makkelijker overleven in vochtige lucht. Als door klimaatverandering er meer droge lucht komt met veel UV zal overdracht door virussen lager zijn. Maar als er meer vochtige lucht komt juist niet. Maag-darmparasieten kunnen zich verder sneller ontwikkelen onder warmere omstandigheden (optimale temperatuur is 37 °C). In de volgende paragraaf komen we terug op de belangrijkste dierziekten die Nederland in de afgelopen periode hebben geteisterd.

3.5 Dierziekten

Een dierziekte uitbraak heeft ernstige gevolgen voor de veehouderij en de handel in dierlijke producenten en kan ook gevolgen hebben voor de humane gezondheid. De ziekten voor mens en dier worden ook wel zoönoses genoemd. De belangrijkste verspreiders van dierziekten zijn verschillende soorten knutten, teken, en muggen, hierna vectoren genoemd.

De grote uitbraak van Q-koorts, een vector gebonden ziekte, heeft in 2009 veel schade aangericht voor zowel de humane gezondheid als voor de dierhouderij. De Q-koorts reist via trekvogels door Europa en bij aankomst in Nederland kan een specifieke muggensoort (de vector) zorgen voor besmetting van vee. Hierna wordt de ziekte via de mest verspreid en kunnen mensen in de omgeving via de luchtwegen geïnfecteerd raken. Een directe link met klimaatverandering is bij de uitbraak van Q-koorts niet aanwezig maar speelt wel een rol via een betere verspreiding van de trekvogels en een verhoogde kans op infectie van de vogels. Daarnaast is de overlevingskans van de

muggensoort door de hogere temperaturen hoger waardoor een geschikte vector aanwezig kan zijn als besmette trekvogels arriveren.

De blauwtong uitbraak in Noord-West Europa en Nederland in 2005 en 2006 is gedeeltelijk toe te schrijven aan klimaatverandering (Arzt *et al.*, 2010; Guis *et al.*, 2012). De vector *Culicoides*, een knut, wordt gestimuleerd door temperatuur (hogere activiteit) en kan zich beter voortplanten en vestigen in de buurt van vee waardoor een hogere infectiekans ontstaat (Wilson & Mellor, 2009). De gevolgen van de blauwtonguitbraak voor de vleesveesector zijn groot. Runderen worden niet heel ziek maar hebben wel last van de ziekten en er moeten dierenartskosten gemaakt worden. Volgens Deusing (2008) leiden de totale kosten en afgenomen opbrengsten in 2006 in Nederland tot een totale kostenpost van € 25 miljoen. Gemiddeld is dit € 1300 per melkveehouder.

De grootste risico's voor de verspreiding van ziekten die verspreid worden door vectoren zijn: intensivering van de veehouderij, intensifiëring van transport, veranderingen in het milieu, en natte natuurgebieden met hoge concentraties vogels. Klimaatverandering zorgt voor veranderingen waardoor vectoren zich kunnen vestigen in gebieden die eerder niet geschikt waren, en waardoor ziekten zich mogelijk beter kunnen ontwikkelen.

3.6 Waterbeheer

Het waterbeheer is voor diverse teelten belangrijk omdat de meeste teelten regelmatig met te droge of te natte omstandigheden kampen. In het algemeen willen ondernemers geen natschade omdat dat oogstverliezen veroorzaakt en beperkingen geeft in de teelt omdat machines of vee het land niet op kunnen. Droogteschade is voor ondernemers over het algemeen een minder groot probleem behalve als het gaat om kwetsbare teelten zoals de bloembollenteelt of een kwetsbare ontwikkelingsfase van een gewas. Met beregening is hier iets aan te doen ook al zijn de kosten en de arbeidsinzet hoog. Grote delen van Nederland zijn helemaal ingericht om de watervraag en afvoer voor de landbouw af te stemmen; dit geldt voor alle polders in Nederland. Ook de meeste ontginningsgebieden op de zandgronden van Oost- en Zuid-Nederland zijn zo goed mogelijk ingericht voor wat betreft aan- en afvoer van water van goede kwaliteit.

Waterafvoer

Verreweg de meeste problemen met water in de primaire landbouw hebben te maken met een slechte waterafvoer. Dit geeft behoorlijk veel problemen, zoals ook de Agroklimaatkalender laat zien. Hierin komen een aantal extremen voor waar er sprake is van te veel water. De grootste risico's vormen overvloedige regenval tijdens de aardappel- en lelieteelt. Als het water niet goed afgevoerd kan worden, kan het product gaan rotten en is het een grote schadepost. Naast de directe schade, kan waterschade ook zorgen voor structuurschade en daardoor schade in het volgende jaar. Ook in de melkveehouderij zijn er problemen met de waterafvoer. Hier gaat het om opbrengstderving van gras en mais en problemen met weiden van melkvee.

Het waterbeheer is in het algemeen goed geregeld in Nederland, maar het groter worden van waterschappen wordt door boeren als een risico gezien. De groter wordende waterschappen focussen meer op robuustheid dan op flexibiliteit en lokale omstandigheden, en wat betreft aanpassingen aan klimaatvariabiliteit kan dit voor problemen zorgen. Langere periodes van regenval kunnen sloten niet aan, en dit leidt tot overstromingen van land vanuit de sloot. Waterafvoer bij piekafvoeren is dus van groot belang.

Droogte

Over het algemeen geldt dat de wateraanvoer in de meeste gevallen voldoende is en dat er alleen bij heel droge omstandigheden beregend hoeft te worden. Sommige teelten vragen wel om meer beregening, zoals de tuinbouw met de bloembollenteelt of groenteteelt. Ook voor de maisteelt in de melkveehouderij kan beregening wenselijk zijn. Voor grasland is het echter een vrij dure oplossing om te beregenen, omdat er veel arbeid en kosten (diesel) mee gemoeid zijn. Voor de akkerbouw in Nederland is vaak een zeer droog jaar ook een goed jaar. Dit komt omdat de meeste akkerbouw plaatsvindt in gebieden met goede beschikbaarheid van water en goede vocht opbrengende

bodems. Door de afstemming van vraag en aanbod zal bij een lichte opbrengstdaling door droogte de marktprijs hoger worden. Daarnaast is droogte vaak relevant voor een groter gebied dan alleen Nederland en zullen de landen met een slechtere waterhuishouding een relatief grotere opbrengstderving hebben.

Verziltting

In de huidige situatie is verziltting vooral een probleem als het zilte water gebruikt wordt voor beregening. Onder externe verziltting wordt de indringing van zout water vanuit de grote rivieren verstaan. Hierdoor hebben sommige gebieden zoals bijvoorbeeld het Westland geen mogelijkheid om het water direct uit de nabij gelegen grote rivieren of voormalige zeearmen te gebruiken. Daarom wordt er via een groot systeem van waterlopen (boezems) water aangevoerd. Het IJsselmeer is een belangrijk reservoir voor zoet water en wordt onder meer gebruikt voor het doorspoelen van zoute sloten in het Noordelijk Zeekleigebied. Gebieden met interne verziltting hebben te maken met zout dat beschikbaar komt uit de bodem. Daarnaast komt er ook nog verziltting voor door zoute kwel en verziltting van het grondwater. Gebieden met interne verziltting en gebieden met verziltting van grondwater ervaren problemen omdat gevoelige teelten (bijvoorbeeld snijbloemen) een lage tolerantie hebben voor zout beregeningswater. In gebieden met zoute kwel is het lokale teeltsysteem aangepast op de aanwezigheid van zout in de waterlopen en het ondiepe grondwater. Teelten die kwetsbaar zijn voor zout grondwater worden in deze gebieden momenteel niet geteeld. Als er al beregend wordt met zout beregeningswater op zout gevoelige gewassen dan wordt er rekening gehouden met het ontwikkelingsstadium van het gewas waardoor er toch beregend kan worden zonder dat er schade optreedt. Al met al is verziltting voor de landbouw geen groot probleem voor de teelt.

In gebieden met van nature zeer hoge zoutconcentraties in de sloten zoals op Texel en in Zeeland wordt er zelfs geëxperimenteerd met zilte landbouw. Enerzijds worden nicheproducten geteeld zoals zeekraal en lamsoor en anderzijds wordt er geëxperimenteerd met de zouttolerantie van gevestigde gewassen zoals aardappelen.

Knelpuntgebieden

Voor het algemene watersysteem zijn er zijn een aantal knelpunten te identificeren in verschillende gebieden (Ter Maat *et al.*, 2014):

- Hoge zandgronden – niet of nauwelijks aanvoer vanuit hoofdwatersysteem (HWS) mogelijk,
- IJsselmeergebied – afhankelijk van IJsselmeerpeil en/of afvoer IJssel,
- Rivierengebied – afhankelijk van afvoeren Waal, Pannerdensch Kanaal, Nederrijn, Amsterdam-Rijnkanaal en/of noordelijk deel van de Maas,
- Benedenrivierengebied – risico externe verziltting,
- Zuidwestelijke delta zonder aanvoer: risico externe verziltting én geen aanvoer vanuit HWS.

Voor de landbouw is met AGRICOM berekend wat de huidige schade is door droogte. Gemiddeld is deze schade geschat op 100, 85, 30, 15 en 5 miljoen respectievelijk voor de bovengenoemde knelpuntgebieden. In extreem droge jaren is de schade geschat op 400, 370, 110, 85 en 80 miljoen euro respectievelijk. Deze schade betreft vooral de open grondgebonden teelten: akkerbouw, melkveehouderij en de open tuinbouwteelt. Teelten met hoge economische waarde worden over het algemeen meer beregend. Bij deze teelten liggen de economische verliezen vooral in de kosten voor beregening (energie, arbeid), terwijl bij teelten met lagere economische waarde, zoals gras en tarwe, de economische verliezen vooral liggen in de opbrengstverliezen door waterstress.

4. Klimaatscenario's en toekomstige ontwikkelingen

Voor een analyse van de toekomstige risico's en kansen in de land- en tuinbouw als gevolg van klimaatverandering worden klimaatscenario's en sociaal economische scenario's gebruikt. Deze scenario's geven een evenwichtig beeld voor verschillende onzekerheden die van invloed zijn op het toekomstige klimaat en de maatschappij. Omdat in deze studie een deelsector wordt uitgelicht is het van belang om het sectorperspectief voor 2050 te schetsen. Dit wordt gedaan op basis van de huidige situatie (zie hoofdstuk 2).

4.1 Sectorperspectief 2050

Door de voedselvoorziening en de levering van andere producten zoals de sierteelt neemt de landbouw een belangrijke plaats in de maatschappij. Om te voldoen aan de vraag naar deze producten is de landbouw als geheel zeer divers, maar binnen een bedrijf is er vooral specialisatie. De landbouw is continu in ontwikkeling en gericht op innovatie.

Sturende factoren

Klimaatverandering is niet de enige verandering richting de toekomst. De belangrijkste sturende factoren voor ontwikkelingen in de landbouw, zijn technologische ontwikkeling, markten, beleid en klimaatverandering (Hermans *et al.*, 2010; Mandryk *et al.*, 2012). Tot nu toe speelde klimaatverandering een onderschikte rol omdat de invloed van bijvoorbeeld de marktomstandigheden dominantier zijn. De verwachting is dat ondanks toekomstige klimaatverandering, richting 2050 de marktomstandigheden een dominante rol blijven spelen (Mandryk *et al.*, 2012; Kanellopoulos *et al.*, 2014). Het is wel goed mogelijk dat juist klimaatverandering in andere delen van de wereld zorgt voor opbrengststijgingen of dalingen waardoor de marktomstandigheden wijzigen. Klimaatverandering kan daarnaast ook technologische ontwikkelingen (bijv. nieuwe resistente rassen) en nationaal en internationaal beleid beïnvloeden. Sturende factoren worden hieronder in meer detail besproken; klimaatverandering wordt behandeld in H5.

Technologische ontwikkeling

Technologische ontwikkeling heeft voor oogststijgingen gezorgd, door zowel genetische verbeteringen van rassen (verhoging potentiële productie) en verbeterd gewasmanagement (bemesting, gewasbescherming; verkleining verschil potentiële en actuele productie) (Ewert *et al.*, 2005; Meerburg *et al.*, 2008). Verbeterd gewasmanagement kan voor de belangrijkste gewassen weinig meer bijdragen aan de stijging in gewasopbrengsten in Nederland. Bemesting en gewasbescherming zijn in Nederland bijna optimaal, waardoor het verschil tussen de potentiële en actuele opbrengsten nog maar tussen de 10-20% zit, wat als minimaal wordt beschouwd vanwege de economische en ecologische efficiëntie (Van Ittersum *et al.*, 2013). Er is wel gesuggereerd dat opbrengststijgingen in Europa stabiliseren (Brisson *et al.*, 2010), maar Rijk *et al.* (2013) hebben aangetoond dat genetische verbetering nog steeds zorgt voor een lineaire stijging in potentiële opbrengsten voor Nederlandse gewassen. Opbrengsten stijgen gemiddeld met 0.5-1% per jaar, en de verwachting is dat deze stijging voorlopig doorzet, voornamelijk door het verbeteren van de efficiëntie van lichtgebruik (Ewert *et al.*, 2005; Angulo *et al.*, 2013; Fischer *et al.*, 2014; Long *et al.*, 2006). Ook in andere landbouwsectoren blijven opbrengsten stijgen door verbeterde technologie. Melkopbrengsten stijgen veelal lineair (Paas, 2013; LEI, 2012), en de verwachting is dat ook dit voorlopig doorzet.

Nieuwe technologie is vooral ook belangrijk voor het efficiënter gebruik van inputs, en het verminderen van de milieueffecten. De inzet van nieuwe kennis, remote-sensing informatie en beslissingsondersteunende systemen kunnen zorgen voor verbeterde precisie-landbouw, waardoor kunstmest en pesticiden in de juiste hoeveelheden en op de juiste plek kunnen worden gegeven. Het middelengebruik in de gewasbescherming staat continu onder druk

en sommige teelten ondervinden restricties vanuit nationaal en Europees beleid waardoor het in de toekomst moeilijker is om volledig zonder opbrengst- of kwaliteitsverlies te kunnen telen. Recent is bijvoorbeeld gebleken dat het gebruik van neonicotinoiden (vooral imidacloprid) heeft geleid tot een sterke daling van insecten-etende vogels (Hallman *et al.*, 2014). Eerder was al ophef over de invloed van deze middelen op bijen, maar laatste inzichten wijzen dus op bredere gevolgen.

Bij ontwikkelingen in de landbouw is er een sterke focus op economische efficiëntie (Hardeman & Jochemsen, 2012). Op gebied van dierenwelzijn en milieuvervuiling vinden er echter ook verbeteringen plaats. In de dierlijke sector is in het verleden veel geïnvesteerd in diervriendelijke productie (bijv. Spoelstra *et al.*, 2013) en deze trend zal zich naar alle waarschijnlijkheid doorzetten. Verder geldt voor zowel de dierlijke als de plantaardige sector dat emissies van meststoffen beperkt moeten worden om het milieu te ontlasten. Door de hoge dichtheden van vee ligt er in Nederland uitdaging omdat er weinig groeimogelijkheden zijn zolang er significante veevoer en dus nutriënten import is en de mogelijkheden voor mestafvoer via export of via mestscheiding beperkt zijn.

Markt

De (wereld)markt heeft ook grote invloed op de landbouw. In de afgelopen eeuw zijn productprijzen sterk gedaald, terwijl inputkosten zijn toegenomen. Recentelijk waren er pieken in productprijzen, maar het ligt niet in de verwachting dat deze hoge prijzen de standaard worden. Een belangrijke input qua kosten zijn de grondprijzen. Grondprijzen zijn in Nederland hoger dan in de omliggende landen wat zorgt voor hogere kosten (Berkhout *et al.*, 2014). Deels houdt de hoge grondprijs, zeker in graslandgebieden, verband met de mestwetgeving (LEI, 2014). Onduidelijk is hoe de grondprijs zich gaat ontwikkelen maar het is te verwachten dat indien de grondprijzen stijgen, er een trend is naar meer intensieve teelt om de grondkosten te kunnen dekken. Dit kan negatieve effecten hebben op de bodemkwaliteit omdat de intensieve teelten zoals aardappelen en uien een negatief effect hebben op de bodemstructuur.

Beleid

Tenslotte hebben het Gemeenschappelijke landbouwbeleid (GLB) van de Europese Unie en lokale beleidsmaatregelen grote invloed op de landbouw. Lange tijd was er in Europa een focus op productie, maar er is een omslag naar een focus op milieu effecten. De hervorming van het Gemeenschappelijke landbouwbeleid (GLB) zal in de periode van 2014 tot 2019 plaatsvinden en dit zal gevolgen hebben voor de toeslagen die bedrijven ontvangen. De nieuwe hectare toeslag zal minder gunstig uitpakken voor vleeskalverenbedrijven, zetmeelaardappelteelt en de intensieve melkveehouderij (Berkhout *et al.*, 2014). De zetmeelaardappelteelt komt door de hervorming van het GLB onder druk omdat een deel van de toeslag verdwijnt. Naast de vermindering van de toeslag is de reductie van het bestrijdingsmiddelengebruik een factor die van belang kan zijn voor de toekomst van deze sector. Verwacht wordt dat het relatieve belang van zetmeelaardappelen in het teeltsysteem minder groot wordt. In gebieden als de Veenkoloniën is er al enige tijd een trend van vestiging van melkveehouderijbedrijven ten koste van aardappel-zetmeel. Bij negatieve effecten van klimaatverandering op de teelt kan dit proces mogelijk versneld worden.

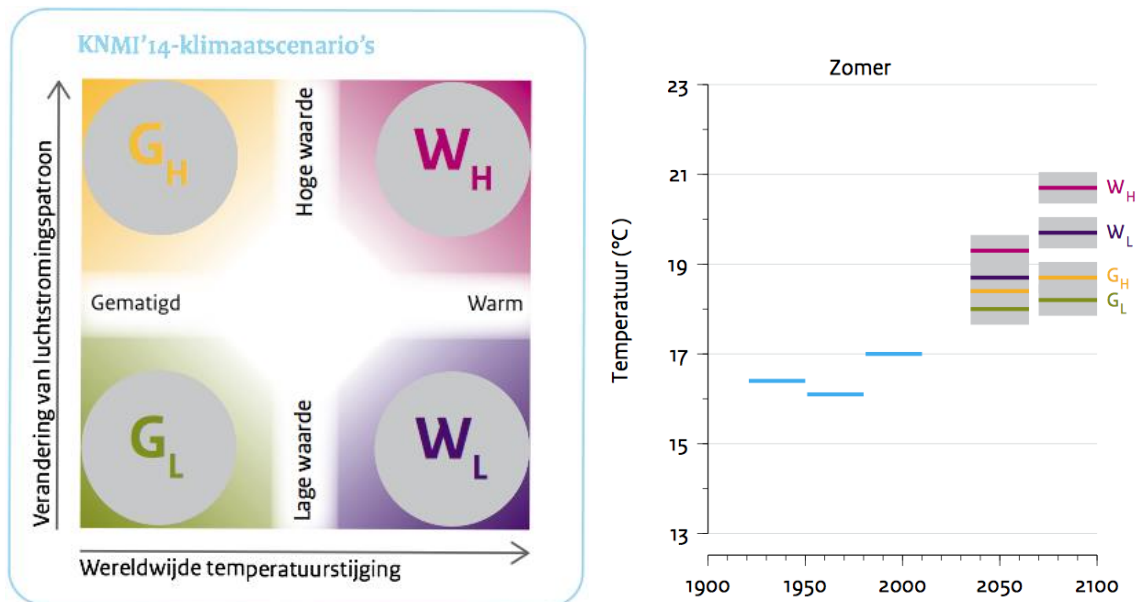
Invloed op bedrijfssystemen

Mandryk *et al.* (2012) hebben de invloed van technologische ontwikkeling, markten, beleid en klimaatverandering op de bedrijfsstructuur van akkerbouwbedrijven in Flevoland in 2050 onderzocht. De verwachting is dat in een A1/W+ scenario (vergelijkbaar met het Deltascenario Stoom, zie Figuur 4), het aandeel middelgrote bedrijven afneemt van 22% tot 4%, grote bedrijven gelijk blijven in aantal, terwijl zeer grote bedrijven toenemen van 32% tot 49%. Gemiddeld zullen er 35% minder akkerbouwbedrijven zijn, zijn de bedrijven 34% groter, hebben ze dezelfde intensiteit (in economische grootte per ha), zal er 36% minder areaal zijn met wortel- en knolgewassen, 51% meer groente-areaal, 60% meer bloembollen areaal, en zullen bedrijven zich minder richten op primaire productie en meer op multifunctionele activiteiten. In een B2/G scenario (vergelijkbaar met Deltascenario Rust) zijn de trends vergelijkbaar, maar de veranderingen zijn kleiner. Markten en technologische ontwikkeling hebben de grootste invloed op veranderingen in bedrijfsstructuur. Klimaatverandering speelt vooral een rol bij veranderingen in specialisatie.

Kanellopoulos *et al.* (2014) hebben de invloed van de verschillende sturende factoren in meer detail onderzocht op bedrijfsniveau. Ook hier bleek dat technologische ontwikkeling en veranderingen in prijzen een grotere invloed hadden op gewaskeuze, gewasmanagement en de resulterende bedrijfsopbrengsten dan klimaatverandering. Dit betekent niet dat klimaatverandering geen belangrijke factor is richting de toekomst, maar dat de effecten van klimaatverandering moeten worden beoordeeld in de context van andere veranderingen, en dat adaptatie aan klimaatverandering effecten sterk kan reduceren. H5 en H6 gaan hier verder op in.

4.2 Klimaatscenario's en sociaaleconomische ontwikkeling

De KNMI'06 klimaatscenario's geven voor een warm en gematigd en voor gewijzigde en ongewijzigde luchtstromingspatronen 4 contrasterende scenario's waarbinnen de belangrijkste onzekerheden worden opgespannen (Figuur 4). De KNMI'06 scenario's zijn op haar beurt weer afgeleid van het vierde Assessment Report (AR4) van het IPCC. De KNMI'06 scenario's geven gedetailleerde sets van klimaatdata voor de toekomst voor de belangrijkste klimaatvariabelen zoals temperatuur, neerslag en verdamping. De nieuwe KNMI'14 scenario's zijn vergelijkbaar met de KNMI'06 scenario's op een aantal details na.



Figuur 4. De vier KNMI'14 scenario's langs twee assen (links) en een voorbeeld van de gemiddelde zomertemperatuur in de Bilt met waarnemingen (drie dertigjaargemiddelden in blauw) en de KNMI'14-scenario's (2050 en 2085) inclusief onzekerheid door natuurlijke variatie (in grijs). In de KNMI'06 scenario's werd hetzelfde onderscheid gemaakt qua assen, maar de H werd aangegeven door een + (G+ en W+), en de L was geen toevoeging (G en W).

Bij het in kaart brengen van de effecten van klimaatverandering op de landbouw (Hoofdstuk 5) is gebruik gemaakt van de KNMI'06 scenario's. De belangrijkste verandering in de KNMI'14 scenario's is dat in Wh/W+ de temperatuurstijging iets lager is (gemiddeld 2.3°C i.p.v. 2.4°C) en dat er een toename in neerslag is i.p.v. een afname (+5% i.p.v. -5%). In de winter nam de neerslag al toe, maar dit is nu ook het geval in herfst en lente, terwijl in de zomer de afname -13% is i.p.v. -24%. Voor de landbouw betekent dit dat de ernst van de berekende effecten in een Wh/W+ scenario minder zullen zijn.

Voor de andere scenario's valt vooral op dat de stijging in temperatuur groter is, voor G +1.0°C i.p.v. +0.7°C in 2050. In het algemeen betekent dit dat de verschillen tussen de KNMI'06 scenario's kleiner zijn geworden.

Naast klimaatverandering zijn er ook sociaaleconomische veranderingen die een grote rol spelen voor de land- en tuinbouw. Veranderingen van beleid en economie zijn van grote invloed op de landbouw en is relatief belangrijker dan klimaatverandering. Ook de ontwikkeling van het beleid en economie richting 2050 is hoogst onzeker. Voor toekomstverkenningen is het daarom relevant om klimaatscenario's te combineren met sociaaleconomische scenario's. Sociaaleconomische scenario's zijn ontwikkeld in de zogenoemde WLO scenario's (CPB en PBL, 2006). KNMI'06 scenario's en WLO scenario's zijn eerder gekoppeld door Riedijk *et al.* (2007) en op grote schaal gebruikt in Nederlandse klimaatstudies (Veraart *et al.*, 2014; Mandryk *et al.*, 2012; Schaap *et al.*, 2013; Kanellopoulos *et al.*, 2014). Een update hiervan is gemaakt in de Deltascenario's (Figuur 5; Bruggemans *et al.*, 2013).

DRUK: resultaat van matige klimaatverandering en sterke groei van economie en bevolking

STOOM: resultaat van snelle klimaatverandering en sterke groei van economie en bevolking

RUST: resultaat van matige klimaatverandering en lage groei van economie en bevolking

WARM: resultaat van snelle klimaatverandering en lage groei van economie en bevolking

Figuur 5. De vier toekomstbeelden uit de Deltascenario's (Bron: Bruggeman et al., 2013).

Alhoewel alle vier scenario's even waarschijnlijk zijn, ligt de focus in veel studies op scenario's vergelijkbaar met Stoom en Rust. Het scenario Stoom schetst een situatie van snelle klimaatverandering (W/W+) en sterke economische groei en bevolking (vergelijkbaar met SRES A1, Global Economy). Het scenario Rust gaat uit van een matige klimaatverandering (G/G+) en een lagere groei van economie en bevolking (vergelijkbaar met SRES B2, Regional Communities). Voor de landbouw kan worden opgemerkt dat in het Stoom scenario technologische vooruitgang sneller gaat en dat er meer ruimte is voor ondernemerschap, en dat bedrijven nog sneller zullen groeien dan nu het geval is. De wereldmarkt is relatief belangrijker in dit wereldbeeld. Bij het Rust scenario is er weliswaar ook technologische vooruitgang maar deze is minder sterk en bedrijven zullen minder sterk groeien. De wereldmarkt is voor de Nederlandse landbouw nog steeds van belang, maar lokale markten worden relatief belangrijker. Sterk export georiënteerde sectoren zoals bijvoorbeeld de sierteelt zal in het Stoom toekomstbeeld relatief belangrijker zijn dan in het Rust toekomstbeeld.

5. Risico's en kansen 2050

Voor de inschatting van de risico's en kansen binnen de land- en tuinbouw in 2050 is gebruik gemaakt van dezelfde categorieën als in hoofdstuk 3. Allereerst worden de vier sectoren akkerbouw, tuinbouw, melkveehouderij, intensieve veehouderij besproken, en vervolgens wordt in meer detail ingegaan op dierziekten en waterbeheer. Van de akkerbouw en tuinbouwgewassen is aangegeven hoe de frequenties van extremen zich naar 2050 in het W+ (Stoom) en G+ (Rust) scenario zullen wijzigen. Tevens is per gewas aangegeven hoe gevoelig ze zijn voor ziekten en plagen. Naast een categorie over de melkveehouderij is ook een categorie dierziekten opgenomen vanwege de grote onzekerheid en de relatief grote economische impact in geval van een uitbraak. Het waterbeheer is vervolgens ook apart besproken omdat dit gevolgen heeft voor vrijwel alle deelsectoren.

5.1 Akkerbouw

In de meeste studies die de effecten van klimaatverandering op de landbouw beoordelen, worden gewasmodellen gebruikt, en statistische modellen die gewasopbrengsten tussen regio's en jaren vergelijken (Porter *et al.*, 2014). Op mondiaal, Europees en nationaal niveau is er al veel kennis over hoe gewassen reageren op temperatuurstijging, verandering in straling, en verhoging van de CO₂ concentratie in de atmosfeer. In de gematigde landen profiteren de meeste gewassen van deze verandering en is er een opbrengststijging te verwachten (Porter *et al.*, 2014; Kovats *et al.*, 2014).

Voor akkerbouwgewassen in Nederland wordt in 2050 een stijging van 4-42% in potentiële opbrengsten verwacht (Tabel 16). Hier ligt dus een kans, aangezien in veel gebieden die nu al warmer zijn, de opbrengsten waarschijnlijk dalen (Porter *et al.*, 2014). Elk gewas profiteert van klimaatverandering als alleen wordt gekeken naar temperatuur en CO₂ als sturende variabelen (Figuur 3), maar er zijn verschillen tussen de scenario's en de gewassen.

Tabel 16. Verandering in potentiële opbrengst (%) voor gewassen in Flevoland voor de referentie periode rond 2000 en voor scenario's in 2050 (Wolf *et al.*, 2012).

Scenario	2000		2050			
	Actueel (ton/ha)	Potentiëel (ton/ha)	G	G+	W	W+
Gewas						
Wintertarwe	9.2	12.3	11%	6%	16%	6%
Consumptie aardappel	54.1	71.0	8%	4%	20%	11%
Suikerbiet	73.4	84.6	19%	19%	33%	33%
Uien	62.8	68.1	20%	14%	42%	31%

Zoals eerder in Figuur 3 getoond, zijn veranderingen in opbrengsten echter niet alleen afhankelijk van veranderingen in CO₂, temperatuur en straling. Verandering in regenval zal opbrengsten ook beïnvloeden. Door water gelimiteerde opbrengsten zijn mede afhankelijk van bodemcondities. Voor de meeste gewassen en klimaatscenario's, zal de droogtestress iets toenemen, maar netto zullen opbrengsten blijven stijgen. In Flevoland was de geschatte opbrengstdaling het grootst voor aardappel in een W+ scenario, met -11%. Voor gras hebben Kroes & Supit (2011) verschillende stressfactoren naast elkaar vergeleken. Gemiddeld is de droogtestress een factor 10 hoger dan de zuurstofstress (te veel water), en een factor 100 hoger dan zoutstress.

Terwijl gewasmodellen nuttig zijn om aan te geven wat gemiddeld zal veranderen, geven deze modellen weinig transparante informatie over klimaatrisico's. De Agroklimatekalender (ACC) is een methode om de belangrijkste klimaatrisico's te identificeren (zie de volgende paragrafen, Schaap *et al.*, 2013). Tabel 17 en 18 laten de

frequentieveranderingen zien van de klimaatextremen voor aardappel en uien tussen het referentieklimaat 1990 en het klimaat in 2050. Uit deze tabellen is te zien dat de grootste risico's voor de toekomst voor aardappel de toename in hittegolven (doorwas), warme winter (rot tijdens de opslag) en warm en natte omstandigheden (Erwinia) zijn. Voor uien zijn dit warme en natte omstandigheden (schimmels).

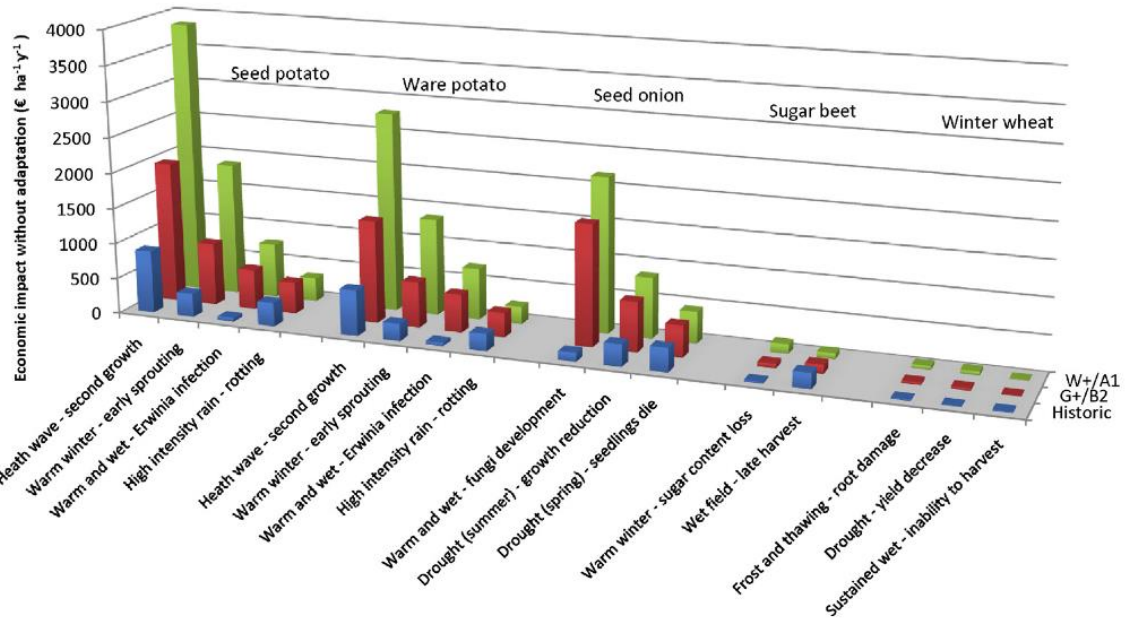
Als de frequentieveranderingen gecombineerd worden met de gemiddelde geschatte schade (Figuur 5), zien we dat drie klimaatrisico's er uitspringen met een geschatte economische schade van meer dan 1000 euro/ha/jaar: hittegolven en warme winters voor aardappelen, en warm en nat weer voor uien. Voor suikerbiet en tarwe zijn de risico's gering. Aanpassing aan klimaatverandering gericht op deze 2 klimaatrisico's voor aardappel en 1 klimaatrisico voor uien, zal dus economisch de beste strategie zijn.

Tabel 17. *Frequentieveranderingen van klimaatfactoren voor aardappelen tussen het referentieklimaat 1990 en het klimaat in 2050.*

Klimaatfactor*	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D				
Natte omstandigheden	+1	+4	0	+1	0	0	0	0		0	-1	+1	0	+2	+3	
Hevige regenval						0	0	0	0	0	-1	+1	+1			
Hittegolf								+2	+12	+7	+12	+1	+3			
Warm en nat								+4	+6	+5	+6	+1	+2			
Extreme hitte						0	0	0	0	0	0					
Aanhoudend nat weer					-2	-2	-2	-4	-2	-5	-4	-3				
Natte omstandigheden									-3	-3	0	-1	0	-1		
Aanhoudend warme winter	0	+2	+1	+3	+3	+8									+1	+1

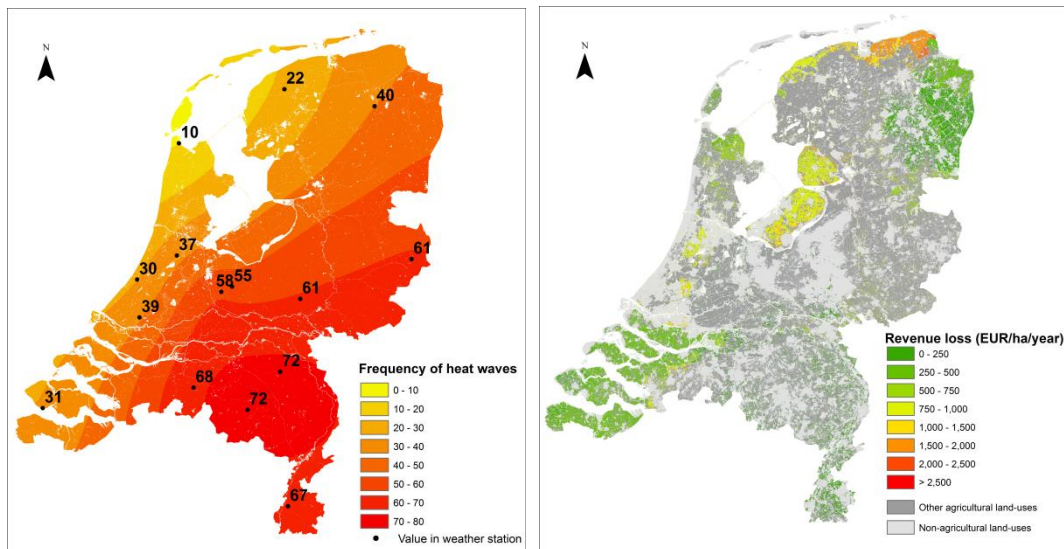
Tabel 18. *Frequentieveranderingen van klimaatfactoren voor uien tussen het referentieklimaat 1990 en het klimaat in 2050.*

Klimaatfactor*	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Langdurig droog (lente)		0	0	0	0	+1	+1					
Langdurig droog (zomer)						+1	+2	+4	+5			
Bodem staat blank; enkele weken									0	-1	0	0
Zware buien							0	0	+1	+1		
Warm en vochtig						+4	+5	+4	+6	+5	+6	



Figuur 6. Economische impact (Euro/ha/jaar) door extreem weer en ziekten en plagen op akkerbouwgewassen in het referentieklimaat en voor het W+ en G+ scenario voor 2050 (uit Schaap et al., 2013).

Klimaatextremen hebben niet overal een zelfde impact vanwege de ruimtelijke heterogeniteit van het klimaat, veroorzaakt door verschillen tussen land en zee. Figuur 7 geeft aan waar hittegolven, welke doorwas in aardappelen veroorzaken, het meeste voorkomen in 2050 voor het W+ scenario, en wat de economische schade is.



Figuur 7. Ruimtelijk expliciete weergave van het optreden van doorwas door een hittegolf voor het W+ scenario in 2050, en de economische schade die dit veroorzaakt (Diogo et al., 2014).

Opvallend is dat het optreden van hittegolven een grote ruimtelijke spreiding laat zien en dat de regio's met de minste hittegolven overeenkomen met de aardappelpootgoed- en bloembollenteeltgebieden. Regio's met een hoge toename aan hittegolven zullen dus weinig verliezen hebben, omdat er weinig aardappelen worden verbouwd, terwijl

in de regio's waar aardappelen verbouwd worden de schade relatief beperkt is door de beperkte toename in hittegolven. In Noord-Groningen zal de schade in euros/ha/jaar het grootst zijn.

Naast specifieke klimaatrisico's, is de bodemkwaliteit in intensieve akkerbouwgebieden een zorgpunt. Een verbetering van de structuur en een verbeterd bodemleven kan bij extreme omstandigheden zoals te veel of te weinig water zorgen voor een betere uitgangssituatie, omdat de bodem beter doorwortelbaar is en meer water doorlatend is. Verzilting speelt een kleine rol voor de akkerbouw omdat de meeste teelten om kunnen gaan met relatief hoge zoutgehalten, zie ook paragraaf 5.5.

De gevoeligheid van teelten voor de uitbraak van nieuwe ziekten en plagen is een onzekere factor. Van de bekende ziekten en plagen die nu ook voorkomen is met name Erwinia, een bacterie die rot veroorzaakt in aardappelen (en bloembollen), belangrijk (Figuur 5). Echter, er zijn ook aanwijzingen dat hogere temperaturen zorgen voor een hogere luizendruk en daardoor meer virusoverdracht. Daarnaast kunnen de resistentie tegen aardappelmoeheid door een hogere bodemtemperatuur mogelijk doorbroken worden (Pers. communicatie Thomas Been).

5.2 Tuinbouw

Net als in H3 is er voor de tuinbouw onderscheid gemaakt tussen onbedekte (open) teelten en bedekte (door glas of plastic) teelten. Er is gekozen om de lelieteelt uit lichten als gewas voor de onbedekte teelten en tomaten onder glas voor de bedekte teelten.

5.2.1 Onbedekte teelten

De lelieteelt is een open teelt, en wordt ten opzichte van tuinbouw in kassen meer blootgesteld aan klimaatfactoren (Tabel 9 en 10). De lelieteelt is vooral kwetsbaar voor hevige regenval die gepaard kan gaan met hagel; deze klimaatfactoren gaan in de toekomst licht toenemen, zie Tabel 19. Ook zomers maar nat weer toe, wat invloed heeft op het voorkomen van Botrytis en Fusarium. De potentiële opbrengsten zullen wel stijgen, in de range van 11-27% (Wolf *et al.*, 2012, ongepubliceerde resultaten). De toename van aanhoudend warmere winters zal zorgen voor meer kosten voor de koeling van de oogst.

Tabel 19. Frequentieveranderingen van klimaatfactoren voor lelie tussen het referentieklimaat 1990 en het klimaat in 2050.

Klimaatfactor*	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hevige regenval							+1	+1	0	+1	0	+1
Zomers, maar nat				0	0	0	0	+4	+5			
Bodem staat blank; enkele weken										0	0	0
Aanhoudend warme winter	0	+2	+1	+3	+3	+8						+1
Hagel (zware buien)							+1	+1	+1	+1	0	+1

Naast bovenstaande extremen is de bloembollenteelt gevoelig voor virusoverdracht door luizen. De verwachte toename in de luizendruk als gevolg van temperatuuropenname kan zorgen voor extra virusoverdracht waardoor er meer kosten gemaakt moeten worden voor de bestrijding. Daarnaast is ook *Erwinia* een probleem in de lelieteelt waardoor dit probleem voor de aardappelteelt ook voor de lelieteelt geldt.

5.2.2 Bedekte teelten

De opbrengstderiving voor tomaat door klimaatfactoren is relatief laag (Tabel 11 en 12). Een aantal klimaatfactoren nemen echter wel toe, en kunnen gezien worden als risico's: hittegolf, warm en vochtig weer in de zomer, en extreem zachte winter (Tabel 19). Strenge vorst neemt wel drastisch af waardoor er bespaard kan worden op de stookkosten.

Tabel 20. *Frequentieveranderingen van klimaatfactoren voor tomaat tussen het referentieklimaat 1990 en het klimaat in 2050.*

Klimaatfactor*	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hagelbuien						+1	+1	+1	+1	0	+1	
Hittegolf							+2	+12	+7	+12		
Warm en vochtig								+5	+6	+1	+2	
Vochtig en Nat weer								-5	-9	-2	-4	-2
Strenge vorst	-22	-35	-17	-27								
Extreem zachte winter	+2	+8	+2	+8								

Verzilting van bronnen voor beregeningswater is voor de bedekte teelten een groot nadeel omdat in sommige gebieden het water schaars kan zijn in droge perioden. De verzilting van sloten en het grondwater door toenemende kwel als gevolg van klimaatverandering zorgt ervoor dat geschikt water schaars wordt.

5.3 Veehouderij

5.3.1 Melkveehouderij

Zoals in H3 is benoemd, wordt de veehouderij op vier manieren door klimaatverandering beïnvloed: 1) productie van gras en ander veevoer, 2) prijzen van veevoer, welke beïnvloed worden door de productie elders, 3) dierenwelzijn, groei en reproductie, en 4) plagen en ziekten (Rötter & Van de Geijn, 1999).

Voor grasgroei, is de verlenging van het groeiseizoen door de temperatuurstijging een positief gevolg. Minder regenval in het W+ scenario zorgt echter ook voor waterstress. Schattingen op basis van het gewasmodel LINGRA zijn dat in W+ de grasopbrengst met 2% daalt, en in G met 23% stijgt (Paas, 2013); dit is echter locatie afhankelijk.

Een klimaatrisico is met name de toename in perioden van meerdere dagen met hitte (>30 C) (Tabel 21). Aanhoudend hete dagen nemen fors toe in met name de zomermaanden. Dit kan voor afsterving van het gras zorgen waardoor er opbrengstverlies optreedt. De afname van zeer strenge vorst is positief voor de productie.

Tabel 21. Frequentieveranderingen van klimaatfactoren voor gras tussen het referentieklimaat 1990 en het klimaat in 2050.

Klimaatfactor	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tropisch en nat				0	0	0	0	1	1	1	0	0
Langdurig droog			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zeer strenge vorst	-1	-2	0	0							0	0
Aanhoudend hete dagen				0	0	1	4	2	5	1	13	7

Mais, het tweede gewas binnen de melkveehouderij, profiteert van de temperatuurstijging, maar is gevoelig voor droogte. Omdat het een C4 gewas is, profiteert het daarnaast minder van CO₂ stijging dan C3 gewassen. Wolf *et al.* (2012) schatten de opbrengstverandering op +1% in W+ en +9% in G. Daarnaast is er in de maisteelt kans dat er extra teeltkosten nodig zijn voor de bestrijding van de maiswortelstengelboorder, waarvan verwacht wordt dat deze zich vanuit Zuid en Oost-Europa gaat uitbreiden naar Noordwest Europa onder invloed van opwarming.

Naast de gevolgen voor gewassen heeft het vee te maken een flinke temperatuurstijging, waardoor de productie van melk terug kan lopen (zie ook Hoofdstuk 3). Er zijn wel schattingen gemaakt van de verandering in productie (bijv. Walthall *et al.*, 2012), maar niet voor Nederland. Als aanpassing kunnen stallen gebouwd worden, die het klimaat beter reguleren en waar sprinklers voor extra koeling zorgen.

De melkveehouderij in Veengebieden met bodemdaling staan door klimaatverandering extra onder druk en hebben tegelijkertijd ook een grotere mitigatie-opgave doordat het veen oxideert. Deze gebieden vragen om een integrale aanpak van de problematiek waarbij adaptatie en mitigatie elkaar kunnen aanvullen.

5.3.2 Intensieve veehouderij

Zoals in H3 is aangegeven, is er weinig kwantitatief onderzoek naar de effecten van klimaatverandering op de kippen- en varkenshouderij. Het belangrijkste klimaatrisico zijn de dierziekten, welke in de volgende paragraaf verder worden besproken.

5.4 Dierziekten

Tabel 22 laat een overzicht zien van in Nederland potentieel voorkomende dierziekten die door vectoren worden overgebracht. Over het algemeen is er niet veel bekend over de toename in plagen en ziekten door klimaatverandering (Porter *et al.*, 2014). De toename in plagen en ziekten is moeilijk te schatten en kwantitatief te maken; het is vooral een kansberekening. Er wordt door het Centrum Monitoring Vectoren wel gewerkt aan verspreidingsmodellen van vectoren van humane en dierlijke ziekten. Deze verspreidingsmodellen kunnen een indicatie geven of de druk van vectoren hoger wordt en daarmee de kans op een uitbraak groter wordt.

De ondergrens temperatuur voor ontwikkeling van de meeste insecten is 10 graden en de bovengrens is 30 graden C (Magarey *et al.*, 2007). Dit houdt in dat in (de randen van) de winter de mogelijkheid tot reproductie van insecten kan toenemen waardoor er een hogere ziektedruk ontstaat. Dit geldt voor zowel dier- als plantenziekten. De hogere temperatuur zorgt voor een verbeterde vestigingskans voor nieuwe vectoren en voor een betere overleving van vectoren.

Het 'Rift Valley fever' lijkt te profiteren van klimaatverandering, maar de kans op vestiging lijkt heel klein (Chevalier *et al.*, 2010). Het Rift Valley fever virus veroorzaakt milde gezondheidsproblemen bij mensen. Het West-Nijl virus lijkt ook van klimaatverandering te profiteren door betere overlevingskansen van muggen en het virus bij hogere temperaturen. Vogels, paarden en mensen kunnen last krijgen van griepverschijnselen.

Tabel 22. *Potentieel voorkomende door vectoren overgebrachte dierziekten (Bron: Willem Takken, 2010).*

Ziekte	Vector soort	Distributie	Voorkomen in Europa	Controle mogelijk?
Leishmaniasis	Zandmug (<i>Phlebotomus</i> spp.)	Mediterrane landen	algemeen	behandeling van geïnfecteerde gastheer
Door teken veroorzaakte hersenontsteking	<i>Ixodes ricinus</i>	Centraal en Noord Europa	algemeen	vaccinatie
Rickettsiose	<i>Ixodes ricinus</i>	Western Europe	opkomend	?
Ziekte van Lyme	<i>Ixodes ricinus</i>	Europa, N. Afrika	algemeen, opkomend	voorkomen van tekenbeten, antibiotica
West-Nijl virus	<i>Culex pipiens et al.</i>	Zuid/Oost Europa	zeldzaam (1996, 1999, 2003, 2004)	geen (vaccine in ontwikkeling)
Ockelbo ziekte	Culicidae spp.	Scandinavië, Frankrijk	algemeen	?
Blauwtong	<i>Culicoides obsoletus</i> spp.	Mediterrane landen	opkomend	vaccinatie
Afrikaanse varkenspest	<i>Culicoides</i> spp.	? (Spanje)	?	?
Afrikaanse paardenpest	<i>Culicoides</i> spp.	Noord Afrika	?	?
Babesiosis	<i>Dermacentor reticulatus</i>	Zuid Europa, Afrika	algemeen	antibiotica voor besmette dieren

5.5 Waterbeheer

Waterhuishouding en effect op landbouw

Uit paragraaf 5.1 t/m 5.4 zijn te droge en natte omstandigheden niet naar voren gekomen als de grootste klimaatrisico's, maar deze zorgen wel voor opbrengstverliezen, en worden gezien als een aandachtspunt. Te droge en natte omstandigheden zijn sterk locatie afhankelijk, en ook als de schade gemiddeld gezien meevalt, kan de schade lokaal groot zijn. Zelfs binnen een bedrijf kunnen opbrengsten tussen en binnen velden met 100% verschillen door natte en droge omstandigheden (zie bijv. www.vandenborneaardappelen.com). De schade hangt tevens af van het moment waarop de droogte / hevige regenval plaatsvindt: als dit een kritiek moment is voor een gewas, kan de schade groot zijn. De landbouw is daarom gebaat bij een goed waterbeheer, wat afgestemd kan worden op lokale omstandigheden. Het groter worden van percelen kan bijvoorbeeld een risico zijn: het wordt moeilijker om het gehele perceel goed te draineren na hevige regenval.

In het kader van het Deltaprogramma Zoetwater zijn effecten van scenario's en maatregelen doorgerekend voor de landbouw, ter ondersteuning van een lange-termijn strategie voor de zoetwatervoorziening van Nederland (Ter Maat *et al.*, 2014). Ter Maat *et al.* (2014) trekken de volgende algemene conclusies:

De veranderingen in het watersysteem onder de scenario's Druk (Global Economy/G) en Rust (Regional Communities/G) zijn beperkt ten opzichte van de huidige situatie. Onder deze scenario's hoeven daarom nauwelijks maatregelen ingezet te worden als het doel is om de huidige situatie te handhaven.

Resultaten voor de scenario's Stoom (Global Economy/W+) en Warm (Regional Communities/W+) laten zien dat de watervraag mede uit de landbouw aanzienlijk toe gaat nemen en de wateraanvoer via Rijn, Maas en regen aanzienlijk af zal nemen. In hun huidige vorm is in deze scenario's het effect van de klimaatverandering overheersend ten opzichte van het effect van de sociaaleconomische ontwikkelingen.

Volgens berekeningen met het AGRICOM model, neemt de landbouwschade door droogte in het Druk scenario af (van -10 miljoen euro in de Zuidwestelijke Delta tot -150 miljoen euro op de Hoge zandgronden, in een extreem droog jaar; zie 3.6 voor huidige schade). In de W+ scenario's neemt deze toe (van +35 miljoen euro in de Zuidwestelijk delta tot +140 miljoen euro op de Hoge zandgronden, in een extreem droog jaar).

Maatregelen in het hoofdwatersysteem kunnen tekorten in de aanvoer van oppervlaktewater naar de regio's beperken of verhelpen, maar niet volledig te niet doen. Daarnaast hebben ze weinig effect op de grondwaterstanden. Effectieve maatregelen in het hoofdwatersysteem zijn:

- Vergroten van de beschikbare bufferschijf in het IJsselmeer en Markermeer;
- Extra wateraanvoer naar het IJsselmeer via de IJssel;
- Beperken van de verzilting van inlaatpunten in West-Nederland door de aanleg van de grote variant van de bellenpluim in de Nieuwe Waterweg;
- Extra wateraanvoer naar West-Nederland bij verzilting van de inlaat Gouda door vergroting van de capaciteit van de KWA (Kleinschalige Wateraanvoer). (De KWA is in meer situaties effectief in het terugdringen van het regionaal watertekort in West-Nederland dan een bellenpluim in de Nieuwe Waterweg);
- Robuuster maken van de wateraanvoer via het Brielse Meer naar de Rijnmond, Voorne-Putten en Delfland door optimalisatie van het waterbeheer;
- Extra wateraanvoer naar het riviereengebied dat afhankelijk is van de Maas door water uit de Waal af te leiden (bijvoorbeeld via het Maas-Waalkanaal).

Omdat maatregelen weinig effect hebben op de grondwaterstanden, hebben deze weinig effect op de landbouw.

De schattingen zijn gedaan op basis van KNMI'06 scenario's. Aangezien de KNMI'14 scenario's voor W+ een minder sterke afname van de zomerneerslag laat zien dan KNMI'14, en een toename in de overige seizoenen, is het aannemelijk dat de verwachte effecten op basis van nieuwe klimaatscenario's kleiner zijn.

Verzilting

De toenemende verzilting van het oppervlaktewater is relatief onzeker en mede afhankelijk van het waterbeheer. In gebieden waar verzilting plaatsvindt, wordt er momenteel gebruik gemaakt van de beschikbare voorraad zoet water dat op het zout water drijft in een zoetwaterlens. Als de jaarlijkse aanvulling van het zoete water minder is dan de benodigde zoetwatervraag van gewassen dan kan er op termijn droogteschade optreden. De kans op uitputting van de zoetwaterlens is het grootste in de Gh en Wh scenario's. Verzilting kan wel een probleem zijn voor de bedekte teelten zoals genoemd in paragraaf 5.2.

5.6 Worst case scenario's

Potentieel desastreuze effecten van uitbraken van ziekten is goed te illustreren met historische uitbraken van ziekten zoals tijdens 'The Great Famine' in Ierland. De aardappelziekte *Phytophthora infestans*, een soort schimmelziekte, veroorzaakte in de 19^e eeuw een enorme hongersnood waarbij ongeveer 1 miljoen Ieren van de honger stierven. Nog eens een miljoen Ieren emigreerden naar Amerika en Ierland verloor daardoor ongeveer 25% van haar bevolking. *Phytophthora* werd in 1844 vanuit Amerika geïntroduceerd en zij sloeg direct toe op het in die tijd belangrijkste voedselgewas. De toenmalige kennis over de ziekte en de gevolgen waren in die tijd niet goed bekend en dat is één van de redenen dat de aardappelziekte na aankomst direct zo veel schade aanrichtte. Nu zijn we met de huidige wetenschap en technologie beter voorbereid om toekomstige ziekte uitbraken te beperken. Echter, klimaatverandering zorgt wel voor extra onzekerheden. Door opwarming van het klimaat zijn nieuwe ziekten mogelijk mobieler en de kans op vestiging van ziekten kan mogelijk ook hoger worden, bijvoorbeeld door het ontbreken van koude winters.

Bij het optreden van calamiteiten en geopolitieke schokken is de landbouw mogelijk kwetsbaar. Het wegvallen van de import van soja, langdurige droogte, zware vulkaanuitbarsting en grootschalige epidemie van dierziekten worden genoemd als risico's (Van der Weijden *et al.*, 2011). De inschatting is dat in geen van de gevallen de voedselzekerheid van Europa in gevaar komt. Mocht er minder import van soja plaatsvinden dan heeft dat wellicht tijdelijk een groot effect op de prijzen. De verwachting is dat de import wordt opgevangen door lokaal geproduceerde eiwitten waarna de voedselprijzen zich stabiliseren. Deze schokken kunnen wel grote gevolgen hebben voor individuele bedrijven maar dus niet voor de functie die de sector als geheel heeft in de maatschappij.

5.7 Cascade effecten

Veranderingen in de landbouw als gevolg van klimaatverandering heeft ook gevolgen voor andere sectoren. Veranderingen van het waterbeheer in de landbouw door drainage of waterberging kunnen gevolgen hebben voor omliggende natuurwaarden. Het beleid zal een afweging moeten maken tussen de kosten die in zowel de natuur als de landbouw gemaakt worden.

Vanuit het waterbeheer zijn ook cascade effecten te verwachten. Bijvoorbeeld de aanleg van meer intensieve drainage van percelen als reactie op meer hevige regenbuien, zouden kunnen zorgen voor juist meer droogte in nabijgelegen natuurgebieden. In veengebieden kan drainage ook als peil gestuurde drainage ingezet worden waardoor er juist minder bodemdaling plaatsvindt.

Voor de meeste impacts van graduele temperatuurstijging en extreme weersomstandigheden zijn er in Nederland niet veel cascade effecten te verwachten. Mogelijk zijn er wel cascade effecten die veroorzaakt worden door bijvoorbeeld extreme droogte elders in Europa of de wereld. Door schaarste op de wereldmarkten door oogstverliezen door droogte kunnen de voerprijzen voor de (melk)veehouderij stijgen.

Voor ziekten en plagen is het onzeker welke cascade-effecten zullen optreden, maar ervaringen met eerdere uitbraken van bijvoorbeeld blauwtong en Q-koorts geven wel een indicatie van de effecten. De ruiming van besmette geitenhouderijen hebben gezorgd voor grote schadeposten. Er is door LTO berekend (Bouwmans *et al.*, 2010) dat een geruimd bedrijf met een gemiddelde grootte van 750 geiten 160.000 euro schade lijdt. Een andere dierziekte die al veel schade heeft veroorzaakt is Blauwtong. De meeste schade voor schapen- geiten- en melkveehouders is veroorzaakt door sterfte van dieren, abortus, verminderde vruchtbaarheid en een lagere melk- en vleesproductie. Daarbij kwamen behandelingskosten, lagere opbrengstprijzen van dieren (door transportbeperkingen) en extra arbeidskosten vanwege de intensieve verzorging van zieke dieren. Inclusief een exportverbod is de schade in 2006 en 2007 geraamd op respectievelijk 56 en 81 miljoen euro.

6. Adaptatiemaatregelen en Handelingsperspectief

6.1 Inleiding

Ook onder de toenemende gevolgen van klimaatverandering zijn er voor de Nederlandse land- en tuinbouw kansen om de relatief gunstige concurrentiepositie te behouden en te versterken (Hermans *et al.*, 2008). Het relatief goede kennisniveau en de toegang tot wereldmarkt in combinatie met een gematigd klimaat geven Nederland een goede uitgangspositie om internationaal te concurreren. Dit geldt met name voor producten met een hoge waarde, zoals pootgoed.

Tegen de meeste extreme weersomstandigheden en een aantal ziekten en plagen kan de sector zelf adaptatiemaatregelen nemen. De adaptatiemaatregelen vormen een extra kostenpost, maar met verbeterde kennis over klimaatverandering en de effecten op de landbouw is het wel mogelijk voor ondernemers om een inschatting te maken van de effectiviteit en duurzaamheid van investeringen in adaptatiemaatregelen. Naarmate de urgentie hoger wordt om te investeren omdat er schade optreedt, zal de markt uiteindelijk beslissen of er voldoende marge overblijft om de adaptatiemaatregelen te implementeren.

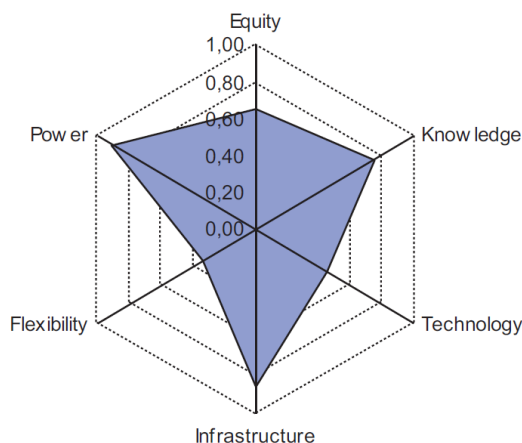
Wat als goede aanpassing gezien wordt, hangt echter wel af van het schaalniveau waarop gekeken wordt. Terwijl de landbouw en de verschillende sectoren in zijn geheel zich waarschijnlijk goed aan kunnen passen, blijven individuele bedrijven kwetsbaar. Het aantal boerenbedrijven in Nederland blijft in een snel tempo dalen waarbij de gemiddelde omvang van de bedrijven toe neemt (o.a. Mandryk *et al.*, 2012). Het verdwijnen van bedrijven en de resulterende schaalvergroting is voornamelijk een reactie op de veranderingen in technologie en markten, klimaatverandering speelt hier vooralsnog geen rol. Middelgrote bedrijven lijken echter grotendeels te verdwijnen, en uitdagingen door klimaatverandering kunnen hierbij de laatste druppel zijn.

Ondertussen zal het veranderen van het type bedrijven ook effecten en adaptatie aan klimaatverandering beïnvloeden. De kwetsbaarheid is groter naar mate bedrijven meer gespecialiseerd zijn en de teelt kapitaalintensiever is. In gevallen met een grote kwetsbaarheid en een kapitaalintensieve teelt, zoals bij de lelieteelt, kan een verzekering uitkomst bieden, tegen bijvoorbeeld hagelschade. Grotere bedrijven met grotere percelen zullen daarnaast meer moeite hebben om hun percelen goed te draineren na hevige regenval. Veranderingen richting een meer 'bio-based economy' (andere gewassen, andere doeleinden), aquacultuur (productie van algen), en het produceren van kweekvlees i.p.v. veehouderij (als kwesties op het gebied van efficiëntie, ethiek, dierenwelzijn en milieu de overhand krijgen) zullen ook de effecten van klimaatverandering en het handelingsperspectief beïnvloeden. Er zijn dus zowel risico's als kansen waarvoor aanpassing nodig is, zowel door de boer zelf, als door actoren op regionaal en sectoraal niveau.

Voor dit rapport onderscheiden we een aantal actoren die ieder een eigen handelingsperspectief hebben. In paragraaf 6.2 geven we eerst een algemeen beeld van de adaptatiecapaciteit van Nederland en de Nederlandse landbouw. In 6.3 beschrijven we per sector concrete adaptatiemaatregelen, vooral binnen de huidige context, en met een focus op wat de individuele ondernemer zelf kan doen op het bedrijf. In paragraaf 6.4 wordt vervolgens besproken hoe actoren op hoger niveau, zoals de sector, beleid, en onderzoek, adaptatie in de landbouw kan stimuleren. In paragraaf 6.5 wordt nog eens ingegaan hoe klimaatverandering relateert aan andere veranderingen en hoe deze samen opgepikt kunnen worden. Paragraaf 6.6 sluit af met het bespreken van raakvlakken met andere thema's.

6.2 Adaptatiecapaciteit

In het algemeen is de adaptatiecapaciteit van Nederland groot (Acosta *et al.*, 2013). Acosta *et al.* (2013) hebben een index voor adaptatiecapaciteit ontwikkeld, en vooral scores op infrastructuur, kennis en invloed zijn hoog. Gelijkheid en technologie scoren relatief ook hoog, terwijl flexibiliteit gemiddeld is ten opzichte van andere EU landen (Figuur 8; Acosta *et al.*, 2013). Dit leidt vooral tot een hoge mogelijkheid tot 'Action', maar ook *Awareness* en *Ability* scoren hoog. Gezamenlijk resulteert dit in een hoge index van adaptatiecapaciteit, vergelijkbaar met andere landen in noordwest Europa.



Figuur 8. De score van Nederland op determinanten die de adaptatiecapaciteit van een land bepalen. De range loopt van 0 tot 1 (Bron: Acosta et al., 2013).

Mandryk *et al.* (2015) hebben meer specifiek onderzocht in hoeverre institutionele factoren de implementatie van regionale adaptatiemaatregelen in de landbouw stimuleren of belemmeren. Zeven cruciale institutionele aspecten zijn geïdentificeerd: 1) administratieve niveaus die betrokken zijn bij de implementatie van de maatregel, 2) conflicterende beleidsinstrumenten en regels, 3) beschikbaarheid van middelen, 4) politieke stabiliteit, 5) heterogeniteit van de belangen van actoren, 6) ervaring met het ontwikkelen en introduceren van de maatregel, 7) beschikbaarheid van informatie. Voor drie regionale adaptatiemaatregelen is onderzocht in hoeverre deze belemmerd werden door institutionele factoren. Het waterbeheer en de herlocatie van bedrijven wordt vooral belemmerd door de heterogeniteit van de belangen van actoren, terwijl de introductie van nieuwe rassen vooral belemmerd wordt door de beschikbaarheid van middelen. In totaliteit zijn de institutionele belemmeringen voor waterbeheer relatief laag, terwijl deze voor herlocatie van bedrijven relatief hoog is.

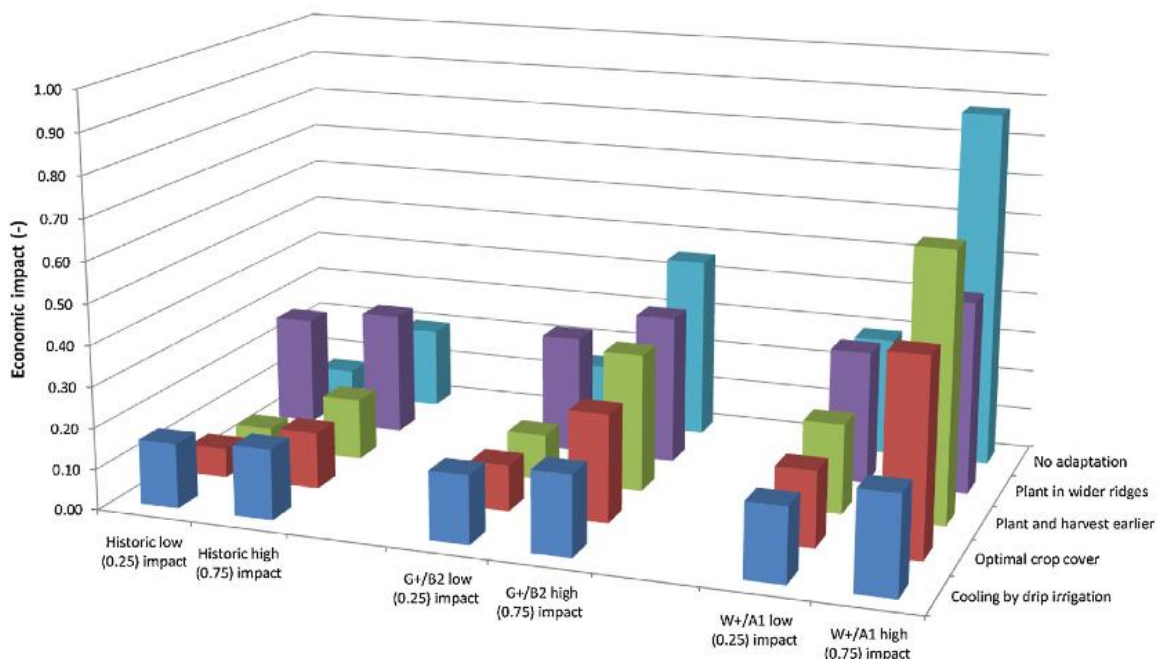
Het rekening houden met de belangen van verschillende actoren binnen het waterbeheer, en het maken van keuzes tussen belangen voor landbouw en/of natuur wordt ook besproken in Bleumink (2014). Ook al zijn aanpassingen aan droogtes en extreme regenval binnen de landbouw mogelijk, als ze conflicteren met andere belangen, kan dit toch de implementatie belemmeren. Hoe te handelen wordt verder besproken in de volgende secties.

In hoeverre adaptatie in een sector mogelijk is, hangt verder af van de specifieke klimaatrisico's, de adaptatiemaatregelen die beschikbaar zijn, en de kosteneffectiviteit hiervan. In de volgende secties gaan we hier per sector verder op in.

6.3 Adaptatiemaatregelen

6.3.1 Akkerbouw

Voor de bepaling van het adaptief vermogen van de akkerbouw is onderzocht welke adaptatiemaatregelen beschikbaar zijn om de risico's van extreme weersomstandigheden en ziekten en plagen het hoofd te bieden. In Schaap *et al.* (2009) zijn voor 15 gewassen de klimaatrisico's geïdentificeerd, en voor de belangrijkste klimaatrisico's is per gewas een portfolio van adaptatiemaatregelen opgesteld (De Wit *et al.*, 2009). Voor de belangrijkste risico's zijn de kosten en baten van adaptatiemaatregelen uitgewerkt (Schaap *et al.*, 2013). Als het belangrijkste doel is om de economische schade te beperken, dan is de beste adaptatiestrategie om te focussen op het aanpassen aan de belangrijkste klimaatrisico's: hittegolven die leiden tot doorwas in aardappel, warme winters die leiden tot bewaarverliezen bij aardappelen, en warm en vochtige omstandigheden die leiden tot schimmelvorming in uien (Figuur 6). Figuur 9 toont de effecten van adaptatiemaatregelen voor het grootste risico binnen de akkerbouw, hittegolven die tot doorwas leiden in de aardappelteelt (Figuur 9).



Figuur 9. De relatieve economische impact van adaptatiemaatregelen ten opzicht van geen adaptatie voor de referentie periode en het G+ en W+ scenario. Om de onzekerheid aan te geven is een lage en hoge impact van de schade meegenomen (Bron: Schaap et al., 2013).

Terwijl op dit moment geen adaptatie economisch bijna net zo rendabel is als de meest effectieve adaptatiemaatregelen, wordt de schade vooral in een W+ bij geen adaptatie te groot. Druppelirrigatie is nu nog niet kosteneffectief, maar wordt vooral in een W+ scenario en bij boeren met een relatief hoge schade (75% opbrengstschade) de meest kosteneffectieve adaptatiemaatregel. Het ontwikkelen van hittebestendige rassen staat in Figuur 9 niet genoemd, omdat het een maatregel is op sectorniveau en niet op bedrijfsniveau, maar ook dit is een belangrijke maatregel.

De belangrijkste adaptatiemaatregelen om te gaan met warme winters voor aardappelen zijn het bespuiten met een kiemreguleringsmiddel en mechanische koeling (Schaap *et al.*, 2013). Ook hierbij geldt dat de maatregelen op dit moment nog weinig kosteneffectief zijn, maar dat in de toekomst vooral mechanische koeling de opbrengstderiving sterk kan verminderen. Het ontwikkelen van een ras met betere bewaareigenschappen is ook een goede maatregel op sectorniveau, hiervoor is echter wel tijd en kapitaal nodig.

Het derde klimaatrisico met een hoge opbrengstderving was warm en vochtige omstandigheden die schimmels (fusarium en botrytis) veroorzaken in uien. Chemische bestrijding en bestrijden met UV licht zijn de belangrijkste adaptatiemaatregelen. Deze zijn nu nog niet kosteneffectief, maar in de toekomstscenario's G+ en W+ worden zij dit wel. Een resistent gewas ontwikkelen behoort wellicht ook tot de mogelijkheden maar kost veel tijd en kapitaal.

Voor andere gewassen zoals suikerbiet en tarwe, zijn ook een portfolio aan adaptatiemaatregelen beschikbaar, maar omdat de opbrengstderving door klimaatrisico's relatief laag is, hoeft hier geen focus te liggen. Voor alle gewassen kan eerder zaaien en het gebruik maken van een ander ras echter positieve effecten hebben (Wolf *et al.*, 2012) mits de veldomstandigheden dit toelaten.

Wat betreft plagen en ziekten zijn overige adaptatiemaatregelen: robuuste teeltsystemen, ruimere rotatie met bijvoorbeeld meer graan, korte versus lange termijn bodemverbetering, functionele biodiversiteit stimuleren met behulp van akkerranden, selectie en veredeling, aanpassing pachtbeleid, en zorgen dat de grondmarkt de prijzen niet verder opdrijft, inzetbaar zodat niet alleen de intensieve teelten mogelijk zijn.

Er kan in de toekomst ook een conflict ontstaan tussen het beheersen van ziekten en plagen en het beleid ten aanzien van het toestaan van bestrijdingsmiddelen. Voor de Phytophthora bestrijding wordt een enorme hoeveelheid bestrijdingsmiddel gebruikt, in omvang meer dan 50% van het totale gebruik in de landbouw. Bij maatschappelijke druk om bestrijdingsmiddelen te weren kan er voor de aardappelteelt een groot probleem ontstaan. Hierbij kan kennisontwikkeling een sleutelrol vervullen.

Gezien de problemen met bodemkwaliteit en de relatie met waterbeheer, zijn maatregelen die de bodemstructuur verbeteren aan te raden als dit (financieel)mogelijk is. De introductie van technologie zoals het rijden op vaste rijpaden met GPS ondersteuning is een maatregel die veel ondernemers nu nemen. Ook andere maatregelen voor het waterbeheer zijn mogelijk: peil-gestuurde drainage en autonoom peilbeheer door ondernemers geven meer sturingsmogelijkheden zowel gericht op situaties die leiden tot natschade als droogteschade.

Naast maatregelen specifieke maatregelen wat betreft gewassen, plagen en ziekten, en bodemkwaliteit, kunnen bedrijven ook maatregelen nemen op bedrijfsniveau. In plaats van de effecten van klimaatrisico's op de schade bij aardappelen te reduceren met druppelirrigatie, kan een boer ook kiezen om het areaal aardappelen te verminderen en meer suikerbieten of andere gewassen gaan verbouwen (Kanellopoulos *et al.*, 2014). Vooral suikerbieten zullen sterk profiteren van klimaatverandering, maar of het gunstig is om meer suikerbieten te verbouwen is de vraag omdat er momenteel een groot verschil zit tussen de prijzen van aardappelen en suikerbieten. Hoe zich dit ontwikkelt hangt mede af van het beleid rondom suikerbietenquota en de resulterende prijzen. Bedrijven kunnen zich ook spiegelen aan andere bedrijven en met minder inputs meer output behalen (Kanellopoulos *et al.*, 2014).

Er zijn ook aanpassingen nodig op sector niveau. De introductie van nieuwe rassen die beter bestemd zijn tegen ziekten of tegen hitte en/of droogte is in de toekomst mogelijk. Voor veel veredelingsbedrijven is de introductie wel sterk afhankelijk van de markt. Als de resistentie-eigenschappen die betrekking hebben op de teelt relatief belangrijker worden ten opzichte van andere eigenschappen zoals kleur, vorm en smaak dan kunnen de veredelingsbedrijven deze rassen mogelijk leveren.

Over het algemeen, kunnen bedrijfssystemen in de akkerbouw voldoende adaptatiemaatregelen inzetten om de negatieve effecten te minimaliseren, soms ook geholpen door gestegen prijzen door schaarste in een moeilijke teeltseizoen voor een grotere regio. Reidsma *et al.* (2010) hebben laten zien dat de werkelijke effecten van klimaatverandering en klimaatvariabiliteit over het algemeen kleiner zijn dan de potentiële effecten, omdat boeren zich continu aanpassen aan nieuwe omstandigheden.

Van groot belang voor de aanpassing van de akkerbouw aan klimaatverandering is de bodemkwaliteit. Door intensivering van de akkerbouw staat een deel van de akkerbouwgronden onder druk doordat er te veel 'rooibare gewassen' zoals aardappel en suikerbiet worden geteeld. Het is wellicht mogelijk om in een toekomstige GLB herziening maatregelen te introduceren die bodembeheer richt op de verbetering van de bodemstructuur en bodemleven stimuleren. Dit zou analoog kunnen aan de vergroeningsinspanning van EU met de Ecological Focus Area (EFA) maatregel.

Op bedrijfsniveau zijn er voldoende kosteneffectieve maatregelen beschikbaar. Voor implementatie van deze maatregelen is vooral kennisuitwisseling tussen akkerbouwers nodig. Maatregelen die nodig zijn op sectorniveau, zoals het ontwikkelen van rassen die resistent zijn tegen hitte, droogte of plagen en ziekten, zullen verder gestimuleerd moeten worden. Op regionaal niveau is vooral het waterbeheer van belang.

6.3.2 Tuinbouw

De lelieteelt heeft een aantal mogelijkheden om zich aan te passen aan gewijzigde omstandigheden. Wateroverlast kan tot op zekere hoogte goed vermeden worden door percelen te kiezen waar de waterafvoer optimaal is. De bestrijding van de schimmels *Botrytis* en *Fusarium* is erg lastig. Het ontwikkelen van resistentie tegen *Botrytis* wordt onderzocht en er worden alternatieven gezocht voor gangbare fungiciden. De bestrijding van *Fusarium* in de bloementeelt is een probleem en het zoeken naar resistente rassen is een mogelijke oplossing. Tegen hagelschade in de lelieteelt kunnen bedrijven zich verzekeren.

De tomatenteelt (onder glas) kan met name profiteren van zacht weer in de winter waardoor gas bespaard kan worden. In de tomatenteelt zijn er voldoende sturingsmogelijkheden om klimaatverandering het hoofd te bieden. Er lijken voldoende maatregelen te zijn voor de tuinbouw om zich aan te passen aan klimaatverandering. Terwijl de adaptatiecapaciteit om zich aan te passen aan klimaatverandering hoog lijkt, is ook vooral de weerbaarheid en aanpassing ten opzichte van markten van belang. De meeste effecten van klimaatverandering zijn oplosbaar of de risico's zijn via verzekeringen af te dekken. Van belang is de invloed van marktverstoringen veroorzaakt door een ziekte uitbraak die prijsdalingen kan veroorzaken. Een boycot van Rusland, zoals in de zomer van 2014 is ingesteld, heeft directe gevolgen voor de prijzen van tuinbouwproducten. Voor sommige tuinbouwers kan dit de druppel zijn om te stoppen met het bedrijf. De weerbaarheid wordt echter weer versterkt door maatregelen op hoger niveau, zoals compensatiegelden vanuit de EU.

Volgende aanvoer van zoet water is voor de tuinbouw van belang terwijl verzilting zorgt voor meer schaarste. Ondernemers kunnen wel zorgen voor meer opslag van zoet water om hier mee om te gaan.

Een probleem in de tuinbouw is dat er bepaalde gewasbeschermingsmiddelen in de toekomst mogelijk niet meer worden toegelaten. Dit kan door klimaatverandering een toenemend probleem worden. In de (glas)tuinbouw is energiebesparing in de teelt en in de opslag van producten te behalen waardoor mitigatiedoelstellingen nagestreefd kunnen worden. In de tuinbouwsector ligt wat dat betreft de grootste opgave en een koppeling met het adaptatiebeleid lijkt logisch.

6.3.3 Veehouderij

Ondernemers kunnen maatregelen nemen om de schade aan de zode door hitte en droogte te herstellen door door te zaaien of het grasland te vernieuwen. Met behulp van zaadcoatings met gewasbeschermingsmiddel kan de opkomst van het gras worden bevordert. Dit betekent dat ook bij door- of herinzaai in het voorjaar een goed resultaat kan worden gerealiseerd. In een heel slecht jaar kan een ondernemer altijd besluiten om voer aan te kopen, al is dit wel een dure maatregel. Om zo goed mogelijk te kunnen sturen tijdens het groeiseizoen kunnen ondernemers proberen om snel informatie te vergaren over:

- de drogestofopbrengst van gras op het veld,
- de samenstelling en voederwaarde van het verse gras op het veld en
- de samenstelling en voederwaarde van het kuilgras.

Door de inzet van technologie is het steeds beter mogelijk om deze informatie te vergaren zodat er tijdens het groeiseizoen beter ingespeeld kan worden op veranderingen (De Wit *et al.*, 2009).

Nieuwe gewassen kunnen in potentie een kans bieden maar er is moeilijk om te voorspellen welk nieuw gewas op grote schaal geteeld kan worden. Als de veehouderij behoefte heeft aan meer eiwitrijke gewassen om niet

afhankelijk te zijn van soja importen dan kan het zijn dat er grootschalig 'nieuwe gewassen' geteeld gaan worden. Soja wordt genoemd als teelt die perspectief biedt en een teelt die baat heeft bij een warmer klimaat, maar momenteel lijken de 'oude gewassen' als veldbonen en erwten meer geschikt (Mheen & Timmer, 2013).

Aanpassing in het areaal van verbouwde gewassen wordt in de melkveehouderij gedeeltelijk beperkt door regels op het gebied van bemesting. Een daling of stijging in de grasopbrengst zal geen grote verandering in het grasareaal veroorzaken. Bij lagere opbrengsten zijn melkveehouders meer afhankelijk van de aankoop van voer. Een stijging van gewasopbrengsten zal leiden tot extra nutriëntenopname.

Hittestress is verder een klimaatrisico voor melkvee. Melkvee kan zich binnen (gehuisvest in stallen) of buiten (beweiding) bevinden. Om hittestress tijdens de beweiding te voorkomen kan de melkveehouder de volgende maatregel nemen (De Wit *et al.*, 2009):

- 's ochtends, 's avonds en 's nachts weiden en overdag in de stal houden.

Om hittestress in de stal te voorkomen zijn de volgende maatregelen mogelijk (De Wit *et al.*, 2009):

- Koeling door indirect of direct met water te koelen.
- Optimaliseren van de stalventilatie (bv. door weglaten muren en plaatsing windscherm).

Concluderend zijn de meeste effecten van klimaatverandering op de melkveehouderij door de sector zelf goed op te lossen. Van belang zijn vooral de extremen, waaronder uitbraken van dierziekten (zie ook 6.3.4). Toenemende hitte in de stal kan ervoor pleiten dat de overheid kijkt naar de eisen waaraan stallen moeten voldoen op dit punt.

6.3.4 Dierziekten

De onzekere uitbraak van ziekten en plagen waarvan geen frequenties kunnen worden geschat, kunnen in potentie veel schade opleveren, bijvoorbeeld als een belangrijke product besmet wordt door een ziekte of als er in Nederland grote productiemiddelen zoals grond besmet worden. Met name producenten voor de exportmarkt krijgen dan te maken met grote schokken omdat vlees of niet meer geëxporteerd kan worden. Bij een uitbraak is het adaptieve vermogen beperkt. Maatregelen om de schade te beperken zijn wel gewenst. Monitoring is ook van groot belang om uitbraken te voorkomen en te beperken.

Bij blauwtong kunnen, naast vaccinatie, de volgende maatregelen worden toegepast om de vector onder controle te houden (Gobin *et al.*, 2008):

- gevoelige herkauwers op stal te zetten wanneer de vectoractiviteit maximaal is (1 uur vóór zonsondergang tot 1 uur na zonsopgang), omdat dit de kans op muggenbeten verkleint. De deuren van de stal dienen te worden gesloten en alle toegangen tot de stal kunnen best worden afgedekt met een net (muggengaas).
- reduceren van het aantal potentiële broedplaatsen van de *Culicoides*-mug (de mesthoop ver genoeg van het vee af of bedekken met een zeil).
- chemische bestrijding (toepassen van larviciden en insecticiden).
- behandeling van de te beschermen dieren met een insect-werend middel (repellent).

Monitoring van vectoren zoals het Rift Valley fever is een manier om de risico's vroegtijdig te identificeren en om de impact in te perken (Chevalier *et al.*, 2010; Wilson & Mellor, 2009).

Om te voorkomen dat er schadelijke organismen Nederland binnen komen en om te voorkomen dat wij schadelijke organismen exporteren is een lijst met quarantaine organismen waar de keuringsdienst (KD) op controleert. Het is met het oog op klimaatverandering en de toekomstige ontwikkelingen rondom toenemend transport van goederen, dieren en mensen verstandig om controles en monitoring op adequaat niveau te brengen zodat er geen onnodige kosten gemaakt worden voor bestrijding van uitbraken en de negatieve gevolgen van buitenlandse importverboden voor producten uit Nederland.

Naast de monitoring van vectoren kan het ook nuttig zijn om te monitoren hoe duurzaam bestaande resistenties zijn bij een warmer worden klimaat.

6.3.5 Waterbeheer

Wat betreft algemene veranderingen in de watervoorziening door klimaatverandering, zijn regionale maatregelen mogelijk om de schade voor de landbouw te beperken. Meest kansrijke aanpassingsmaatregelen zijn 1) reservoirs, 2) efficiënter beregenen, 3) peil gestuurde drainage, 4) uitbreiden beregend areaal.

Sectorinitiatieven helpen ondernemers bij het waterbeheer. In projecten zoals Landbouw op Peil (Kuindersma & Breman, 2014) wordt gewerkt aan betere efficiëntie van beregening, drainage en waterbeheer in het algemeen. De ontwikkelde maatregelen bieden kansen voor ondernemers om meer klimaat bestendig te boeren. Daarnaast zien ook ondernemers kansen om met weinig water te werken aan hoge kwaliteit. Met name op de hoge zandgronden is het moeilijk om extra water aan te voeren waardoor in deze gebieden meer efficiënt met water moeten worden omgegaan.

Alhoewel waterbeheer in Nederland goed georganiseerd is (o.a. Mandryk *et al.*, 2015, zie begin sectie 5.6), zijn er wel knelpunten. Terwijl de groter wordende waterschappen vooral tot doel hebben om robuuste watersystemen te creëren en kosten te beheersen, hebben boeren vooral behoefte aan maatwerk. Er is overleg nodig tussen boeren en waterschappen om te komen tot optimale oplossingen. Kennis moet lokaal gedeeld worden, en goede regionale uitwerkingen zijn nodig. Op Texel is het bijvoorbeeld van belang om op het juiste moment het peil op te zetten om het seizoen door te komen. Ook wordt op veel plekken zoet water afgevoerd, terwijl met slimmere stuwen zoet water langer vastgehouden zou kunnen worden.

Boeren kunnen zelf door middel van lokaal beheer, natuurvriendelijke oevers, en goed bodembeheer bijdragen aan beter watermanagement. Goed bodembeheer betekent vaak minder rendabele gewassen (bijv. tarwe i.p.v. aardappel). Bodembeheer op het gebied van bemesting heeft ook invloed op de waterkwaliteit. Verzilting en kansen voor nieuwe bedrijfssystemen zonder garantie succes.

Een van de randvoorwaarden voor een stabiele productie die door klimaatverandering beïnvloed wordt is de tijdige aanvoer en afvoer van water. Bij maatregelen die worden genomen in het kader van het Deltaprogramma is het van belang dat ook de toekomstige ontwikkeling van de landbouw wordt meegenomen zodat veranderingen in het waterbeheer naast andere belangen zoals natuur en drinkwater ook het belang van de landbouw dient. Het gezamenlijk zoeken naar knelpunten en oplossingen en het delen van kosten zijn voorbeelden van elementen waar verschillende landgebruiksvormen aan kunnen werken. Hierbij kan een evenwichtige dialoog tussen verschillende landgebruiksvormen voor een goede afweging zorgen.

Moderne besturingssystemen zijn van belang. Terwijl het waterschap voor een robuust watersysteem gaat, willen de boeren lokaal vaak maatwerk. Op dit moment wordt regelgeving vaak als leidraad gebruikt ('peil = peil'), terwijl flexibiliteit soms nodig is. Door de heterogeniteit van de belangen van actoren, vooral tussen agrariërs en natuurbeheerders, is het niet altijd mogelijk om voor iedereen optimale keuzes te maken. Soms moeten er dus keuzes gemaakt worden, ofwel in het voordeel van de landbouw ofwel de natuur. Belangrijk hierbij is vooral duidelijkheid. Duidelijkheid geeft vaak meer tevredenheid dan lange processen waarbij de uitkomst onzeker is. Er worden wel zogenaamde herijkingen uitgevoerd om te bepalen of het huidige peilbeheer in de huidige (door klimaatverandering gewijzigde) omstandigheden voldoet.

De landbouwsector kan zelf veel bijdragen aan verbeterde water efficiëntie. In diverse projecten wordt momenteel geëxperimenteerd met het gebruik van minder water en andere inputs zoals gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten. Het beleid kan regelen blijven ondersteunen die deze innovaties mogelijk maken en wellicht zelfs intensiveren.

6.3.6 Verzilting

Verzilting is over het algemeen geen groot probleem voor de huidige teelten. Zoet beregingswater in de tuinbouw gaat in sommige gebieden wel schaarser worden. Wateropslag en betere benutting van water is voor deze teelten mogelijk. Dit kan de waterschappen ontlasten. Dergelijke kansen moeten zichtbaar gemaakt worden om ervan te kunnen profiteren. Naast de productie van niche markten zoals zeekraal en lamsoor die in Nederland geteeld kunnen worden is de productie van uitgangsmateriaal voor zilte gebieden interessant. Ervaring uit Nederland met benutting van zout water in combinatie met de teelt van hoogwaardig uitgangsmateriaal kan benut worden in de Mediterrane regio. De kennis over verzilting kan dus ook een belangrijk exportproduct zijn. Zilt water kan worden gebruikt bij de productie van gewassen of rassen die hier relatief goed mee om kunnen gaan. Het Zilt Proefbedrijf is een voorbeeld van een kleinschalig initiatief om de zilte teelt van conventionele rassen mogelijke te maken.

6.4 Aanpassing aan klimaatverandering in context

De landbouwsector is een dynamische sector die sterk op veranderingen in markt en beleid reageert. Technologische ontwikkelingen zijn in sterke mate bepalend geweest voor het succes van de sector in het behalen van productie en milieu doelen. Het anticiperen op lange termijn klimaatverandering is voor de sector vooralsnog geen prioriteit. Reageren op korte termijn variabiliteit is wel ingebed in de sector. Verder heeft de sector ook een verantwoordelijkheid bij het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen. De sector zal de risico's van klimaatverandering en klimaatbeleid naast veranderingen in markt, maatschappij en technologie meenemen in haar korte en lange termijn strategie.

Klimaatverandering kan als belangrijke driver voor verandering optreden in gebieden en deelsectoren waar de impacts en risico's nu al merkbaar zijn. Zo loopt er nu al onderzoek om ervaring op te doen met zilte teelten (Kempnaer *et al.*, 2007). Ook zijn verzekeringen al bezig met het inschatten van risico's in relatie tot extremen zoals hagel en overstromingen. Onderzoek naar ziekten en plagen blijft onverminderd belangrijk bij het rendabel houden van de sector.

In laag gelegen gebieden waar overstromingsgevaar het grootst is kunnen, mede door klimaat gedreven veranderingen in het hydrologisch systeem, structurele veranderingen in landinrichting en landgebruik noodzakelijke zijn om ook andere functies (bv natuur en wonen) te ondersteunen. Nieuwe vormen van landbouw en landgebruik in bijvoorbeeld het rivierengebied en de laag gelegen kust zone zoals bijvoorbeeld natte landbouw (algen) en drijvende kassen waarbij ook nieuwe markten kunnen worden bediend.

Bij de transitie naar een economie waarbij biomassa als belangrijkste grondstof wordt gebruikt voor energie, inhoudsstoffen en chemicaliën zal rol van de primaire productie ook veranderen. De focus zal verlegd worden van voedselproductie naar andere functies en soms efficiënter gebruik van het land. Een focus op efficiënter landgebruik kan richting de verre toekomst, in samenhang met kwesties op het gebied van ethiek, dierenwelzijn, milieu en technologische ontwikkelingen, ook leiden tot het grotendeels verdwijnen van intensieve veehouderij. Het zal vooral maatschappij en politiek en de daaruit voortvloeiende markt vraag zijn die dit soort processen stuurt.

De samenwerking tussen het bedrijfsleven, onderzoek en beleid is belangrijk geweest voor het succes van de Nederlandse landbouw. Bij het adequaat kunnen inschatten en reageren op de gevolgen van klimaatveranderingen is een dergelijke samenwerking belangrijk.

6.4.1 Worst-Case scenario's

Voor het tegengaan van grote schokken in de EU door het wegvallen van de import van soja, langdurige droogte, zware vulkaanuitbarsting en grootschalige epidemie van dierziekten in de voedselvoorziening zijn een aantal acties te benoemen volgens Van der Weijden *et al.* (2011): 'Preventie tegen misoogsten door droogte of een vulkaanuitbarsting is nauwelijks mogelijk. De beste preventie tegen schaarste aan soja is dat de EU zelf meer eiwitrijk veevoer gaat telen. Preventie van grootschalige epidemieën van dierziekten is mogelijk door veiligheidsbeleid ter voorkoming van bio-terrorisme, door beperking van de lange-afstandstransporten van vee en door minimumafstanden tussen veebedrijven. Via zulke preventieve maatregelen en buffers kan de EU al te heftige prijsschokken van veevoer, vlees en zuivel dempen'.

6.5 Aanknopingspunten in beleid en uitvoeringspraktijk

De overheid en de sector staan voor de opgave om in te spelen op toekomstige veranderingen via geïntegreerde beleidsmaatregelen en uitvoeringspakketten. Naast de sociaaleconomische veranderingen zoals in het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid van de EU of de wereldmarkt komt daar klimaatverandering bij. Dit rapport, zie met name hoofdstuk 5, geeft aan dat er veel raakvlakken zijn tussen klimaat en verschillende aspecten van landbouwproductie en de voedselvoorziening. De verwachting is dat klimaatverandering steeds belangrijker zal worden en dit biedt kansen om klimaat-inclusief beleid te formuleren

6.5.1 Sector

Individuele ondernemers kunnen met betrekking tot extreme weersomstandigheden in de akkerbouw, tuinbouw en de melkveehouderij voldoende adaptatiemaatregelen benutten om de verhoogde risico's op te vangen. Het vergt wel aanpassingsvermogen van deze ondernemers zoals investeringen in technologie om de risico's af te dekken en kansen te benutten. Ondernemers met voldoende investeringscapaciteit of een succesvol ondernemingsplan zijn hierbij in het voordeel. Ziekten en plagen zijn een grote uitdaging voor individuele ondernemers. Hierbij onderscheiden we twee categorieën: bekende ziekten en plagen waar nu al ervaring mee opgedaan is in Nederland en ziekten en plagen die relatief nieuw zijn voor Nederland. Voor de al bekende ziekten en plagen kan de sector in beperkte mate succesvol adaptatie inzetten. Gewasbeschermingsmiddelen en teelttechnische maatregelen zijn in sommige gevallen afdoende om de risico's te beperken. In aardappel zijn met name *Erwinia* en in uit en lerie met name *botritus* en *fusarium* problemen waar nog uitdagingen liggen.

Voor alle deelsectoren geldt dat no-regret maatregelen in elk geval genomen kunnen worden door ondernemers. Goed bodembeheer door bijvoorbeeld gebruik te maken van vaste rijpaden ondersteund met gps is hiervan een voorbeeld. Maar ook preventieve maatregelen m.b.t. steekmuggen dierenwelzijn in de melkveehouderij is belangrijk bij het verkleinen van de kans op infectieziekten. Daarnaast kunnen ondernemers zichzelf op de hoogte houden van ontwikkelingen in het vakgebied door deelname aan studieclubs en dergelijke zodat er voldoende informatie voor de teler beschikbaar is voor vroegtijdige adaptatie.

Binnen de sector als geheel zijn er diverse spelers die een rol spelen bij adaptatie aan klimaatverandering. De toeleveranciers van uitgangsmateriaal en techniek kunnen zich richten op adaptatie. Een veredelingsbedrijf kan bijvoorbeeld een aardappelras leveren die resistent is voor een ziekte als *Erwinia*. Echter, hierbij speelt altijd de marktvrage een rol, als er te weinig markt is voor een resistente aardappel dan zal deze niet worden geteeld (marktrisico vs. klimaatrisico).

De sector doet onder andere ervaring en kennis op via experimenteel en fundamenteel onderzoek een goede samenwerking met de praktijk en onderzoekorganisaties zijn hierbij belangrijk. De gedeelde verantwoordelijkheid om kunnen en kennis samen te ontwikkelen en te delen zal ook belangrijk zijn bij de identificatie en implementatie van klimaatadaptatie.

6.5.2 Beleid

Klimaatverandering raakt de landbouw op een aantal punten waarbij de overheid een bepalende rol speelt.

De rijksoverheid is voor de ziekten en plagen verantwoordelijk voor het quarantaine beleid en het aansturen van de Keuringsdiensten (KD's). Deze activiteiten zijn belangrijk voor een goede signalering, monitoring en beheersing van ziekten en plagen. Omdat de risico's van ziekten en plagen onzeker zijn en de gevolgen potentieel relatief groot is het van groot belang dat risico's goed ingeschat kunnen worden en dat noodzakelijke acties genomen kunnen worden door het beleid. Naast het beleid rond ziekten en plagen zijn er een aantal thema's aan te wijzen waarbij klimaatadaptatie een rol speelt voor de rijksoverheid. Het mestbeleid, energie, waterkwaliteit, waterveiligheid (Deltaplan), infrastructuur, voedselzekerheid, voedselveiligheid en kennisbeleid zijn voorbeelden van thema's die vragen om beleid waarbij klimaatverandering en de invloed op landbouw meegenomen moet worden. De rijksoverheid heeft ook een belangrijke rol om Europese afspraken te implementeren zoals bijvoorbeeld het GLB. Bij de vertaling van de afspraken over bijvoorbeeld de mate van zelfvoorzienendheid van de Europese landbouw, gebruik van biomassa voor energie en de vergroening van de landbouw is het van belang dat de rijksoverheid klimaatverandering meeneemt als ontwikkeling in de landbouw. Duidelijk is dat besluitvorming en beleid baat hebben van kennis en onderzoek waarbij synergiën, afwentelingen en risico's van adaptatiemaatregelen in kaart worden gebracht. Verder is onderzoek belangrijk bij het opzetten van effectieve en efficiënte monitoringsystemen van de impacts van klimaatverandering en de effecten van adaptatiemaatregelen.

Provinciaal beleid heeft niet direct te maken met adaptatie in de landbouw. Wel kan het provinciaal beleid in met name de ruimtelijke ordening zorgen voor goede kaders waardoor landbouw en natuur, water en gezondheid verminderde tegenstrijdige belangen hebben. Functiescheiding en functieverweving zijn concepten waarmee het provinciaal beleid kan sturen op betere klimaatbestendigheid.

Waterschappen spelen een cruciale rol bij het verzorgen van een goede uitgangssituatie van de landbouw m.b.t. het waterbeheer. Peilbeheer en de aanvoer van zoet water is één van de belangrijkste taken voor het waterschap en bij klimaatverandering zal hier een verhoogd beroep op gedaan worden. Enerzijds zijn heldere kaders rond het peilbeheer voor ondernemers belangrijk zodat zij hun bedrijfsvoering hierop aan kunnen passen en anderzijds vragen ondernemers het waterschap om flexibiliteit om het peilbeheer op kleine schaal te beïnvloeden. Waterschappen zullen actief met dit gegeven om moeten gaan om de landbouw bij toenemende klimaatverandering goed te kunnen bedienen.

6.5.3 Onderzoek

Onderzoek kan de belangrijkste impacts van klimaatverandering in beeld brengen. Met name voor het in kaart brengen van risico's van toekomstige ontwikkeling van ziekten en plagen door klimaatverandering is onderzoek nodig, zie ook Hoofdstuk 8. Landbouwkundig onderzoek is daarnaast van belang om adaptatie vorm te geven en deze te integreren in innovaties in de landbouw. Hierbij kunnen we denken aan veredeling, ontwerpen van veerkrachtige akkerbouw en veehouderij systemen, sensor technologie, robotisering en energie efficiënte systemen.

6.6 Raakvlak met andere thema's

De landbouw heeft een aantal raakvlakken met andere thema's. Onder andere via het waterbeheer is er een relatie met de natuur, omdat beide thema's een claim leggen op het beschikbare water. Door versnelde afvoer van water door de landbouw via drainage om schade aan landbouwgewassen te voorkomen wordt er minder grondwater aangevuld. Hierdoor kan het zijn dat de waterstanden voor de natuur te laag zijn waardoor natuurlijke vegetatie verdroogt waardoor gebiedsvreemd water in natuurgebieden wordt ingelaten. In Vos *et al.* (2014) zijn de relaties tussen adaptatiemaatregelen in de landbouw, natuur en het waterbeheer op een rijtje gezet.

Het thema gezondheid heeft een belangrijk raakvlak met de land- en tuinbouw omdat er een aantal vector gebonden ziekten in de veehouderij ook voor mensen schadelijk zijn zoals bijvoorbeeld Q-koorts. Het RIVM en de NWWA hebben op dit terrein veel ervaring opgedaan en neemt de kennis over die relatie toe.

De landbouw staat bij de waterverdeling in de verdringingsreeks op de voorlaatste plaats met kapitaalintensieve beregening (glastuinbouw) en de laatste plaats met overige landbouw. Dit houdt in dat naast veiligheid en onomkeerbare schade, energievoorziening, transport en drinkwatervoorziening prioriteit krijgen in geval van ernstige droogte. De verwachting is niet dat deze volgorde in de toekomst gewijzigd zal worden.

7. Mogelijke indicatoren voor monitoring en evaluatie

7.1 Inleiding

Eén van de vragen bij deze studie was om aan te geven welke aanknopingspunten er zijn voor monitoring van kwetsbaarheid en klimaateffecten die ondersteunend zouden kunnen zijn bij het ontwikkelen van een beleidsprogramma en het maken van keuzes over te treffen maatregelen.

Voor een aantal klimaateffecten in de landbouw is het mogelijk om een indicator te benoemen. Het is bijvoorbeeld mogelijk om een indicatie te geven van de hoeveelheid extra cycli van plaagdierreproductie die mogelijk zijn bij een bepaalde temperatuurstijging. Voor effecten van extremen is het lastig om één indicator te benoemen, omdat de variabiliteit hoog is. Er kan wel worden gekeken naar de ontwikkeling van de frequenties van extremen, zoals in bijvoorbeeld de Agroklimaatkalender. Het KNMI heeft met de KNMI'14 scenario's een vrij complete set aan gegevens om voor verschillende vormen van landgebruik en teelten kwantitatieve gegevens te genereren. De onzekerheden, intrinsiek aan scenario's, maken het moeilijk om aan te geven of de kans op bijvoorbeeld extreme regenbuien toe gaat nemen. Voor specifieke en complexe problemen kan het KNMI berekeningen op maat maken, zoals bijvoorbeeld de kans op hagel voor verzekeringsmaatschappijen.

7.2 Voorbeeld: Centrum Monitoring Vectoren

De effecten van het optreden van ziekten en plagen zijn onzeker maar kunnen potentieel voor veel schade zorgen. Met name vector overdraagbare ziekten, ziekten die door steekmuggen (muggen en knutten) worden overgedragen vormen een groot risico omdat deze vectoren relatief schadelijke ziekten snel kunnen verspreiden, meestal via vogels. Vanwege de invloed op dierlijke, plantaardige en humane gezondheid (Ref.) is het mogelijk dat er veel schade ontstaat. Zowel voor de consumptie in Nederland als voor de export.

Het Centrum Monitoring Vectoren (CMV) is opgezet door de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) om meer te weten te komen over vector overdraagbare ziekten, deze ziekten worden door voornamelijk steekmuggen overgedragen. In Nederland komen van nature ongeveer 35 soorten steekmuggen voor. Het is echter niet exact bekend welke soorten in welke type gebieden voorkomen en hoe dit ruimtelijk en in de tijd varieert in Nederland (NVWA, 2011)

Het CMV onderneemt onder andere de volgende activiteiten om de missie vorm te geven (NVWA, 2011):

- monitoring exotische steekmuggen op import-risico locaties zoals Lucky bamboe-bedrijven en bij importeurs van gebruikte banden;
- nationale monitoring van de verspreiding van steekmuggen en teken;
- determineren van muggen, knutten en teken;
- beheren van een database met verspreidingsgegevens van vectoren in Nederland;
- ontwikkelen van verspreidingsmodellen van vectoren in Nederland;
- advisering en ondersteuning van beleidsmakers;
- participatie in kennisnetwerken rondom vectoren, zoönosen en infectieziekten;
- uitvoeren van risicoanalyses en risicocommunicatie.

Door de monitoring van deze vectoren is er een beeld van het voorkomen van de vectoren waardoor bij een mogelijke uitbraak duidelijk is waar de vectoren bestreden moeten worden of waar gezocht moet worden naar potentiële besmettingen.

8. Kennislacunes

Doordat al langer bekend is dat klimaatverandering plaatsvindt en dat plantengroei er door beïnvloed wordt is er al relatief veel onderzoek gedaan naar de invloed van klimaatverandering op de land- en tuinbouw (Porter *et al.*, 2014). Echter, met name de systematische invloed van temperatuurstijging en de verhoging van de CO₂ concentratie is veel onderzocht. De invloed van extreme weersomstandigheden is minder onderzocht en de invloed van ziekten en plagen is nog minder goed onderzocht. Gewasmodellen zijn de belangrijkste instrumenten om veranderingen in gewasopbrengsten te onderzoeken. Deze modellen simuleren potentiële, water- of nutriënten gelimiteerde opbrengsten, en niet de actuele opbrengsten welke ook beïnvloed worden door plagen en ziekten. Statische analyses worden steeds meer toegepast om een beeld te krijgen van de werkelijke effecten van klimaatverandering en variabiliteit, maar deze geven geen inzicht in de causale relaties.

Er is daarnaast relatief weinig onderzoek gedaan naar de invloed van klimaatverandering in de context van andere veranderingen, zoals in technologie, markt en beleid. De landbouwstudies in het programma Ruimte voor Klimaat en Kennis voor Klimaat (o.a. Mandryk *et al.*, 2012; Kanellopoulos *et al.*, 2014) hebben hier een basis voor gelegd, maar ook in andere delen van de wereld zal dit meer moeten gebeuren. Dit ook gezien de grote mondiale opgave om een groter aantal mensen te voeden met een veel efficiëntere vorm van landbouw. Over toekomstig mestbeleid en de invloed van het klimaat op de mestuitspoeling is relatief weinig bekend en mogelijk voor de sector van belang. Onderbelicht in deze studie is de kwetsbaarheid van de biologische landbouw voor met name ziekten en plagen, hier bestaan grofweg dezelfde kwetsbaarheden maar de manier om er mee om te gaan is verschillend met de gangbare landbouw.

De kennis van de gevolgen van klimaatverandering op de landbouw is vooral gericht op de vollegronds akkerbouw. Ook het landbouwhoofdstuk van het 5^e IPCC rapport (Porter *et al.*, 2014) meldt weinig over de invloed van klimaatverandering op andere sectoren zoals de tuinbouw en de veehouderij.

Voor wat betreft de adaptatie van de land- en tuinbouw op de hierboven genoemde effecten kan er geput worden uit de autonome ontwikkelingen en de te verwachte ontwikkelingen in bestudeerde scenario's. Voor meer innovatieve ontwikkelingen is het echter niet duidelijk wat de potentie is met betrekking tot adaptatie, bijvoorbeeld voor functionele agro biodiversiteit (FAB) als plaagbestrijding onder verhoogde druk van plaagdieren door klimaatverandering. Er is ook weinig kennis over de duurzaamheid van bestaande resistenties tegen ziekten. Hetzelfde geldt voor de potentie van zilte teelten als adaptatie oplossingsrichting. Van zowel FAB als zilte teelten is het duidelijk dat er een potentie aanwezig is maar door de geringe kennis is het nog moeilijk om binnen sociaaleconomisch onzekere scenario's te beoordelen wat de toekomstige potenties zijn.

Door te onderzoeken via welke weg klimaatverandering een invloed heeft op de deelsectoren binnen de land- en tuinbouw kunnen risico's en kansen worden geïdentificeerd en kunnen er oplossingen worden gezocht. In een aantal gevallen zal deze zoektocht leiden tot een duidelijk geïdentificeerde kennislacune waarvoor de sector eventueel in samenspraak met de overheid een vraag om kennis bij onderzoeksinstituten kan uitzetten.

9. Conclusies

9.1 Risico's en kansen

Grondgebonden landbouwsectoren zijn het meest kwetsbaar voor klimaatverandering. Dit is dus met name de akkerbouw, maar ook de melkveehouderij die mede afhankelijk is van voerproductie, en open teelten in de tuinbouw. Gewasproductie is direct afhankelijk van het weer en klimaatverandering zal daarom directe effecten hebben. Binnen andere landbouwsectoren zijn vooral de uitbraken van ziekten en plagen van belang.

Klimaatverandering zorgt over het algemeen voor een toename van de potentiële productie van de meeste akkerbouwgewassen, omdat de temperatuur en de CO₂ concentratie stijgt. Risico's zijn voornamelijk de weersextremen en plagen en ziekten. Deze kunnen in de open teelten voor problemen zorgen. De akkerbouwgewassen aardappel en ui lijken het meest te lijden te hebben van weersextremen en ziekten en plagen. De grootste risico's zijn hittegolven, een warme winter, en warm en vochtig weer. Er zijn echter adaptatiemaatregelen beschikbaar, en de verwachting is daarom dat de meeste akkerbouwers zich aan kunnen passen.

Door kennis over de waarschijnlijkheid van het voorkomen van klimaateffecten kan de sector kansen benutten door slim om te gaan met toekomstige investeringen en bedrijfsstrategieën. De keuze voor de aanschaf van techniek of aanpassing van de teelt kan een concurrentievoordeel opleveren.

De risico's van ziekten en plagen die momenteel nog geen schade veroorzaken, zijn moeilijk in te schatten. Klimaatverandering is vaak ook niet de belangrijkste sturende variabele waardoor er in de toekomst meer of minder uitbraken plaatsvinden. De impact van een uitbraak kan echter zeer groot zijn voor zowel de dierlijke als plantaardige sector.

9.2 Adaptatie door de sector

In het algemeen is de Nederlandse landbouwsector goed bestand tegen klimaatverandering en bezit zij voldoende veerkracht om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen. Op bedrijfsniveau zijn er maatregelen beschikbaar, en ook op regionaal en sectorniveau zijn er mogelijkheden.

De toekomstige ontwikkelingen in de sector laten zien dat er veel technologie ingezet kan worden om klimaatverandering het hoofd te bieden. Slimme irrigatie (druppel-irrigatie) om met weinig water de teelt te intensiveren en maatregelen om de structuur van de bodem te verbeteren (vaste rijpaden met GPS sturing) zijn voorbeelden van de mogelijkheden die nu of in de nabije toekomst worden ingezet. De hoogwaardige teelten waar nu al veel technologie wordt ingezet zal steeds meer gebruik maken van ICT en robotisering en drones om met weinig verliezen zo efficiënt mogelijk te produceren.

Voor veel weersextremen zijn aanpassingen in de bedrijfsvoering met drainage, irrigatie of gewasbescherming afdoende en op redelijk korte termijn realiseerbaar met kosten die de vermijdbare schade rechtvaardigen. Er zijn echter ook maatregelen die een meer sector brede aanpak vergen zoals de veredeling van ziekteresistente rassen of het minimaliseren van risico's op ziekten in de veehouderij.

Waar het bedrijfseconomisch mogelijk is, is het raadzaam om binnen de teelten voldoende aandacht te besteden aan bodemgezondheid. Door het toepassen van voldoende ruimte in de vruchtwisselingen kunnen structuur en bodemvruchtbaarheid versterkt worden waardoor ook ziekten plagen minder kans krijgen.

Alhoewel de Nederlandse landbouw goed bestand lijkt tegen klimaatverandering, staan individuele bedrijven wel onder druk, vooral onder invloed van veranderingen in markt, beleid en technologie. Klimaatverandering zorgt in sommige gevallen voor een extra stressfactor. Bedrijven zullen steeds groter moeten worden om economisch

rendabel te blijven. Daarnaast zijn er op sommige gebieden conflicterende belangen. Goed waterbeheer is van belang voor de landbouw, maar belangen zijn vaak niet hetzelfde als voor de natuur. Hier moeten oplossingen voor gezocht worden.

9.3 Handelingsperspectieven beleid

Klimaatverandering raakt de landbouw op een aantal punten waarbij de overheid een bepalende rol speelt. De rijksoverheid is voor de ziekten en plagen verantwoordelijk voor het quarantaine beleid en het aansturen van de Keuringsdiensten (KD's). Deze activiteiten zijn belangrijk voor een goede signalering, monitoring en beheersing van ziekten en plagen. Voor zowel de plantaardige en dierlijke sector is monitoring van plagen en ziekten van belang. Klimaatverandering kan uitbraken stimuleren naast de toename van de kans op uitbraken en verspreiding van ziekten door toenemende handelsstromen door liberalisering van de handel in en buiten de EU.

Omdat de risico's van ziekten en plagen onzeker zijn en de potentiële gevolgen relatief groot is het van groot belang dat risico's goed ingeschat kunnen worden en dat noodzakelijke acties genomen kunnen worden via het beleid. Naast het beleid rond ziekten en plagen zijn er een aantal thema's aan te wijzen waarbij klimaatadaptatie een rol speelt voor de rijksoverheid. Duidelijk is dat besluitvorming en beleid baat hebben van kennis en onderzoek waarbij synergiën, afwentelingen en risico's van adaptatiemaatregelen in kaart worden gebracht. Verder is onderzoek belangrijk bij het opzetten van effectieve en efficiënte monitoringsystemen van de impacts van klimaatverandering en de effecten van adaptatiemaatregelen.

Het mestbeleid, energie, waterkwaliteit, waterveiligheid (Deltaplan), infrastructuur, voedselzekerheid, voedselveiligheid en kennisbeleid zijn voorbeelden van thema's die vragen om beleid waarbij klimaatverandering en de invloed op landbouw meegenomen moet worden. De rijksoverheid heeft ook een belangrijke rol om Europese afspraken te implementeren zoals bijvoorbeeld het GLB. Bij de vertaling van de afspraken over bijvoorbeeld de mate van zelfvoorzienendheid van de Europese landbouw, gebruik van biomassa voor energie en de vergroening van de landbouw is het van belang dat de rijksoverheid klimaatverandering meeneemt als ontwikkeling in de landbouw.

Goed bodembeheer is van belang voor duurzame teelten richting de toekomst. Het delen van kennis hierover, en ook over klimaatverandering, de effecten hiervan en mogelijke adaptatiemaatregelen, kan de sector helpen om zich aan te passen. Goed waterbeheer is daarnaast van belang, en hierbij zal een tussenweg gevonden moeten worden tussen de doelen van waterschappen die een robuust en betaalbaar systeem nastreven, en de doelen van agrariërs die lokale aanpassingen en flexibiliteit nodig hebben. Zoals genoemd in hoofdstuk 6 zijn er recent zijn experimenten gestart waarbij ondernemers meer zeggenschap krijgen over de bediening van stuwen voor hun eigen waterbeheer. Deze experimenteerruimte biedt wellicht kansen voor meer innovatie en betere klimaatbestendigheid.

Bij de beleidsontwikkeling is het goed om te onderzoeken of er negatieve effecten optreden t.a.v. (klimaat)kwetsbaarheden. Mestbeleid en het afschaffen van het melkquotum heeft bijvoorbeeld gevolgen voor de grondprijs en dat kan weer zorgen voor nog meer intensivering van bedrijfssystemen met verhoogde risico's op ziekten. Het huidige en toekomstige mestbeleid heeft veel invloed op hoe de sectoren zich kunnen ontwikkelen en mogelijk heeft dit ook gevolgen voor de klimaatbestendigheid van de landbouw via de invloed ervan op bodemkwaliteit aspecten zoals organisch stof gehalte, bodemleven etc.

Provinciaal beleid heeft niet direct te maken met adaptatie in de landbouw. Wel kan het provinciaal beleid in met name de ruimtelijke ordening zorgen voor goede kaders waardoor landbouw en natuur, water en gezondheid verminderde tegenstrijdige belangen hebben. Functiescheiding en functieverweving zijn concepten waarmee het provinciaal beleid kan sturen op betere klimaatbestendigheid.

Waterschappen spelen een cruciale rol bij het verzorgen van een goede uitgangssituatie van de landbouw m.b.t. het waterbeheer. Peilbeheer en de aanvoer van zoet water is één van de belangrijkste taken voor het waterschap en bij klimaatverandering zal hier een verhoogd beroep op gedaan worden. Enerzijds zijn heldere kaders rond het peilbeheer voor ondernemers belangrijk zodat zij hun bedrijfsvoering hierop aan kunnen passen en anderzijds vragen

ondernemers het waterschap om flexibiliteit om het peilbeheer op kleine schaal te beïnvloeden. Waterschappen zullen actief met dit gegeven om moeten gaan en zoeken naar een goede balans om de landbouw bij toenemende klimaatverandering goed te kunnen bedienen.

Onderzoek kan de belangrijkste impacts van klimaatverandering in beeld brengen. Met name voor het in kaart brengen van risico's van toekomstige ontwikkeling van ziekten en plagen door klimaatverandering is onderzoek nodig. Landbouwkundig onderzoek is daarnaast van belang om adaptatie vorm te geven en deze te integreren in innovaties in de landbouw. Hierbij kunnen we denken aan veredeling, ontwerpen van veerkrachtige akkerbouw en veehouderijsystemen, sensortechnologie, robotisering en energie efficiënte systemen.

Literatuur

- Acosta, L., R. Klein, P. Reidsma, M. Metzger, M.D.A. Rounsevell, R. Leemans & D. Schröter, 2013.
A spatially explicit scenario-driven model of adaptive capacity to global change in Europe. *Global Environmental Change* 23 (2013) 1211–1224.
- Algemene Rekenkamer, 2012.
Aanpassing aan klimaatverandering: strategie en beleid (2012), brief aan de Tweede Kamer van de Rekenkamer, 33470, 15 november 2012.
- Anonymous, 2011.
Boeren op weg naar klimaatbestendige productie Resultaten van het project Klimaat en Landbouw in Noord-Nederland.
- PBL, 2006.
WLO scenario's.
- Angulo, C., R. Rötter, R. Lock, A. Enders, S. Fronzek & F. Ewert, 2013.
Implication of crop model calibration strategies for assessing regional impacts of climate change in Europe. *Agric. Forest Meteorol.* 170, 32-46.
- Berkhout, P., H. Silvis & I. Terluin (red.)
Landbouw-Economisch Bericht 2014. LEI-rapport 2014-013 ISSN 0169-3255, 200p, Den Haag
- Bleumink, H., 2014.
Bouwstenen voor duurzame klimaatadaptatie in hoog Nederland. Resultaten van de Hotspot Droge Rurale gebieden. *Kennis voor Klimaat*.
- Brisson, N., P. Gate, D. Gouache, G. Charmet, F.X. Oury & F. Huard, 2010.
Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Res.* 119, 201-212.
- Bruggeman, W., E. Dammers, G.J. van den Born, B. Rijken, B. van Bommel, A. Bouwman, K. Nabielek, J. Beersma, B. van den Hurk, N. Polman, Vincent Linderhof, C. Folmer, F. Huizinga, S. Hommes & A. te Linde 2013.
Deltascenario's voor 2050 en 2100; Nadere uitwerking 2012-2013. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.
- De Wit, J., D. Swart & E. Lujendijk, 2009.
Klimaat en landbouw Noord-Nederland: nu, in 2040 en 2100. Fase 2: overzicht relevante klimaatfactoren, impact schade van 15 landbouwgewassen en 2 diersoorten en mogelijke adaptatiemaatregelen. Grontmij, Houten.
- Diogo, V., P. Reidsma, B. Schaap & E. Koomen, 2014.
Analysing climate change impacts on local economic performance of Dutch agricultural systems. Poster presentation in Deltas in Times of Climate Change II international conference, Rotterdam, The Netherlands.
- Ewert, F., P. Reidsma & T. Hermans, 2008.
Assessing impacts and adaptation of European agriculture to changes in climate and market conditions, Food security and environmental change, linking science, development and policy for adaptation, Oxford, United Kingdom, 2 - 4 April 2008. University of Oxford, Oxford, pp. 09.04.

- Fischer, R.A., D. Byerlee & G.O. Edmeades, 2014.
Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world?, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Geijzendorffer, I.R., R.A. Smidt, R.B.J. Engelbertink, C.M.L. Hermans, B.F. Schaap, A. Verhagen & M. Blom-Zandstra, 2011.
Gevolgen van klimaatextremen voor de Nederlandse landbouw: noodzaak voor adaptatie? Wageningen: Alterra, (Alterra-rapport 1994).
- Gobin, A., 2012.
Impact of heat and drought stress on arable crop production in Belgium. *Natural Hazards and Earth System Science* 12, 1911-1922.
- Gobin, A., P. Van De Vreken, J. van Orshoven, W. Keulemans, R. Geers, Jan Diels, H. Gulinck, M. Hermy, D. Raes, W. Boon, B. Muys & E. Mathijs, 2008.
Adaptatiemogelijkheden van de Vlaamse landbouw aan klimaatverandering, Klimaatpark Arenberg, Spatial Applications Division Leuven, Katholieke Universiteit Leuven. 129 p.
- Hallmann, C.A., R.P.B. Foppen, C.A.M. van Turnhout, H. de Kroon & E. Jongejans, 2014.
Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature*, Online. doi:10.1038/nature13531.
- Hardeman, E. & H. Jochemsen, 2012.
Are There Ideological Aspects to the Modernization of Agriculture? 25, 657-674.
- Hermans, T. & A. Verhagen, 2008.
Spatial impacts of climate and market changes on agriculture in Europe, Wageningen UR, Alterra and Plant Research International, Wageningen.
- Kanellopoulos, A., Reidsma, P., Wolf, J., van Ittersum, M.K., 2014. Assessing climate change and associated socio-economic scenarios for arable farming in the Netherlands: An application of benchmarking and bio-economic farm modelling. *Eur. J. Agron.* 52, 69-80.
- Kempenaer, J.G. de, W.A. Brandenburg & L.J.W. van Hoof, 2007.
Het zout en de pap. Een verkenning bij marktexperts naar langeretermijnmogelijkheden voor zilte landbouw. Utrecht : InnovatieNetwerk, 2007 (Rapport 07.2.154) - 93 p.
- Kros, J., M.M. Bakker, P. Reidsma, A. Kanellopoulos, S. Jamal Alam & W. de Vries, 2014.
Impacts of agricultural changes in response to climate and socio economic change on nitrogen deposition in nature reserves. *Landscape Ecology*, submitted.
- Kroes, J.G., Supit I., 2011. Impact analysis of drought, water excess and salinity on grass production in The Netherlands using historical and future climate data. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 144, 370-381.
- Kuindersma, W. & B.C. Breman, 2014.
Leren van landbouw op peil : evaluatie van een experiment met zelfsturing in het waterbeheer. Alterra, Wageningen.
- LEI, 2012.
Binternet, http://www3.lei.wur.nl/binternet_asp. Accessed August 2012.
- Long, S.P., X.-G. Zhu, S.L. Naidu & D.R. Ort, 2006.
Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant, Cell & Environment* 29, 315-330.

- Magarey, R.D., D.M. Borchert, G.L. Fowler, T.G. Sutton, M. Colunga-Garcia & J.A. Simpson, 2007.
NAPPFAST, an Internet System for the Weather-based Mapping of Plant Pathogens. *Plant Disease* 91:336-445.
- Mandryk, M., P. Reidsma & M.K. van Ittersum, 2012.
Scenarios of long-term farm structural change for application in climate change impact assessment. *Landscape ecology* 27, 509-527.
- Mandryk, M., P. Reidsma, A. Kanellopoulos, J.C.J. Groot & M.K. van Ittersum, 2014.
The role of farmers' objectives in current farm practices and adaptation preferences: a case study in Flevoland, the Netherlands. *Regional Environmental Change* 14 (4), 1463 - 1478.
- Mandryk, M., P. Reidsma, K. Kartikasari, M.K. van Ittersum & B.J.M. Arts, 2015.
Assessment of institutional constraints for adaptive capacity to climate change in agricultural Flevoland. *Environmental Science & Policy*, submitted.
- H.J. van der Mheen & R.D. Timmer, 2014.
Perspectief inlandse teelt eiwithoudende gewassen voor de mengvoederindustrie. Wageningen UR - PPO-AGV, NWWA, 2011.
Monitoring Vectoren. Achtergrondinformatie bij de monitoring van steekmuggen en teken, uitgevoerd door het Centrum Monitoring Vectoren. Nieuwe Voedsel en Warenautoriteit, Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie.
- Olesen, J.E., M. Trnka, K.C. Kersebaum, A.O. Skjelvåg, B. Seguin, P. Peltonen-Sainio, F. Rossi, J. Kozyra & F. Micale, 2011.
Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34(2), 96-112.
- Paas, 2013.
Impacts of climate and socio-economic change on economic viability and land use of dairy farms in 'de Baakse Beek', the Netherlands. MSc thesis, Plant Production Systems, Wageningen University.
- Porter, J.R., L. Xie, A. Challinor, K. Cochrane, M. Howden, M.M. Iqbal, D.B. Lobell & M.I. Travasso, 2014.
Food security and food production systems, in: Field, C., Barros, V., Mach, K., Mastrandrea, M. (eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Riedijk, A., R.v. Wilgenburg, E. Koomen & J.B.-v. Beurden, 2007.
Integrated scenarios of socio-economic and climate change; a framework for the 'Climate changes Spatial Planning' programme. Spinlab Research Memorandum SL-06, VU, MNP.
- Reidsma, P., F. Ewert, A. Oude Lansink & R. Leemans, 2010.
Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses. *Eur. J. Agron.* 32, 91-102.
- Rijk, B., M. van Ittersum & J. Withagen, 2013.
Genetic progress in Dutch crop yields. *Field Crops Res.* 149, 262-268.
- Rötter, R. & S.C. Van de Geijn, 1999.
Climate change effects on plant growth, crop yield and livestock. *Climatic Change* 43(4), 651-681.

- Rosenzweig, C., A. Iglesias, X.B. Yang, P.R. Epstein & E. Chivian, 2001.
Climate Change and Extreme Weather Events; Implications for Food Production, Plant Diseases, and Pests. *Global Change & Human Health*, 2(2), 90-104.
- Schaap, B., M. Blom-Zandstra, C. Hermans, B. Meerburg & J. Verhagen, 2011.
Impact changes of climatic extremes on arable farming in the north of the Netherlands. *Regional Environmental Change*, 11(3), 731-741.
- Schaap, B.F., P. Reidsma, J. Verhagen, J. Wolf & M.K. van Ittersum, 2013.
Participatory design of farm level adaptation to climate risks in an arable region in The Netherlands. *European Journal of Agronomy*, 48(0), 30-42.
- Spoelstra, S.F., P.W.G. Groot Koerkamp, A.P. Bos, B. Elzen & F.R. Leenstra, 2013.
Innovation for sustainable egg production: Realigning production with societal demands in The Netherlands. *69*, 279-298.
- Ter Maat *et al.*, 2014.
Effecten van maatregelen voor de zoetwatervoorziening in Nederland in de 21e eeuw, Deltaprogramma – Deelprogramma Zoetwater – fase 4, Deltares-rapport 1209141-001, Delft, 2014.
- Tubiello, F.N. & F. Ewert, 2002.
Simulating the effects of elevated CO₂ on crops: approaches and applications for climate change. *Eur. J. Agron.* 18, 57-74.
- Van der Mheen, H.J. & R.D. Timmer, 2013.
Perspectief inlandse teelt eiwithoudende gewassen voor de mengvoederindustrie. Teeltevaringen en proefresultaten 2011 en 2012.
- Van Ittersum, M.K., P.A. Leffelaar, H. van Keulen, M.J. Kropff, L. Bastiaans & J. Goudriaan, 2003.
On approaches and applications of the Wageningen crop models. *Eur. J. Agron.* 18, 201-234.
- Van Ittersum, M.K., K.G. Cassman, P. Grassini, J. Wolf, P. Tittonell & Z. Hochman, 2013.
Yield gap analysis with local to global relevance-A review. 143, 4-17.
- Van Oort, P.A.J., B.G.H. Timmermans, H. Meinke & M.K. Van Ittersum, 2012a.
Key weather extremes affecting potato production in The Netherlands. *European Journal of Agronomy*, 37(1), 11-22.
- Van Oort, P.A.J., B.G.H. Timmermans & A.C.P.M van Swaaij, 2012b.
Why farmers' sowing dates hardly change when temperature rises. *European Journal of Agronomy*, 40(0), 102-111.
- Veraart, J.A., K. van Nieuwaal, P.P.J. Driessen & P. Kabat, 2014.
From climate research to climate compatible development: experiences and progress in the Netherlands. *Reg. Environ. Change*.
- Vos, C., C. Grashof, S. Stremke & D. Oudes (Ed.), 2014.
Factsheet rapport adaptatiemaatregelen. Onderzoeksproject CARE, Kennis voor klimaat.
- Walthall, C.L., J.L. Hatfield, E. Marshall, L. Lengnick, P. Backlund, S.T. Adkins, E.A. Ainsworth, F.L. Booker, D.M. Blumenthal, J.A. Bunce, K.O. Burke, S.M. Dabney, D.C. Goodrich, K.S. Lewers, M.A. Nearing, D.R. Ort, W.T. Pettigrew, H.W. Polley, E.N. Rosskopf, R.B. Srygley, L.H. Ziska, J.A. Delgado, A.J. Funk, D.M. Glenn,

J.A. Morgan, J.W. White, D.J. Timlin & A.M. McClung, 2013.
Climate Change and Agriculture: Effects and Adaption. Washington, DC: USDA Technical Bulletin 1935. 186 p.

Weigel, H.J. & R. Manderscheid, 2012.

Crop growth responses to free air CO₂ enrichment and nitrogen fertilization: Rotating barley, ryegrass, sugar beet and wheat. *Eur. J. Agron.* 43, 97-107.

Wolf, J., M. Mandryk, A. Kanellopoulos, P.v. Oort, B. Schaap, P. Reidsma & M.v. Ittersum, 2010.

Methodologies for analyzing future farming systems and climate change impacts in Flevoland as applied within the AgriAdapt project, Wageningen University and Researchcentre, Wageningen.

Bijlage I.

Table 23. Overzicht van belangrijkste risico's voor de land en tuinbouw.

Risico	Klimaat ­ effect	Impact						Waarschijnlijkheid				Kennisbasis / confidence level		Handelingsperspectief
		Economisch	Ecologisch	Sociaal	Ernst	Omvang	Indirecte schade / cascade effecten	Huidige situatie		2050 -meest risicovol scenario		betrouwbaarheid kennisbasis	kennisleemten	
<i>korte aanduiding risico</i>	<i>klimaatvariabele/ weers­extreem</i>	<i>Hoog Midden Laag</i>	<i>Hoog Midden Laag</i>	<i>Hoog Midden Laag</i>	<i>kwalitatieve beschrijving gevolgen</i>	<i>kwantitatief. Orde grootte gevolgen: aantal getroffen, duur van overlast / uitval, areaal etc.,</i>	<i>hoe werken gevolgen door binnen en buiten de sector; naar welke sectoren / domeinen?</i>	<i>Hoog Midden Laag Ze­er laag</i>	<i>mogelijke frequentie (.../jaar, 1/.. jaar)</i>	<i>Hoog Midden Laag Ze­er laag</i>	<i>mogelijke frequentie (.../jaar, 1/.. jaar)</i>	<i>Hoog Matig Laag</i>	<i>welke (cruciale) kennis of data ontbreekt voor risicoschatting?</i>	<i>in hoeverre is kennis over adaptatiemaatregelen beschikbaar?</i>
Doorwas (aardappelen)	Hittegolven	Midden	Laag	Laag	Hittegolven zorgen voor abrupte temperatuur ­ overgangen tijdens de groei van de aardappelknol waardoor deze on ­ regelmatig groeit en de knol in waarde daalt	25-75% van de waarde kan verloren gaan. Wel verschillen tussen rasgebruik en specifieke locatie		Laag	8/30 jaar	Hoog	18-35/30 jaar	Hoog	Kennis van lokale verschillen en specifieke teeltmaatregelen	Ruim aanwezig
Erwinia (aardappelen)	Warm en nat	Hoog	Laag	Laag	Bij besmetting van een perceel pootgoed met de bacterieziekte Erwinia is deze niet meer geschikt voor de teelt.	50-60% van de waarde kan verloren gaan door aantasting van de uien door schimmels	Gezondheids ­ zorg, veel on ­ nrust in gebieden met geiten ­ houderij	Laag	1/30 jaar	Hoog	11-15/30 jaar	Hoog	D exakte bron van besmetting is niet bekend	Deels aanwezig
Schimmels (uien)	Warm en nat	Laag/Midden	Midden	Laag	Warmte natte omstandigheden zorgen voor meer schimmel ­ vorming en waardedaling van het product	In getroffen gebieden kan de gehele geiten ­ houderij getroffen worden.	Gezondheids ­ zorg, is een extra risico, bestrijding kost geld	Laag	1/30 jaar	Hoog	12-18/30 jaar	Hoog	Weinig bekend	Ruim aanwezig
Q-koorts (veehouderij, humaan)	Hogere gemiddelde T	Hoog	Midden	Hoog			Gezondheids ­ zorg, is een extra risico	Laag	?	Midden	?	Matig		
West Nile Virus (veehouderij, humaan)	Hogere gemiddelde T	Hoog	Midden	Hoog				Ze ­ er laag	?	Laag	?	Matig		
Rift Valley Fever (veehouderij, humaan)	Hogere gemiddelde T	Hoog	Midden	Hoog				Ze ­ er laag	?	Laag	?	Matig		
AM resistentie (aardappelen)	Hogere gemiddelde T	Hoog	Midden	Laag				Ze ­ er laag	?	Midden	?	Matig	Er zijn beperkte potproeven gedaan. Groot deel van de kennis ontbreekt nog.	

Bijlage II.

Tabel 24. *Overzicht van deelnemers aan de workshop op 10 april 2014 in Swifterbant.*

Name	Initials	Prefix	Company Name
Agricola	H.J.		Wageningen UR
Bakker	W.J.B.		BioWad
Bessembinder	J.J.E.		KNMI
Born	G.J.	van den	Planbureau voor de Leefomgeving
Bouwman	A.A.		Planbureau voor de Leefomgeving
Döpp	S.P.		Kennis voor Klimaat
Kapteyn	M.		Innovation Booster
Loomans	A.J.M.		Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit
Martens	A.		Kennis voor Klimaat
Michielsen	A.		Solcon
Molhoek	E.M.		Vinçotte ISACert NL
Potting	P.J.		Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit
Prins	P.		Prins Land, Water & Food Consultancy
Reidsma	P.		Wageningen UR PPS
Rooijen	K.		LTO Noord
Schaap	B.F.		Wageningen UR
Takken	W.		Wageningen UR
Valstar	M.J.		Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Vellinga	P.		Wageningen UR
Verhagen	A.		Plant Research International
Vonk	M.		Planbureau voor de Leefomgeving
Vos	A.C.	de	Zilt Proefbedrijf
Westenbrink	B.		Blue Ice
Wuijts	S.		RIVM

Tabel 25. *Geraadpleegde experts.*

Deelnemer	Organisatie
Willem Takken	Wageningen University - Entomologie
Peter Prins	Consultant Landbouw en water
Kees Booij	Wageningen UR - BU- Biointeracties
Antoon Loomans	Nieuwe Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit
Erno Bouma	Zelfstandig consultant
Lodewijk Stuyt	Wageningen UR - Alterra
Greet Blom	Wageningen UR - PRI
Janette Bessembinder	KNMI

