



Klimaatadaptatie in de open teelten

Inventarisatie van klimaatrends, risico's en adaptatiemaatregelen voor bedrijven in de open teelten.

Daan Verstand, Ben Schaaap, Herman Schoorlemmer, Pieter de Wolf, Derk van Balen en Jan Verhagen

Klimaatadaptatie in de open teelten

Inventarisatie van klimaatrends, risico's en adaptatiemaatregelen voor boerenbedrijven in de open teelten

Daan Verstand, Ben Schaap, Herman Schoorlemmer, Pieter de Wolf, Derk van Balen en Jan Verhagen

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business units Open Teelten en Agrosysteemkunde.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, februari 2020

Rapport WPR 824

Verstand, D., Schaap, B., Schoorlemmer, H., de Wolf, P., van Balen, D., Verhagen, J., 2020. *Klimaatadaptatie in de open teelten. Inventarisatie van klimaatrends, risico's en adaptatiemaatregelen voor boerenbedrijven in de open teelten*. Wageningen Research, rapport WPR 824.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/515383>

Trefwoorden: klimaatverandering, landbouw, agroclimatecalendar, adaptatie, open teelten, akkerbouw.

© 2019 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research (WPR), Business units Open Teelten en Agrosysteemkunde, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR 824

Tekening omslag: Henk van Ruitenbeek

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	10
	1.1 Achtergrond en aanleiding	10
	1.2 Huidige kennisniveau	11
	1.3 Vraagstelling & aanpak	13
	1.4 Leeswijzer	15
2	Klimaatfactoren in de open teelten	16
	2.1 Nationale Adaptatie Strategie	16
	2.2 Klimaattrends voor sectoren	16
	2.2.1 Het wordt warmer	17
	2.2.2 Het wordt natter	18
	2.2.3 Het wordt droger	19
	2.2.4 De zeespiegel stijgt	20
3	Stresstest	24
	3.1 Agro Climate Calendar; klimaatfactoren en frequenties	24
	3.2 Impacts op lokale teelten	28
	3.2.1 Klimaatdata	28
	3.2.2 Omgevingscondities	28
	3.2.3 Teeltsystemen	28
	3.3 Methodiek stresstest	29
	3.3.1 Stappenplan	30
	3.4 Stresstest casussen	34
	3.4.1 Akkerbouwbedrijf Noord-Nederland	34
	3.4.2 Akkerbouwbedrijf Zuidoost Nederland, Zandgrond	39
4	Adaptatiemaatregelen	46
	4.1 Adaptatiemaatregelen per klimaattrend	46
	4.1.1 De zeespiegel stijgt	47
	4.1.2 Het wordt natter	49
	4.1.3 Het wordt droger	54
	4.1.4 Het wordt warmer	57
	4.1.5 Samenvatting maatregelen	60
	4.1.6 Toetsing bij de praktijk	61
	4.2 Adaptatiemaatregelen voor de stresstest casussen	62
	4.2.1 Noordelijk pootgoedbedrijf	62
	4.2.2 Zuidoostelijk akkerbouwbedrijf	62
5	Conclusies en aanbevelingen voor toepassing	64
	5.1 Conclusies	64
	5.2 Aanbevelingen om landbouw meer klimaat adaptief te maken	65
	5.3 Geïdentificeerde kennisiaten	66
	Literatuur	68
	Bijlage 1 Uitgebreide adaptatiemaatregelen tabellen	70

Woord vooraf

Klimaatadaptatie staat vol in de belangstelling. Overheden en sectoren werken aan planvorming. Boeren staan open voor veranderingen, mede door toegenomen weersextremen van de afgelopen jaren. Toch is het niet eenvoudig om de gevolgen van klimaatverandering heel concreet te maken op het niveau van individuele bedrijven in de agrosector. Het probleem is veel omvattend. De veranderingen gaan over langere termijn. Daarbij wordt het eigenaarschap van het probleem nog beperkt gedeeld en zijn de effectiviteit en kosten efficiëntie van oplossingsrichtingen vaak onduidelijk of niet onderbouwd. In het rapport dat voor u ligt richten we ons op de Open Teelten. We maken de gevolgen van klimaatverandering concreet door klimaattrends te vertalen naar toegenomen kwetsbaarheid van teelten en gewassen. Daarnaast zijn adaptatiemaatregelen geïnventariseerd waarmee boeren en tuinders kunnen inspelen op de klimaatverandering.

De auteurs zien dit rapport als een referentie en inspiratiebron voor zowel telers en ketenorganisaties in de Open Teelten als wel voor waterschappen en andere overheden. Dit met als doel om de urgentie voor verandering verder te stimuleren en perspectief te bieden. Het rapport geeft een stand van zaken. We hopen dat de verschillende doelgroepen met de beschreven inzichten aan de slag kunnen en dat ze de komende jaren hun visies en praktijkervaringen blijven delen om daarmee de kwetsbaarheid van de Nederlandse Open Teelten voor klimaatverandering beheersbaar te houden.

Herman Schoorlemmer,
Wageningen University & Research,
Projectleider

Samenvatting

De agrarische sector heeft in 2018 en 2019 te maken gehad met extreme droogte en warmte, met soms grote schade aan de opbrengst en kwaliteit van gewassen tot gevolg. Droogte en hitte zullen door klimaatverandering steeds vaker voor gaan komen, volgens de klimaatscenario's van het KNMI.

Daarnaast stijgt de zeespiegel, waardoor verzilting in de kustgebieden toeneemt, waardoor teelten in die gebieden negatief beïnvloed zullen worden. Als vierde: het wordt op bepaalde momenten natter, door bijvoorbeeld extreme regen- en hagelbuien. Deze vier klimaattrends vatten de klimaatverandering goed samen. Deze trends raken stedelijke gebieden, maar ook de landbouw en de natuur. Met name de open teelten zijn erg kwetsbaar, omdat ze letterlijk bloot staan aan weersinvloeden.

Boeren en tuinders hebben dus direct te maken met klimaatverandering, maar het is onduidelijk of hij of zij wat kan doen om het bedrijf weerbaar te maken tegen de gevolgen van klimaatverandering. Het gaat hierbij als eerste om bewustwording van de invloed van klimaatverandering voor de gewassen op het eigen bedrijf en hoe dat naar de toekomst toe zal veranderen. Op basis daarvan kan bepaald worden over welke effectieve adaptatiemaatregelen getroffen kunnen worden. Er zijn drie onderzoeksvragen gesteld bij aanvang van dit project:

1. Welke klimaatveranderingen zijn er en waar en hoe gaan deze de landbouw in de open teelten in Nederland beïnvloeden?
2. Wat zijn de risico's op bedrijfsniveau in de open teelten van deze klimaatverandering, nu en in de toekomst (2050)?
3. Wat zijn effectieve adaptatiemaatregelen en welke risico's kunnen zij verminderen? Wat zijn daarbij neveneffecten/afwentel effecten van deze maatregelen op andere duurzaamheidsthema's?

Om deze vragen te beantwoorden is er in dit project een methodiek ontwikkeld (de stresstest) om dat inzicht op bedrijfsniveau te geven. Deze stresstest bouwt voort op de Agro Climate Calendar, waarin specifieke weersomstandigheden (klimaatfactoren) en de bijbehorende negatieve opbrengst en kwaliteitseffecten uitgedrukt in schade percentage per gewas zijn geïdentificeerd. Gecombineerd met de frequenties en frequentieverandering van deze klimaatfactoren volgens de KNMI klimaatscenario's in 2050 van deze weersomstandigheden, kan het risico per jaar ingeschat worden (risico = kans x schade). De stresstest vertaalt deze uitkomsten ook naar het bedrijfsniveau, rekening houdend met het bouwplan en bijbehorende inkomsten van de boer. Dit geeft inzicht in de kwetsbaarheid van het bedrijf, als optelsom van de kwetsbaarheid van gewassen voor klimaatverandering. Op deze manier worden de gevolgen en risico's geprioriteerd en wordt helder op welke aspecten klimaatadaptatiemaatregelen nodig zijn om de risico's beheersbaar te houden. Overigens is in deze eerste versie van de stresstest alleen gekeken naar de effecten van klimaatverandering op de financiële opbrengst, en nog niet naar de kosten en maatregelen-aspect.

Een breed scala aan adaptatiemaatregelen zijn in dit project verkend en gelinkt aan de specifieke impact van een van de vier klimaattrends. Zo wordt helder welke adaptatiemaatregel een bepaalde negatieve verandering kan beperken. Niet alleen maatregelen op perceel niveau, zoals de verbetering van bodembeheer, blijken relevant, maar ook financiële maatregelen, zoals verzekeringen en risico-spreidende maatregelen zijn nodig.

Er zijn twee casussen volgens de stresstest-methodiek uitgewerkt, om inzichtelijk te maken hoe de stresstest werkt: 1. een gespecialiseerd pootgoedbedrijf in Noord-Nederland en 2. een akkerbouwbedrijf op zandgrond. Voor beide voorbeeldbedrijven blijkt dat vooral aardappelen (pootaardappel en consumptie) kwetsbaar zijn. Dit wordt met name veroorzaakt door de sterk toenemende frequentie van

hittegolven in de toekomst. Omdat in beide bedrijven aardappelen een groot aandeel in het bouwplan hebben en een hoge bruto geldopbrengst per hectare hebben, vormen zij (tezamen met lelies in het akkerbouwbedrijf op zandgrond) een groot risico op bedrijfsniveau voor klimaatverandering. De kwetsbaarheid van suikerbieten is minimaal. Omdat de frequentie van vorst in het voorjaar sterk afneemt, kan de teelt van suikerbieten zelfs profiteren van klimaatverandering. Voor deze twee bedrijven zijn gezien de uitkomsten van de stresstest, adaptatiemaatregelen op het bedrijfsniveau geprioriteerd zoals peil gestuurde drainage, beregening (mits toegestaan) en financiële reserves realiseren. Een nadere kwantificering van de effectiviteit (ook meerjarig), kosten en baten van adaptatiemaatregelen is nog nodig om boeren te ondersteunen bij de keus van de adaptatiemaatregelen.

Het concreet maken van de gevolgen van klimaatverandering voor boeren draagt bij aan het inzicht dat voor klimaatadaptatie nodig is, zodat de gevolgen ervan beheersbaar blijven. Daar kan bijvoorbeeld uitwisseling van praktijkervaringen over toepasbaarheid en voorwaarden kosten/baten van maatregelen aan bijdragen. Tevens is het zinvol om verbindingen met regio- en/of ketenpartijen te organiseren, omdat de effectiviteit van bepaalde maatregelen beter wordt bij een regionale of keten-aanpak.



1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

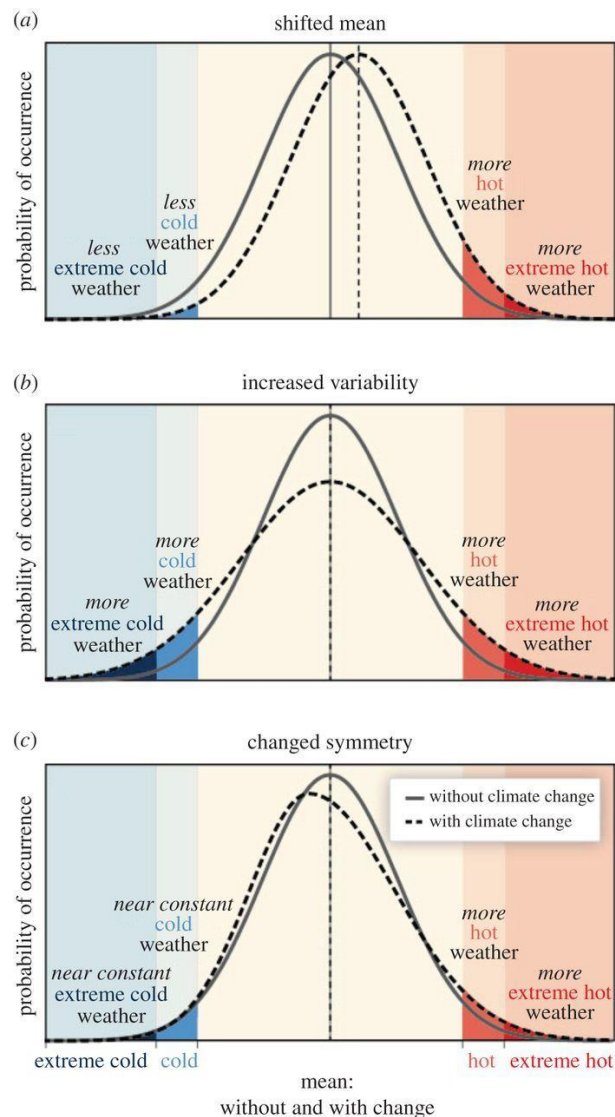
Dat het klimaat verandert, is inmiddels geen vraag meer. De intensivering van extreem weer is het meest opvallend en boeren krijgen steeds meer te maken met de gevolgen daarvan: de extreme voorjaarsbuien en de droge en hete zomers van 2018 en 2019 staan bij veel boeren nog scherp op het netvlies. Hoewel de prijs van veel producten flink opliep, was dit voor veel boeren onvoldoende om de opbrengstverliezen en eventuele extra beregeningskosten goed te maken. In de kustgebieden leidde de langdurige droogte ook tot toenemende verzilting van het grond- en oppervlaktewater. Deze en andere weersextremen vormen zogenaamde 'shocks' voor landbouwbedrijven: plotselinge gebeurtenissen die vaak grote gevolgen hebben, economisch en ecologisch. De klimaatscenario's van het KNMI laten niet alleen zien dat deze weersextremen intensiveren, maar dat ze ook verschuiven: zo neemt de kans op hittegolven (warm en droog) in de zomer toe (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015).

Daarnaast wordt steeds duidelijker dat de seizoenen veranderen, wat ook gevolgen heeft voor de landbouw: tijdens zachte winters overleven allerlei onkruiden, aardappelopslag, ziekten en plagen die bij strengere winters gedecimeerd worden. Ook vorstgevoelige groenbemers/vanggewassen overleven een zachte winter, wat in het voorjaar weer voor een uitdaging zorgt om percelen klaar te maken voor de volgende teelt. In combinatie met een steeds smaller pakket aan gewasbeschermingsmiddelen zorgt dit voor grote uitdagingen voor de landbouw. Samenvattend: klimaatverandering gaat niet alleen over de intensiteit van weersextremen, maar ook over een verschuiving van weersextremen (zie Figuur 1) en over een veranderend seizoen patroon. Dat heeft verschillende gevolgen voor de landbouw en vraagt mogelijk ook verschillende adaptatiestrategieën.

De gevolgen van klimaatverandering blijven niet beperkt tot de landbouwbedrijven: neerslagextremen, zowel te veel als te weinig neerslag, vormen feitelijk een regionale uitdaging, waarbij in veel regio's de landbouw de grootste grondgebruikers is. Denk hierbij aan wateroverlast in lagergelegen delen van het gebied, maar ook over de gevolgen van langdurige droogte voor de drinkwatervoorziening van steden of verdroging van natuurgebieden. Het is niet voor niets dat waterschappen, provincies en LTO in het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer ook aandacht hebben voor deze opgaven. De Deltaplannen Ruimtelijke Adaptatie en Zoet Water spelen hier ook op in.

Ook in de productieketen zijn of worden de gevolgen van klimaatverandering merkbaar: als de productie en/of de kwaliteit veel lager uitpakt door weersextremen of toenemende problemen met ziekten en plagen, zullen afnemers dat ook merken: de leveringszekerheid staat dan onder druk, de internationale marktpositie wordt bedreigd en inkoopprijzen lopen fors op. Aan de andere kant: een grote meevaller in productie en kwaliteit kan ook heel ongunstig uitvallen, omdat overaanbod in de markt ontstaat. Ook toeleveranciers zijn hier in beeld, niet alleen omdat ze vaak een adviesrol vervullen naar boeren, maar ook omdat nieuwe gewassen, rassen en methoden/technieken nodig zijn om de landbouw beter bestand te maken tegen klimaatverandering.

Daarnaast zijn de gevolgen van klimaatverandering merkbaar in de financiële keten: weersextremen hebben grote gevolgen die moeilijk verzekeraar zijn, maatregelen zijn ingrijpend en duur en het rendement van de sector als geheel staat onder druk. Banken, verzekeraars en financieel adviseurs met een agrarische klantenkring hebben hier nadrukkelijk mee te maken.

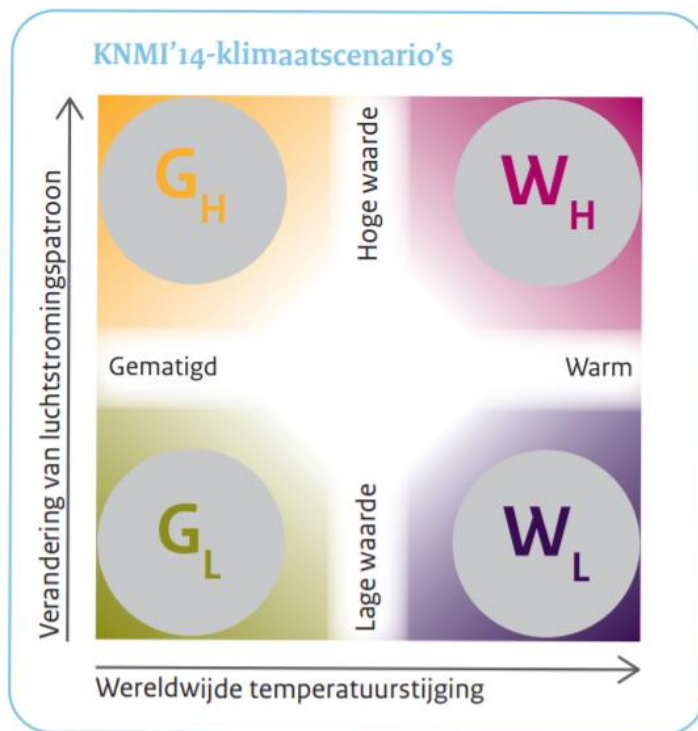


Figuur 1. Schematische weergave van klimaatverandering in de landbouw. Bron: (IPCC, 2012)

1.2 Huidige kennisniveau

Een verwijzing naar het huidige kennisniveau op gebied van klimaatadaptatie in de landbouw is te vinden in de Nationale Adaptatie Strategie (NAS, 2016). Hierin wordt onder meer de kennis opgehaald die is opgedaan in de klimaatadaptatieprogramma's van 'Klimaat voor Ruimte' en 'Kennis voor Klimaat'. In samenwerking met onder meer de sector, kennisinstellingen (waaronder het KNMI) en ingenieursbureaus is gewerkt aan het in kaart brengen van de risico's en het identificeren van adaptatiemaatregelen.

In de programma's Klimaat voor Ruimte en Kennis voor Klimaat is onderzoek gedaan naar de gevolgen van klimaatverandering en adaptatie richting voor landbouw. Zo is voor de regio noord Nederland een dialoog geweest met de boeren om te kijken naar de gevolgen en oplossingen voor verschillende teelten. Hierbij is ook gekeken naar de context van veranderingen in markt en technologie op hogere schaal niveau voor 2050 en 2080. Op het gewasniveau is AgroClimateCalendar (ACC) ontwikkeld (Ben F. Schaap, Blom-Zandstra, Hermans, Meerburg, & Verhagen, 2011), een tool om de gevolgen van klimaatverandering in kaart te brengen voor een 17-tal gewassen, met name gericht op extreem weer. De ACC is in dit project verder toegepast op bedrijfsniveau. In 2017 is, op basis van nieuwe KNMI'14



Figuur 2: KNMI '14 Klimaatscenario's. Bron: (Klein Tank et al., 2015)

scenario's, een update gemaakt, voor een kleiner aantal gewassen.

Figuur 2 toont de vier KNMI klimaatscenario. Twee scenario's kennen een gematigde (de G scenario's) temperatuurstijging, twee een grote temperatuurstijging (de W scenario's). Op de andere as is de mate van verandering van het luchtstromingspatroon te zien; een lage waarde, L, en een hoge waarde, H.

Tabel 1 toont de concretere weersveranderingen per klimaatscenario (KNMI, 2015).

Tabel 1 Weersdata voor KNMI'14 scenario's GL, GH, WL, WH voor zomers rond 2050 ter illustratie. Bron: (KNMI, 2015)

Indicator	Klimaat [®] 1951-1980	Klimaat [®] 1981-2010 = referentie- periode	Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2050 ^o (2036-2065)			
			G _L	G _H	W _L	W _H
temperatuurstijging:			+1 °C	+1 °C	+2 °C	+2 °C
Verandering van luchtstromingspatroon:			Lage waarde	Hoge waarde	Lage waarde	Hoge waarde
gemiddelde hoeveelheid jaar-op-jaar variaties ¹⁾	224 mm	224 mm	+1,2%	-8%	+1,4%	-13%
dagelijkse hoeveelheid die eens in de 10 jaar wordt overschreden ^o	-	± 113 mm	+2,1 tot +5%	-2,5 tot +1,0%	+1,4 tot +7%	-4 tot +2,2%
maximum uureerslag per jaar	44 mm	44 mm	+1,7 tot +10%	+2,0 tot +13%	+3 tot +21%	+2,5 tot +22%
aantal natte dagen (≥ 0,1 mm)	14,9 mm/uur	15,1 mm/uur	+5,5 tot +11%	+7 tot +14%	+12 tot +23%	+13 tot +25%
aantal dagen ≥ 20 mm	45 dagen	43 dagen	+0,5%	-5,5%	+0,7%	-10%
zonnestraling	1,6 dagen	1,7 dagen	+4,5 tot +18%	-4,5 tot +10%	+6 tot +30%	-8,5 tot +14%
relatieve vochtigheid	149 kJ/cm ² ²⁾	153 kJ/cm ²	+2,1%	+5%	+1,0%	+6,5%
potentiële verdamping (Makkink)	78%	77%	-0,6%	-2,0%	+0,1%	-2,5%
gemiddeld hoogste neerslagtekort gedurende het groeiseizoen ³⁾	253 mm ³⁾	266 mm	+4%	+7%	+4%	+11%
hoogste neerslagtekort dat eens in de 10 jaar wordt overschreden ^o	140 mm	144 mm	+4,5%	+20%	+0,7%	+30%
	-	230 mm	+5%	+17%	+4,5%	+25%

In 2017 heeft het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) in overleg met het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) een start gemaakt met de klimaatadaptatiedialoog 'Landbouw, waterbeheer en verzekeren'. Een van de uitkomsten was de behoefte aan gebiedsdialoogen over water, natuur, landbouw en stedelijk gebied. Boeren nemen al diverse maatregelen om de gevolgen tegen te gaan zoals frequenter beregenen, verbeteren waterafvoer en op gebiedsniveau afspraken maken over waterpeilbeheer.

In 2017 is in een korte studie gekeken naar de financiële weerbaarheid van de landbouw, waarbij naast de toenemende gevolgen van extremen en de perceel- en bedrijfsmaatregelen die genomen kunnen worden om de risico's van extremen op te vangen, ook is gekeken naar de financiële mechanismen waarmee een risico kan worden opgevangen. Waar de impacts op het gewas in relatie tot de groeifase van het gewas redelijk zijn in te schatten blijft het bepalen van de economische schade door extremen lastig. Duidelijk was dat binnen de sector het delen van kennis over de gevolgen en het omgaan met extremen ad hoc is.

In 2019 zijn er een aantal nieuwe PPS'en opgestart of goedgekeurd; PPS eiwittransitie en klimaat, PPS Klimaatadaptatie; die ook met klimaatverandering en adaptatie aan de slag gaan. De PPS eiwittransitie kijkt in hoeverre de introductie van eiwitgewassen de risico's voor klimaatverandering kunnen verminderen, en de PPS klimaatadaptatie kijkt naar akkerbouw gewassen en richt zich op zoetwaterbeschikbaarheid en verzilting.

In begin 2020 heeft het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit het Actieprogramma klimaatadaptatie landbouw gelanceerd (Ministerie van LNV, 2020). Daarin wordt een klimaat adaptieve landbouw nagestreefd en wordt aangegeven hoe de landbouw zich kan voorbereiden op extreem weer en andere risico's. Ons rapport is daar een goede start voor.

Kortom, er is al veel lopend onderzoek naar klimaatverandering en de effecten op de landbouw. In deze studie wordt de informatie uit deze onderzoeken benut, toegepast en geconcretiseerd voor de boerenpraktijk in de open teelten, met als focus akkerbouw.

1.3 Vraagstelling & aanpak

Om een concretiseringsslag te kunnen maken, gaat dit rapport in op een drietal vragen:

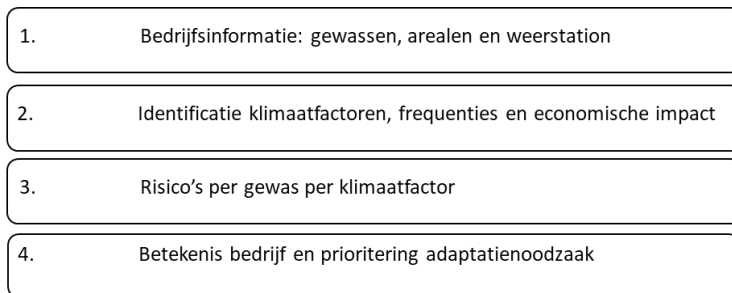
1. Welke klimaatveranderingen zijn er en waar en hoe gaan deze de landbouw in de open teelten in Nederland beïnvloeden?
2. Wat zijn de risico's op bedrijfsniveau in de open teelten van deze klimaatverandering, nu en in de toekomst (2050)?
3. Wat zijn effectieve adaptatiemaatregelen en welke risico's kunnen zij verminderen? Wat zijn daarbij neveneffecten/afwentel effecten van deze maatregelen op andere duurzaamheidsthema's?

Om deze vragen te beantwoorden is de volgende aanpak, per deelvraag, gebruikt.

Aanpak

1. De klimaatverandering trends voor Nederland zijn globaal in kaart gebracht en er is bekeken in welke regio's deze ontwikkelingen prominenter worden, en welke gewassen kwetsbaar zijn voor deze ontwikkelingen. Gecombineerd leidt dit tot een overzicht van waar welk type bedrijf in de open teelten kwetsbaarder wordt voor een specifieke klimaatontwikkeling.
2. Om de risico's van klimaatverandering in kaart te brengen voor een boerenbedrijf, is er een methodiek ontwikkeld voor een stresstest. Deze methodiek is gepresenteerd in hoofdstuk 3.1.

De bedoeling van de klimaatstresstest is om voor individuele agrarische bedrijven inzicht te geven wat klimaatverandering betekent voor het akkerbouwbedrijf. Daarvoor wordt gebruikt gemaakt van de KNMI 2014 klimaatscenario's en de 'AgroClimateCalendar' (Ben F. Schaap et al., 2011). De uitkomsten van de stresstest geven een indruk van de knelpunten in het bedrijf die als gevolg van klimaatverandering vragen om adaptatie-maatregelen. Deze test kan gebruikt worden tijdens keukentafelgesprekken met ondernemers gericht op bewustwording en op het vormgeven van een adaptatie-plan. Hieronder staan de stappen van de stresstest-methodiek in een diagram uitgewerkt (Figuur 3). Deze vier stappen worden doorlopen voor een specifiek bedrijf, als casus met een representatief voorbeeld-bouwplan van een bepaalde regio. Eerst wordt het bedrijf gekarakteriseerd (stap 1), vervolgens worden de bijbehorende klimaatfactoren, de frequenties (in het heden en rond 2050) daarvan en economisch impacts in kaart gebracht (stap 2). De economische impacts en frequenties van de klimaatfactoren worden vermenigvuldigd om tot het risico per klimaatfactor van de gewassen te komen (stap 3). De laatste stap (4) is het bespreken van de uitkomsten en aangeven waar de knelpunten van klimaatverandering verwacht worden, om zo de noodzaak voor adaptatie op een bepaalde klimaatfactor te ontwikkelen en implementeren.



Figuur 3. De stappen van de stresstest om een inzicht te krijgen in het bedrijfsrisico voor klimaatverandering.

- Er is een inventarisatie gedaan naar maatregelen die structureel weers- en klimaatbestendigheid verbeteren of die de gevolgen van extremen ad hoc kunnen bestrijden of beheersbaar houden. Deze maatregelen zijn kort gekarakteriseerd en er worden kanttekeningen en andere relevante opmerkingen rondom implementatie en neveneffecten genoemd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van praktijkervaringen (onder andere via de Agro Climate Calendar (ACC); (Ben F. Schaap et al., 2011; Verhagen, van Asseldonk, & Pronk, 2018).
Maatregelen zijn gebundeld in maatregelgroepen. Deze groepen zijn in het Nationale Adaptatie Strategie (NAS) bollenschema's, met specifieke focus op bedreigingen voor de landbouw (NAS, 2019) geplaatst. Zo zijn de maatregelen gekoppeld aan de klimaatrends en impact die geïdentificeerd zijn in de NAS. Op deze is overzicht gecreëerd wat voor type maatregelen adaptief kunnen werken op een klimaatrend trend en bijkomende impacts op de landbouw. Naast een eerste inschatting van het te bereiken effect op een meer klimaatbestendig teeltsysteem wordt ook in beeld gebracht wat de te verwachten (in eerste instantie kwalitatief) effecten op andere thema's zijn. Dit zijn bijvoorbeeld nutriëntenbenutting, C-vastlegging, broeikasgasemissie, groene gewasbescherming en last but not least wat betekenen de opties voor kosten en opbrengsten/kwaliteit. Het kan hierbij dus ook gaan over maatregelen waar bij de landbouw dienend is aan een bepaald (regionaal) doel en waarvan uit regio optiek in geïnvesteerd zou kunnen worden zoals compensatie voor diensten geleverd door de landbouw.
- De stresstest vormt het startpunt van een gesprek over klimaatverandering, over de impact van klimaatverandering op gewassen en bedrijfsvoering en over mogelijke klimaatadaptatie. Door het doen van een stresstest wordt er lokale informatie over de specifieke problemen van het bedrijf in relatie tot klimaatverandering opgehaald en weer toegevoegd aan de kennis die al aanwezig is. Hiermee wordt bijvoorbeeld de kwetsbaarheid van een teelt op een bepaalde bodemsoort verfijnder in beter in beeld gebracht en worden er mogelijk aanpassingen gedaan

aan het ontwerp van klimaatadaptatiemaatregelen. Ook de kosten van klimaatverandering en de baten kunnen met regionale cijfers geschat worden waardoor ook het portfolio van adaptatiemaatregelen steeds verfijnder wordt. Bovenstaand proces van het toepassen van de stresstest is iteratief en kan ook met de nieuwe klimaatgegevens die in 2022 beschikbaar komen worden aangevuld.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport volgt de indeling gemaakt in de inleiding; eerst worden de klimaatfactoren in de open teelten behandeld (hoofdstuk 2), vervolgens wordt de achtergrond van stresstest methodiek geïntroduceerd (hoofdstuk 3.1) verder toegespitst (hoofdstuk in 3.3) en zijn een tweetal voorbeelden volgens het stappenplan uitgewerkt in hoofdstuk 3.4. Een uitgewerkte lijst met maatregelen is gepresenteerd in hoofdstuk 4.1, waaruit er effectieve maatregelen zijn geselecteerd die nauwkeurig inspelen op de uitkomsten van de twee voorbeeld-bedrijven (hoofdstuk 4.2). Tot slot worden conclusies en aanbevelingen genoemd in hoofdstuk 5.

2 Klimaatfactoren in de open teelten

2.1 Nationale Adaptatie Strategie

Met de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) wordt beoogd om de effecten van klimaatverandering voor Nederland te verkleinen of ten minste beheersbaar te houden. Schades, overlast, ziekten, vroegtijdige sterfte en nadelige veranderingen in milieukwaliteit en ecosystemen zijn voorbeelden van nadelige effecten. De NAS brengt nieuwe initiatieven op gang en versnelt en verbreedt bestaande initiatieven. Voor het onderdeel landbouw in de NAS is geput uit projecten die gedaan zijn in diverse klimaatadaptatieprogramma's zoals Ruimte voor Klimaat en Kennis voor Klimaat. Dit heeft geresulteerd in Klimaatscenario's en Kansen (B F Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Naast risico's is in andere projecten ook nadrukkelijk gekeken naar de kansen die geïdentificeerd kunnen worden zoals in het project Hotspot Oude Vaart en Reest waar is gewerkt aan een gebiedsproces (B. Schaap, Geertsema, Schotman, Visser, & de Vree, 2011). Vertegenwoordigers uit de NAS hebben bijgedragen aan de ontwikkeling van het Actieprogramma klimaatadaptatie landbouw in 2020 (Ministerie van LNV, 2020).

2.2 Klimaattrends voor sectoren

In dit rapport gaan we uit van de klimaattrends zoals beschreven in de Nationale Adaptatie Strategie (NAS). Dat zijn; het klimaat wordt: 1. warmer, 2. droger, 3. natter en 4. de zeespiegel stijgt. Bij deze trends gaat het ook over de verspreiding van bijvoorbeeld neerslag over de seizoenen heen. Zo vallen extreme regen buien in een droge zomer ook onder de trend het wordt natter. Per trend zijn

Legenda

NAS adaptatietool voor de analyse van klimaatrisico's

Trends

-  Het wordt warmer
-  Het wordt droger
-  Het wordt natter
-  De zeespiegel stijgt




Sectoren

-  Water en ruimte
-  Natuur
-  Landbouw, tuinbouw en visserij
-  Gezondheid
-  Recreatie en toerisme
-  Infrastructuur
-  Energie
-  ICT en telecom
-  Veiligheid

Impact

-  Groot gevolg - deze eeuw
-  Middelgroot tot groot gevolg - dit decennium

Aard gevolgen

-  Gevolg is bedreiging
-  Gevolg is kans
-  Gevolg is onduidelijk

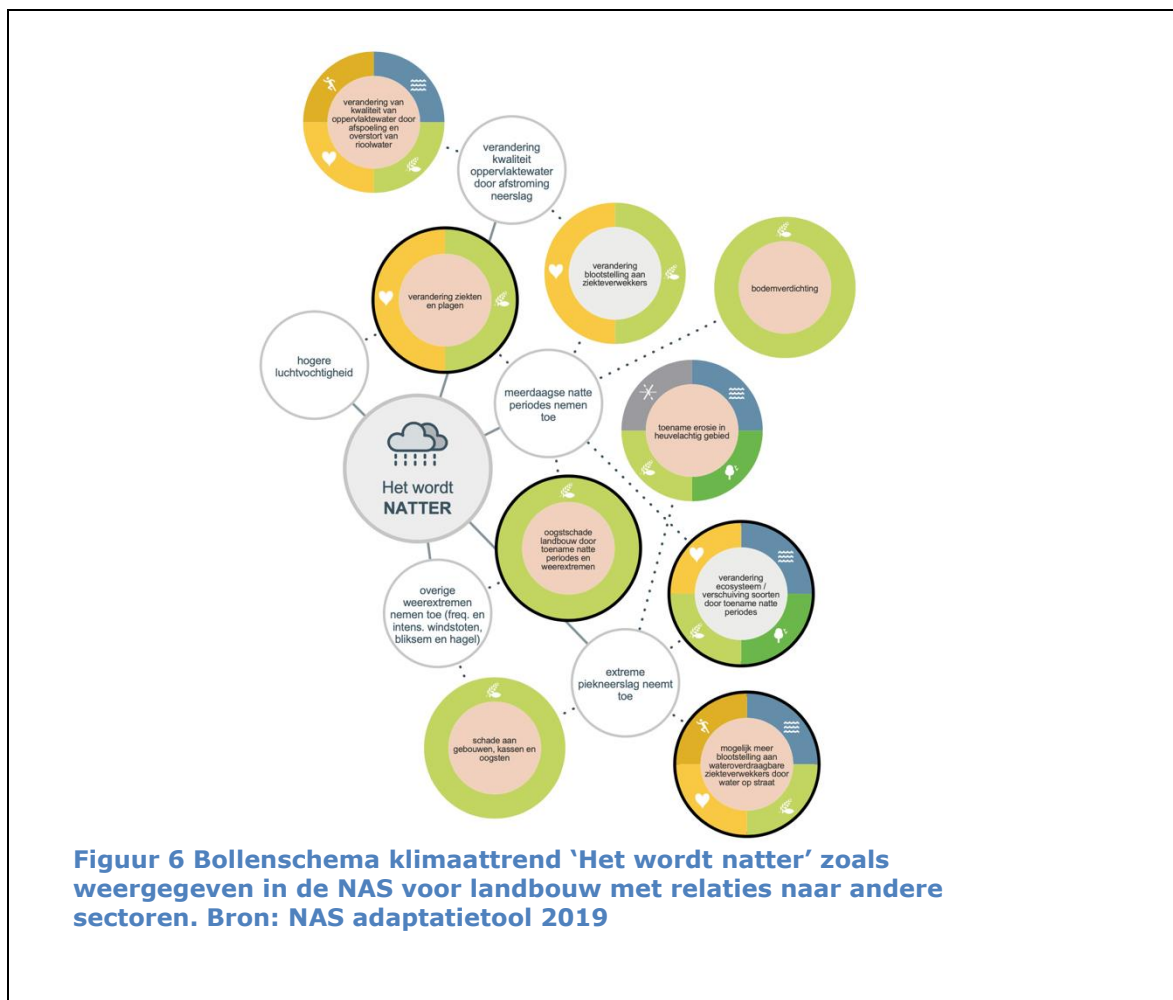
Disclaimer: Deze visualisatie is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid en daarmee onvolledig. Niet alle causale verbanden zijn weergegeven. Meer informatie: www.ruimtelijkeadaptatie.nl/nas

Figuur 4. Legenda bijbehorend aan de NAS-bollen diagrammen (bron NAS 2019).

veranderingen aangegeven in de witte bollen, en gevolgen in de gekleurde bollen (zie <https://nas-adaptatietool.nl/>, (NAS, 2019)). Sectoren waarin deze gevolgen relevant zijn, worden ook per bol aangegeven (zie Figuur 4 voor legenda). In dit rapport is Landbouw als sector geselecteerd, maar de gevolgen voor de landbouw kunnen ook spelen in andere sectoren.

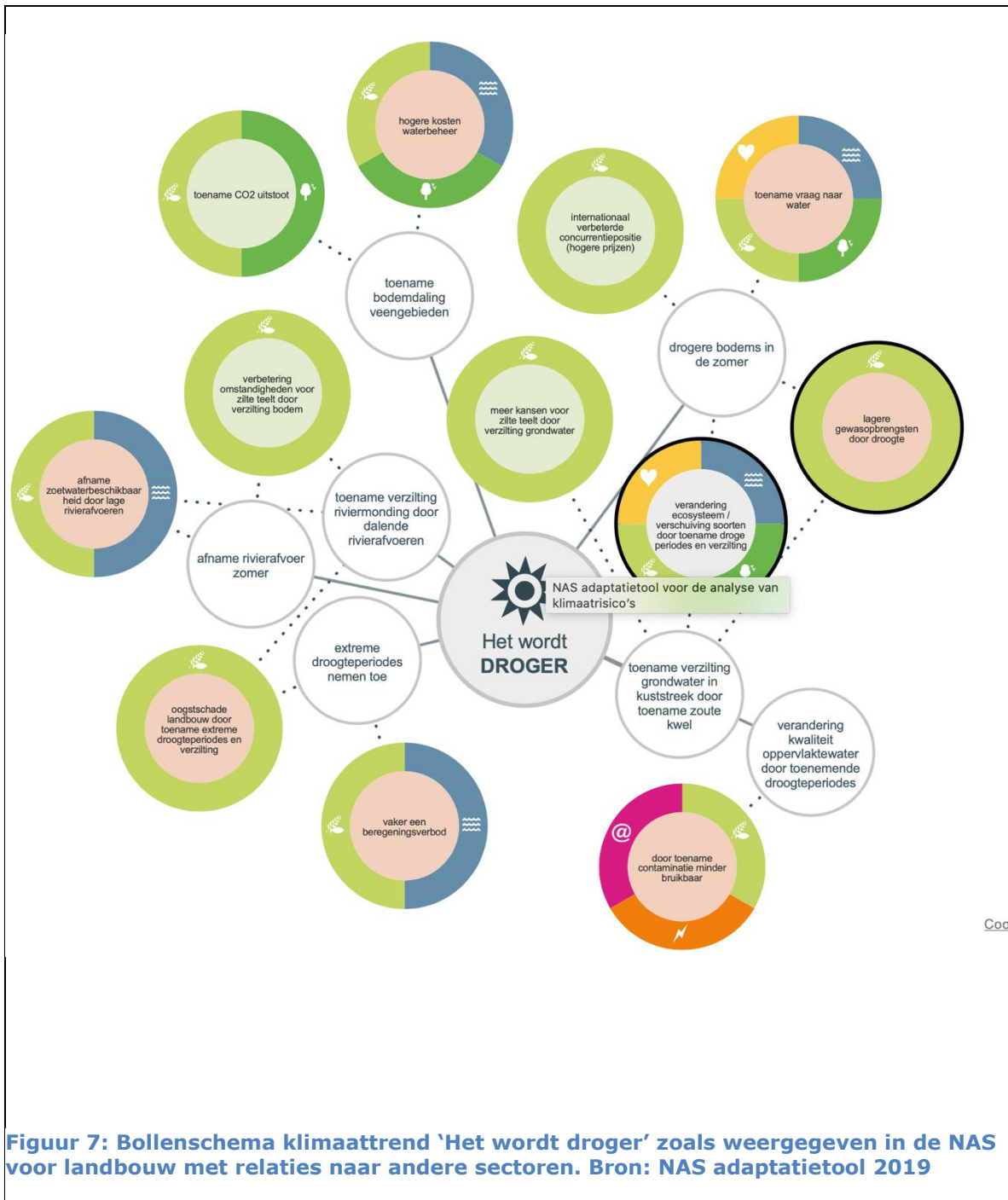
2.2.1 Het wordt warmer

Het warmer worden van het klimaat zorgt voor een aantal effecten die niet allemaal ongunstig zijn voor de landbouw (Figuur 5). Gewassen groeien onder sommige warme omstandigheden sneller dan in koude omstandigheden. Dit effect is goed te modelleren met gewasgroeimodellen en dit aspect van deze klimaattrend is goed en veelvuldig omschreven in de literatuur (Wolf et al., 2012). Warmere omstandigheden kunnen ook zorgen voor een verschuiving van de teelt, naar een steeds vroegere oogst of juist een latere oogst van bijvoorbeeld gras of mais. Naast de positieve effecten van warme omstandigheden voor de open teelten zijn er ook een aantal negatieve effecten. Hittestress bij vee is geïdentificeerd als een factor bij extreem hete omstandigheden. In de fruitteelt kan er minder bloei inductie plaatsvinden waardoor fruitbomen minder vruchten dragen. Op gebied van ziekten en plagen betekent het dat de overlevingskans van ziekten en plagen in de winter toeneemt waardoor de ziekte of plaag zich beter kan manifesteren in het groeiseizoen. Door de beter manifestatie van plaagdieren kan ook ziekte-overdracht zoals virusziekten door luizen (vector van de virusziekte) toenemen. Door asynchronisatie van de toename van deze vector (luis) met reproductie van zijn natuurlijke vijand (lieveheersbeestje) wordt het probleem nog groter.



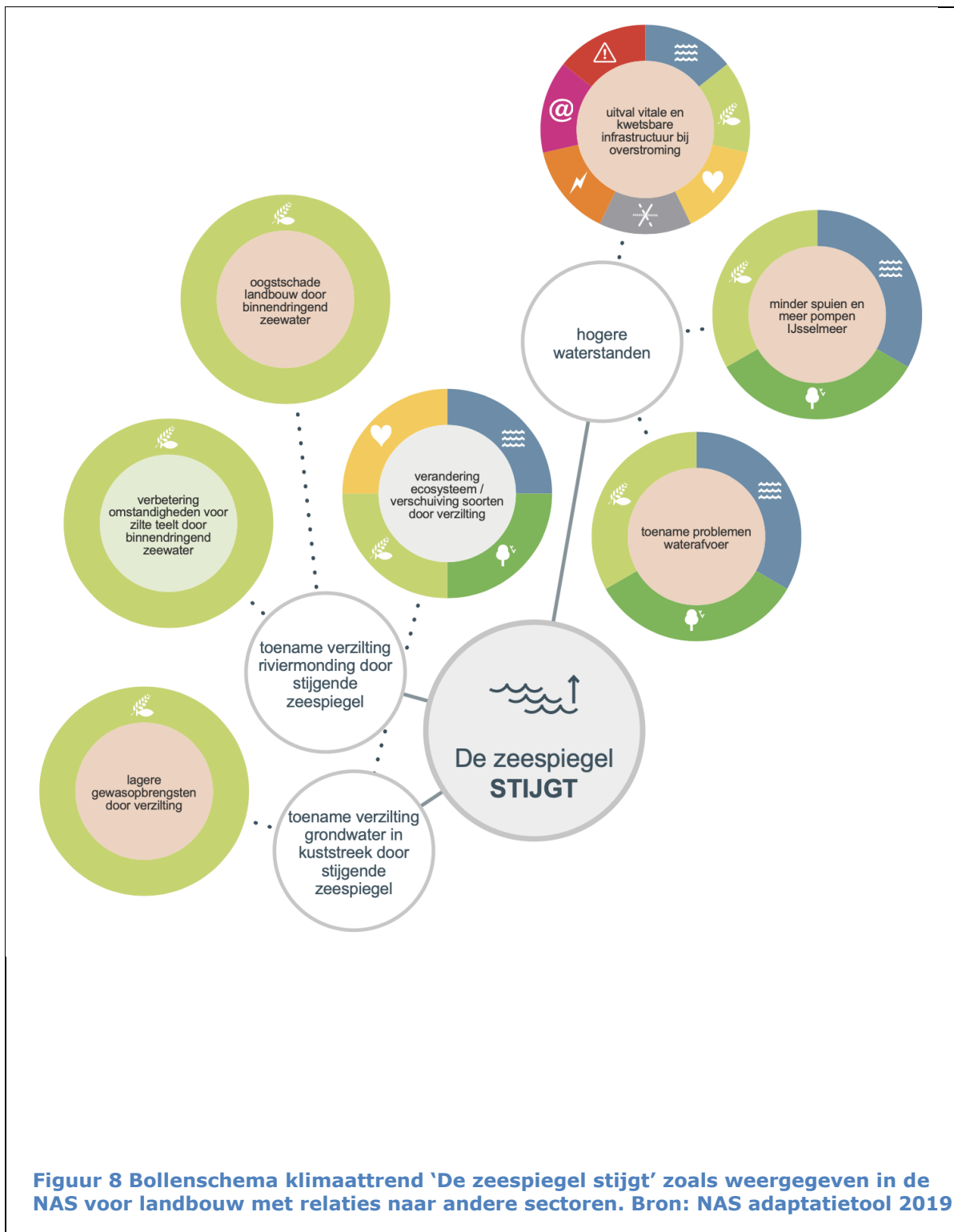
2.2.3 Het wordt droger

Droge omstandigheden hebben meestal negatieve gevolgen voor de opbrengst van veel gewassen doordat planten watertekort ervaren (Figuur 7). Als er geen mogelijkheid tot beregenen is dit effect het meest prominent. Voor een aantal teelten hoeft dit voor een ondernemer niet per se heel slecht te zijn omdat de opbrengstderving ook zorgt voor het beperken van het aanbod en veelal leidt tot fors hogere prijzen voor het oogstbare product. Echter, de situatie kan regionaal verschillen door meer of minder goede uitgangssituatie door beschikbaarheid van zoet water. Een voorbeeld is Texel (waar helemaal geen zoet water aangevoerd kan worden) en de Veenkoloniën waar met moeite voldoende water aangevoerd kan worden.



2.2.4 De zeespiegel stijgt

Doordat de zeespiegel stijgt nemen waterstanden van meren en sloten toe en zal ook verzilting toenemen Figuur 8.



Verzilting vindt plaats in verschillende landschappen en verschillende teeltsystemen. Om de problematiek in de context van klimaatverandering beter te kunnen beoordelen is het van belang om de combinatie van het landschap en het bijbehorende watersysteem te koppelen aan de teeltsystemen en de kwetsbaarheden voor de impact van verzilting.

Direct aan de kust vindt er ook indringing plaats van zout zeewater op plekken waar de zee hoger staat dan het land. In deze zones is het landbouwsysteem aangewezen op de zoetwaterlenzen die zich vormen door het jaarlijkse neerslagoverschot. Zoet water is lichter dan zout water dus de zoetwaterlens bevindt

zich bovenop het relatief ondiepe zoute grondwater. De zoetwatervoorraad is in deze gebieden dus zeer beperkt en vanuit de ondergrond is er geen mogelijkheid om zoet water op te pompen om bijvoorbeeld te beregenen. Klimaatverandering maakt de problemen voor telers groter doordat het neerslagoverschot kleiner kan worden en er in droge en warme omstandigheden meer water verdampt.

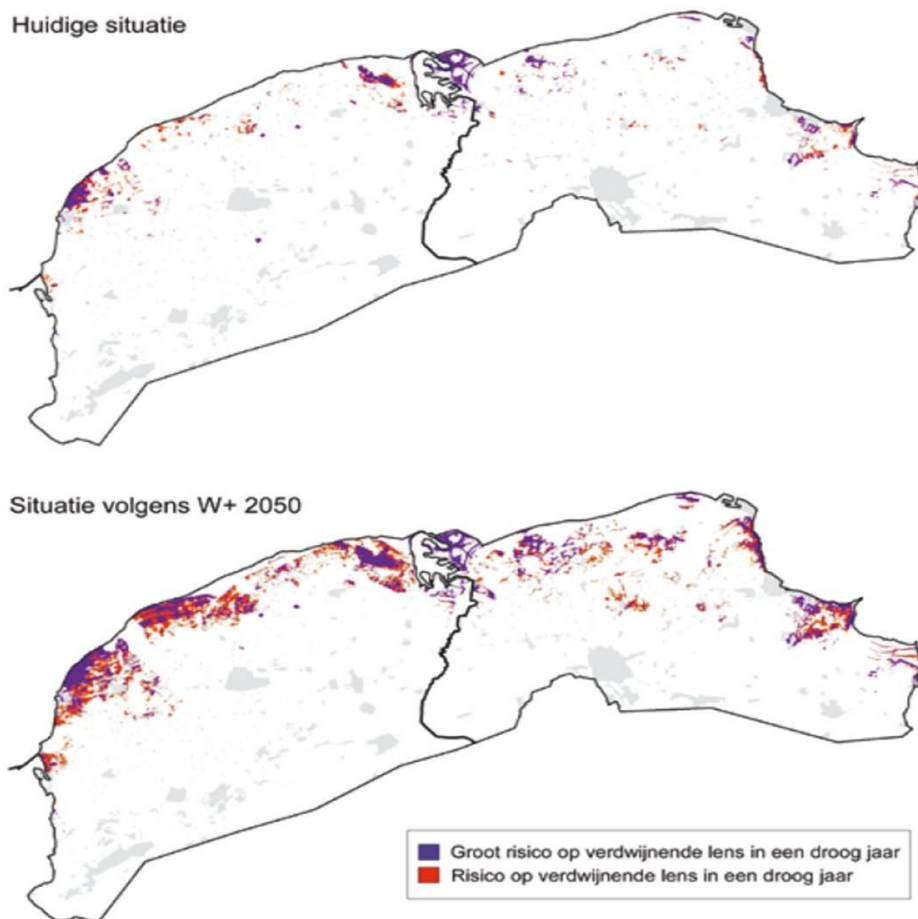
Verder uit de kust (droogmakerijen) kan bij het oppompen van water uit de ondergrond er ook verzilting optreden. Dit gebeurt als het water uit dieperliggende grondlagen gehaald wordt waarin zout is afgezet. Klimaatverandering kan ervoor zorgen dat er een grotere watervraag is waardoor er meer verzilting optreedt van het opgepompte water.

Het oppervlaktewater kan verzilten door verschillende oorzaken en kan meerdere bronnen hebben.

1. Doordat sloten in systemen met dunne zoetwaterlenzen grondwater lager liggen dan het omliggende land zullen deze sloten ook zout water aantrekken vanuit het ondiepe zoute grondwater. Dit slootwater is daardoor minder geschikt voor beregening. Momenteel worden veel hoofwatergangen 'doorgespoeld' met zoet water van elders. Klimaatverandering maakt het probleem groter omdat zeespiegelstijging zorgt voor een hogere druk van zout water.
2. Daarnaast zorgen open rivierverbindingen met de zee voor verzilting van het oppervlaktewater, hierbij heeft de cyclus van eb en vloed invloed op de mate van verzilting in de loop van een dag. In sommige gebieden wil men de natuurlijke zoet-zout cyclus door eb en vloed weer meer toelaten ten behoeve van specifieke getijdennatuur. Dit heeft gevolgen voor wanneer en hoeveel zoetwater er ingenomen kan worden ten behoeve van bijvoorbeeld het doorspoelen van sloten. Klimaatverandering kan ervoor zorgen dat er minder water ingenomen kan worden waardoor ook het doorspoelen van de verzilte sloten lastiger wordt door een tekort aan zoet water.
3. Tenslotte is er ook nog interne verzilting die kan optreden als er weinig mogelijkheid is om de sloten goed door te spoelen. Dit kan voorkomen bij droogmakerijen waar relatief weinig zoet water ingenomen kan worden voor een goede doorspoeling van de sloten. Zo'n gebied kan dan door diverse activiteiten (bemesting, drainage) waar mineralen uitspoelen verzilten doordat ze niet afgevoerd worden. Klimaatverandering draagt bij aan de problematiek doordat de watervraag meer kan zijn waardoor er eerder slecht water aangesproken wordt voor beregening van grasland en mais bijvoorbeeld.

Het verziltingsvraagstuk heeft de laatste jaren aardig wat aandacht gekregen en er is ook meer kennis beschikbaar gekomen door diverse experimenten. Momenteel loopt er een begeleidingsonderzoek van WUR, Delphy en LTO om samen met bollenboeren beter grip te krijgen op de werkelijke impact en de perceptie van verzilting op de teelt (indringing van zout ondiep grondwater).

Ook is er meer bekend over de schadedrempels bij gewassen in verschillende groeistadia (van Bakel, Blom-Zandstra, & Stuyt, 2018).



Figuur 9. Verzilting van zoetwaterlenzen uit Verzilting van landbouwgronden in Noord-Nederland in het perspectief van de effecten van klimaatsverandering (Van Staveren en Velstra 2012)

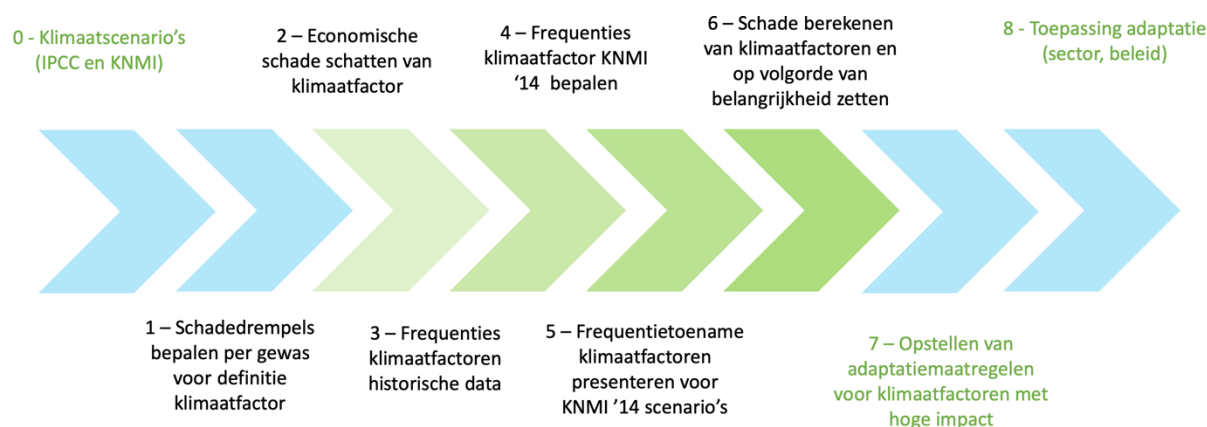
Figuur 9 toont een verzilting-risicokaart (van Staverden & Velstra, 2012). Duidelijk is te zien dat het grote risico op een verdwijnende zoetwaterlens toeneemt (paars in figuur), net zoals het normale risico (rood in figuur) waardoor verzilting in de kustgebieden van Friesland en Groningen vaker op zal treden rond 2050 in het W scenario.

3 Stresstest

De ontwikkelde stresstest bouwt voort op de reeds bestaande Agro Climate Calendar (ACC). De ACC wordt daarom eerst geïntroduceerd. Daarna wordt de methodiek van de stresstest beschreven, gevolgd door twee concrete voorbeelden waarbij de stresstest is toegepast op twee verschillende bedrijfssituaties.

3.1 Agro Climate Calendar; klimaatfactoren en frequenties

Voor het bepalen van kwetsbaarheden van teelten is vanaf 2008 (Wit de, Swart, & Luijendijk, 2009) een methode ontwikkeld: de Agro Climate Calendar. De ACC brengt in kaart welke specifieke weersomstandigheden relevant zijn voor een specifieke teelt. De ACC aanpak beperkt zich tot het teeltseizoen, inclusief de (voorgaande) grondbewerking en de bewaring van het geogste product op het bedrijf. De methode is ontwikkeld voor de noordelijke provincies van Nederland, om met ondernemers zinvolle klimaatadaptatiemaatregelen te identificeren. De ACC maakt inzichtelijk hoe het klimaat verandert en hoe dat een impact heeft op de teelt van gewassen. Daaruit blijkt dat het ene gewas veel grotere gevolgen ondervindt van klimaatverandering dan het andere gewas. Dat is bij het gesprek met boeren en adviseurs over adaptatiemaatregelen belangrijke informatie.



Figuur 10 Stappen voor de toepassing van de AgroClimateCalendar.

Figuur 10 toont de stappen voor de toepassing van de ACC, in een regionale setting. Voordat de ACC toegepast kan worden, wordt in stap 0 de lokale klimaatdata van het KNMI opgehaald, zowel de historische klimaatdata als de toekomstige scenario data. In stap 1 worden samen met gewasexperts de schadedrempels bepaald voor iedere klimaatfactor. Uitgangspunt is de huidige teelt, dus zonder additionele adaptatie. In stap 2 wordt samen met de gewasexpert(s) de economische schade geschat van de klimaatfactor door de minimale schade en maximale schade aan te geven. In stap 3 worden de frequenties van het voorkomen van klimaatfactoren berekend aan de hand van 30 jaar historische weerdata van het lokale weerstation, de referentieperiode. De referentieperiode is voor deze studie 1981-2010. In stap 4 worden de frequenties bepaald van klimaatfactoren in minimaal 2 scenario's van de KNMI '14 scenario's. In stap 5 wordt de frequentietoename van klimaatfactoren berekend van de historische situatie naar de KNMI '14 scenario's. In stap 6 wordt de toegenomen schade van de klimaatfactoren berekend en worden de klimaatfactoren op volgorde van belangrijkheid gezet. In stap 7

worden voor de belangrijkste klimaatfactoren adaptatiemaatregelen opgesteld. Stap 8 is de begeleiding van adaptatie met de uitkomsten van stap 1-7.

Een voorbeeld van hoe de ACC wordt uitgevoerd is gegeven in Schaap et al (2011). Hieronder is het voorbeeld van het gewas pootaardappel gegeven ter illustratie, voor de regio Noord-Holland. Daarvoor is gebruik gemaakt van de klimaatscenario's voor het weerstation De Kooy. Figuur 11 laat zien welke klimaatfactoren optreden in bepaalde kwetsbare perioden (in maanden) en wat de meteorologische omschrijving van de klimaatperiode is. Daarnaast kan de klimaatfactor ook impact hebben op het bedrijfsmanagement en op heeft de klimaatfactor een impact op het gewas. De economische schade wordt uitgedrukt in een bandbreedte als percentage van de economische opbrengst en is gebaseerd op expertbeoordelingen. Deze schade kan zowel kwantitatief (lage opbrengst) als kwalitatief (infectie, rotting etc.) zijn. Er wordt expliciet een bandbreedte/bereik aangegeven omdat lokale omstandigheden ervoor kunnen zorgen dat er meer of minder schade optreedt. Of een perceel hooggelegen ligt kan bijvoorbeeld uitmaken of een aardappelgewas gevoelig is voor hevige neerslag. Het uitgangspunt voor het bepalen van de schade door een klimaatfactor is de huidige teeltsituatie.

Klimaatfactor	Kwetsbare periode	Meteorologische omschrijving	Bedrijfsmanagement	Impact op gewas	Gewicht economische schade (%)	Referentie
Nat veld	Okt – Apr	Periode van 21 dagen of meer met 0,5 mm neerslag (regen) op 75% van de dagen	Ploegen en voorbereiden zaaiBED	Late plantdatum	-	(Bus et al., 2003)
Hevige neerslag	Mei – Sep	Daagelijkse neerslag van minimal 45 mm of minimal 60 mm in 3 dagen	-	Rotten van de knollen	25-75	(Haverkort, 2008)
Hittegolf	Jul – Sep	Hittegolf (minimaal 3 dagen met T > 30°C in een periode van minimaal 5 dagen T > 25°C)	-	Doorwas	25-75	(Haverkort and Verhagen, 2008; Haverkort, 2008; Jackson, 1999)
Warm en nat	Jul – Sep	Minimaal 14 aaneengesloten dagen met een maximale T > 20°C en minimaal op 50% van de dagen minimal 0,5 mm neerslag	-	Pectobacterium (voorheen Erwinia) carotovorum veroorzaakt zwartbenigheid	10-50	(Czaikowski et al., 2009; Haverkort and Verhagen, 2008; Haverkort, 2008)
Langdurig nat	Jun – Sep	Minimaal 21 dagen met meer dan 0,5 mm neerslag op 75% van de dagen	Spuiten	Niet mogelijk om Phytophthora bestrijding uit te voeren	50-100	(Haverkort, 2008; Zwankhuizen and Zadoks, 2002)
Nat veld	Aug - Okt	Periode van 21 dagen met meer dan 0,5 mm neerslag (regen) op 75% van de dagen	Oogst	Schade aan knollen	N.A.	(Bus et al., 2003)
Warme winter	Dec – Mar	Periode van minimaal 14 dagen met een maximale temperatuur > 10°C	Opslag	Rotten van aardappels en vroege kieming in maart	25-75	(Bus et al., 2003; Haverkort and Verhagen, 2008)

Figuur 11 Klimaatfactoren, kwetsbare periode, meteorologische omschrijving, bedrijfsmanagement, impact op gewas en de bandbreedte van het gewicht van de economische schade voor het gewas pootaardappel.

Door de meteorologische omschrijving van de klimaatfactor te combineren met de historische klimaatdata van het KNMI tussen 1981 en 2010 kunnen we vaststellen wat de historische frequentie is van het voorkomen van de klimaatfactoren zoals beschreven voor poot aardappel, zie Figuur 12 hieronder.

Klimaatfactor + Impact	Scenario	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Tot
Nat veld	Historisch	5	4	2	1						4	6	4	26
Later planten														
Hoge intensiteit regenval	Historisch					0	2	3	5	4				14
Verrotting														
Hittegolf	Historisch							0	0	0				0
Doorwas														
Warm and nat	Historisch							1	0	0				1
Pectobacterium														
Aanhoudend nat	Historisch					0	0	2	1					3
Phytophthora														
Nat veld	Historisch								1	2	4			7
Oogst														
Warme winter	Historisch	0	0	1									1	2
Verrotting														

Figuur 12 Historische frequentie van klimaatfactoren voor poot aardappel per maand in het referentie klimaat van 1995 (1981-2010) station De Kooy, Noord-Holland.

Op dezelfde manier als bij de historische klimaatgegevens wordt de frequentie ook berekend voor het toekomstige klimaat rond het jaar 2050 (2036-2065) voor KNMI'14 klimaatscenario's Gl en Wh. Door de 2050 frequenties te vergelijken met de historische frequenties komen we op frequentieveranderingen per maand (Figuur 13). De veranderingen kunnen zowel positief (zomerhitte) als negatief (winterkoude) zijn.

Klimaatfactor / Impact	Scenario	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Tot
Nat veld	Gl	0	0	+1	0						0	0	0	+1
Later planten	Wh	+1	+1	+1	+2						0	+1	+2	+8
Hoge intensiteit regenval	Gl					0	0	0	0	+2				+2
Verrotting	Wh					0	+1	0	-1	+3				+3
Hittegolf	Gl							0	+2	0				+2
Doorwas	Wh							+1	+5	0				+6
Warm and nat	Gl							0	0	0				+0
Erwinia	Wh							0	+4	0				+4
Aanhoudend nat	Gl					0	0	0	0					+0
Phytophthora	Wh					0	0	+1	-1					+0
Nat veld	Gl								0	0	0			+0
Oogst	Wh								-1	0	0			-1
Warme winter	Gl	0	0	2									1	+3
Verrotting	Wh	2	1	4									6	+13

Figuur 13 Frequentieverandering van klimaatfactoren voor poot aardappel per maand in KNMI'14 scenario's Wh en Gl van 2050 (2036-2065) ten opzichte van historische data 1995 (1981-2010) van station De Kooy, Noord-Holland.

In eerdere projecten zijn een 17 gewassen onderzocht volgens de ACC methodiek Tabel 2.
Tabel 2 De in de ACC beschikbare gewassen.

Gewas
Wintertarwe
Consumptieaardappel
Zetmeelaardappel
Suikerbiet
Pootaardappel
Zaai-ui
Winterpeen
Mais
Gras
Tulp
Lelie
Koolzaad
Druiven
Zonnebloem
Kers
Artisjok
Tomaat (kas)

3.2 Impacts op lokale teelten

3.2.1 Klimaatdata

Een vergelijking van de KNMI '14 scenario data voor de verschillende weerstations (gedaan door Pondini (2017)) laat zien dat over het algemeen de trends voor de verschillende stations overeenkomstig zijn, maar dat er onderling wel duidelijke verschillen zijn. Weerstations langs de kust (Vlissingen, De Kooy) wijken af van stations die meer landinwaarts liggen: Het weerstation De Kooy registreert bijvoorbeeld veel minder hittegolven dan station Deelen (Gelderland) of Maastricht (Limburg). Voor de regio Maastricht is het bijvoorbeeld zo dat de drempelwaarde extreme hitte voor Mais wel wordt overschreden en voor De Kooy niet. De frequenties van het referentie-klimaat (1981-2010) en de klimaat-scenario's zijn specifiek gemaakt voor een aantal weerstations in Nederland. De vijf weerstations zijn:

- Eelde (Groningen)
- De Bilt (Utrecht)
- Maastricht (Limburg)
- De Kooy (Noord-Holland)
- Vlissingen (Zeeland)

3.2.2 Omgevingscondities

De economische schade hangt af van de lokale omstandigheden. Afhankelijk van de precieze veldomstandigheden kan een overschrijding van een drempelwaarde van de klimaatfactor tot meer of minder schade leiden, vandaar de bandbreedte van impact (laag en hoog). Lokale topografie maar ook bijvoorbeeld gewas- of bodemmanagement kunnen ervoor zorgen dat een ondernemer eerder aan de boven- of aan de onderkant van de bandbreedte van schade zit.

3.2.3 Teeltsystemen

Eerdere studies (Ben F. Schaap et al., 2011) hebben voor akkerbouw in Flevoland op basis van de ACC berekend dat hittegolven en warme winters voor de pootgoed- en consumptie aardappelteelt de belangrijkste extremen zijn. Voor uien zijn dat de warme en natte omstandigheden. In deze uitwerking is uitgegaan van KNMI '06 scenario's en inmiddels zijn de KNMI'14 scenario data beschikbaar. In een studie waarin de ACC is toegepast op de KNMI'14 scenario's heeft Pondini (2017) vastgesteld dat ook natte omstandigheden in het WI scenario schade veroorzaken bij aardappelen door verrotten van de knollen. Hittegolven lijken voor mais in de toekomst een probleem te geven, met name in de oostelijke en zuidelijke provincies waar de drempelwaarde van 40 C overschreden kan worden. Voor grasland is er schade bij langdurige droge en hete omstandigheden. Gewasgroeimodellen laten zien dat er veel gewassen profiteren van verhoogde temperatuur en CO₂ niveaus, bijvoorbeeld voor mais ((Paas, Kanellopoulos, van de Ven, & Reidsma, 2016). Ook suikerbieten lijken te gaan profiteren van minder vorstschade in april/mei.

Naast verschillende veldomstandigheden is er ook een landschappelijke variatie die zorgt voor flink verschillende type bodems en waterbeheer in Nederland. Verzilting van zoetwaterlenzen is, zoals besproken in 2.2 een lokaal fenomeen, met name in de kustzones. In sommige gevallen wordt ook de adaptatiemaatregel door lokale condities beïnvloed, omdat men geen beschikking heeft over zoet water (Texel, delen van Zeeland) of omdat er een beregeningsverbod van kracht is (aardappelen in Noord-Nederland vanwege bruinrot).

De interactie tussen ziekten en plagen en weersomstandigheden is een vraagstuk op zich. Globaal genomen zijn droge en warme omstandigheden gunstig voor insecten, terwijl veel schimmel- en bacterieziekten vooral onder vochtige omstandigheden optreden. Koude winters zijn gunstig, omdat veel onkruiden, aardappelopslag en schadelijke insecten dan bevroren. Als er voldoende

gewasbeschermingsmiddelen zijn om deze problemen te beheersen, is het risico op schade beperkt. Echter, de algemene trend is dat de effectiviteit van het beschikbare (chemische) middelenpakket afneemt, terwijl de ontwikkeling van bijv. resistente rassen achterblijft. Lokale omstandigheden kunnen daarnaast van invloed zijn op de ziekte- en plaagdruk: De kustzone is namelijk voor een aantal teelten aantrekkelijker omdat er minder overdracht van virusziekten plaatsvindt door bladluizen vanwege de invloed van de zee. In het binnenland is de schade door late nachtvorsten groter, waardoor o.a. suikerbieten in die regio's een groter risico lopen.

Voor kapitaalintensieve teelten kan de impact van hagel een toenemend probleem worden als deze niet verzekerd zijn. Denk hierbij aan de boomkwekerij en de fruitteelt, maar aan de bollen- en groenteteelt. Ook waterschade is in veel dure teelten een groot probleem omdat hevige neerslag kan leiden tot drastische schade door kwaliteitsverliezen.

De zetmeel aardappelteelt in de Veenkoloniën heeft het door diverse factoren niet makkelijk, de teelt is vrij intensief en de teelt is niet zó hoogrenderend zoals de consumptie- of pootgoedaardappelteelt. Het steeds vaker voorkomen van extremen en ziekten en plagen in 2050 kan deze teelt nog verder benadelen, vooral omdat de aanvoer van zoet water niet optimaal is vanwege de topografische (hoge) ligging.

Klimaatverandering biedt ook kansen voor bepaalde teelten. Gewasgroeimodellen laten bijvoorbeeld zien dat de suikerbieten opbrengsten omhoog kunnen. Mais zou het ook goed moeten doen omdat het een C4 plant is en redelijk goed tegen droogte kan. Echter, mais heeft wel veel last van hittestress als de temperaturen boven de 40 graden komen, zoals in 2019 is gebeurd. Naast gangbare teelten zijn er ook nieuwe teelten die kunnen profiteren zoals de druiventeelt of zonnebloemteelt. Wel moet vastgesteld worden dat deze teelten vooralsnog erg klein zijn en er nog weinig afzetkanalen en ketenpartijen van betekenis zijn die de teelt kunnen opschalen.

De biologische sector heeft specifieke uitdagingen. De biologische teelt is vaak arbeidsintensief en kapitaalintensief waardoor klimaatextremen potentieel een grote impact hebben. Daarnaast kunnen weersgerelateerde uitbraken van ziekten en plagen minder goed bestreden worden. Aan de andere kant heeft de biologische akkerbouw wel vaak meer spreiding van risico doordat er meer gewassen geteeld worden.

3.3 Methodiek stresstest

Om klimaatadaptatie op lokaal niveau beter te kunnen vormgeven, is in aanvulling op de AgroClimateCalendar een stresstest ontwikkeld voor het bedrijfsniveau. Deze stresstest combineert de lokale klimaat- en gewasspecifieke ACC data met gegevens over het bedrijf zoals arealen en bouwplan. Door dit te doen wordt voor de boer helder welke gewassen in het bouwplan het meeste risico lopen en hoe groot het aandeel daarvan is in het totale bedrijfsrisico voor klimaatverandering. Hieronder wordt stap voor stap de methodiek voor de stresstest gepresenteerd.

De stresstest geeft voor een aantal gewassen de huidige en toekomstige risico's van klimaatfactoren¹ weer, zonder adaptatiemaatregelen toe te passen. Dit ligt in lijn met de hierboven besproken ACC. Deze impact kan zowel kwantitatief (minder kg opbrengst) als kwalitatief (kwaliteitsproblemen producten) van aard zijn. Het jaarlijkse risico is de combinatie van de impact van een specifieke klimaatfactor en de jaarlijkse kans dat deze voorkomt. In de stresstest worden de risico's van alle klimaatfactoren samen genomen, waarbij sommige klimaatfactoren vaker voorkomen dan andere, en/of grotere impact hebben.

¹ een kenmerkend weerfenomeen dat toegespitst is op een gewas en een impact heeft en zo schade veroorzaakt, bijv. een hittegolf tijdens het groeiseizoen van pootaardappelen

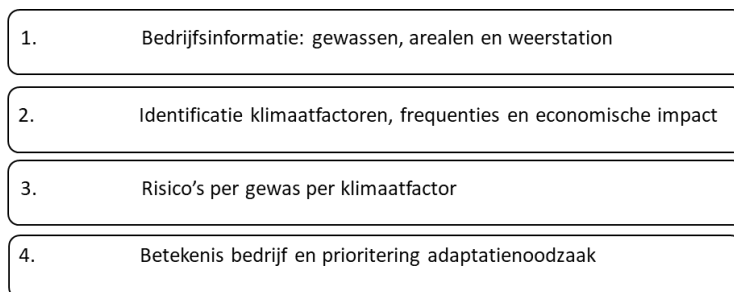
Een boer kan met deze informatie inschatten in hoeverre adaptatie maatregelen nodig zijn op het bedrijf, gericht op specifieke klimaatfactoren (droogte, natte omstandigheden, verzilting, etc.) of op bepaalde gewassen waar het risico het hoogst is.

De KWIN getallen van 2018 gebruikt voor het bepalen van de bruto geldopbrengst van de gewassen. De kosten van teelten zijn buiten beschouwing gelaten. De bruto geldopbrengst van een gewas verschilt per regio, zie van der Voort (2018). De aanname is dat de KWIN opbrengsten gerealiseerd zijn onder de condities van het referentieklimaatscenario.

Per gewas zijn er een aantal klimaatfactoren geïdentificeerd en is beoordeeld hoe groot de bandbreedte impact van deze events is (vanuit de ACC). In de resultaten van de stresstest (3.4) worden deze gepresenteerd en nader uitgewerkt.

3.3.1 Stappenplan

Hieronder het stappenplan van de stresstest (Figuur 14). Dit stappenplan wordt vervolgens per stap gedetailleerd uitgewerkt en toegelicht.



Figuur 14. Stappenplan van de stresstest-methodiek.

1. Bedrijfsinformatie: gewassen en weerstation.

De eerste stap is om de informatie te verzamelen van het landbouwbedrijf in kwestie:

- de gewassen aanwezig op het bedrijf, de arealen per gewas, de bruto geldopbrengst van deze gewassen uit de KWIN 2018 (van der Voort, 2018). Dat gewassaldo en bijbehorende bruto geldopbrengst is de referentie, waarbij wordt uitgegaan dat hierin het huidige klimaat, en de impacts, frequenties en risico's in verwerkt is.
- de selectie van het regionale weerstation (meest nabije of representatieve van de vijf hierboven genoemd).

2. Identificatie klimaatfactoren, frequenties en economische impacts

Als de gewassen en regionaal weerstation zijn geselecteerd, kunnen de bijbehorende klimaatfactoren en frequenties uit de ACC worden bepaald. De combinatie van frequentietoename van de klimaatfactoren met de schatting van de economische impact van deze klimaatfactoren geeft een totale economische schade. Deze bestaat uit een bandbreedte voor een lage en een hoge impact-inschatting afhankelijk van de lokale teeltomstandigheden. Per gewas worden de klimaatfactoren geanalyseerd. Diegene met de grootste frequentieveranderingen (heden ten opzichte van 2050) en de omvang van de impact worden uitgelicht. In het totale bedrijfsrisico zijn alle klimaatfactoren meegenomen.

3. Risico's

Zoals eerder genoemd wordt als referentie het huidige klimaat gekozen en wordt er uitsluitend gekeken wat de additionele risico's (toename frequenties klimaatfactoren) zijn die door klimaatverandering worden veroorzaakt voor de KNMI'14 scenario's.

Om te komen tot inzicht in wat klimaatverandering voor effect heeft op een boerenbedrijf, wordt gewerkt met risico's. Het risico is de kans vermenigvuldigd met het gevolg als een bepaalde event optreedt (impact). De kans is hier de frequentie toe of afname gedeeld door 30 jaar.

$$\text{Risico} = \text{kans} * \text{gevolg}$$

De kans kan hier gezien worden als de frequentie-verandering in de periode rond 2050 ten opzichten van het heden, per periode van 30 jaar, uitgedrukt in de kans per jaar (frequentie delen door 30 jaar).

De kansen worden vermenigvuldigd met de impact (schade in €) per keer dat de klimaatfactor optreedt. Dat leidt tot het risico (kans*gevolg). Het risico is de schade die klimaatfactor per jaar per hectare veroorzaakt. Dus als een klimaatfactor 3 keer vaker voor komt in de toekomst dan in het heden, per 30 jaar voorkomt (kans is 0.1), en de klimaatfactor bij optreden zorgt voor een impact van €100 (bijvoorbeeld 10% van een bruto geldopbrengst van €1000), is het risico van klimaatverandering per jaar per hectare dus €10 (0.1*€100).

Aangenomen is dat de kans op een klimaatfactor kan niet groter dan 1 zijn. Voor het risico betekent dit dat de schade maximaal 1 keer per jaar voor kan komen. Dit voorkomt overschatting van de schade. Immers, als de kans groter dan 1 is, wordt er gerekend met meer dan 1 keer per jaar de impact van de klimaatfactor optreedt. Er echter een mogelijkheid in de realiteit dat een klimaatfactor wel 2 maal in een jaar voorkomt. Dat is in deze berekeningen niet meegenomen.

De risico's die uit de stresstest berekeningen komen zijn niet beïnvloed door extra adaptatie-maatregelen ten opzichte van de huidige teelt bewerkingen en gewas verzorging, oftewel de boer heeft niet extra ingegrepen naar aanleiding van het optreden van een klimaatfactor. Het is goed denkbaar dat als er bijvoorbeeld tijdens droogte berekend is, de daadwerkelijke impact van de klimaatfactor lager uit valt. Tevens zijn er geen extra kosten (voor bijvoorbeeld beregenen) of juist kostenbesparingen (door minder bewerkingen bijvoorbeeld) meegenomen bij het optreden van een klimaatfactor en het opstellen van het risico.

Om de risico's vergelijkbaar te maken, wordt gewerkt met een index. De huidige bruto geldopbrengst van een gewas (op basis van KWIN 2018) is geïndexeerd op 100. Als een klimaatfactor met veel impact in de toekomst vaker voorkomt, zal dat negatief doorwerken op de bruto geldopbrengst, waardoor de index lager dan 100 uitkomt. Komt die op 75 uit, betekent dit dat er nog 75% van de huidige bruto geldopbrengst overblijft, onder dat scenario, als gevolg van die klimaatfactor.

Deze index wordt berekend voor de lage en de hoge impact inschatting (de uitersten van de schade-bandbreedte uit de ACC). Andersom, als een klimaatfactor minder vaak voor gaat komen, kan de bruto geldopbrengst boven de 100 uitkomen in de toekomst. Het risico van een veranderend klimaat wordt zo direct gerelateerd aan de bruto geldopbrengst van gewassen.

Voorbeeldberekening risico, 1 gewas en 1 klimaatfactor.

In deze voorbeeld berekening wordt de berekeningswijze getoond voor 1 klimaatfactor in 1 gewas.

Uitgangsgegevens

- Poot aardappel
 - bruto geldopbrengst €10080, KWIN 2018 Poot aardappel Noord NL eigen mechanisatie (van der Voort, 2018).
- Klimaatfactor: hittegolf
- Type impact: doorwas.
- Periode van kwetsbaarheid: juli-september
- Weerstation: Eelde

Frequentie heden	Frequentie verandering GL 2050	Frequentie verandering WH 2050
11	+ 7	+ 26

De frequenties van hittegolven gaan sterk toenemen in de toekomst. In de 30 jaar periode rond 2050 (dus 2035 en 2065) gaan er dus 7 of 26 extra hittegolven plaatsvinden, in GL 2050 en WH 2050 respectievelijk. De kansen voor in de risico berekening zijn dan $7/30=0.23$ in GL 2050 en $26/30=0.867$ in WH 2050.

	Lage impact inschatting	Hoge impact inschatting
Impact per event	25% -> €2520	75% -> €7560

Risico berekening

Door de kans te vermenigvuldigen met de impact per event, krijgen we de het risico per hectare per jaar. In dit geval is dat:

- Heden: Bruto geldopbrengst = €10080, waarin de huidige risico al ingebed is.
- 2050 GL 2050: risico toename door een frequentie toename tussen €580 en €1739
 - Lage impact: $0.23*2520 = €580$
 - Hoge impact: $0.23*7560 = €1739$
- 2050 WH 2050 risico toename tussen €2520 en €6555
 - $0.867*2520 = €2185$
 - $0.867*7560 = €6555$

In de index (100), waar de huidige bruto geldopbrengst €10080 is:

- Huidige index is 100
- Index in GL 2050:
 - Lage impact: $100 - ((580/10080)*100) = 94$
 - Hoge impact: $100 - ((1739/10080)*100) = 83$
- Index WH 2050
 - Lage impact: $100 - ((2185/10080)*100) = 78$
 - Hoge impact: $100 - ((6555/10080)*100) = 35$

Het WH scenario heeft hier het de grootse negatieve effect. Bij de hoge impact inschatting blijft er in dit scenario, jaarlijks slechts 35% van de bruto geldopbrengst van pootaardappel over als gevolg van de toename van de frequentie van hittegolven.

4. Betekenis en prioritering

Tot slot wordt bepaald wat de grootste uitdagingen van klimaatverandering zullen gaan worden voor het bedrijf, door een prioritering van gewassen en specifieke klimaatfactoren, als basis voor een gerichte adaptatiestrategie voor het bedrijf.

Hiervoor wordt de toename in het risico door klimaatverandering per hectare per jaar van alle klimaatfactoren van de gewassen bij elkaar opgeteld, wordt het afgewogen aan de hand van de arealen van de gewassen (hoe groter het areaal in het bouwplan, hoe groter de weging van het desbetreffende risico op gewasniveau) en afgezet tegen de bruto geldopbrengst van het bedrijf, per hectare. Deze bruto geldopbrengst per hectare is een gewogen gemiddelde van de bruto geldopbrengsten van de aanwezige gewassen, berekend per hectare. Let op: het risico van een gewas kan in sommige gevallen, doordat risico's opgeteld worden, groter uitvallen dan de bijdrage van het gewas aan de bouwplan bruto geldopbrengst per hectare. In deze gevallen is het risico van dat gewas gelijk gezet aan de bijdrage van het gewas aan de bouwplan bruto geldopbrengst (maximale risico = 100% van de bijdrage aan bruto

geldopbrengst). Doen we dit niet, dan zou dit gewas ook de opbrengsten van de andere gewassen beïnvloeden, wat niet kan gebeuren. De risico-bijdrage van een gewas wordt ook getoond, en zo kan er een beeld gevormd worden over welk gewas nu veel of weinig bijdraagt aan het bouwplanrisico en hoe zich dat verhoudt ten opzichte van bouwplan bruto geldopbrengst per hectare.

Alle klimaatfactoren van de gewassen worden in deze analyse meegenomen, niet alleen de selectie van klimaatfactoren, die op basis van frequentie verandering en omvang van impact gemaakt is. Zo krijgt men een indruk van hoe het totale risico van het bedrijf zich naar de toekomst toe zal ontwikkelen. Een belangrijke notie hier is dat de risico's niet zijn gecorrigeerd voor het feit dat er verschillende klimaatfactoren in één jaar plaatsvinden, waardoor de schade lager uit zal vallen in vergelijking met de situatie dat de klimaatfactoren in verschillende jaren optreedt. Er kan dus sprake zijn van een overschatting van het totale bedrijfsrisico.

3.4 Stresstest casussen

Hieronder worden twee casussen uitgewerkt die de stresstest methodiek toepassen. Eerst een akkerbouwbedrijf met pootgoedaardappelen in Noord Nederland, gevolgd door een voorbeeld van het zuidoostelijk zandgebied. Deze voorbeelden zijn gekozen, omdat ze sterk van elkaar verschillen wat betreft grondsoort, gewassen en regionaal klimaat.

3.4.1 Akkerbouwbedrijf Noord-Nederland

Hieronder worden, per stap(pen) van de methodiek, de resultaten van een pootaardappelbedrijf in Noord Nederland gepresenteerd.

Stap 1. Bedrijfsinformatie

De situatie en uitgangsgegevens. De bedrijfsopzet is in overleg met de projectgroep vastgesteld en aangenomen als representatief voorbeeldbedrijf.

- Gewassen in bedrijf (totaal 140ha):
 - Pootaardappel 36% van areaal
 - bruto geldopbrengst €10.080, KWIN 2018 Pootaardappel Noord NL (van der Voort, 2018).
 - Wintertarwe 36% van areaal
 - bruto geldopbrengst €2.143 (hoofdproduct + stro) KWIN 2018 Wintertarwe kleigrond, Zuidwest en IJsselmeer
 - Suikerbiet 21% van areaal
 - bruto geldopbrengst €3.677, KWIN 2018 kleigrond Noord Nederland
 - Zaai-ui 7% van areaal
 - bruto geldopbrengst €5950, KWIN 2018 kleigrond IJsselmeerpolders
- Weerstation: Eelde

Stap 2 Klimaatfactoren, frequenties en impact

De belangrijkste klimaatfactoren (gebaseerd op een frequentie verandering als gevolg van klimaat scenario's), de impact per factor en het resulterende risico (=kans op event*impact) zijn hieronder getoond (Tabel 3), met hun klimatologische definitie, periode van kwetsbaarheid voor het gewas, de type impact bij optreden, de economische impact (als percentage van de bruto geldopbrengst (kg*prijs) en de frequenties per 30 jaar voor de huidige situatie (1980-2010) en de frequentie verandering in de twee toekomstscenario GL en WH (2035-2065).

Tabel 3. De relevante klimaatfactoren, hun definitie, impact en frequenties in het heden en de frequentieverandering per scenario ten opzichte van heden voor een akkerbouwbedrijf in Noord-Nederland.

Gewas	Klimaatfactor	Definitie	Periode van kwetsbaarheid	Type impact	Impact laag	Impact hoog	Frequentie referentie	Frequentie verandering GL 2050	Frequentie verandering WH 2050
Pootaardappel	Hoge intensiteit neerslag	Op één dag meer dan 45mm neerslag, of 60mm in 3 dagen.	Mei – september	Rotten van knollen	25%	75%	9	+1	+2
	Hittegolf	Mimimaal 3 dagen warmer dan 30°C in en periode met minimaal 5 dagen warmer dan 25°C.	Juli - september	Doorwas	25%	75%	11	+7	+26
	Warme winter	Periode van 14 dagen met een maximum temperatuur boven de 10°C.	December - maart	Rotten van knollen, kiemen in opslag	25%	75%	1	+2	+9
Wintertarwe	Aanhoudend nat	Een periode van minstens 21 dagen met meer dan 0.5mm neerslag op 75% van de dagen.	April- mei	Roest en septoria	25%	75%	3	+2	-1
	Aanhoudend vochtig	Een periode van minstens 21 dagen met meer dan 0.5mm neerslag op 75% van de dagen.	Mei-juli	Roest, Fusarium en Septoria en een lagere kwaliteit	25%	75%	4	0	-1
Suikerbiet	Nat weer	Een periode van 28 dagen met meer dan 10mm neerslag op 10% van de dagen.	Augustus – september	Lagere suiker inhoud	10%	25%	10	+1	0
	Warme winter	Een periode van minimaal 14 dagen met temperaturen boven de 10°C.	December – maart	In opslag verliezen bieten suiker inhoud	10%	25%	1	+2	+9
	Nachtvorst	Minstens 1 dag met een nacht temperatuur lager dan -3°C.	Maart - april	Opkomende plantjes bevroren	10%	20%	127 kans =1)	-79 (kans =1)	-113
Zaai-ui	Lange droge periode in zomer	Een periode van 30 dagen met minder dan 10 mm neerslag.	Juni-juli	Gereduceerde groei	30%	40%	4	0	+6

	Overstroomde bodem	Op één dag meer dan 45mm neerslag, of minstens 100mm in 8 dagen.	September – oktober	Schimmel infecties	0%	100%	1	+1	+5
	Warm en nat	Een periode van 14 aansluitende dagen met een maximum temperatuur boven de 20°C en op 50% van deze dagen minstens 0.5mm neerslag	Juni- augustus	Blad infectie door schimmels	50%	60%	1	+3	+9

De frequenties veranderen naar de toekomst toe door de invloed van klimaatverandering. Zo is te zien dat de frequentie van hittegolven in pootaardappel flink toeneemt, van 11 in de referentieperiode naar 18 keer per 30 jaar in GL naar 37 keer per 30 jaar in WH rond 2050 (in 2035-2065) (zie Tabel 3). De frequenties van de klimaatfactor warme winter (in pootaardappel en suikerbiet) nemen ook flink toe, met +2 en +9 hogere frequenties per 30 jaar-periode in het GL en WH scenario, respectievelijk. Logischerwijs neemt de frequentie van nachtvorst in suikerbiet af door de opwarming van het klimaat. Dat neemt af met 79 (GL) en 113 (WH) frequenties, ten opzichten van hedendaagse frequentie van 127 keer per periode van 30 jaar.

Warme en natte omstandigheden in de zaai-ui komen in de toekomst ook vaker voor, waardoor problemen met bladschimmels toenemen.

Stap 3. Risico's

De risico's als gevolg van een veranderende frequentie door klimaatverandering van de klimaatfactoren, zijn inzichtelijk gemaakt in Tabel 4. De hedendaagse bruto geldopbrengst is als uitgangspunt genomen en geïndexeerd op 100. Per klimaat factor is het effect van een toe of afnemend risico te zien, uitgedrukt in effect op de bruto geld opbrengst. Dat is gedaan voor de twee scenario's in 2050 (GL en WH) en voor de lage en hoge impact inschatting van een klimaatfactor. Deze impacts per event blijven in de toekomst gelijk, maar de frequenties kunnen veranderen, waardoor dus ook het risico verandert.

Tabel 4. Geïndexeerde effecten van risico's per klimaatfactor veroorzaakt door klimaatverandering, waarbij heden de referentie bruto geldopbrengst is (=100), voor een akkerbouwbedrijf in Noord- Nederland.

Gewas	Klimaatfactor	Index				
		Heden	GL 2050 laag	GL 2050 hoog	WH 2050 laag	WH 2050 hoog
Pootaardappel	Hoge intensiteit neerslag	100	99	98	98	95
	Hittegolf	100	94	83	78	35
	Warme winter	100	98	95	93	78
Wintertarwe	Aanhoudend nat	100	98	95	99	98
	Aanhoudend vochtig	100	100	100	101	103
Suikerbiet	Nat weer	100	100	99	100	100
	Warme winter	100	99	98	97	93
	Nacht vorst	100	126	153	138	175
zaai-ui	Lange droge periode in zomer	100	100	100	94	92
	Overstroomde bodem	100	100	97	100	83
	Warm en nat	100	95	94	85	82

Wat opvalt is dat in pootaardappel met name hittegolven voor een flinke reductie van de bruto geldopbrengst plaats gaat vinden, als gevolg van een toenemende frequentie van hittegolven, met doorwas als gevolg. In het WH 2050 scenario, met de hoge impact inschatting, is de index afgenomen van 100 naar 35, wat inhoudt dat er jaarlijks slechts 35% van de bruto geldopbrengst van pootaardappelen overblijft. Het risico-effect van de twee andere klimaatfactoren in pootaardappel is gering; hoge intensiteit neerslag zorgt voor een geringe afname (tot 95 in WH 2050-hoog), en warme winters tot een score tot 78.

In wintertarwe is niet veel verandering te zien in de te verwachten bruto geldopbrengst onder de verschillende scenario's. Omdat aanhoudend vochtig zelfs minder vaak voor gaat komen, kan de geldopbrengst iets toenemen tot 101 of 103 in WH, laag en hoge impact, respectievelijk.

De effecten van risico's op suikerbiet tonen een sterk wisselend beeld per klimaatfactor. Nat weer komt in de toekomst ongeveer even vaak voor, waardoor de index in bijna alle gevallen op 100 blijft. Warme winters komen vaker voor. In het GL scenario is de verandering als gevolg van toenemend risico nog gering (99 en 98 bij lage en hoge impact), maar in het WH scenario daalt de waarde tot 93. Omdat de frequentie van nachtvorst heel sterk afneemt van meerdere malen per jaar tot ongeveer eens in de twee jaar in WH 2050, stijgt de bruto geldopbrengst aanzienlijk; de verdiensten van suikerbiet gaan omhoog.

Tot slot, in zaai-ui zorgen alle drie de klimaatfactoren voor afnemende bruto geldopbrengsten, omdat de frequenties van de drie factoren toenemen. Warm en nat weer heeft het grootste effect, en zorgt in elk scenario voor een afname van de bruto geldopbrengst.

Pootaardappel en zaai-ui zijn de meest kwetsbare gewassen in het bouwplan van het bedrijf in Noord-Nederland als er naar 2050 gekeken wordt, omdat de indexen per klimaatfactor daar het sterkst afnemen en er geen toenames van de bruto geldopbrengst te verwachten zijn. De risico's voor wintertarwe en suikerbiet zijn minder groot. Dat komt omdat de impact van de klimaatfactoren klein zijn (met name voor suikerbiet), de frequenties veranderingen laag zijn en amper toenemen, en voor nachtvorst in suikerbiet zelfs sterk afnemen.

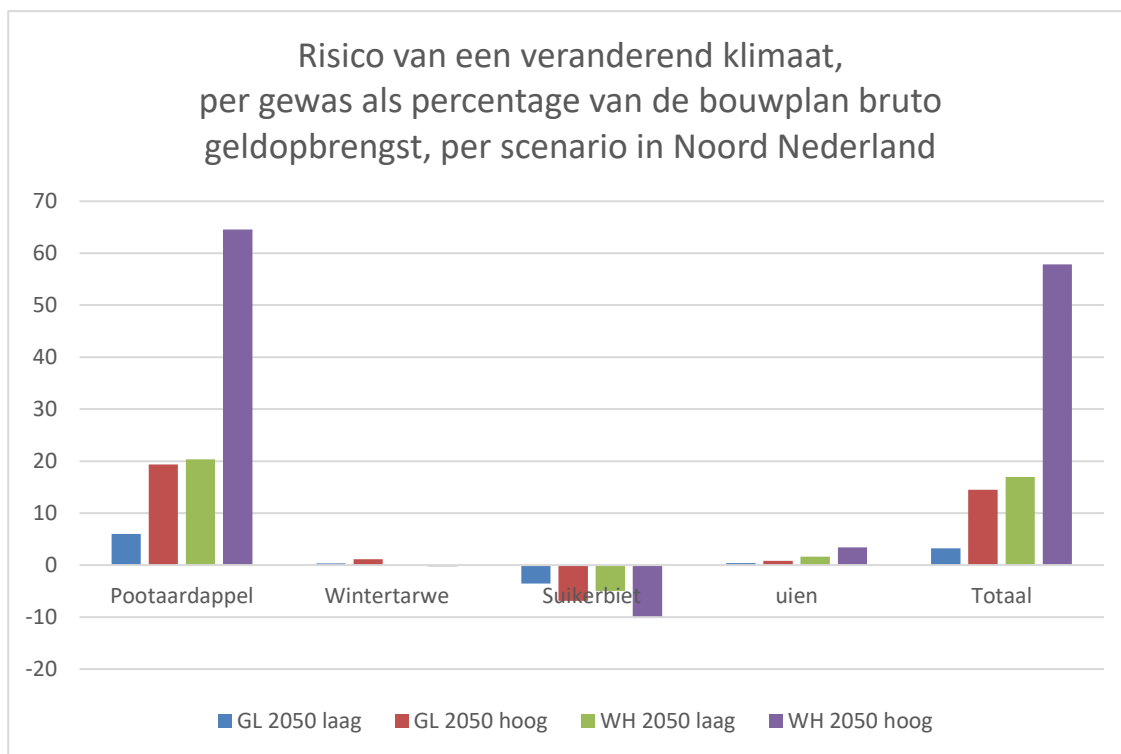
Let op; Deze risico's gaan puur uit van impacts van de klimaatfactor op de bruto geld opbrengst, zonder kosten verandering (vermindering van kosten is denkbaar als er weinig te oogsten is door schade) en adaptatie maatregelen (bijvoorbeeld beregenen in droogte of hittegolven).

Stap 4. Betekenis bedrijf en prioritering adaptatienoodzaak

Om de individuele risico's van klimaatfactoren per gewas op te schalen naar bedrijfsniveau, wordt gekeken naar de bouwplan bruto geldopbrengst. De bouwplan bruto geldopbrengst is een gewogen gemiddelde van de bruto geldopbrengst van de gewassen, naar hun aandeel in het bouwplan. In dit voorbeeldbedrijf van 140 hectare, is 36% pootaardappel, 36% wintertarwe, 21% suikerbiet en 7% zaai-ui. Hoe groter het aandeel van een gewas, hoe groter de bijdrage daarvan aan de bouwplan bruto geldopbrengst. De bouwplan bruto geldopbrengst is hier berekend op €5478 per hectare per jaar.

Figuur 15 toont per gewas het risico als percentage van de bouwplan bruto geldopbrengst per hectare. Dat is ook een gewogen gemiddelde, dus hoe groter het aandeel van het gewas in de arealen van het bedrijf, hoe groter de bijdrage aan het bouwplan risico van dat gewas zal zijn. Hierin zijn alle klimaatfactoren meegenomen, niet alleen de selectie getoond in Tabel 3. Tot slot is het totale bedrijfsrisico getoond (laatste kolommen, totaal in Figuur 15).

Te zien is dat pootaardappel verreweg, in elke scenario, het grootste risico met zich meebrengt in dit bouwplan. In WH 2050 met hoge impact inschatting loopt dat zelfs op tot boven de 60% risico door pootaardappel van de bouwplan bruto geldopbrengst. Dat komt omdat een groot deel van het bouwplan door pootaardappel wordt gevuld (36%) en het een gevoelig gewas is voor de klimaatfactoren en bijbehorende toekomstige frequenties. Wintertarwe draagt heel gering bij, omdat het gewas weinig risico toename kent van klimaatverandering. Zaai-ui is wel gevoelig voor klimaatverandering, zoals in Tabel 4 getoond is, maar omdat het areaal van zaai-uit klein is in dit bouwplan (7%) is de bijdrage aan het risico op bouwplan niveau ook klein. Suikerbiet kent een negatieve risico bijdrage; oftewel een toename in de bruto geldopbrengst omdat de nachtvorst klimaatfactor veel minder vaak voor gaat komen, welke het sterkst is in WH 2050 scenario. Het totale risico van het bedrijf toont het grootste risico in het WH scenario met de hoge impact inschatting en het laagste risico in GL 2050 met de lage impact inschatting. WH 2050 lage impact inschatting geeft op dit bedrijf een hoger risico dan in GL 2050 met hoge impact inschatting.



Figuur 15. Het risico per gewas als percentage van de bouwplan bruto geldopbrengst in Noord Nederland, plus het totale risico effect door klimaatverandering. De bruto geldopbrengst per hectare is voor dit bouwplan €5578.

Een belangrijk notie hier is dat het totale risico per gewas niet groter kan zijn dan de bijdrage van dat gewas aan het bouwplan bruto geldopbrengst. Dat is logisch, omdat risico's in het ene gewas niet leidt tot risico's in andere gewassen.

Vertaalslag uitkomsten stresstest naar bedrijf:

Dus voor een pootgoedteler in Noord Groningen betekent dit:

- Het financiële risico neemt toe naar de toekomst toe in alle scenario's, als gevolg van klimaatverandering. In WH 2050 is deze toename het sterkst, met name omdat pootaardappel dan de grootste risico-toename kent. Het grootste risico treedt op in pootaardappelen, omdat het aandeel van pootaardappel in het bouwplan groot is en het een kwetsbaar gewas is.
- Andere klimaatfactoren worden belangrijker: meer financieel risico door hittegolven en warme winters voor aardappel, minder risico voor schade door nachtvorst voor suikerbieten, meer risico op schade door overstromde percelen en warme/natte periodes in uien.
- Zowel natte als droge/hete extremen komen vaker voor. Bij adaptatiemaatregelen is het dus belangrijk om te kijken naar maatregelen die in beide situaties effectief kunnen zijn (bijv. goede bodemstructuur, risicospreiding). Daarnaast is voor veel gewassen een hoger risico op ziekten door aanhoudend vochtige omstandigheden. Rassenkeus en een effectieve beheersingsstrategie zijn dan belangrijke maatregelen om het risico te beperken.

Hoofdstuk 4.2.1 gaat in op adaptatie maatregelen die goed passen bij de toekomstige risico's van dit voorbeeldbedrijf, op basis van de hierboven gepresenteerde uitkomsten van de stresstest.

3.4.2 Akkerbouwbedrijf Zuidoost Nederland, Zandgrond

Hieronder worden, per stap(pen) van de methodiek, de resultaten van een akkerbouwbedrijf in Zuidoost Nederland op zandgrond gepresenteerd.

Stap 1. Bedrijfsinformatie

De situatie en uitganggegevens.

-
- Gewassen in bedrijf (totaal 100ha):
 - Consumptieaardappel 35% van areaal
 - bruto geldopbrengst €7301, KWIN 2018 Consumptieaardappel Zandgrond ZO NL (van der Voort, 2018).
 - Waspeen 16.7% van areaal
 - bruto geldopbrengst €11603, KWIN 2018 Fijne peen vers markt (waspeen herfstteelt op zandgrond)
 - Mais 25% van areaal.
 - Bruto geldopbrengst €1938, KWIN 2018 zandgrond
 - Suikerbiet 16.7% van areaal
 - bruto geldopbrengst €3613, KWIN 2018 Zandgrond
 - Lelie 16.7% van areaal
 - bruto geldopbrengst €48000, KWIN 2005 Bloembollen en Bolbloemen (Wekken & Schreuder, 2006)
 - Weerstation: Maastricht

Stap 2 Klimaatfactoren, frequenties en impact

De belangrijkste klimaatfactoren (gebaseerd op een frequentie verandering als gevolg van klimaat scenario's, de impact per event en het resulterende risico (=kans op event*impact) zijn hieronder getoond (Tabel 5), met hun klimatologische definitie, periode van kwetsbaarheid voor het gewas, de type impact bij optreden, de economische impact (als percentage van de bruto geldopbrengst (kg*prijs) en de frequenties per 30 jaar, voor de huidige situatie (1980-2010) en de twee toekomstscenario GL en WH (2035-2065).

Gewas	Klimaatfactor	Definitie	Periode van kwetsbaarheid	Type impact	Impact laag	Impact hoog	Frequentie referentie	Frequentie verandering GL 2050	Frequentie verandering WH 2050
Consumptie-aardappel	Hoge intensiteit neerslag	Op één dag meer dan 45mm neerslag, of 60mm in 3 dagen.	Mei – september	Rotten van knollen	25%	75%	19	+3	+5
	Hittegolf	Mimimaal 3 dagen warmer dan 30°C in en periode met minimaal 5 dagen warmer dan 25°C.	Juli - september	Doorwas	25%	75%	18	+12	+48
	Warme winter	Periode van 14 dagen met een maximum temperatuur boven de 10°C.	December - maart	Rotten van knollen, kiemen in opslag	25%	75%	5	+3	+21
Waspeen	Natte bodem	Op één dag meer dan 45mm neerslag, of 60mm in 3 dagen.	Juni-november	Met water verzadigde bodem veroorzaakt rot	10%	100%	24	+4	+10
	Extreme neerslag	Op één dag meer dan 45mm neerslag	Augustus-november	Rotten van wortels	10%	50%	4	+1	+1
Mais	Nat weer	Periode van 14 dagen met op minimaal 75% van de dagen meer dan 0.5mm neerslag	April - mei	Slechte ontkieming door anaerobe omstandigheden, groei vertraging, schade van nematoden	25%	100%	4	0	-1
	Hittegolf	Mimimaal 3 dagen warmer dan 40°C in een periode van 5 dagen	Juli - september	Versnelling van rijping proces dat de verteerbaarheid vermindert	25%	75%	18	+12	+48
Suikerbiet	Nat weer	Een periode van 28 dagen met meer dan 10mm neerslag op 10% van de dagen.	Augustus – september	Lagere suiker inhoud	10%	25%	6	+6	+5
	Langdurig nat	Een periode van 14 dagen met op 75% van deze dagen meer dan 0.5mm neerslag	April-juni	Natte condities veroorzaken Rhizomania	10%	50%	6	-4	+3
	Warme winter	Een periode van minimaal 14 dagen met temperaturen boven de 10°C.	December – maart	In opslag verliezen bieten suiker inhoud	10%	25%	5	+3	+21

Lelie	Warm en nat	Een periode van 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur boven de 20°C, met op minimaal 50% van de dagen meer dan 0.5mm neerslag	April-juni	Botrytus en Fusarium kunnen tot schade leiden	10%	75%	1	+2	+2
	Warme winter	Een periode van minimaal 14 dagen met dagtemperatuur boven de 10°C	December-maart	Koeling kost meer energie. Bij niet meer koelen kwaliteitsverlies	0	10%	5	+3	+21

Tabel 5 De relevante klimaatfactoren, hun definitie, impact en frequenties per scenario voor een akkerbouwbedrijf in Zuidoost Nederland

In de tabel hierboven zien we de belangrijkste klimaatfactoren die relevant zijn voor een representatief akkerbouwbedrijf in Zuidoost Nederland. De impacts per event blijven gelijk, onafhankelijk van hoe vaak ze optreden (frequenties). De impact is uitgedrukt als percentage van de bruto geldopbrengst van een gewas. Bij een impact van 10%, resulteert dat dus in een vermindering van de bruto geldopbrengst met 10%.

De frequenties van verschillende klimaatfactoren veranderen naar de toekomst toe door de invloed van klimaatverandering. Zo is te zien dat de kans op hittegolven (consumptieaardappel, mais, hete dagen bij lelie) flink toe gaat nemen, tot meer dan twee keer per jaar in het extreemste scenario. De kans op warme winters neemt ook fors toe (aardappel, suikerbiet, lelie), evenals natte omstandigheden en neerslagextremen.

Stap 3 Risico's

De risico's als gevolg van een veranderende frequentie door klimaatverandering van de klimaatfactoren, zijn inzichtelijk gemaakt in Tabel 6. De hedendaagse bruto geldopbrengst is als uitgangspunt genomen en geïndexeerd op 100. Per klimaat factor is het effect van een toe of afnemend risico te zien, uitgedrukt in effect op de bruto geld opbrengst. Dat is gedaan voor de twee scenario's in 2050 (GL en WH) en voor de lage en hoge impact inschatting van een klimaatfactor. Deze impacts per event blijven in de toekomst gelijk, maar de frequenties kunnen veranderen, waardoor dus ook het risico verandert.

Tabel 6. Geïndexeerde effecten van risico's per klimaatfactor veroorzaakt door klimaatverandering, waarbij heden de referentie bruto geldopbrengst is (=100), voor een akkerbouwbedrijf in Noord- Nederland.

Gewas	Klimaatfactor	Index				
		Heden	GL 2050 laag	GL 2050 hoog	WH 2050 laag	WH 2050 hoog
Consumptie aardappel	Hoge intensiteit neerslag	100	98	93	96	88
	Hittegolf	100	90	70	75	25
	Warme winter	100	98	93	83	48
Waspeen	Natte bodem	100	99	87	97	67
	Extreme neerslag	100	100	98	100	98
Mais	Nat weer	100	100	100	101	103
	Hitte golf	100	90	70	75	25
Suikerbiet	Nat weer	100	98	95	98	96
	Langdurig nat	100	101	107	99	95
	Warme winter	100	99	97	93	82
Lelie	Warm en nat	100	99	95	99	95
	Extreme hete dagen	100	100	100	100	100
	Warme winter	100	100	99	100	93

In Tabel 6 is te zien welke klimaatfactoren de grootste impact hebben: hittegolven kunnen in het extreemste scenario (WH hoog) 75% van de bruto geldopbrengst kosten in consumptieaardappel en mais. Ook warme winters betekenen een fors risico voor consumptieaardappelen. Deze extremen komen in de toekomst naar verwachting veel vaker voor, terwijl deze klimaatfactoren ook een grote schade kunnen veroorzaken in het gewas (tot 75%, zie Tabel 5).

Wat ook opvalt is dat het risico bij een heel aantal neerslag-gerelateerde klimaatfactoren wel toeneemt, maar minder extreem, zo rond de 5-15% van de bruto geldopbrengst (index tussen de 95

en 80). Dat is deels te verklaren omdat de frequentie van deze factoren niet zo extreem toeneemt en deels omdat de schade aan het gewas niet zo groot is (zie Tabel 5).

NB Deze risico's gaan puur uit van impacts van de klimaatfactor op de bruto geld opbrengst, zonder kosten verandering (vermindering van kosten is denkbaar als er weinig te oogsten is door schade) en adaptatie maatregelen (bijvoorbeeld beregenen in droogte of hittegolven).

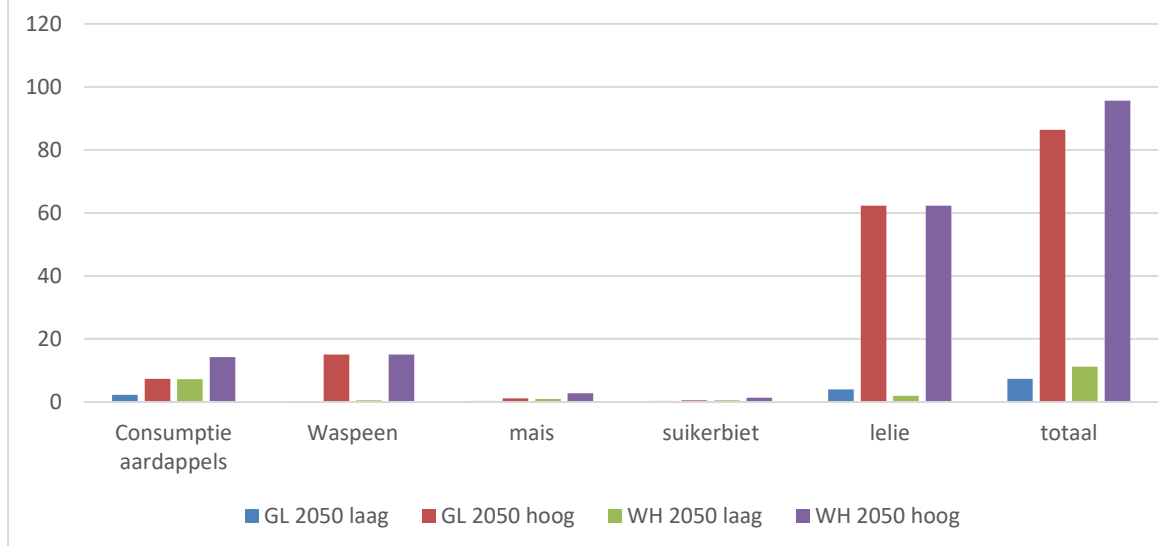
Stap 4. Betekenis bedrijf en prioritering adaptatienoodzaak

Om de individuele risico's van klimaatfactoren per gewas op te schalen naar bedrijfsniveau, wordt gekeken naar de bouwplan bruto geldopbrengst. De bouwplan bruto geldopbrengst is een gewogen gemiddelde van de bruto geldopbrengst van de gewassen, naar hun aandeel in het bouwplan. In dit voorbeeldbedrijf van 100 hectare, is 33% consumptieaardappel, 16,7% mais, 16,7% suikerbiet, 16,7% waspeen, 16,7% lelie. Hoe groter het aandeel van een gewas, hoe groter de bijdrage daarvan aan de bouwplan bruto geldopbrengst. De bouwplan bruto geldopbrengst is hier berekend op €12.846 per hectare per jaar, waarbij lelie met een bruto geldopbrengst van €48.000/ha een grote bijdrage levert, ondanks het feit dat lelie maar een zesde van het areaal heeft.

Figuur 16 toont per gewas het risico als percentage van de bouwplan bruto geldopbrengst per hectare. Dat is ook een gewogen gemiddelde, dus hoe groter het aandeel van het gewas, hoe groter de bijdrage aan het bouwplan risico van dat gewas zal zijn. Hierin zijn alle klimaatfactoren meegenomen, niet alleen de selectie getoond in Tabel 5. Tot slot is het totale bedrijfsrisico getoond (laatste kolommen, totaal in Figuur 16).

Te zien is dat lelie verreweg, in elke scenario, het grootste risico met zich meebrengt in de toekomst in dit bouwplan. In WH 2050 hoog loopt dat zelfs op tot boven de 60% risico door lelie van de bouwplan bruto geldopbrengst. Dat komt door de hoge bruto geldopbrengst van lelie, waardoor zelfs een relatief klein risico op schade aan het gewas toch een groot financieel risico oplevert. De toenemende risico's in consumptieaardappelen en waspeen hebben ook een zichtbare impact op de bruto geldopbrengst van het bedrijf. Dat geldt in veel mindere mate voor mais en suikerbieten. De verschillen ontstaan deels door het aandeel in het bouwplan (één derde voor aardappelen, één zesde voor de overige gewassen), de bruto geldopbrengst per hectare (relatief hoog voor waspeen en consumptieaardappel, relatief laag voor suikerbieten en snijmais) en de risico's van klimaatverandering per gewas (hoog in aardappel, minder hoog in de andere gewassen). In totaliteit loopt het risico voor dit bedrijf behoorlijk op, tot 95% van de huidige bruto geldopbrengst (WH 2050 hoog).

Risico van een veranderend klimaat, per gewas als percentage van de bouwplan bruto geldopbrengst, per scenario in Zuidoost Nederland



Figuur 16. Het risico per gewas als percentage van de bouwplan bruto geldopbrengst in Noord Nederland, plus het totale risico effect door klimaatverandering. De bruto geldopbrengst per hectare is voor dit bouwplan €12846.

Vertaalslag uitkomsten stresstest naar bedrijf:

Dus voor een akkerbouwer in het Zuidoostelijk zandgebied betekent dit:

- Het financiële risico neemt toe, maar hangt sterk af van het klimaatscenario: in gematigde scenario's (GH en WH laag) zit het financiële risico op ongeveer 5-10%, terwijl dit in extremere scenario's (GH en WH hoog) oploopt tot 85-95% van de bruto geldopbrengst op bouwplanniveau. Lelies leveren de grootste bijdrage aan dit risico, gevolgd door waspeen en consumptieaardappelen.
- Andere klimaatfactoren worden belangrijker: meer financieel risico door hittegolven en warme winters, meer risico op natte omstandigheden tijdens het teeltseizoen. Dit levert in vrijwel alle gewassen problemen op. Het valt op dat de schade bij natte en warme omstandigheden vooral indirect veroorzaakt wordt door allerlei ziektes (bacterie- en schimmelziektes).
- Zowel natte als droge/hete extremen komen vaker voor. Bij adaptatiemaatregelen is het dus belangrijk om te kijken naar maatregelen die in beide situaties effectief kunnen zijn (bijv. goede bodemstructuur, risicospreiding). Daarnaast is voor veel gewassen een hoger risico op ziekten door aanhoudend vochtige omstandigheden. Rassenkeus en een effectieve beheersingsstrategie zijn dan belangrijke maatregelen om het risico te beperken.

Hoofdstuk 4.2.2 gaat in op adaptatie maatregelen die goed passen bij de toekomstige risico's van dit voorbeeldbedrijf, op basis van de hierboven gepresenteerde uitkomsten van de stresstest.

4 Adaptatiemaatregelen

Om de risico's van klimaatverandering te beperken en het rendement van bedrijven op peil te houden, zijn aanpassingen in bedrijfsvoering of van het landbouwsysteem nodig. Om inzicht te krijgen in welke aanpassingen (maatregelen) er nodig zijn is gekozen voor een benadering vanuit klimaattrends die verwacht worden en soms al merkbaar zijn. In veel gevallen zullen maatregelen generiek zijn of in ieder geval voor meerdere klimaattrends van toepassing.

4.1 Adaptatiemaatregelen per klimaattrend

Voor het benoemen van klimaattrends en het weergeven van de impact (in dit geval landbouw) is gebruik gemaakt van de weergave zoals deze in de tool van de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) is gebruikt. Klimaattrends welke uitgewerkt zijn (zie ook 2.2):

- Zeespiegel stijgt
- Het wordt natter
- Het wordt droger
- Het wordt warmer

Vervolgens zijn maatregel-thema's in hetzelfde diagram gezet, waarin ze verbonden zijn aan de specifieke impact van een klimaattrend. De maatregelen die passen bij de impacts die optreden door het klimaattrends zijn weergegeven in rechthoeken met daarbij de sectoren in de Open Teelten in welke de maatregel effectief toegepast zou kunnen worden. De sectoren die onderscheiden worden zijn. Onder sierteelt behoren de bloembollen.



Op deze manier is er een overzicht gecreëerd welke maatregel-thema's, in welke sector(en), effectief zijn op welke klimaatimpacts per klimaattrend.

Hieronder wordt per klimaattrend eerst het diagram met daarin de maatregel-thema's weergegeven (zoals waterbeheer), gelinkt aan de impacts (zoals lagere opbrengsten door verzilting). Vervolgens worden concrete maatregelen besproken per maatregel-thema die adaptief werken op de impact die de klimaattrend heeft (zoals druppel irrigatie). In Bijlage 1 is een uitgebreidere tabel opgenomen waarin een overzicht van de maatregelen en op welke klimaattrends deze een adaptieve werking hebben, inclusief trade-offs getoond wordt.

Adaptatiemogelijkheden zijn ook afhankelijk van de financiële mogelijkheden binnen het bedrijf. Als de adaptatiemaatregel hoge investeringen vereist kan dit dan ook ten koste kunnen gaan van de financiële weerbaarheid.

Zeespiegel stijgt

- Akkerbouw + Vollegroondsgroeten
- Gras & Mais
- Fruit & Bomen
- Sierteelt



Figuur 17. Maatregel-thema's gelinkt aan de impacts geïdentificeerd in de NAS van de zeespiegel stijgt.

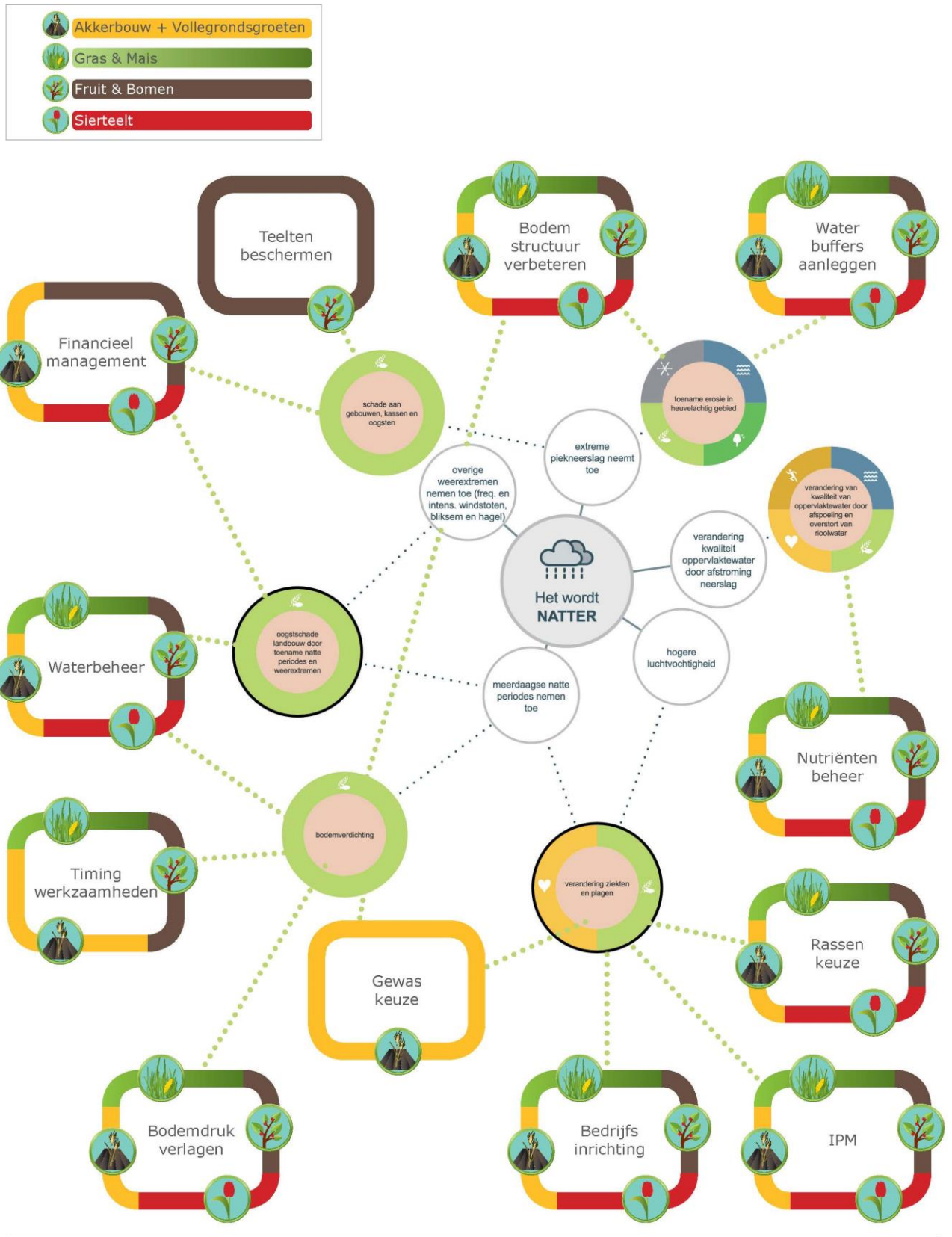
Hieronder worden voor de klimaattrend 'de zeespiegel stijgt' en bijbehorende impacts, per maatregel-thema concrete Klimaatadaptatie maatregelen gepresenteerd, wordt een omschrijvingen gegeven en worden kanttekeningen besproken. De maatregel thema's die gelinkt zijn aan deze klimaattrend zijn te zien in Figuur 17.

Maatregel binnen thema Waterbeheer	Omschrijving	kanttekeningen
Opvang van regenwater	Kwaliteit van oppervlakte-en grondwater gaat achteruit door onder andere verzilting. Daarom kan het opvangen van regenwater een oplossing bieden. Deze maatregel gaat meestal samen met druppelirrigatie omdat voor dit systeem een goede waterkwaliteit essentieel is.	De methode van opvang van regenwater (bassin of zoetwaterlens in de bodem) is afhankelijk van het gewas en economische haalbaarheid. Dit water zal efficiënt gebruikt moeten gezien de hoge kosten voor het verzamelen ervan. Dit is een structurele toepassing aangezien de infrastructuur op het bedrijf verregaande aanpassing vergt.
Druppelirrigatie	Met druppelirrigatie is een efficiëntere benutting van beschikbaar water mogelijk. Gezien de kwetsbaarheid van het systeem (kans op verstopping) is een goede waterkwaliteit essentieel.	Alleen voor kwetsbare hoog salderende gewassen is dit systeem economisch rendabel. Aanleg en verwijderen van druppelirrigatie in éénjarige gewassen is bewerkelijk en daardoor kostbaar. Het systeem zelf is flexibel inzetbaar mits er water beschikbaar is.
Gebruik van beslissingsondersteunend systeem	Gebruik van beslissingsondersteunende systemen (software) in combinatie met weersgegevens en vochtsensoren (lokaal weerstation) is het beregeningsmoment beter onderbouwd.	Deze systemen zijn beschikbaar en worden verder doorontwikkeld.
Gebruik van vochtsensoren	Lokale weerstations kunnen niet de juiste informatie geven over de vochttoestand van de bodem. Lokale weersgegevens gecombineerd met vochtsensoren op bedrijfs- en liever perceelniveau helpen bij het onderbouwen van de beslissing om te gaan beregenen.	Knelpunt zijn de hoge kosten voor betrouwbare meetmethoden voor bepaling van het vochtgehalte. Door het gebruik van draadloze dataoverdracht zijn de systemen flexibel inzetbaar, snel te installeren en te gebruiken.
Vlaklegging/afwatering van percelen optimaliseren	Optimaliseren van infiltratie (door hele perceel te benutten) kan gedaan worden door de vlakligging van het perceel te optimaliseren. Zo wordt zout-schade voorkomen in lage perceelsdelen.	Een zoetwaterbel bovenop zilt grondwater voorkomt stagnatie van wortelgroei en zoutschade aan gewassen. Dit is een structurele maatregel waarbij de uitvoering van vlaklegging van perceel op tijd gepland moet worden en passend moet zijn in het bouwplan aangezien de bodem voldoende droog moet zijn bij uitvoering om bodemverdichting te voorkomen.

Maatregel binnen thema Rassenkeuze	Omschrijving	Opmerking
Zout tolerantere rassen telen	Rassen die beter bestand zijn tegen zilte omstandigheden.	Informatie over ras geschiktheid voor zilte groeiomstandigheden is (nog) niet breed beschikbaar.

Maatregel binnen thema Gewaskeuze	Omschrijving	Opmerking
Zout tolerante gewassen telen	Gewassen die beter presteren onder zilte omstandigheden.	Zout tolerante gewassen moeten vergelijkbare voedingswaarde en productie hebben als bestaande gewassen. Gewassen moeten passen in bouwplan en teeltsysteem.

Het wordt natter



Figuur 18. Maatregel-thema's gelinkt aan de impacts geïdentificeerd in de NAS van 'het wordt natter'.

Hieronder worden voor de klimaattrend 'het wordt natter' en bijbehorende impacts, per maatregel-thema concrete Klimaatadaptatie maatregelen gepresenteerd, wordt een omschrijvingen gegeven en worden kanttekeningen besproken. De maatregel thema's die gelinkt zijn aan deze klimaattrend zijn te zien in Figuur 18.

Maatregel binnen thema bodemstructuur verbeteren	Omschrijving	Opmerking
Verhogen van organisch stofgehalte	Verhogen aanvoer van organische stof bedrijfsextern middels mest en compost. Bedrijfsinterne aanvoer van organische stof kan door gebruik van groenbemesters en verhakselen van stro.	Dit is een maatregel waar veel inspanning voor geleverd zal moeten worden om het organisch stofgehalte in de bodem uiteindelijk te stabiliseren of verhogen. Aanvoer van organische stof middels mest en compost zal passend moeten zijn binnen mestwetgeving. Er is een maximum aan het organisch stofgehalte in de bodem (afhankelijk van de kwaliteit van organische stof) om voldoende draagkracht voor machines en werktuigen te kunnen behouden. Verhogen van het organische stofgehalte (C) heeft tevens als klimaatmitigatie maatregel effect. Afhankelijk van het type organische mest kan de emissie van N2O toenemen.
Controlled traffic farming	Voorkomen van ondergrondverdichting over het hele perceel door gebruik te maken van vaste rijpaden. Infiltratiecapaciteit van de bodem tussen de bereiden paden neemt toe. De paden zelf kunnen dusdanig verdicht zijn dat deze slecht doorlatend zijn.	Aanpassing van mechanisatie vergt grote investeringen en dit is een structurele maatregel. De oogstmechanisatie vanaf vaste rijpaden is nog niet uitontwikkeld. Ook loonwerkers zijn over het algemeen niet in staat om vanaf vaste rijpaden te werken. Voor bedrijven met percelen op afstand en/of huurpercelen is deze maatregel minder goed inpasbaar. Deze maatregel zal als het bereiden oppervlakte reduceert een positief effect hebben op N2O emissies.
Aanpassing bodemdruk	Voorkomen van bodemverdichting (ondergrondverdichting) om hiermee risico op vernatting, verslemping, en af- en uitspoeling te voorkomen. Door toepassing van lage drukbanden, drukwisselsystemen of rupsbanden kan het gewicht over een groter oppervlak verdeeld worden. Ook het voorkomen van transportbewegingen over het land verkleint het risico op ondergrondverdichting.	Onder droge omstandigheden zal ondergrondverdichting minder snel voorkomen. Het effect van een te hoge bodemdruk zal dan ook niet altijd zichtbaar zijn. Gezien de investeringen en aanpassing machinepark is dit een structurele oplossing. Er is waar voldoende aanbod van mechanisatie (werktuigen, banden) op de markt om een lagere bodemdruk te bereiken. Een betere doorluchting van de bodem kan een positief effect hebben op N2O emissies.
Gereduceerde grondbewerking	Direct zaai, minimum tillage, no till, niet kerende grondbewerking (NKG) heeft in potentie een betere stabielere ontwatering van de bodem dan standaard grondbewerking (ploegen). Door een stabielere bodemstructuur kent gereduceerde grondbewerking een hogere draagkracht en kan daarmee het risico op ondergrondverdichting verkleinen.	Aanpassing van het teeltsysteem en aanpassing van mechanisatie is nodig. Kennis is nodig van de ondernemer om dit systeem te kunnen toepassen. Dit is een structurele oplossing waarbij vaak aanpassing van het bouwplan en vruchtwisseling nodig is. Naast betere ontwatering is dit systeem bevorderlijk voor de (bodem)biodiversiteit. Een betere doorluchting van de bodem kan een positief effect hebben op N2O emissies.
Voorkomen/opheffen slemp	Korstvorming door extreme regenval is op lichte gronden een risico bij onbedekte grond (buiten groeiseizoen, maar ook tijdens het groeiseizoen tussen de rijen). Gereduceerde grondbewerking, mulchen en onderzaai zijn preventieve maatregelen. Bij slemp is schoffelen/eggen effectief om korst te breken.	Het toepassen van mulch of andere grondbedekking kan ad hoc gebeuren. Het verminderen van slemp middels gereduceerde grondbewerking zal een structurele maatregel zijn.

Maatregel binnen thema Rassenkeuze	Omschrijving	Opmerking
Rassen bestand tegen hogere ziektedruk	Schimmels en bacteriën gedijen beter onder vochtige omstandigheden. De ziektedruk kan veranderen (hoger worden). Er kan gekozen worden voor rassen/variëteiten met een (hogere) resistentie tegen schimmel en bacterie pathogenen.	Om te voorkomen dat het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (gbm) toeneemt zal er gekeken moeten worden naar ziekteresistenties van rassen en variëteiten. Het aantal beschikbare gbm zal naar verwachting afnemen en er zal naar andere strategieën gekeken moeten worden om de invloed van toename van ziektedruk te verkleinen.

Maatregel binnen thema Nutriëntenbeheer	Omschrijving	Opmerking
Uitspoeling voorkomen	Door gebruik van langzaam werkende meststoffen of het opsplitsen van kunstmestgiften zullen er minder mineralen uitspoelen bij hevige neerslag.	De beslissing voor het gebruik van langzaam werkende meststoffen kan nog kort voor het groeiseizoen of in het groeiseizoen genomen worden. Bijkomend voordeel is het geringere risico op vervuiling van oppervlakte- en grondwater. Door verminderde uit- en afspoeling zullen indirect N2O emissies afnemen.

Maatregel binnen thema waterbuffers aanleggen	Omschrijving	Opmerking
Voorkomen van erosie	Aanleg van bufferstroken (greppels) waar afstromend water van hellingen zich kan verzamelen en infiltreren in de bodem.	Dit zal voornamelijk in het heuvellandschap van Zuid Limburg van toepassing zijn in de akkerbouw en fruitteelt zonder graspaden. Het is een effectieve maar ook structurele maatregel omdat percelen op een andere manier ingericht worden.

Maatregel binnen thema IPM	Omschrijving	Opmerking
Integrated pest management (IPM)	Schimmels en bacteriën gedijen beter onder vochtige omstandigheden. De ziektedruk kan veranderen (hoger worden). Om adequaat te kunnen handelen met een efficiënte inzet van gewasbeschermingsmiddelen is een geïntegreerde aanpak (Integrated Pest Management) nodig.	IPM is een pakket aan maatregelen waarbij het streven is m de inzet aan GBM te beperken. Bij keuze van middelen of het gebruik van beslissingsondersteunende systemen kan er op korte termijn gehandeld worden. Wanneer het gaat om aanpassing van de bedrijfsinrichting (akkerranden, bloemstroken, strokenteelt (in experimentele fase)) zal er sprake zijn van een structurele oplossing. Deze aanpassingen zullen tevens de biodiversiteit vergroten.

Maatregel binnen thema Bedrijfsinrichting	Omschrijving	Opmerking
Verhogen weerbaarheid	Extreme regenval kan naast het veelvuldiger optreden van ziekten en plagen zorgen voor een vermindering van de effectiviteit van gewasbeschermingsmiddelen (afspoelen middel) en minder spuitbare dagen. Zorg voor de aanwezigheid van natuurlijke vijanden en/of antagonisten in plant en bodem kan zorgen voor een weerbaarder landbouwsysteem. Daarnaast zal de aanleg van akkerranden/bloemstroken voor het herbergen van natuurlijke vijanden zorgen voor een aanwezige 'pool' op het bedrijf. Een goede bodemkwaliteit met hoge bodembiodiversiteit geeft een hogere garantie voor aanwezigheid van antagonistische schimmels en bacteriën.	Aangezien het verhogen van de weerbaarheid een aanpassing van bedrijfsinrichting vergt, en niet alleen op het perceelniveau, is dit een structurele en ingrijpende maatregel. Het verhogen van de bodemweerbaarheid zal langere tijd inspanningen vergen om dit te realiseren en duidelijke richtlijnen hoe dit te bereiken zijn er (nog) niet. De maatregel zal een algemene verhoging van de biodiversiteit kunnen geven.
Spreiding van vatbare gewassen	Vruchtwisseling verruimen kan kans op overdracht van bodem gebonden en	Er zijn goede resultaten geboekt met opknippen van vatbare gewassen over

deels lucht overdraagbare ziekten en plagen verkleinen. Spreiden van vatbare gewassen over het bedrijf en gebruik maken van natuurlijke barrières zoals in strokenteelt gebruikt wordt kunnen de verspreiding van ziektes en deels plagen vertragen.

het bedrijf. Dit is een structurele oplossing aangezien dit impact heeft op de vruchtwisseling op het bedrijf en het ook voor de arbeidsefficiëntie gevolgen kan hebben. Er zal meer tijd nodig zijn in de bedrijfsvoering. Spreiding van gewassen zal de biodiversiteit vergroten.

Maatregel binnen thema gewaskeuze	Omschrijving	Opmerking
Aanpassen bouwplan	Gewassen die laat in het seizoen geoogst worden geven meer risico op ondergrondverdichting. Later in het seizoen is er meer kans op neerslagoverschot en zal water minder snel uit de bodem zakken. Een vochtige bodem is gevoeliger voor verdichting dan een droge bodem. Vooral gewassen die hoge kilogram opbrengsten per hectare leveren kunnen bij de oogst zorgen voor hoge bodemdruk met name bij het transport vanaf het veld. Daardoor is er meer risico op ondergrondverdichting. Aangezien er tendens is naar steeds grotere (en zwaardere) mechanisatie zal een aanpassing van het bouwplan en gewaskeuze noodzakelijk zijn.	Doordat het mogelijk is om gewassen langer gezond en in de groei te houden valt de oogst van gewassen steeds later in het jaar en worden de opbrengsten steeds hoger. Het kiezen voor vroege rassen/variëteiten is een ad hoc maatregel. Aanpassing van bouwplan een structurele.

Maatregel binnen thema bodemdruk verlagen	Omschrijving	Opmerking
Lage druk banden en rupsen	Door het toepassen van lage drukbanden (evt in combinatie met een drukwisselsysteem) en rupsbanden kan het gewicht van machines en werktuigen over een groter grondoppervlak verdeeld worden. Voorwaarde is dat de machines en werktuigen onder goede (voldoende droge) omstandigheden gebruikt worden.	Niet alle landbouwmachines kunnen uitgerust worden met rupsbanden. Het combineren van lage drukbanden met een drukwisselsysteem maakt een flexibel schakelen tussen veld en wegtransport met dezelfde werktuigen mogelijk. Nieuwe systemen zorgen voor kortere wachttijden voor het oppompen en aflaten van lucht. Door de verdeling van het gewicht over een groter contactoppervlak is het mogelijk om ook onder natte omstandigheden de bodem te berijden. Dit heeft echter dan nog steeds bodemverdichting tot gevolg. Deze is vaak ernstiger dan bij het gebruik van standaard banden door het grotere oppervlak en daarmee gepaard gaande diepere inwerking van de bodemdruk. Mits de maatregel op de juiste manier wordt toegepast geeft dit een doorluchting van de bodem en kan daarmee een positief effect hebben op N2O emissies.
Bovenover ploegen om verdichting in ploegvoor te voorkomen	Ondergrondverdichting wordt mede veroorzaakt door het berijden van de ondergrond bij ploegen van de grond. Traditioneel wordt er met een kant van de trekker met beide wielen door de open voor gereden. Zeker onder natte omstandigheden kan verdichting onderin de voor optreden. Bij bovenover ploegen wordt niet door de voor gereden, waardoor ondergrondverdichting voorkomen wordt. Bovendien wordt er door het ploegen een eventuele oppervlakkige verdichting door het ploegen van de grond opgelost.	Om bovenover te kunnen ploegen zal een trekker met rtk-gps besturing essentieel zijn. Voldoende grip is nodig om recht te kunnen blijven rijden wanneer de toplaag van de bodem vochtig is. Rupsbanden en lage drukbanden kunnen hierbij helpen. Er zijn ploegen die zowel bovenover als in de voor gebruikt kunnen worden en daarmee ad hoc inzetbaar. Een betere doorluchting van de bodem kan een positief effect hebben op N2O emissies.

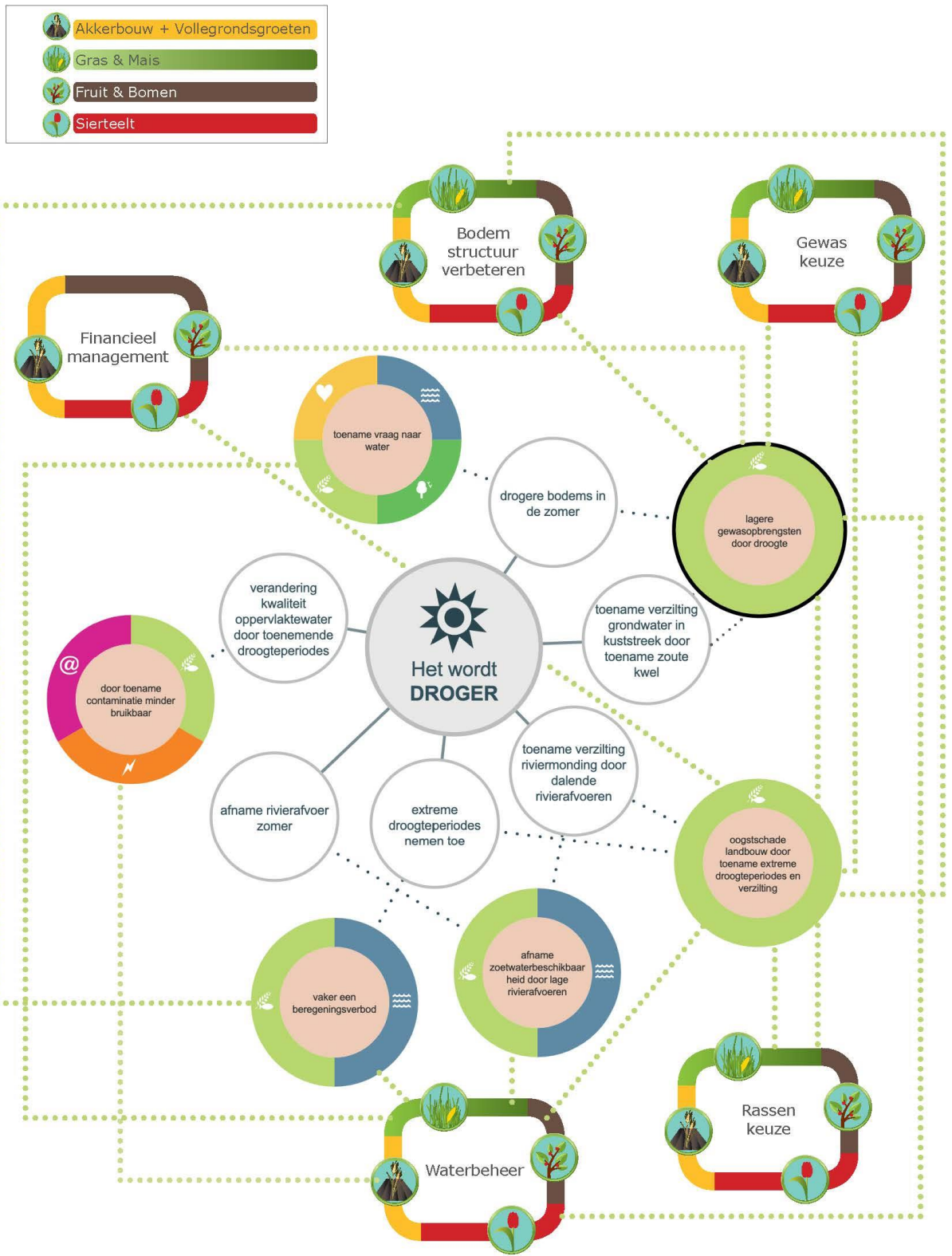
Maatregel binnen thema timing werkzaamheden	Omschrijving	Opmerking
Planning	Bij de keus voor verschillende rassen en verschillende percelen kunnen telers de planning van werkzaamheden spreiden over een langere periode. Maatregel kan ook door afnemers en loonwerkers worden gebruikt.	Vooraf bij contractteelten is het van belang om gegarandeerde aanvoer te hebben. Naast spreiding in oogstplanning kan tijdelijke opslag van product zorgen voor een buffer wanneer oogst vanaf het veld en directe levering risicovol is.
Teeltspreiding	Risicovolle gewassen spreiden over een groter gebied of over verschillende regio's en of meerdere bedrijfslocaties. Maatregel kan ook door afnemers worden gecoördineerd.	Bij spreiding binnen het bedrijf zal er sprake zijn van een structurele maatregel. Wanneer een afnemer middels planning van contractteelt zorgt voor spreiding kan dit een ad hoc maatregel zijn.
Overcapaciteit	Overcapaciteit van mechanisatie en arbeid bij kritieke werkzaamheden verlaagt het risico op bodemverdichting omdat er minder op slechte momenten gewerkt hoeft te worden.	Naast het zorgen voor voldoende slagkracht, welke voornamelijk tijdens de oogstperiode van belang is, zal standaardisatie nodig zijn. Het ad hoc inschakelen van derden (loonwerk) tijdens de oogst kan alleen als teeltsystemen op elkaar zijn afgestemd.
Bewaar- en afzetstrategie	Spreiden van afzetrisico's over verschillende afzetkanalen (af land en bewaren, daarnaast contracten, pools en vrije markt, meerdere afnemers).	Van jaar tot jaar kan dit aangepast worden tenzij er producten bewaard worden dan zal het een structurele maatregelen zijn die forse investeringen vergt.

Maatregel binnen thema waterbeheer	Omschrijving	Opmerking
Vlaklegging/afwatering van percelen optimaliseren	Optimaliseren van infiltratie (door hele perceel te benutten) kan gedaan worden door de vlakligging van het perceel te optimaliseren. Zo wordt oogstschade onder natte omstandigheden, en bodemverdichting voorkomen.	Er moet voorkomen worden dat er zogenaamde ingesloten laagtes voorkomen. Water kan zich in deze laagtes verzamelen en zorgen voor plaatselijke waterverzadiging van de bodem die daardoor extra kwetsbaar is voor verdichting.
Greppels	Snelle afvoer van neerslagoverschot door te zorgen voor oppervlakkige afwatering.	Het risico op puntemissies door afspoeling van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen wordt groter door deze maatregel. Dit is een ad hoc maatregel.
Drainage verbeteren	Betere ontwatering van percelen, meer werkbare dagen, minder structuurschade.	Dit is een investering die zich snel kan terugbetalen. Dit is een structurele oplossing.

Maatregel binnen thema financieel management	Omschrijving	Opmerking
Weersverzekering	Diverse opties om gebouwen en gewassen te verzekeren tegen schade door weersextremen.	Vooraf gewassen die hoge investeringen vergen en gevoelig zijn voor schade door extreem nat weer lenen zich hiervoor.
Reserveringen	Financiële buffer voor slechte jaren.	Aangezien niet alle gewassen zich lenen voor een weersverzekering is het raadzaam om een financiële buffer op te bouwen mochten teelten te lijden hebben van extreem natte weersomstandigheden.
Investeringsplanning	Investeringsplanning doen bij financieel goede jaren en uitstellen bij tegenvallende jaren.	Hiermee is het mogelijk een financiële buffer op te bouwen.

Maatregel binnen thema teelten beschermen	Omschrijving	Opmerking
Windschade voorkomen	Windschermen kunnen schade voorkomen aan kwetsbare gewassen (fruit) in sterke wind(vlagen).	Vooraf in fruit en klein fruit kunnen sterke windvlagen gedurende regenbuien schade veroorzaken. Om dit te realiseren is aanpassing van de bedrijfsinrichting nodig en daardoor een structurele maatregel.
Neerslagschade voorkomen	Hagel en hevige regenval kunnen schade veroorzaken aan met name vruchtgewassen. Door hagelnetten of cabriokap te plaatsen, wordt deze schade geminimaliseerd.	Het plaatsen van netten of semipermanente afdekking van gewassen kunnen deze beschermd worden tegen met name hagel. Dit zijn structurele maatregelen.

Het wordt droger



Figuur 19. Maatregel-thema's gelinkt aan de impacts geïdentificeerd in de NAS van 'het wordt droger'.

Hieronder worden voor de klimaattrend 'het wordt droger' en bijbehorende impacts, per maatregel-thema, concrete Klimaatadaptatie maatregelen gepresenteerd, wordt een omschrijvingen gegeven en worden kanttekeningen besproken. De maatregel thema's die gelinkt zijn aan deze klimaattrend zijn te zien in Figuur 19.

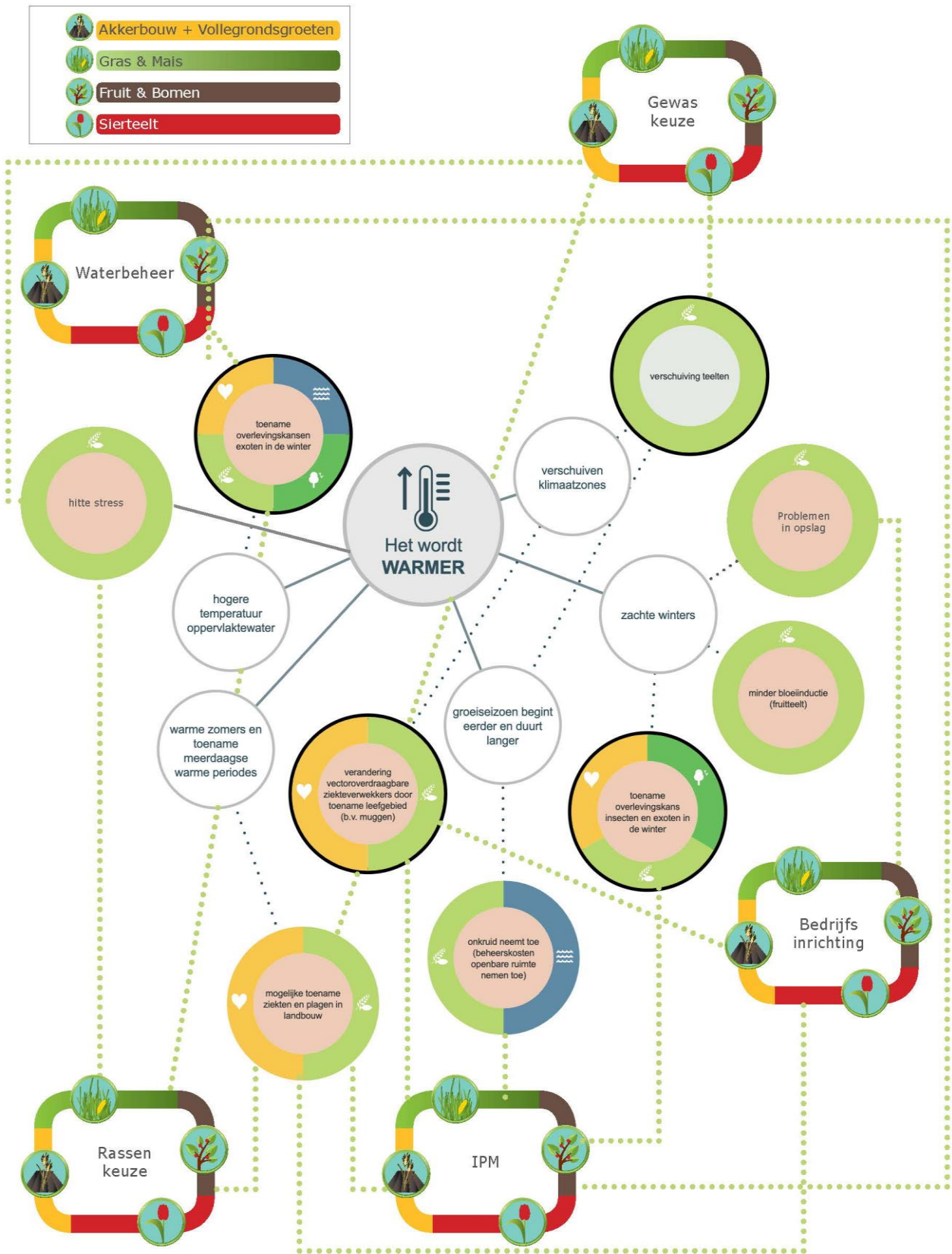
Maatregel binnen thema Bodemstructuur verbeteren	Omschrijving	Opmerking
Verhogen van organisch stofgehalte	Verhogen aanvoer van organische stof bedrijfsextern middels mest en compost. Bedrijfsintern aanvoer door het gebruik van groenbemesters en het verhakselen van stro. Per 1% extra organische stof is er 3-8 mm waterberging mogelijk.	Dit is een maatregel waar veel inspanning voor geleverd zal moeten worden om het organisch stofgehalte in de bodem uiteindelijk te verhogen. Dit zal passend moeten zijn binnen de mestwetgeving. Er is een maximum aan het organisch stofgehalte in de bodem (afhankelijk van de kwaliteit van organische stof) om voldoende draagkracht te kunnen behouden. Verhogen van het organische stofgehalte (C) heeft tevens als klimaatmitigatie maatregel effect.
Gereduceerde grondbewerking	direct zaai, minimum tillage, no till, niet kerende grondbewerking. Niet geploegde grond is vochtiger in het voorjaar en zaaisystemen hierop afgestemd behoeven minder intensieve bewerking en zijn dan ook minder kwetsbaar in een relatief droog voorjaar.	Aanpassing van het teeltsysteem en aanpassing van mechanisatie is nodig. De ondernemer heeft kennis nodig om dit systeem te kunnen toepassen. Dit is een structurele oplossing waarbij vaak aanpassing van het bouwplan en vruchtwisseling nodig is. Naast gunstiger vochthuishouding is een systeem van gereduceerde grondbewerking bevorderlijk voor de (bodem)biodiversiteit.

Maatregel binnen thema rassenkeuze	Omschrijving	Opmerking
Rassenkeuze weerbaarheid	Rassen kiezen die beter bestand zijn tegen droogte en warmte. Onder andere door het veredelen op een beter wortelstelsel. Daarnaast rassen die resistent zijn tegen nieuwe ziekten en plagen of hogere ziekten en/of plagendruk.	Veredeling op kwaliteit van het wortelstelsel is nog geen gemeengoed, er worden wel stappen gezet. Informatie over deze eigenschap is nog maar beperkt openbaar. Rassen met goede droogteresistentie maar met gebrek aan andere kwaliteiten (potentiele opbrengst, smaak, textuur, kleur, bewaarbaarheid, verwerkbaarheid) zullen door gebruikers en markt geaccepteerd moeten worden Rassenkeuze van eenjarige gewassen is een ad hoc maatregel.
Rassenkeuze vroegheid	Vroegere rassen om een zo kort mogelijk groeiseizoen te realiseren. Een droog voorjaar en nat najaar verkorten een optimaal groeiseizoen	Het verkorten van de veldperiode verkort het risico op van droogte tijdens de groeiperiode. Dit is een ad hoc maatregel.

Maatregel binnen thema gewaskeuze	Omschrijving	Opmerking
Gewassen kiezen die beter tegen droogte bestand zijn	Vervanging van droogtegevoelige gewassen door sterkere gewassen of gewassen met een andere groeiseizoen (winter-, zomergraan). Sterkere gewassen kenmerken zich onder andere door een beter ontwikkelend wortelgestel.	Aanpassing van het bouwplan door het kiezen van minder droogtegevoelige gewassen is een structurele maatregel. Het zal niet altijd mogelijk zijn om voor voedsel- en voeder gewassen alternatieven te vinden met gelijke voederwaarde en betere droogteresistentie. Er wordt geëxperimenteerd met Sorghum als vervanger van snijmais.

Maatregel binnen thema waterbeheer	Omschrijving	Opmerking
Opvang van regenwater	Deze maatregel gaat meestal samen met druppelirrigatie omdat voor dit systeem een goede waterkwaliteit essentieel is en de maatregel kostprijs verhogend is.	De methode van opvang van regenwater (waterbassin of zoetwaterlens in de bodem) is afhankelijk van het gewas en economische haalbaarheid. Dit water zal efficiënt gebruikt moeten gezien de hoge kosten voor het verzamelen ervan. Dit is een structurele toepassing aangezien de infrastructuur op het bedrijf verregaande aanpassing vergt.
Mobiel beregeningssysteem	Pomp (trekker of stationair) in combinatie met haspel en beregeningskanon of -boom.	Dit systeem is minder efficiënt met water ten opzichte van druppelirrigatie. En niet overal bruikbaar als oppervlaktewater ongeschikt is of niet gebruikt kan worden vanwege contaminatie (bruinrot). Dit is een flexibel systeem en kan als ad hoc maatregel gezien worden.
Druppelirrigatie	Met druppelirrigatie is een efficiëntere benutting van beschikbaar water mogelijk. Gezien de kwetsbaarheid van het systeem (kans op verstopping) is een goede waterkwaliteit essentieel.	Alleen voor kwetsbare hoog salderende gewassen is dit systeem economisch rendabel. Aanleg en verwijderen van druppelirrigatie in éénjarige gewassen is bewerkelijk en daardoor kostbaar. Het systeem zelf is flexibel inzetbaar mits er water beschikbaar is.
Gebruik van BOS (beslissingsondersteunend systeem)	Gebruik van beslissingsondersteunende systemen (software) in combinatie met weersgegevens en vochtsensoren (lokaal weerstation) is het beregeningsmoment beter onderbouwd.	Deze systemen zijn beschikbaar en worden verder doorontwikkeld. De timing van irrigatie en de benodigde hoeveelheid is met dit systeem beter te reguleren.
Gebruik van vochtsensoren	Lokale weersstations kunnen niet de juiste informatie geven over de vochttoestand van de bodem. Lokale weersgegevens gecombineerd met vochtsensoren op bedrijfs- en liever perceelniveau helpen bij het onderbouwen van de beslissing om te gaan beregenen of irrigeren.	Knelpunt zijn de hoge kosten voor betrouwbare meetmethoden voor bepaling van het vochtgehalte. Door het gebruik van draadloze dataoverdracht zijn de systemen flexibel inzetbaar, snel te installeren en te gebruiken.
Peil gestuurde drainage	Hogere grondwaterstanden kunnen gerealiseerd worden om droogteschade te voorkomen. Op bedrijfs- en perceelniveau kan het grondwaterpeil bepaald en afgestemd worden op de benodigde grondwaterstand van dat moment.	Door het tot op perceelniveau kunnen regelen van de grondwaterstand kan deze verhoogd worden wanneer de gewassen dit nodig hebben. Bij het bewerken van de grond kan deze verlaagd worden om verdichting van de bodem te voorkomen. Dit systeem vergt investeringen en aanpassing van de bedrijfsinrichting en is een structurele oplossing.
Maatregel binnen thema financieel management	Omschrijving	Opmerking
Reserveringen	Financiële buffer voor slechte jaren.	Aangezien een niet alle gewassen zich lenen voor een weersverzekering is het raadzaam om een financiële buffer op te bouwen mocht teelten te lijden hebben van extreem droge weersomstandigheden.
Investeringsplanning	Investeringsplanning doen bij financieel goede jaren en uitstellen bij tegenvallende jaren.	Hiermee is het mogelijk een financiële buffer op te bouwen.

Het wordt warmer



Figuur 20. Maatregel-thema's gelinkt aan de impacts geïdentificeerd in de NAS van 'het wordt warmer'.

Hieronder worden voor de klimaattrend '**het wordt warmer**' en bijbehorende impacts, per maatregel-thema, concrete Klimaatadaptatie maatregelen gepresenteerd, wordt een omschrijvingen gegeven en worden kanttekeningen besproken. De maatregel thema's die gelinkt zijn aan deze klimaattrend zijn te zien in Figuur 20.

Maatregel binnen thema gewaskeuze	Omschrijving	Opmerking
Gewassen bestand tegen warmte	Gewassen die beter bestand zijn tegen extreme temperaturen kunnen uiteindelijk zorgen voor voldoende bedrijfszekerheid. Zogenaamde C4 gewassen hebben een fotosynthese die bij hogere temperaturen optimaal werkt. Voorbeeld van een C4 gewas is mais.	Gewassen die bestand zijn tegen warmte moeten een alternatief zijn voor bestaande voedsel- en voedergewassen. Dit zal niet altijd mogelijk zijn. Aanpassing van het bouwplan door het kiezen van andere gewassen is een structurele maatregel.

Maatregel binnen thema bedrijfsinrichting	Omschrijving	Opmerking
Verhogen weerbaarheid	Aanleg van akkerranden/bloemstroken voor het herbergen van natuurlijke vijanden kan zorgen voor een aanwezige 'pool' op het bedrijf. Een goede bodemkwaliteit met hoge bodembiodiversiteit geeft een hogere garantie voor aanwezigheid van antagonistische schimmels en bacteriën.	Aanpassing van de bedrijfsinrichting en gewaskeuze is een structurele maatregel. Op welke manier het bedrijf ingericht kan worden verkeerd nog in de onderzoeksfase. Deze maatregel verhoogt de biodiversiteit.
Spreading van vatbare gewassen	Vruchtwisseling verruimen kan de kans op overdracht van bode gebonden en deels lucht overdraagbare ziekten en plagen verkleinen. Het spreiden van vatbare gewassen over het bedrijf en gebruik maken van natuurlijke barrières, zoals in strokenteelt gebruikt wordt, kan de verspreiding van ziektes en deels plagen vertragen.	Er zijn goede resultaten geboekt met opknippen van vatbare gewassen over het bedrijf. Dit is een structurele oplossing aangezien dit impact heeft op de vruchtwisseling op het bedrijf en het ook voor de arbeidsefficiëntie gevolgen kan hebben. Er zal meer reistijd nodig zijn op het veld om stroken per gewas te verzorgen. Deze maatregel verhoogt de biodiversiteit.

Maatregel binnen thema IPM	Omschrijving	Opmerking
Hogere ziekte en plagen druk voorkomen	Schimmels, bacteriën en insecten gedijen beter onder warme omstandigheden. De ziekte en plagen druk kan veranderen (hoger worden). Om adequaat te kunnen handelen met een efficiënte inzet van gewasbeschermingsmiddelen is een geïntegreerde aanpak (Integrated Pest Management) nodig.	IPM is een pakket aan maatregelen waarbij het streven is om de inzet aan GBM te beperken. Bij keuze van middelen of het gebruik van beslissingsondersteunende systemen kan er op korte termijn gehandeld worden. Zodat het effect van een bestrijding met zo minimaal mogelijke inzet van chemie het efficiëntst is. Wanneer het gaat om aanpassing van de bedrijfsinrichting (akkerranden, bloemstroken, strokenteelt (in exp fase)) zal er sprake zijn van een structurele oplossing. Deze maatregel verhoogt de biodiversiteit.

Maatregel binnen thema rassenkeuze	Omschrijving	Opmerking
Aanpassing rassen	Rassen en variëteiten kunnen verschillen in gevoeligheid voor hoge temperatuur (hittestress).	De productie van voedsel en voedergewassen kan hierdoor op hetzelfde niveau blijven. Raseigenschappen van rassen en variëteiten die minder gevoelig zijn voor warmte moeten passen bij de eisen die gesteld worden aan gewassen. Dit is een ad hoc maatregel.

Maatregel binnen thema waterbeheer	Omschrijving	Opmerking
Mobiel beregeningssysteem	Pomp (trekker of stationair) in combinatie met haspel en beregeningskanon of -boom.	Dit is een flexibel systeem en kan snel ingezet worden mits er voldoende water van goede kwaliteit aanwezig is. Dit systeem is minder efficiënt met water ten opzichte van druppelirrigatie. En bovendien niet overal bruikbaar als oppervlaktewater ongeschikt is of niet gebruikt kan worden vanwege contaminatie (bruinrot). Dit is een flexibel systeem en kan als ad hoc maatregel gezien worden.
Druppelirrigatie	Met druppelirrigatie is een efficiëntere benutting van beschikbaar water mogelijk. Gezien de kwetsbaarheid van het systeem (kans op verstopping) is een goede waterkwaliteit essentieel.	Alleen voor kwetsbare hoog salderende gewassen is dit systeem economisch rendabel. Aanleg en verwijderen van druppelirrigatie in éénjarige gewassen is bewerkelijk en daardoor kostbaar. Het systeem zelf is flexibel inzetbaar mits er water beschikbaar is. Gezien de benodigde investeringen is dit een structurele maatregel.
Gebruik van een beslissingsondersteunend systeem	Gebruik van beslissingsondersteunende systemen (software) in combinatie met weersgegevens en vochtsensoren (lokaal weerstation). Hierdoor is het beregeningsmoment beter onderbouwd	Met deze systemen is de timing van irrigatie beter te bepalen en kan de inzet van water efficiënter benut worden. Deze systemen zijn beschikbaar en worden verder doorontwikkeld.
Gebruik van vochtsensoren	Lokale weersstations kunnen niet de juiste informatie geven over de vochttoestand van de bodem. Lokale weersgegevens gecombineerd met vochtsensoren op bedrijfs- (en beter) perceelniveau helpen bij het onderbouwen van de beslissing om te gaan beregenen of irrigeren.	Knelpunt zijn de hoge kosten voor betrouwbare meetmethoden voor bepaling van het vochtgehalte. Door het gebruik van draadloze dataoverdracht zijn de systemen flexibel inzetbaar, snel te installeren en te gebruiken.
Peilgestuurde drainage	Hogere grondwaterstand om droogteschade te voorkomen. Op bedrijfs- en perceelniveau kan het grondwaterpeil bepaald en afgestemd worden op de benodigde grondwaterstand van dat moment.	Door het tot op perceelniveau kunnen regelen van de grondwaterstand kan deze verhoogd worden wanneer de gewassen dit nodig hebben. Bij het bewerken van de grond kan deze verlaagd worden om verdichting van de bodem te voorkomen. Dit systeem vergt investeringen en aanpassing van de bedrijfsinrichting en is een structurele oplossing.

4.1.5 Samenvatting maatregelen

Hieronder worden de maatregelen die hierboven gepresenteerd zijn per maatregel-thema, samengevat en is er aangekruist op welke klimaattrends deze effect hebben, en in hoeverre ze de financiële weerbaarheid (buffers, investeringsmogelijkheden) van het bedrijf beïnvloeden. In Bijlage 1 is een uitgebreide tabel opgenomen waarin een overzicht van de maatregelen en op welke klimaattrends deze een adaptieve werking hebben, inclusief trade-offs.

Waterbeheer	Het wordt				Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	De zeespiegel stijgt	
Opvang van regenwater		+		+	-
Druppelirrigatie		+	+	+	-
Gebruik van beslissingsondersteunend systeem		+	+	+	-
Gebruik van vochtsensoren		+	+	+	+
Vlaklegging/afwatering van percelen optimaliseren	+			+	-
Greppels	+			+	
Drainage verbeteren	+			+	
Mobiel beregeningssysteem		+	+	+	-
Peilgestuurde drainage		+	+		-

Rassenkeuze	Het wordt				Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	De zeespiegel stijgt	
Minder vatbare rassen telen	+			+	
Rassenkeuze weerbaarheid		+	+		
Rassenkeuze vroegheid	+	+			

Gewaskeuze	Het wordt				Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	De zeespiegel stijgt	
Minder vatbare gewassen telen			+	+	-
Aanpassen bouwplan	+				
Gewassen kiezen die beter tegen droogte bestand zijn			+		
Gewassen bestand tegen warmte				+	

Bodemstructuur verbetering	Het wordt				Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	De zeespiegel stijgt	
Verhogen van organisch stofgehalte	+				
Controlled traffic farming	+				
Aanpassing bodemdruk	+				
Gereduceerde grondbewerking	+				
Voorkomen/opheffen slemp	+				
Bovenover ploegen om verdichting in ploegvoor te voorkomen	+				

Nutriëntenbeheer	Het wordt				Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	De zeespiegel stijgt	
Uitspoeling voorkomen	+				

Waterbuffers aanleggen	Het wordt				Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	De zeespiegel stijgt	
Voorkomen van erosie	+				

Gewas bescherming	Het wordt				Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	De zeespiegel stijgt	
Integrated pest management (IPM)	+				

Bedrijfsinrichting	Het wordt				Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	De zeespiegel stijgt	
Verhogen weerbaarheid	+				
Spreiding van vatbare gewassen	+				

Timing werkzaamheden	Het wordt			Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	
Planning	+			+
Teeltspreiding	+			+
Overcapaciteit	+			+
Bewaar- en afzetstrategie				+

Financiële maatregelen	Het wordt			Financiële weerbaarheid
	natter	droger	warmer	
Weersverzekering	+			+
Reserveringen	+	+		+
Investeringsplanning	+	+		+
Windschade voorkomen				+
Neerslagschade voorkomen			+	+

4.1.6 Toetsing bij de praktijk

Op de kennis-dag van de PPS beter bodembeheer in Nijkerk op 16 januari 2020 is er in een workshop ingegaan op de in hoofdstuk 4 gepresenteerde aanpak en maatregelen rond klimaatadaptatiemaatregelen. Hieronder een verslag en discussie van de workshop.

Maatregelen om de open teelten in de landbouw aan te passen aan klimaatverandering zijn vaak bodem gerelateerd. Aanpassen alle vier de klimaattrends kent een bodemcomponent. Zo zal bijvoorbeeld een warmer en droger klimaat een hogere waterbehoefte tot gevolg hebben wat met een betere bodemkwaliteit opgevangen kan worden, doordat er meer water gebufferd kan worden. De set van maatregelen die in dit rapport zijn beschreven zijn daarom getoetst aan de praktijk inzichten op de kennis-dag van de PPS Beter bodembeheer. Daar kwamen akkerbouwers, veehouders, adviseurs, beleidsmakers en onderzoekers bij elkaar. In één van de workshops stond klimaatadaptatie centraal.

Doel van de workshop was het bewust maken van de maatregelen van die genomen kunnen worden en tevens het toetsen van de set van maatregelen, opgesteld in dit rapport, met wat er onder de praktijk leeft. Uitgangspunt voor het inventariseren van maatregelen zijn de NAS bollen diagrammen per klimaattrend, waarin de veranderingen en gevolgen worden beschreven voor de landbouw. Maatregelen die genomen kunnen worden bij de trend zeespiegelstijging zijn als voorbeeld uitgelegd aan de groep waarna er een groep aan de slag gingen met scenario 'het wordt natter', twee met 'het wordt droger' en een met 'het wordt warmer'. De verschillende groepen rapporteerden aan het eind van de workshop welke maatregelen er mogelijk zijn om een specifieke trend en gevolgen daarvan beheersbaar te houden. De genoemde maatregelen door de deelnemers komen grotendeels overeen met degenen zoals deze beschreven zijn in hoofdstuk 4 van dit rapport. De groepen kwamen met enkele specifieke gevolgen die (nog) niet in de NAS analyse naar voren zijn gekomen. Wanneer het warmer wordt kan er meer gewasstress optreden wat met een ongestoorde gewasgroei (vochtvoorziening) opgevangen kan worden. Door hogere temperaturen en hogere UV straling zullen gewasbeschermingsmiddelen sneller afgebroken worden wat bij de ontwikkeling en selectie van middelen meegenomen zal moeten worden. Bij de dagsluiting kwam naar voren dat de relatie klimaatadaptatie en bodem verdere aandacht behoeft.

De aanpak om voor een specifieke klimaattrend en de gevolgen daarvan klimaatadaptatiemaatregelen te zoeken werd enthousiast ontvangen. Nuttige discussies leidde tot nieuwe inzichten, zoals de synergiën en trade-offs tussen maatregelen die verschillende doelen dienen. Bij 'het wordt natter' werden maatregelen bedacht om snel van het water af te komen, terwijl dit conflicteert met maatregelen die 'het wordt droger' proberen aan te pakken door water juist te bufferen.

4.2 Adaptatiemaatregelen voor de stresstest casussen

Hieronder worden adaptatiemaatregelen gepresenteerd die toegespitst zijn op de uitkomsten van de twee stresstestcasussen gepresenteerd in hoofdstuk 3.4.

4.2.1 Noordelijk pootgoedbedrijf

Uit de analyse van hoofdstuk 3.4.1 komt naar voren dat andere klimaatfactoren belangrijker worden voor het noordelijke pootgoedbedrijf: financieel risico door hittegolven en warme winters wordt hoger voor aardappel, het risico op schade door nachtvorst voor suikerbieten neemt af, het risico op schade door overstromde percelen en warme/natte periodes in uien neemt toe.

Zowel natte als droge/hete extremen komen vaker voor. Bij adaptatiemaatregelen is het dus belangrijk om te kijken naar maatregelen die in beide situaties effectief kunnen zijn. Daarnaast is voor veel gewassen een hoger risico op ziekten door aanhoudend vochtige omstandigheden. In Tabel 7 worden een aantal mogelijke adaptatiemaatregelen benoemd die volgens experts aan te bevelen zijn voor dit type bedrijf, waarbij de maatregelen van boven naar beneden gerangschikt zijn op basis van effectiviteit en uitvoerbaarheid. Samengevat kan de akkerbouwer zich voorbereiden op toenemende neerslagextremen (natter, droger) door de afwatering, infiltratie en ontwatering van percelen te optimaliseren. De toenemende ziekte- en plaagdruk vraagt een goed doordachte en effectieve geïntegreerde gewasbeschermingsstrategie (IPM), waar de keus voor meer resistente rassen ook onderdeel van is. Bij rassenkeus kan ook rekening gehouden worden met droogte- en hittebestendigheid. Daarnaast zijn er enkele risicomanagementmaatregelen aan te bevelen, zoals de keuze voor minder kwetsbare percelen en de spreiding van risicoteelten over een groter gebied en over diverse percelen/bodemtypes. Ook financiële maatregelen (reserveringen, verzekering) zijn aan te bevelen als risico's toenemen. Zoetwateropslag en druppelirrigatie zijn relatief kostbaar en nog niet op grote schaal toepasbaar.

Tabel 7 Mogelijke adaptatiemaatregelen voor het Noordelijke pootgoedbedrijf, op volgorde van uitvoerbaarheid en effectiviteit.

maatregel	Natter	Droger	Warmer (zomers)	Warmer (winters)
Vlaklegging	x	x		
Bodemstructuur en organische stof	x	x		
Drainage	x			
Rassenkeus		x	x	x
IPM	x	x	x	x
Perceelskeus, teeltspreiding	x (bij lokale extremen)	x		
Financiële reserveringen	x	x	x	x
weersverzekering	x (bij extremen)	x (bij extremen)		
NKG	x	x		X (aard opslag, zonder Groenbem)
Zoetwater opslag via drainage		x	x	
Druppelirrigatie (met inzet BOS)		x	x	

4.2.2 Zuidoostelijk akkerbouwbedrijf

Uit de analyse van hoofdstuk 3 komt naar voren dat andere klimaatfactoren belangrijker worden voor het zuidoostelijk akkerbouwbedrijf: financieel risico door hittegolven en warme winters wordt hoger,

het risico op schade door warme/natte periodes neemt toe. Kortom: Zowel natte als droge/hete extremen komen vaker voor.

Bij adaptatiemaatregelen is het dus belangrijk om te kijken naar maatregelen die in beide situaties effectief kunnen zijn. Daarnaast is voor veel gewassen een hoger risico op ziekten door aanhoudend vochtige omstandigheden. In Tabel 8 worden een aantal mogelijke adaptatiemaatregelen benoemd die volgens experts aan te bevelen zijn voor dit type bedrijf, waarbij de maatregelen van boven naar beneden gerangschikt zijn op basis van effectiviteit en uitvoerbaarheid. Samengevat kan de akkerbouwer zich voorbereiden op toenemende neerslagextremen (natter, droger) door de waterberging en ontwatering (via peil gestuurde drainage) en beregening/irrigatie te optimaliseren. De toenemende ziekte- en plaagdruk vraagt een goed doordachte en effectieve Geïntegreerde gewasbeschermingsstrategie (IPM), waar de keus voor meer resistente rassen ook onderdeel van is. Bij rassenkeus kan ook rekening gehouden worden met droogte- en hittebestendigheid. Daarnaast zijn er enkele risicomanagementmaatregelen aan te bevelen, zoals de keus voor minder kwetsbare percelen en de spreiding van risicoteelten over een groter gebied en over diverse percelen/bodentypes. Ook financiële maatregelen (reserveringen, verzekering) zijn aan te bevelen als risico's toenemen.

Tabel 8 Mogelijke adaptatiemaatregelen voor het Noordelijke pootgoedbedrijf, op volgorde van uitvoerbaarheid en effectiviteit.

maatregel	Natter	Droger	Warmer (zomers)	Warmer (winters)
Peil gestuurde drainage	x	x		
Beregenen		x	x	
Druppelirrigatie (met inzet BOS) in dure teelten		x	x	
Bodemstructuur en organische stof	x	x		
Rassenkeus		x	x	x
IPM	x	x	x	x
Perceelskeus, teeltspreiding	x (bij lokale extremen)	x		
Financiële reserveringen	x	x	x	x
Weersverzekering	x (bij extremen)	x (bij extremen)		

5 Conclusies en aanbevelingen voor toepassing

5.1 Conclusies

1. *Welke klimaatveranderingen zijn er en waar en hoe gaan deze de landbouw in de open teelten in Nederland beïnvloeden?*

Er is al veel bekend omtrent klimaatverandering in algemene zin, met name de KNMI klimaatscenario's geven inzicht in klimaatverandering voor de verschillende weerstations in Nederland. Deze scenario's worden ook regelmatig geactualiseerd. Over de gevolgen voor de landbouw is ook wel wat bekend, vooral op gewasniveau. In de AgroClimateCalendar zijn de risico's voor bijna 20 verschillende gewassen uitgewerkt (diverse akkerbouw-, groente-, ruwvoer- en bolgewassen) en is de economische schade per gewas bepaald. Ook is er in bepaalde delen van Nederland aan de hand van de ACC gewerkt aan een portfolio van klimaatadaptatiemaatregelen die lokaal zijn vormgegeven met ondernemers. Echter, op bedrijfsniveau is er nog geen methode om een ondernemer te informeren over de mogelijkheden van adaptatie voor zijn eigen bedrijfsstructuur en specifieke locatie. Voor de open teelten zijn er vier klimaattrends geïdentificeerd die van invloed zijn; 'de zeespiegel stijgt', 'het wordt natter', 'het wordt droger' en 'het wordt warmer'. Deze trends worden regionaal prominenter. Zo vindt verzilting plaats in kuststreken, en zijn hete dagen vaker terug te vinden in het binnenland van Nederland. De grondgebonden landbouw ondervindt hier de gevolgen van. Zo treden er directe financiële opbrengstverliezen op doordat de kilogramopbrengsten lager worden, of omdat de kwaliteit van de producten afneemt door ziekten en plagen. Daarnaast moeten er extra kosten gemaakt worden, om bijvoorbeeld gewassen te beregenen, extra gewasbeschermingsmiddelen te gebruiken bij hoge ziektedruk of omdat de oogst door moeilijke omstandigheden veel meer tijd en moeite kost.

2. *Wat zijn de risico's op bedrijfsniveau in de open teelten van deze klimaatverandering, nu en in de toekomst (2050)?*

Er is een methodiek ontwikkeld (de zogenaamde 'stresstest') om tot een kwantificering van risico's van een veranderend klimaat op gewas- en bedrijfsniveau te komen. Daarvoor is gebruik gemaakt van de reeds bestaande kennis (ACC en KNMI-scenario's). Door de ontwikkelde stresstest kunnen de agronomische en financiële gevolgen van klimaatverandering concreet gemaakt worden voor individuele bedrijven in de open teelten, zodat zij doelgericht adaptatiemaatregelen kunnen beoordelen en gaan implementeren. Uit de twee uitgewerkte stresstest casussen in twee akkerbouwregio's in Nederland (Noordelijk zeekleigebied en Zuidoostelijk zandgebied), wordt duidelijk dat gewassen die een groot aandeel in het bouwplan hebben én kwetsbaar zijn voor toenemende frequenties van klimaatfactoren de grootste negatieve invloed gaan hebben op de bruto geldopbrengst van het bedrijf. Dat betekent dat er gekeken moet worden of er geschikte adaptatiemaatregelen bestaan, of dat er andere rassen of gewassen geteeld moeten gaan worden. De klimaatfactoren die een grote impact hebben en die in de toekomstscenario's vaker voor gaan komen zijn met name hittegolven, hevige regenval en warme winters.

3. *Wat zijn effectieve adaptatiemaatregelen en welke risico's kunnen zij verminderen? en wat zijn de neveneffecten/afwentel effecten van deze maatregelen op andere duurzaamheidsthema's?*

Er bestaat een breed palet aan adaptatiemaatregelen, zowel agronomische als management maatregelen. Vanuit de stresstest casussen is voor een tweetal regio's duidelijk geworden op welke klimaatfactoren en klimaattrends de grootste risico's verwacht worden. Dit geeft ook richting bij de keus van adaptatiemaatregelen. Echter ontbreekt er voor veel maatregelen praktijkervaring en inzicht

in de effectiviteit van de maatregel. Daardoor is het niet goed mogelijk om maatregelen te vergelijken op kosteneffectiviteit, wat nodig is om goede keuzes te maken.

Het is duidelijk dat met name agronomische maatregelen niet alleen bijdragen aan klimaatadaptatie, maar ook gevolgen kunnen hebben op externe indicatoren zoals bijv. bodemvruchtbaarheid, waterkwaliteit of koolstofvastlegging. Daarnaast worden vanuit andere doelen ook maatregelen voorgesteld en genomen, die invloed hebben op klimaatadaptatie. Om deze synergiën en trade-offs van adaptatiemaatregelen scherp in kaart te brengen, moet op regio- of bedrijfsniveau gekeken worden. Dat verschilt namelijk sterk per situatie, zoals bouwplan, klimaat en ondergrond. De ACC aanpak en de ontwikkelde stresstest kan helpen om deze verschillen in kaart te brengen.

5.2 Aanbevelingen om landbouw meer klimaat adaptief te maken

Tijdens een werksessie met het projectteam zijn een aantal punten naar voren gekomen die een indicatie geeft waarom klimaatverandering momenteel niet een urgentie heeft die het eigenlijk vraagt. De indruk is dat veel mensen geen concreet inzicht hebben in klimaatverandering en de gevolgen daarvan, terwijl de kennis daarover wel beschikbaar is. Zoals beschreven in de conclusie, is deze kennis beschikbaar in losse stukken, en ontbreekt de synthese op bedrijfsniveau én mist de toepassing op concrete bedrijfssituaties.

In dit rapport worden op basis van bestaande kennis de gevolgen van klimaatverandering concreet gemaakt voor bedrijven in de open teelten. Dat kan bijdragen aan bewustwording van de mogelijke gevolgen van klimaatverandering en aspecten van klimaatadaptatiemaatregelen. Daarnaast ontbreekt een gevoel van urgentie en eigenaarschap van het probleem. Boeren en landbouwpartijen kijken meer op korte dan op lange termijn. Het jaarlijkse weer is leidend, niet het weer over een periode van 30 jaar (= het klimaat). Daarnaast is men geneigd om het probleem bij anderen neer te leggen: boeren, overheden, ketenpartijen en waterbeheerders kijken naar elkaar, en dat geldt ook voor regionale en landelijke partijen.

Implementatie

In dit rapport is klimaatverandering concreet gemaakt door het te verbinden aan de vier klimaattrends (het wordt natter, het wordt droger, het wordt warmer, de zeespiegel stijgt). Van deze trends is bepaald hoe deze zich in ruimtelijke zin gaan ontwikkelen (waar wordt het prominenter) en is bepaald welke teelten daarvoor kwetsbaar zijn. De stresstest geeft per gewas en per regio aan welke bedreigingen en risico's de klimaatfactoren met zich meebrengen. Deze acties dragen bij aan het tastbaarder maken van klimaatverandering voor boeren.

Om verandering in algemene zin, en specifiek klimaatadaptatie te realiseren, zijn volgens ons drie kenmerken nodig bij een boer en zijn omgeving;

- Willen; de noodzaak zien, de wens hebben om aan de slag te gaan met klimaatadaptatiemaatregelen en de overtuiging te hebben dat de effecten van deze maatregelen bijdragen aan een betere bedrijfscontinuïteit.
- Kunnen; het kunnen realiseren van deze verandering (kennis, ervaring, zelfvertrouwen, financiële middelen).
- Mogen; de mogelijkheid om deze verandering te realiseren binnen wetgeving en keten (acceptatie, normen), in samenwerking met andere partijen.

Het concreet maken van de gevolgen van klimaatverandering voor boeren draagt bij aan het inzicht dat voor klimaatadaptatie nodig is, en daarmee aan de 'wil' om aan verandering te werken. De stresstest die ontwikkeld is in dit project geeft aan welke klimaatfactoren vaker voor gaan komen, en geven zo een indicatie waar er noodzaak voor adaptatie is. Deze adaptatiemogelijkheden zijn daarom ook gelinkt aan de specifieke gevolgen van de vier klimaattrends, zodat er overzicht ontstaat in welke maatregel op welke gevolgen een adaptief effect heeft. Een nadere kwantificering van de effectiviteit en kosten en baten van deze maatregelen is nog nodig om verdere implementatie te ondersteunen. Om de bewustwording en urgentie verder te vergroten, is toepassing van de stresstest in meer regio's

een vereiste, resulterend in een instrument waarmee individuele bedrijven een spiegel voorgehouden kunnen krijgen op basis van klimaatscenario's. Het toetsen en actief delen en bediscussiëren met (groepen) boeren, adviseurs en belanghebbenden van deze resultaten versterkt het handelingsperspectief.

In dit project zijn verbindingen gelegd met allerlei partijen die betrokken zijn bij de landbouw en klimaatverandering. In meerdere regio's en projecten zijn landbouwers en anderen aan de slag met het meest urgente probleem, zoals wateroverlast, verdroging, verzilting of schade door ziekten en plagen. Hier wordt inzicht verkregen in de problemen die in hun specifieke context spelen. Het is belangrijk om meer aandacht te besteden aan het benutten van kennis en ervaringen om daarmee te voorkomen dat iedere regio / keten opnieuw het wiel uitvindt of los van elkaar dezelfde kennis ontwikkelt. Zo kunnen telers en organisaties aan de Noord-Nederlandse kust wellicht leren van de aanpak tegen verzilting door boeren in Zeeland, en kunnen watervasthoudende maatregelen uit Limburg toegepast worden in andere droogtegevoelige gebieden. Het 'kunnen' aanpassen aan klimaatverandering wordt zo makkelijker en effectiever.

Wat betreft het 'mogen' realiseren van de gewenste verandering binnen wetgeving en normen en samenwerkingsvormen kan het interessant zijn om mogelijke belemmeringen te verkennen van adaptatiemaatregelen die niet binnen de bestaande regels of kaders passen. Daarnaast is ook het handelingsperspectief van de boer of tuinder met betrekking tot het waterbeheer beperkt. Zelf een eigen peil handhaven kan niet zonder toestemming van het waterschap (waarschijnlijk met goede reden). Zo is bekend dat fiscale regelgeving boeren afremt om financiële buffers aan te houden, terwijl dat bij toenemende financiële risico's wel nodig is. De markt- en ketenstructuur kan ook remmend werken bij het omschakelen naar minder gevoelige gewassen en rassen. Daarnaast zijn er vanuit aanpalende doelen, zoals waterkwaliteit, klimaat en biodiversiteit, ook maatregelen op boeren afkomen die het werken aan klimaatadaptatie beïnvloeden (positief of negatief).

Er zijn verschillende acties nodig rond het willen, kunnen en mogen van klimaatadaptatie. Deze staan niet los van elkaar en hierbij is inspanning nodig van verschillende partijen die het mogelijk kunnen maken dat de Open Teelten klimaat-adaptief worden. Dat vraagt ook een gezamenlijke zoekrichting of te wel een kennis- en innovatieagenda, waar alle opgaven voor klimaatadaptatie in de Open Teelten worden benoemd en waarvoor alle betrokken partijen mede verantwoordelijkheid nemen.

5.3 Geïdentificeerde kennishiaten

Tijdens dit onderzoek zijn een aantal kennis hiaten ontdekt, die ingevuld moeten worden om een vollediger beeld van de noodzaak voor klimaatadaptatie te geven. Hieronder zijn deze hiaten benoemd, per onderwerp in het rapport.

Stresstest

Klimaatfactoren: Verzilting zit niet in de stresstest als klimaatfactor, terwijl deze zeker relevant is in de kuststreken, en met name in droge perioden (zie 2.2.4). Doordat verzilting prominenter zal worden en schade aan gewassen kan veroorzaken, is het van belang dat deze factor wordt uitgewerkt en vervolgens wordt geïmplementeerd in de stresstest. (dit is niet zomaar mogelijk, verzilting is een langzaam proces met diffuse lokale effecten, er is niet een grenswaarde die schade oplevert) Daarnaast is de maximum kans op een klimaatfactor gelijk gesteld aan 1. Zo kan een klimaatfactor niet vaker dan eenmaal per jaar plaatsvinden. De KNMI frequenties geven echter aan dat er een aantal klimaatfactoren zijn die een hogere frequentie dan 30 keer per 30 jaar hebben, en het dus aannemelijk is dat deze vaker dan eenmaal in een jaar kunnen optreden. Gevolg daarvan is dat de impact van de tweede keer in absolute zin lager uit zal vallen, omdat er reeds opbrengstderving heeft plaatsgevonden tijdens de eerste klimaatfactor. Dit vraagt verdere uitwerking.

Gewassen: Er zijn 17 gewassen opgenomen de ACC en deze gewassen zijn goed voor 87% van het landbouwareaal. De stresstest kan dus op een groot deel van Nederland toegepast worden. Een aantal gespecialiseerde teelten (groenteteelt bijvoorbeeld) en biologische teelt zijn afwezig. Om beter in beeld te krijgen wat klimaatverandering voor andere gewassen gaat betekenen, is het nodig dat de verkenning van klimaatfactoren en impacts gedaan gaat worden voor meer gewassen.

Kosten. De kosten gedurende het teelt seizoen kunnen anders uitvallen als er vroeg in het jaar een klimaatfactor optreedt die schade veroorzaakt. Dat kan leiden tot kosten besparing (minder werkzaamheden nodig), of juist tot meer (herinzaai, extra gewas verzorging). Deze kostenverandering heeft invloed op de uiteindelijke financiële schade voor de boer als gevolg van een klimaatfactor, en kan zo bijdragen aan een realistischer beeld van de stresstest. Daarnaast wacht de boer vaak niet af in het geval van een klimaatfactor, maar onderneemt hij actie om de schade te beperken. De stresstest gaat nu (nog) uit van niets doen van de boer.

Implementatie van **maatregelen** in de stresstest-berekeningen. Als een maatregel het risico van droogte met 50% kan reduceren, kan er een nieuwe berekening opgesteld worden, waar de schade reductie en de kosten van adaptatie in kunnen worden weergegeven.

Meerjarige effecten van klimaatfactoren. In de huidige stresstest wordt uitgegaan van het feit dat er ieder jaar een verse start gemaakt kan worden. Echter, er kunnen ook meerjarige effecten optreden, zoals overleven van ziekten, aardappelopslag en bodemverdichting. Zo kan er in de jaren na het optreden van een klimaatfactor toch nog schade optreden. Daarnaast kan er interactie optreden tussen (de gevolgen van) klimaatfactoren: als bodemverdichting optreedt onder natte omstandigheden, zal dit later in een droge periode ook gevolgen hebben voor het gewas, omdat de beworteling niet optimaal is.

Verzilting Er is niet voldoende bekend over de dynamiek van verzilting van het oppervlakte water, zoet water lenzen. Daarnaast is er nog niet voldoende bekend wel fysiologische processen per gewas in welke omstandigheid nu precies de schade veroorzaakt.

Meerdere casussen: Er is nu een tweetal casussen uitgewerkt. Als het veranderend risico voor meer casussen wordt berekend, kan er een generalisering gemaakt worden voor wat de invloed van klimaatverandering is op een groter schaalniveau dan het bedrijf. Dat beeld kan relevant zijn voor bijvoorbeeld ketenpartijen, die hun producten regionaal of landelijk sourcen. Het ketenperspectief op klimaatveranderingen in de landbouw is nu te weinig belicht en vraagt aandacht in volgende onderzoeksprojecten.

Onbekende klimaatfactoren. Sommige klimaatfactoren zijn niet goed bekend, met name ziekten en plagen kunnen in de nabije of verre toekomst geïntroduceerd worden waardoor er nieuwe schade plaatsvindt. Van een aantal infectieziekten (geldt meer voor de veehouderij) en virusziekten en insectenplagen weten we dat ze nu elders al voorkomen en dat ze zich bij een warmer wordend klimaat in Nederland zouden kunnen vestigen. Van de nieuwe ziekten en plagen is het heel moeilijk om een inschatting te maken van de potentiële schade.

Adaptatie-maatregelen, synergiën en trade-offs. De klimaatscenario's laten zien dat er geen nieuwe klimaatfactoren optreden, maar dat de frequentie (en soms ook de intensiteit) verandert. Dat betekent ook dat veel adaptatiemaatregelen al bekend zijn en deels ook genomen worden, met name ad hoc. De verwachting is dat er meer nodig is voor de toekomst: intensievere drainage, meer beregening, beter risicomanagement, etc.. Er is echter (te) weinig bekend over de effectiviteit van maatregelen om voor specifieke regionale bedrijfssituaties te bepalen welke maatregelen het meest kosteneffectief zijn. Dat vraagt om verder onderzoek, ook in de praktijk. Daarnaast is het belangrijk om ervaringen met bestaande en nieuwe maatregelen beter uit te wisselen, ook over regio's heen.

Literatuur

- IPCC. (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139177245>
- Klein Tank, A., Beersma, J., Bessembinder, J., van den Hurk, B., & Lenderink, G. (2015). *Klimaatscenario's KNMI '14*. Retrieved from www.klimaatscenario.nl
- KNMI. (2015). Weersdata voor KNMI 2014 klimaatscenario's 2050. Retrieved from <http://www.klimaatscenario.nl/kerncijfers/index.html>
- Ministerie van LNV. (2020). *Actieprogramma klimaatadaptatie landbouw*.
- NAS. (2016). Nationale Adaptatie Strategie. Retrieved from <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/overheden/nas/>
- NAS. (2019). NAS adaptatietool. Retrieved from <https://nas-adaptatietool.nl/>
- Paas, W., Kanellopoulos, A., van de Ven, G., & Reidsma, P. (2016). Integrated impact assessment of climate and socio-economic change on dairy farms in a watershed in the Netherlands. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 78, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2015.12.004>
- Pondini, L. (2017). The effects of change in extreme climate events on agriculture in the Netherlands, (August).
- Schaap, B., Geertsema, W., Schotman, H., Visser, J. C., & de Vree, L. G. (2011). *Eindrapportage Hotspot Oude Vaart -Reest*.
- Schaap, B F, Reidsma, P., Agricola, H., & Verhagen, J. (2014). Klimaatrisico's en -kansen voor de landbouw, (March 2016).
- Schaap, Ben F., Blom-Zandstra, M., Hermans, C. M. L., Meerburg, B. G., & Verhagen, J. (2011). Impact changes of climatic extremes on arable farming in the north of the Netherlands. *Regional Environmental Change*, 11(3), 731–741. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0205-1>
- van Bakel, P. J. T., Blom-Zandstra, M., & Stuyt, L. C. P. . (2018). Zouttolerantie van gewassen afhankelijk van het groeistadium?, 48.
- van der Voort, M. (2018). *KWIN AGV*. Wageningen University and Research.
- van Staverden, G., & Velstra, J. (2012). Klimaatverandering, toenemende verzilting en landbouw in Noord-Nederland.
- Verhagen, A., van Asseldonk, M., & Pronk, A. (2018). Open teelten en klimaatadaptatie in relatie tot de financiële weerbaarheid. Retrieved from <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/445413%0Apapers3://publication/uuid/96B4A0BC-FD6D-422B-82B7-D88EF9CFB859>
- Wekken, J. W. van der, & Schreuder, R. (2006). Kwantitatieve informatie Boomkwekerij 2006, (rapport PPO 422).
- Wit de, J., Swart, D., & Luijendijk, E. (2009). Klimaat en landbouw Noord- Nederland : ' effecten van extremen ', 112.
- Wolf, J., Reidsma, P., Schaap, B., Mandryk, M., Kanellopoulos, A., Ewert, F., ... Ittersum, M. K. van. (2012). *Assessing the adaptive capacity of agriculture in the Netherlands to the impacts of climate change under different market and policy scenarios (AgriAdapt project)*. KVR report number KVR 059/12. Retrieved from http://susfood-db-era.net/drupal/sites/default/files/Postings/AgriAdapt_Synthesis_report.pdf

Bronnen adaptatiemaatregelen:

Organische stof

https://www.nmi-agro.nl/images/nieuws/Matters_april_19_artikel_Organische_stof_p.pdf

Controlled Traffic farming

G.D. Vermeulen, J.N. Tullberg, and W.C.T. Chamen, Controlled Traffic Farming, 2010

Folkerts, H., J.K. Kouwenhoven & U.D. Perdok, 1981. Mogelijkheden voor de rijbanenteelt.

Landbouwmeechanisatie 32: 499-504.

Lamers et. al., 1986. Controlled traffic systems in the Netherlands. Soil & Tillage Research 8: 65-76.
Tullberg, J., 2004. Presentation. On Track to Sustainable Farming Systems in Australia; Impact of Field Traffic - and its Control.
Vermeulen, G.D. & J.J. Klooster, 1992. The potential of a low ground pressure traffic system to reduce soil compaction on a clayey loam soil. Soil & Tillage Research 24: 337-358.
Wolf, M. de, 2005. Rijpadensysteem gauw rendabel op biologisch bedrijf met 200 ha. Intern rapport, PPO Lelystad.

Gereduceerde grondbewerking

D. van Balen, W. Haagsma, De effecten van gereduceerde grondbewerking, Ekoland mei 2017, <https://edepot.wur.nl/420313>

Lagere bodemdruk

G.D. Vermeulen, C. van der Wel, Verslag van een proef met variërende bodemdruk onder natte bodemomstandigheden, LNV Programma BO*04*004, Systeeminnovatie biologische open teelten, 2008

Themadag "Werkbaarheid en tijdigheid", PAGV verslag nr. 64, mei 1987

Janssens, S.R.M., 1991. Rendabiliteit van een verminderde bodembelasting; Bedrijfseconomische evaluatie van een lagedruk-berijdingssysteem. Lelystad, PAGV, verslag nr. 127, 57 pp.

Ondergrondverdichting

J.J.H van den Akker, W.M.J de Groot, Een inventariserend onderzoek naar de ondergrondverdichting van zandgronden en lichte zavel, Alterra rapport 1450, 2008

Timing werkzaamheden

G.D. Vermeulen, C. van Wijk, Potentie van oogstvervroeging voor verbetering van de bodemstructuur, rapport 514, april 2013, <https://edepot.wur.nl/420313>

Bijlage 1 Uitgebreide adaptatiemaatregelen tabellen

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Waterbeheer								
Opvang van regenwater		+		+	-	Kwaliteit van oppervlakte-en grondwater gaat achteruit door oa verzilting. Daarom kan het opvangen van regenwater een oplossing bieden. Deze maatregel gaat meestal samen met druppelirrigatie omdat voor dit systeem een goede waterkwaliteit essentieel.	De methode van opvang van regenwater (bassin of zoetwaterlens in de bodem) is afhankelijk van het gewas en economische haalbaarheid. Dit water zal efficiënt gebruikt moeten gezien de hoge kosten voor het verzamelen ervan. Dit is een structurele toepassing aangezien de infrastructuur op het bedrijf verregaande aanpassing vergt.	Hoge kosten geen directe relatie met mitigatie.
Druppelirrigatie		+	+	+	-	Met druppelirrigatie is een efficiëntere benutting van beschikbaar water mogelijk. Gezien de kwetsbaarheid van het systeem (kans op verstopping) is een goede waterkwaliteit essentieel.	Alleen voor kwetsbare hoog salderende gewassen is dit systeem economisch rendabel. Aanleg en verwijderen van druppelirrigatie in éénjarige gewassen is bewerkelijk en daardoor kostbaar. Het systeem zelf is flexibel inzetbaar mits er water beschikbaar is.	Hoge kosten geen directe relatie met mitigatie.

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Waterbeheer								
Gebruik van beslissingsondersteunend systeem		+	+	+	-	Gebruik van beslissingsondersteunende systemen (software) in combinatie met weersgegevens en vochtsensoren (lokaal weerstation) is het beregeningsmoment beter onderbouwd.	Deze systemen zijn beschikbaar en worden verder doorontwikkeld. De timing van irrigatie en de benodigde hoeveelheid is met dit systeem beter te reguleren.	Lager energie gebruik. Hoge kosten voor aanleg en onderhoud.
Gebruik van vochtsensoren		+	+	+	+	Lokale weersstations kunnen niet de juiste informatie geven over de vochttoestand van de bodem. Lokale weersgegevens gecombineerd met vochtsensoren op bedrijfs- en liever perceelniveau helpen bij het onderbouwen van de beslissing om te gaan beregenen.	Knelpunt zijn de hoge kosten voor betrouwbare meetmethoden voor bepaling van het vochtgehalte. Door het gebruik van draadloze dataoverdracht zijn de systemen flexibel inzetbaar, snel te installeren en te gebruiken.	Geen trade-off
Vlaklegging/afwatering van percelen optimaliseren	+			+	-	Optimaliseren van infiltratie (door hele perceel te benutten) kan gedaan worden door de vlakligging van het perceel te optimaliseren. Zo wordt zout-schade voorkomen in lage perceelsdelen, en wordt oogtschade onder natte omstandigheden, en bodemverdichting voorkomen.	Een zoetwaterbel bovenop zilt grondwater voorkomt stagnatie van wortelgroei en zoutschade aan gewassen. Dit is een structurele maatregel waarbij de uitvoering van vlaklegging van perceel op tijd gepland moet worden en passend moet zijn in het bouwplan aangezien de bodem voldoende droog moet zijn bij uitvoering om bodemverdichting te voorkomen. Er moet voorkomen worden dat er zogenaamde ingesloten laagtes voorkomen. Water kan zich in deze laagtes verzamelen en zorgen voor	Hoge kosten

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Waterbeheer								
							plaatselijke waterverzadiging van de bodem die daardoor extra kwetsbaar is voor verdichting.	
Greppels	+			+		Snelle afvoer van neerslagoverschot wanneer de infiltratiecapaciteit van de grond te laag door hogere grondwaterstand.	Het risico op puntemissies door afspoeling van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen wordt groter door deze maatregel. Dit is een ad hoc maatregel en moet alleen in uiterste gevallen toegepast worden om opbrengstderving te voorkomen.	Door af en uitspoeling van N kunnen indirecte N2O emissie toenemen

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Waterbeheer								
Drainage verbeteren	+			+		<p>Snelle afvoer van neerslagoverschot door te zorgen voor oppervlakkige afwatering.</p> <p>Betere ontwatering van percelen, meer werkbare dagen, minder structuurschade bij hogere grondwaterstand.</p>	<p>Dit is een investering die zich snel kan terugbetalen bij hoge grondwaterstanden. Dit is een structurele oplossing. De maatregel is gericht op ontwatering. Om zoutschade te voorkomen zal ervoor gezorgd moeten worden dat er zoveel mogelijk zoet water in de bouwvoor blijft. Drainage kan ingezet worden voor het verzamelen van zoet water.</p> <p>Het risico op puntemissies door afspoeling van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen wordt groter door deze maatregel. Dit is een ad hoc maatregel.</p>	Door af en uitspoeling van N kunnen indirecte N2O emissie toenemen

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Waterbeheer								
Mobiel beregeningssysteem		+	+	+	-	<p>Optimaliseren van infiltratie (door hele perceel te benutten) kan gedaan worden door de vlakligging van het perceel te optimaliseren. Zo wordt zout-schade voorkomen in lage perceelsdelen.</p> <p>Pomp (trekker of stationair) in combinatie met haspel en beregeningskanon of -boom.</p>	<p>Een zoetwaterbel bovenop zilt grondwater voorkomt stagnatie van wortelgroei en zoutschade aan gewassen. Dit is een structurele maatregel waarbij de uitvoering van vlaklegging van perceel op tijd gepland moet worden en passend moet zijn in het bouwplan aangezien de bodem voldoende droog moet zijn bij uitvoering om bodemverdichting te voorkomen.</p> <p>Dit systeem is minder efficiënt met water ten opzichte van druppelirrigatie. En niet overal bruikbaar als oppervlaktewater ongeschikt is of niet gebruikt kan worden vanwege contaminatie (bruinrot). Dit is een flexibel systeem en kan als ad hoc maatregel gezien worden.</p>	Hoger energie verbruik, hogere kosten
Peilgestuurde drainage		+	+		-	<p>Hogere grondwaterstanden kunnen gerealiseerd worden om droogteschade te voorkomen. Op bedrijfs- en perceelniveau kan het grondwaterpeil bepaald en afgestemd worden op de benodigde grondwaterstand van dat moment.</p>	<p>Door het tot op perceelniveau kunnen regelen van de grondwaterstand kan deze verhoogd worden wanneer de gewassen dit nodig hebben. Bij het bewerken van de grond kan deze verlaagd worden om verdichting van de bodem te voorkomen. Dit systeem vergt investeringen en aanpassing van de bedrijfsinrichting en is een structurele oplossing.</p>	Hoge kosten

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Rassenkeuze								
Minder vatbare rassen telen	+			+		<p>Rassen ontwikkelen die beter bestand zijn tegen zilte omstandigheden.</p> <p>Schimmels en bacteriën gedijen beter onder vochtige omstandigheden. De ziektedruk kan veranderen (hoger worden). Er kan gekozen worden voor rassen/variëteiten met een (hogere) resistentie tegen schimmel en bacterie pathogenen.</p> <p>Rassen bestand tegen hogere ziektedruk</p>	<p>Informatie over ras geschiktheid voor zilte groeiomstandigheden is (nog) niet breed beschikbaar.</p> <p>Om te voorkomen dat het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (gbm) toeneemt zal er gekeken moeten worden naar ziekteresistenties van rassen en variëteiten. Het aantal beschikbare gbm zal naar verwachting afnemen en er zal naar andere strategieën gekeken moeten worden om de invloed van toename van ziektedruk te verkleinen.</p>	Geen directe relatie met mitigatie.
Rassenkeuze weerbaarheid		+	+			<p>Rassen kiezen die beter bestand zijn tegen droogte en warmte. Onder andere door het veredelen op een beter wortelstelsel. Daarnaast rassen die resistent zijn tegen nieuwe ziekten en plagen of hogere ziekten en/of plagendruk.</p>	<p>Veredeling op kwaliteit van het wortelstelsel is nog geen gemeengoed, er worden wel stappen gezet. Informatie over deze eigenschap is nog maar beperkt openbaar. Rassen met goede droogteresistentie maar met gebrek aan andere kwaliteiten (potentiele opbrengst, smaak, textuur, kleur, bewaarbaarheid, verwerkbaarheid)</p>	Geen directe relatie met mitigatie.

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Rassenkeuze								
							zullen door gebruikers en markt geaccepteerd moeten worden Rassenkeuze van eenjarige gewassen is een ad hoc maatregel.	
Rassenkeuze vroegheid	+	+				Vroegere rassen om een zo kort mogelijk groeiseizoen te realiseren. Een droog voorjaar en nat najaar verkorten een optimaal groeiseizoen	Het verkorten van de veldperiode verkort het risico op van droogte tijdens de groeiperiode. Dit is een ad hoc maatregel.	

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Gewaskeuze								
Minder vatbare gewassen telen		+		+	-	Gewassen die beter presteren onder zilte omstandigheden.	Minder gevoelige gewassen moeten vergelijkbare voedingswaarde en productie hebben als bestaande gewassen. Gewassen moeten passen in bouwplan en teeltsysteem.	Geen directe relatie met mitigatie.

Aanpassen bouwplan	+					<p>Gewassen die laat in het seizoen geoogst worden geven meer risico op ondergrondverdichting. Later in het seizoen is er meer kans op neerslagoverschot en zal water minder snel uit de bodem zakken. Een vochtige bodem is gevoeliger voor verdichting dan een droge bodem. Vooral gewassen die hoge kilogram opbrengsten per hectare leveren kunnen bij de oogst zorgen voor hoge bodemdruk met name bij het transport vanaf het veld. Daardoor is er meer risico op ondergrondverdichting. Aangezien er tendens is naar steeds grotere (en zwaardere) mechanisatie zal een aanpassing van het bouwplan en gewaskeuze noodzakelijk zijn.</p>	<p>Doordat het mogelijk is om gewassen langer gezond en in de groei te houden valt de oogst van gewassen steeds later in het jaar en worden de opbrengsten steeds hoger. Het kiezen voor vroege rassen/variëteiten is een ad hoc maatregel. Aanpassing van bouwplan een structurele.</p>	<p>Geen directe relatie met mitigatie.</p>
Gewassen kiezen die beter tegen droogte bestand zijn		+				<p>Vervanging van droogtegevoelige gewassen door sterkere gewassen of gewassen met een ander groeiseizoen (winter-, zomergraan). Sterkere gewassen kenmerken zich onder andere door een beter ontwikkelend wortelgestel.</p>	<p>Aanpassing van het bouwplan door het kiezen van minder droogtegevoelige gewassen is een structurele maatregel. Het zal niet altijd mogelijk zijn om voor voedsel- en voedergewassen alternatieven te vinden met gelijke voederwaarde en betere droogteresistentie. Er wordt geëxperimenteerd met Sorghum als vervanger van snijmais.</p>	<p>Geen directe relatie met mitigatie.</p>

Gewassen bestand tegen warmte			+			Gewassen die beter bestand zijn tegen extreme temperaturen kunnen uiteindelijk zorgen voor voldoende bedrijfszekerheid. Zogenaamde C4 gewassen hebben een fotosynthese die bij hogere temperaturen optimaal werkt. Voorbeeld van een C4 gewas is mais.	Gewassen die bestand zijn tegen warmte moeten een alternatief zijn voor bestaande voedsel- en voedergewassen. Dit zal niet altijd mogelijk zijn. Aanpassing van het bouwplan door het kiezen van andere gewassen is een structurele maatregel.	
-------------------------------	--	--	---	--	--	--	--	--

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Bodemstructuur verbetering								
Verhogen van organisch stofgehalte	+					Verhogen aanvoer van organische stof bedrijfsextern middels mest en compost. Bedrijfsinterne aanvoer van organische stof kan door gebruik van groenbemesters en verhakselen van stro.	Dit is een maatregel waar veel inspanning voor geleverd zal moeten worden om het organisch stofgehalte in de bodem uiteindelijk te stabiliseren of verhogen. Aanvoer van organische stof middels mest en compost zal passend moeten zijn binnen mestwetgeving. Er is een maximum aan het organisch stofgehalte in de bodem (afhankelijk van de kwaliteit van organische stof) om voldoende draagkracht voor machines en werktuigen te kunnen behouden. Verhogen van het organische stofgehalte (C) heeft tevens als klimaatmitigatie maatregel effect. Afhankelijk van het type organische mest kan de emissie van N2O toenemen.	Afhankelijk van het type organische stof kan dit bijdragen aan mitigatie
Controlled traffic farming	+					Voorkomen van ondergrondverdichting over het hele perceel door gebruik te maken van vaste rijpaden. Infiltratiecapaciteit van de bodem tussen de bereiden paden neemt toe. De paden zelf kunnen dusdanig verdicht zijn dat deze slecht doorlatend zijn.	Aanpassing van mechanisatie vergt grote investeringen en dit is een structurele maatregel. De oogstmeechanisatie vanaf vaste rijpaden is nog niet uitontwikkeld. Ook loonwerkers zijn over het algemeen niet in staat om vanaf vaste rijpaden te werken. Voor bedrijven met percelen op afstand en/of huurpercelen is deze maatregel minder goed inpasbaar.	Deze maatregel zal als het bereiden oppervlakte reduceert een positief effect hebben op N2O emissies.

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Bodemstructuur verbetering								
Aanpassing bodemdruk	+					Voorkomen van bodemverdichting (ondergrondverdichting) om hiermee risico op vernatting, verslumping, en af- en uitspoeling te voorkomen. Door toepassing van lage drukbanden, drukwisselsystemen of rupsbanden kan het gewicht over een groter oppervlak verdeeld worden. Ook het voorkomen van transportbewegingen over het land verkleint het risico op ondergrondverdichting.	Onder droge omstandigheden zal ondergrondverdichting minder snel voorkomen. Het effect van een te hoge bodemdruk zal dan ook niet altijd zichtbaar zijn. Gezien de investeringen en aanpassing machinepark is dit een structurele oplossing. Er is waar voldoende aanbod van mechanisatie (werktuigen, banden) op de markt om een lagere bodemdruk te bereiken.	Een betere doorluchting van de bodem kan een positief effect hebben op N2O emissies.
Gereduceerde grondbewerking	+					Direct zaai, minimum tillage, no till, niet kerende grondbewerking (NKG) heeft in potentie een betere stabielere ontwatering van de bodem dan standaard grondbewerking (ploegen). Door een stabielere bodemstructuur kent gereduceerde grondbewerking een hogere draagkracht en kan daarmee het risico op ondergrondverdichting verkleinen.	Aanpassing van het teeltsysteem en aanpassing van mechanisatie is nodig. Kennis is nodig van de ondernemer om dit systeem te kunnen toepassen. Dit is een structurele oplossing waarbij vaak aanpassing van het bouwplan en vruchtwisseling nodig is. Naast betere ontwatering is dit systeem bevorderlijk voor de (bodem)biodiversiteit.	Een betere doorluchting van de bodem kan een positief effect hebben op N2O emissies.

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Bodemstructuur verbetering								
Voorkomen/opheff en slemp	+					Korstvorming door extreme regenval is op lichte gronden een risico bij onbedekte grond (buiten groeiseizoen, maar ook tijdens het groeiseizoen tussen de rijen). Gereduceerde grondbewerking, mulchen en onderzaai zijn preventieve maatregelen. Bij slemp is schoffelen/eggen effectief om korst te breken.	Het toepassen van mulch of andere grondbedekking kan ad hoc gebeuren. Het verminderen van slemp middels gereduceerde grondbewerking zal een structurele maatregel zijn.	
Bovenover ploegen om verdichting in ploegvoor te voorkomen	+					Ondergrondverdichting wordt mede veroorzaakt door het berijden van de ondergrond bij ploegen van de grond. Traditioneel wordt er met een kant van de trekker met beide wielen door de open voor gereden. Zeker onder natte omstandigheden kan verdichting onderin de voor optreden. Bij bovenover ploegen wordt niet door de voor gereden, waardoor ondergrondverdichting voorkomen wordt. Bovendien wordt er door het ploegen een eventuele oppervlakkige verdichting door het ploegen van de grond opgelost	Om bovenover te kunnen ploegen zal een trekker met rtk-gps besturing essentieel zijn. Voldoende grip is nodig om recht te kunnen blijven rijden wanneer de toplaag van de bodem vochtig is. Rupsbanden en lage drukbanden kunnen hierbij helpen. Er zijn ploegen die zowel bovenover als in de voor gebruikt kunnen worden en daarmee ad hoc inzetbaar. Een betere doorluchting van de bodem kan een positief effect hebben op N2O emissies.	Een betere doorluchting van de bodem kan een positief effect hebben op N2O emissies.

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Nutrientenbeheer								
Uitspoeling voorkomen	+					Door gebruik van langzaam werkende meststoffen of het opsplitsen van kunstmestgiften zullen er minder mineralen uitspoelen bij hevige neerslag.	De beslissing voor het gebruik van langzaamwerkende meststoffen kan nog kort voor het groeiseizoen of in het groeiseizoen genomen worden. Bijkomend voordeel is het geringere risico op vervuiling van oppervlakte- en grondwater. Door verminderde uit- en afspoeling zullen indirect N2O emissies afnemen.	Positief effect op N2O emissies.

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
waterbuffers aanleggen								
Voorkomen van erosie	+					Aanleg van bufferstroken (greppels) waar afstromend water van hellingen zich kan verzamelen en infiltreren in de bodem.	Dit zal voornamelijk in het heuvellandschap van Zuid Limburg van toepassing zijn in de akkerbouw en fruitteelt zonder graspaden. Het is een effectieve maar ook structurele maatregel omdat percelen op een andere manier ingericht worden.	Geen direct verband met mitigatie

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Gewas bescherming								
Integrated pest management (IPM)	+					Schimmels en bacteriën gedijen beter onder vochtige omstandigheden. De ziektedruk kan veranderen (hoger worden). Om adequaat te kunnen handelen met een efficiënte inzet van gewasbeschermingsmiddelen is een geïntegreerde aanpak (Integrated Pest Management) nodig	IPM is een pakket aan maatregelen waarbij het streven is m de inzet aan GBM te beperken. Bij keuze van middelen of het gebruik van beslissingsondersteunende systemen kan er op korte termijn gehandeld worden. Wanneer het gaat om aanpassing van de bedrijfsinrichting (akkerranden, bloemstroken, strokenteelt (in exp fase)) zal er sprake zijn van een structurele oplossing. Deze aanpassingen zullen tevens de biodiversiteit vergroten.	Geen direct verband met mitigatie

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Bedrijfsinrichting								
Verhogen weerbaarheid	+					<p>Extreme regenval kan naast het veelvuldiger optreden van ziekten en plagen zorgen voor een vermindering van de effectiviteit van gewasbeschermingsmiddelen (afspoelen middel) en minder spuitbare dagen. Zorg voor de aanwezigheid van natuurlijke vijanden en/of antagonisten in plant en bodem kan zorgen voor een weerbaarder landbouwsysteem. Daarnaast zal de aanleg van akkerranden/bloemstroken voor het herbergen van natuurlijke vijanden zorgen voor een aanwezige 'pool' op het bedrijf. Een goede bodemkwaliteit met hoge bodembiodiversiteit geeft een hogere garantie voor aanwezigheid van antagonistische schimmels en bacteriën</p>	<p>Aangezien het verhogen van de weerbaarheid een aanpassing van bedrijfsinrichting vergt, en niet alleen op het perceelniveau, is dit een structurele en ingrijpende maatregel. Het verhogen van de bodemweerbaarheid zal langere tijd inspanningen vergen om dit te realiseren en duidelijke richtlijnen hoe dit te bereiken zijn er (nog) niet. De maatregel zal een algemene verhoging van de biodiversiteit kunnen geven.</p>	Geen relatie met mitigatie
Spreiding van vatbare gewassen	+					<p>Vruchtwisseling verruimen kan kans op overdracht van bodem gebonden en deels lucht overdraagbare ziekten en plagen verkleinen. Spreiden van vatbare gewassen over het bedrijf en gebruik maken van natuurlijke barrières zoals in strokenteelt gebruikt wordt kunnen de verspreiding van ziektes en deels plagen vertragen</p>	<p>Er zijn goede resultaten geboekt met opknippen van vatbare gewassen over het bedrijf. Dit is een structurele oplossing aangezien dit impact heeft op de vruchtwisseling op het bedrijf en het ook voor de arbeidsefficiëntie gevolgen kan hebben. Er zal meer tijd nodig zijn in de bedrijfsvoering. Spreiding van gewassen zal de biodiversiteit vergroten</p>	Geen relatie met mitigatie

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
tijdspanningwerkzaamheden								
Planning	+				+	Bij de keus voor verschillende rassen en verschillende percelen kunnen telers de planning van werkzaamheden spreiden over een langere periode. Maatregel kan ook door afnemers en loonwerkers worden gebruikt	Vooraf bij contractteelten is het van belang om gegarandeerde aanvoer te hebben. Naast spreiding in oogstplanning kan tijdelijke opslag van product zorgen voor een buffer wanneer oogst vanaf het veld en directe levering risicovol is.	Geen direct verband met mitigatie
Teeltspreiding	+				+	Risicovolle gewassen spreiden over een groter gebied of over verschillende regio's en of meerdere bedrijfslocaties. Maatregel kan ook door afnemers worden gecoördineerd.	Bij spreiding binnen het bedrijf zal er sprake zijn van een structurele maatregel. Wanneer een afnemer middels planning van contractteelt zorgt voor spreiding kan dit een ad hoc maatregel zijn.	Geen direct verband met mitigatie
Overcapaciteit	+				+	Risicovolle gewassen spreiden over een groter gebied of over verschillende regio's en of meerdere bedrijfslocaties. Maatregel kan ook door afnemers worden gecoördineerd.	Bij spreiding binnen het bedrijf zal er sprake zijn van een structurele maatregel. Wanneer een afnemer middels planning van contractteelt zorgt voor spreiding kan dit een ad hoc maatregel zijn.	Geen direct verband met mitigatie
Bewaar- en afzetstrategie					+	Spreiden van afzetrisico's over verschillende afzetkanalen (af land en bewaren, daarnaast contracten, pools en vrije markt, meerdere afnemers).	Van jaar tot jaar kan dit aangepast worden tenzij er producten bewaard worden dan zal het een structurele maatregelen zijn die forse investeringen vergt.	Geen direct verband met mitigatie

	Het wordt			De zeespiegel stijgt	Financiële weerbaarheid	Omschrijving	Opmerking	Trade-off mitigatie
	natter	droger	warmer					
Financiële maatregelen								
Weersverzekering	+				+	Diverse opties om gebouwen en gewassen te verzekeren tegen schade door weersextremen.	Vooral gewassen die hoge investeringen vergen en gevoelig zijn voor schade door extreem nat weer lenen zich hiervoor.	Geen direct verband met mitigatie
Reserveringen	+	+			+	Financiële buffer voor slechte jaren.	Aangezien niet alle gewassen zich lenen voor een weersverzekering is het raadzaam om een financiële buffer op te bouwen mochten teelten te lijden hebben van extreem natte weersomstandigheden	Geen direct verband met mitigatie
Investeringsplanning	+	+			+	Investeringen doen bij financieel goede jaren en uitstellen bij tegenvallende jaren.	Hiermee is het tevens mogelijk een financiële buffer op te bouwen.	Geen direct verband met mitigatie
Windschade voorkomen					+	Windschermen kunnen schade voorkomen aan kwetsbare gewassen (fruit) in sterke wind(vlagen).	Windschermen kunnen schade voorkomen aan kwetsbare gewassen (fruit) in sterke wind(vlagen).	Geen direct verband met mitigatie
Neerslagschade voorkomen			+		+	Hagel en hevige regenval kunnen schade veroorzaken aan met name vruchtgewassen. Door hagelnetten of cabriokap te plaatsen, wordt deze schade geminimaliseerd.	Het plaatsen van netten of semi-permanente afdekking van gewassen kunnen deze beschermd worden tegen met name hagel. Dit zijn structurele maatregelen.	Geen direct verband met mitigatie

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR 824

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein.

De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
