



Gevolgen van klimaatextremen voor de Nederlandse landbouw

Noodzaak voor adaptatie?

Alterra-rapport 1994
ISSN 1566-7197

Ilse Geijzenborffer, Rob Smidt, Rutger Engelbertink, Tia Hermans, Ben Schaap, Jan Verhagen en Greet Blom-Zandstra

Gevolgen van klimaatextremen voor de
Nederlandse landbouw: noodzaak voor adaptatie?

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van BO-01 Vitaal Landelijk Gebied Thema Klimaat
Projectcode [BO-01-004-410]

Gevolgen van klimaatextremen voor de Nederlandse landbouw

Noodzaak voor adaptatie?

Ilse Geijzenborffer¹, Rob Smidt¹, Rutger Engelbertink¹, Tia Hermans¹, Ben Schaap², Jan Verhagen², Greet Blom-Zandstra²

1 Alterra

2 Plant Research International

Alterra-rapport 1994

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Referaat

Geijzendorffer, I. et al, 2011. *Gevolgen van klimaatextremen voor de Nederlandse landbouw. Noodzaak voor adaptatie?..*
Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1994. 60 blz.; 1 fig.; 7 tab.; 17 ref.

De directe en indirecte gevolgen van klimaatextremen voor de landbouw in de provincies Friesland, Groningen, Drenthe en Flevoland zijn verkend voor de scenario's G+ en W+. Circa 13% van het areaal ondervindt nauwelijks nadelige gevolgen van klimaatverandering. Meer dan de helft van het areaal krijgt in toenemende mate te maken met verdroging, al of niet in combinatie met verzilting en vernatting terwijl circa 40% van het areaal te maken krijgt met vernatting. In die gebieden ontkomen de ondernemers niet aan maatregelen. Die kunnen op veld/gewas, bedrijf, regio of nationaal niveau opgepakt worden door ondernemers, waterschappen, overheden en bedrijfsleven. Afstemming van maatregelen tussen de verschillende niveaus is nodig voor een maximaal effect.

Trefwoorden: landbouw, klimaatverandering, klimaatextremen, Nederland.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2011 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 1994

Wageningen, juni 2011

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel	11
1.3 Product	12
1.4 Afbakening	12
2 Aanpak	13
2.1 Denkkader	13
2.2 Data	13
2.2.1 Klimaatdata	14
2.2.2 Landbouw	14
2.3 Indirecte impact van klimaatverandering op landbouw	15
2.3.1 Verzilting	15
2.3.2 Verdroging	16
2.3.3 Vernatting	17
2.3.4 Regiospecifieke klimaatproblematiek	20
2.4 Directe impact van klimaatverandering op landbouw	20
2.5 Adaptatiestrategieën	21
3 Resultaten	23
3.1 Regiospecifieke indirecte klimaatproblematiek	23
3.2 Regiospecifieke indirecte klimaatproblematiek per bedrijfssysteem	24
3.3 Klimaatextremen per bedrijfssysteem met regiospecifieke indirecte klimaatproblematiek	26
3.4 Noodzaak voor adaptatie en zo ja, in welke richting	31
3.4.1 Gewas- veld- en bedrijfsniveau	31
3.4.2 Regioniveau	32
3.4.3 Rijksniveau + EU	33
Conclusies	35
Literatuur	37
Bijlage 1 Samenvatting van de KNMI'06 scenario's G, G+, W en W+ voor Nederland rond 2050 (bron: KNMI , 2007)	39
Bijlage 2 Indeling landbouwbedrijven in bedrijfstypen	41
Bijlage 3 Zouttoleranties van gewassen voor gietwater, verzadigingsextract en bodemvocht en schadepercentages	43

Bijlage 4 Gebieden in Nederland met risico op nat/droog/verziltingschade	45
Bijlage 5 Koppeling risicogebieden aan bedrijfstypen.	47
Bijlage 6 Vertaling klimaatfactoren naar meteorologische data van de KNMI'06-klimaatscenario's	49
Bijlage 7 Ligging van top3 bedrijfstypen in Noord-Nederland en per risicofactor	53

Woord vooraf

In dit rapport wordt verslag gedaan van het project 'Gevolgen van klimaatextremen op landbouwbedrijfs-systemen in Nederland, met specifieke aandacht voor Noord-Nederland'. Het project is uitgevoerd in 2008 en begin 2009. Het project heeft deels parallel gelopen aan het BSIK project Landbouw en Klimaat in Noord-Nederland. Beide projecten hadden als doel de gevolgen van klimaatextremen voor de Noord-Nederlandse landbouw te identificeren. De focus lag op Noord-Nederland omdat uit een voorstudie was gebleken dat, in vergelijking met andere regio's in de EU27, vooral in Noord-Nederland er op basis van verwachte markt- en klimaatomstandigheden, een toekomst was voor de Nederlandse landbouw.

In de voorstudie was gekeken naar de toekomstperspectieven van landbouw bij een gemiddelde klimaatverandering. In dit project en het BSIK-project is gekeken of de verwachte perspectieven ook gelden bij de klimaatextremen die horen bij de klimaatscenario's W+ en G+. Waar het BSIK-project ervoor gekozen heeft de problematiek te benaderen vanuit de bestaande landbouwregio-indeling van Noord-Nederland zoals Bouwhoek, Oldambt of het kleiweidegebied, hebben we in dit project de problematiek waar een regio mee te maken krijgt als gevolg van klimaatverandering, als indeling gekozen. Het leek ons relevant om vanuit een verwachte klimaatproblematiek naar de noodzaak voor adaptatie en bijbehorende maatregelen te zoeken. De regio's in dit rapport zijn dus getypeerd als te droog, te nat, te zout of een combinatie van één of meer van deze typeringen. Adaptatie kan op diverse schaalniveaus noodzakelijk zijn, van gewas of veld tot en met de EU. Interactie tussen schaalniveaus is echter van belang, opdat oplossingen op het ene niveau niet te niet gedaan worden door aanpassingen op een ander niveau.

De rapportage is bijna een jaar na afloop van het project afgemaakt. Dat had vooral te maken met de druk van het BSIK-project dat tot begin 2011 doorloopt, en de verwachting dat resultaten uit het BSIK-project mogelijk relevant zouden kunnen zijn voor dit project. Waar dat zo was, hebben we dat aangegeven in dit rapport.

Commentaar op deze aanpak wordt op prijs gesteld. We houden ons aanbevolen. Graag sturen naar tia.hermans@wur.nl

De auteurs

Samenvatting

In deze studie is gezocht naar de gevolgen van klimaatverandering en vooral klimaatextremen op de Noord-Nederlandse landbouw rond 2040. Ook is uitgezocht of er noodzaak is voor adaptatie.

Twee gevolgen van klimaatverandering zijn onderscheiden: de indirecte en de directe. De indirecte gevolgen zijn verzilting, verdroging of vernatting van de bodem. Ze zijn het gevolg van het klimaat in het verleden. De directe gevolgen hebben te maken met het dagelijkse weer: een lange periode van droogte of van temperaturen boven 35 °C of een periode van matige of strenge vorst. De gevolgen zijn gewas- en dierafhankelijk; het ene gewas kan beter tegen zout, droogte of wateroverlast dan het andere.

De indirecte gevolgen van klimaatverandering, verzilting, verdroging en vernatting, zijn ruimtelijk gesitueerd en vervolgens met elkaar gecombineerd. Voor elk gebied in Nederland is daarom aan te geven of er al dan niet gevolgen zijn en welke. Uit de berekeningen blijkt dat in 2040 voor circa 25% van het areaal geen problemen te verwachten zijn. Circa 56% van het Nederlandse grondgebied heeft in toenemende mate te maken met verdroging, al of niet in combinatie met verzilting en/of vernatting. Meer dan 40% van het Nederlandse areaal heeft in toenemende mate te maken met vernatting, ook al of niet in combinatie met verzilting of verdroging. Het geheel is meer dan 100% omdat in een groeiseizoen zowel te droge of te natte situaties kunnen voorkomen. Voor Noord-Nederland bedragen de percentages respectievelijk 13%, 67% en 41%. Proportioneel heeft daar meer areaal last van droogte, vergeleken met gemiddeld in Nederland.

Combineren van deze informatie met de ligging van bedrijfssystemen maakt duidelijk dat de top 4 van meest voorkomende combinaties bedrijfssystemen - indirecte gevolgen van klimaatverandering in Nederland zijn: sterk gespecialiseerde melkveehouderij zonder noemenswaardige problemen (11%), sterk gespecialiseerde melkveehouderij onder te droge omstandigheden (11%), akkerbouw onder te droge omstandigheden (6%) en sterk gespecialiseerde melkveehouderij onder te natte omstandigheden. Specifiek van de Noord-Nederlandse bedrijfssystemen is de top 4 gespecialiseerde melkveehouderij onder te droge omstandigheden (8%) of onder te droge, te natte en te zoute omstandigheden (6%), gespecialiseerde hakvruchtenbedrijven onder te droge omstandigheden (6%) en sterk gespecialiseerde melkveehouderij zonder problemen (5%).

Uit de gegevensbestanden van KNMI zijn voor twee scenario's, G+ en W+, de klimaatomstandigheden van 2040 vergeleken met die van nu. Voor 15 gewassen en voor melkvee is bekeken welke omstandigheden een gewas of dier niet goed kan verdragen. Ook is gekeken of die omstandigheden in 2040 vaker of juist minder vaak voorkomen en of zich kansen voordoen voor gewassen. Voor gespecialiseerde melkveehouderij en hakvruchtenbedrijven is uitgewerkt wat de directe impact is van klimaatverandering in 2040. Op melkveebedrijven is dat vooral de toename van het aantal droge perioden en van te hete perioden in de zomer. Het gevolg is dat de kwaliteit van de grasmat achteruit gaat, of gras sterft af als de temperatuur boven 30 °C komt. Ook de koeien gaan als gevolg van de hoge temperatuur minder eten en de melkproductie loopt terug. De omstandigheden voor maïs verbeteren. Hakvruchtbedrijven ondervinden vooral problemen van de warmere winters, die leiden tot bewaarproblemen bij aardappelen en suikerbieten. Daarnaast zijn perioden van droogte, hitte of nattigheid problematisch en leiden tot doorwas, hogere ziektedruk (Erwinia, cysteaaltje bij aardappel en biet, luizen) en opbrengstderving. Vooral de pootaardappelteelt is kwetsbaar, omdat het de economisch meest belangrijke teelt is.

Adaptatie aan deze aspecten van klimaatsverandering is mogelijk op meerdere schaalniveaus waarbij diverse actoren aan zet zijn.

Ondernemers bepalen zelf hoe ze op bedrijfsniveau anticiperen op verwachte veranderingen. De maatregelen kunnen aangrijpen op het gewas (bv. aardappelen in hoge ruggen om hitte te verminderen), het dier (bv. schaduwruimte bieden of binnen houden bij hoge temperatuur), het veld (bv. irrigatiesysteem aanleggen) of het bedrijf (bv. droogteresistente rassen of irrigatiesysteem aanschaffen), al of niet in combinatie. Sommige adaptaties zoals het aanleggen van verbeterde afwateringssystemen of druppelirrigatie, beïnvloeden niet slechts één gewas positief, maar meerdere. Hierdoor worden vooral grotere, meestal duurdere aanpassingen op bedrijfsniveau aantrekkelijker. Of een ondernemer daadwerkelijk overgaat tot het nemen van maatregelen hangt vermoedelijk af van de kosteneffectiviteit van de maatregel (hoeveel kost doorvoeren van de maatregel en wat levert het op). Daar is in dit project geen onderzoek naar gedaan. Of ook andere bedrijfsfactoren een rol spelen (omvang van het bedrijf, leeftijd van de ondernemer, opvolgingssituatie op het bedrijf, etc.) vraagt nader onderzoek.

Regionale, nationale en zelfs Europese overheden kunnen in functie van het belang dat ze hechten aan landbouw in hun regio of land, ook bijdragen aan adaptatie. De Waterschappen, al of niet onder invloed van nationaal of Europees beleid, bepalen op welk niveau het waterpeil van een gebied geregeld wordt. Overheden bepalen of en welke subsidies beschikbaar komen voor specifieke aanpassing van bedrijfsvoering om bv. emissies te verminderen. De nationale en Europese overheden bepalen of ze onderzoek naar adaptatiemogelijkheden financieren, en hoe ze de belangen van landbouw afwegen ten opzichte van die van andere functies als natuur. Ten slotte is afstemming van maatregelen tussen de diverse niveaus en actoren nodig. Investerings- en ambities op de diverse niveaus moeten sporen. Besluit de overheid tot een beregeningsverbod, dan heeft het weinig zin om op bedrijfsniveau irrigatiesystemen aan te leggen, maar juist wel om onderzoek te doen naar droogteresistente gewassen en die vervolgens te verbouwen.

In de uitwerking van het project zijn vaak grote stappen genomen, die niet allemaal even wetenschappelijk verantwoord zijn. In een aantal gevallen is er niet meer informatie beschikbaar. Zo is de kaart voor vochttekort gebaseerd op onderzoek voor het W+ scenario voor het gewas gras. Op basis van redeneren is de kaart geïnterpreteerd voor het G+ scenario en voor andere gewassen. De kaart voor verzilting is gebaseerd op de huidige situatie. De grenzen waarbij we problemen verwachten in 2040 zijn daarom aan de krappe kant geschat, omdat we verwachten dat het zoutgehalte in de toekomst toeneemt. Met betere informatie kan regionaal meer precies aangegeven worden waar zich in de toekomst knelpunten voordoen. Het is echter de vraag of er globaal een ander beeld zou uitkomen wat betreft noodzaak tot adaptatie en de richting. Wij verwachten van niet. In die zin is de opgave voor de toekomst duidelijk.

Of een bedrijf al of niet in staat is om maatregelen door te voeren, is niet onderzocht. Er is ook geen kennis beschikbaar. Op dit punt is het wel noodzakelijk om erachter te komen welke factoren bepalen of een ondernemer al dan niet inzet op maatregelen, dan wel het bedrijf stop zet. Ten minste als een overheid geïnteresseerd is in behoud van de landbouw.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2004 nam het Noordelijk Landbouwberaad het initiatief om de relatie tussen klimaatverandering en landbouw in Noord-Nederland te verkennen. Het initiatief heeft geleid tot de definitie van een project 'Aanpassingsstrategieën en actiepunten om de landbouw bestendig te maken tegen klimaat- en marktontwikkelingen', dat in het Programma Klimaat en Landbouw Noord-Nederland is opgenomen. Dat Programma is op zijn beurt onderdeel van het landelijke BSIK-programma Klimaat voor Ruimte.

Binnen het Project Aanpassingsstrategieën is een voorstudie uitgevoerd, een Europese verkenning naar de effecten van markt- en klimaatveranderingen voor de grondgebonden landbouw in Europese regio's (Hermans et al., 2008; Hermans en Vereijken, 2010). Vooral is gekeken hoe markt- en klimaatveranderingen de concurrentiekracht van de akkerbouw en melkveehouderij in de Europese regio's beïnvloeden. Perspectieven voor de Noord-Nederlandse landbouw kunnen immers pas geschetst worden als ook de situatie elders in Europa bekend is.

De resultaten geven aan dat er rond 2040 sprake zal zijn van een concentratie van regionale productie in Europa. De meest gunstige regio's zijn de minder dicht bevolkte gebieden in Noordwest-Europa (delen van Frankrijk, Noord-Duitsland en Noord-Nederland). Dat is een gevolg van de combinatie van aanzienlijke productiviteitsstijgingen en sterke concurrerende akkerbouw- en melkveesectoren. De minst gunstige regio's liggen in Oost- en Zuid-Europa. De te verwachten productiviteitsdaling of zeer beperkte productiviteitsstijging, in combinatie met een laag concurrentievermogen, zijn hier verantwoordelijk voor.

Uit die eerste analyse blijkt niet alleen dat Noord-Nederland een sterke positie behoudt in de toekomst, maar ook dat de invloed van geleidelijke klimaatverandering geheel wordt gecompenseerd door technologische ontwikkeling.

Klimaatverandering is echter geen geleidelijk proces, maar zal gepaard gaan met extremen: hevige regenbuien, lange perioden van droogte en hoge temperaturen, hagelbuien, warme winters en stormwinden. In dit vervolg kijken we daarom naar de invloed van klimaatextremen op de Nederlandse landbouw. Omdat uit de voorstudie blijkt dat vooral Noord-Nederland perspectief heeft voor een concurrerende grondgebonden agrarische sector, zal de meeste aandacht uitgaan naar die regio.

1.2 Doel

In dit onderzoek willen we de vraag beantwoorden of en in welke mate de Nederlandse landbouw gevolgen zal ondervinden van klimaatextremen in de komende decennia (tot 2040). Hierbij wordt onderscheid gemaakt in twee klimaatscenario's, namelijk W+ en G+. Het onderzoek moet leiden tot een hotspot kaart van klimaatgevoelige bedrijfstypen. Ook dient duidelijk te worden of adaptatiemaatregelen zinvol zijn, en of en zo ja, welke rol er voor het rijksbeleid is weggelegd.

1.3 Product

In dit rapport presenteren we u:

- een hotspot kaart met gevoelige regio's voor specifieke klimaatextremen en hun dominante bedrijfstypen;
- een bedrijfstypologie, gebaseerd op de gewenste adaptatierichting;
- de relevantie van deze informatie voor het rijksbeleid.

1.4 Afbakening

De regio's die gevoelig zijn voor klimaatextremen worden globaal voor Nederland uitgewerkt. Vervolgens wordt meer in detail ingezoomd op Noord-Nederland. Dat heeft twee redenen: uit de voorstudie is gebleken dat vooral Noord-Nederland ook in de toekomst goede perspectieven heeft voor een concurrerende landbouw. Bovendien sluit dit gebied aan bij een studie die loopt in het kader van BSIK¹, Landbouw en Klimaatproject Noord-Nederland, waar al veel data voor verzameld is.

De gevolgen van klimaatextremen voor de landbouw worden uitgewerkt voor twee scenario's: W+ en G+. Op basis van de gemiddelde cijfers lijken deze twee scenario's het sterkst te veranderen ten opzichte van de huidige situatie (bijlage 1). Het luchtstromingspatroon verandert in West-Europa, het wordt warmer, en het wordt droger in de zomer en natter in de winter.

De gevolgen van klimaatextremen voor de landbouw zijn uitgewerkt voor 2040. Voor de landbouw hebben we ons beperkt tot gewassen en dieren op voor Nederland of Noord-Nederland relevante bedrijfssystemen.

¹ Het Hotspot project Noord-Nederland is een klimaatadaptatieproject van de agrarische sector. Het is een samenwerkingsproject tussen Wageningen UR, Grontmij en LTO, looptijd 2007-2011

2 Aanpak

2.1 Denkkader

Het klimaat beïnvloedt de omgeving direct en indirect. Direct is bv. via temperatuur, neerslag en wind. Indirect is bv. via het grondwaterpeil, mineralisatiesnelheden, verzilting en het voorkomen van ziekten en plagen. Om de impact van klimaatsverandering op landbouwsystemen te voorspellen moeten zowel de directe als indirecte effecten op de landbouwsystemen in de overweging betrokken worden.

Het KNMI heeft voor vier scenario's de directe gevolgen van klimaatverandering tot 2100 uitgewerkt (Van den Hurk et al., 2006). In perioden van 30 jaar worden dagelijkse gegevens van temperatuur, neerslag, wind en verdamping gegeven. Deze gegevens zijn geschikt om de weersextremen te bepalen.

De indirecte gevolgen van klimaat zijn voor een aantal aspecten via kaarten beschikbaar (verzilting, verdroging en vernatting). Over het voorkomen van ziekten en plagen in relatie tot klimaat is weinig bekend. Op basis van deze kaarten zijn voor Nederland de potentiële gebieden met waterverzadiging van de grond, langdurige droogte of verzilting van het giet- en grondwater te bepalen. Door deze kaarten te combineren is een indeling van Nederland naar regiospecifieke klimaatproblematiek te maken.

Het GIAB-bestand (Geografische Informatie Agrarische Bedrijven) (Naeff, 2008) stelt ons in staat elk agrarisch bedrijf in Nederland te typeren en ruimtelijk te plaatsen. Confrontatie van een aldus gemaakte bedrijfstypenkaart met de kaart met de regiospecifieke klimaatproblematiek leidt tot specifieke ruimtelijke klimaatknelpunten voor de bedrijfssystemen van Nederland.

Via de bedrijfssystemen is te identificeren waar welke gewassen voorkomen dankzij het BRP-bestand (Basis Registratie Percelen). Gewassen verschillen in gevoeligheid voor directe en indirecte klimaateffecten. Op basis van literatuur of expert informatie is te achterhalen welke bedrijfstypen en/of gewassen als eerste in de knel komen als gevolg van klimaatverandering.

De combinatie van toekomstige klimaatproblematiek en bedrijfssysteem maakt het mogelijk om regio-specifieke potentiële adaptatiemaatregelen te identificeren. Deze maatregelen kunnen op het regionale-, bedrijfs- of gewasniveau noodzakelijk zijn. In dit project geven wij alvast een aanzet voor het nadenken over mogelijke richtingen van adaptatiemaatregelen.

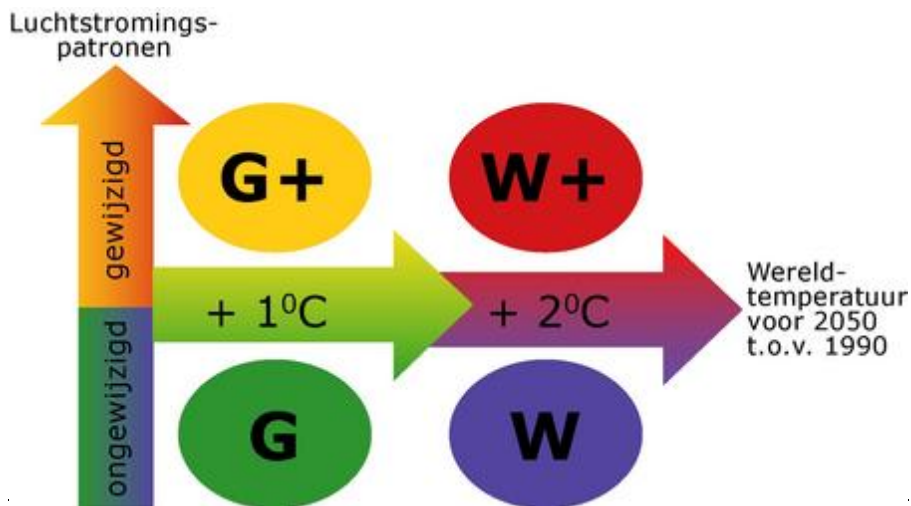
2.2 Data

In dit project hebben wij gebruik gemaakt van drie verschillende datasets, namelijk: KNMI-data voor twee scenario's voor directe effecten van klimaat, GIAB-data voor ruimtelijke situering van bedrijfssystemen en de BRP-data voor situering van gewassen. Hieronder wordt het gebruik en toepassing van de datasets toegelicht. De gepresenteerde onderzoeksgegevens over gewassen en klimaat zijn ook onderdeel van het project Hotspots Noord-Nederland.

Vervolgens wordt toegelicht welke basiskaarten zijn gebruikt om de regiospecifieke klimaatproblematiek in kaart te brengen en hoe de eindkaart is tot stand gekomen.

2.2.1 Klimaatdata

Het klimaat in Nederland verandert. Hoe het verandert is vooral afhankelijk van de mondiale temperatuurstijging en van veranderingen in de stromingspatronen van de lucht in West-Europa. Het KNMI heeft voor deze veranderingen vier scenario's (figuur 1) ontwikkeld die in 2006 zijn aangeboden aan het toenmalige ministerie van V&W (nu I&M).



Figuur 1

Schematisch overzicht van de vier KNMI'06 klimaatscenario's. Bron: www.knmi.nl.

Van het KNMI is voor de scenario's W+ en G+ een dataset ontvangen met de dagelijkse weergegevens van temperatuur, neerslag en verdamping vanaf 1 januari 1976 tot 1 januari 2115. Omdat we in dit rapport inzoomen op Noord-Nederland zijn de data van het station Eelde gekozen als representant voor de huidige en toekomstige klimaatgegevens van Noord-Nederland. Het onderzoek is vooral gericht op de veranderingen in de weersomstandigheden die door de landbouw als meest bedreigend worden ervaren en direct schade veroorzaken aan de gewassen. Naar deze weersomstandigheden wordt vanaf nu gerefereerd als weers-extremen. Voor een periode van 30 jaar is geturfd of in 2040 (periode 2025-2055) het weersextreem al of niet vaker voorkomt dan in 2010 (periode 1995-2025) en hoeveel vaker of minder vaak. Op die manier is in beeld te brengen of het klimaat gunstiger of ongunstiger wordt voor de gewassen of bedrijfssystemen.

Of een weerfactor al dan niet extreem is, is afhankelijk van het gewas, het dier of bedrijfssysteem.

2.2.2 Landbouw

Bedrijfstypen via registratie van landbouwbedrijven in BRS

Agrarische bedrijven met een economische omvang van 3 NGE (Nederlandse Grootte-eenheid) of meer zijn geregistreerd in het Bedrijfsregistratie-systeem (BRS) van het ministerie van EL&I, waarbij hun bedrijfsgegevens worden vermeld in de Landbouwtelling (EL&I, Dienst Regelingen). De gegevens van de landbouwtelling worden op bedrijfsniveau verzameld in het Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB, Alterra).

Op basis van het aantal hectaren en verbouwde gewassen en aantal hectaren en soort dieren worden bedrijven ingedeeld in een bepaald type en subtype (CBS, 2008). Zie bijlage 2 voor de lijst van bedrijfstypen.

In dit project is gekozen voor een indeling aangepast aan het schaalniveau van Nederland en een meer gedetailleerde indeling aangepast aan het schaalniveau van Noord-Nederland om de gevoeligheid van de bedrijfssystemen voor weersextremen te onderzoeken.

Gewassen via registratie van bedrijven in BRP

De bij de bedrijven behorende percelen landbouwgrond of natuurterrein worden verplicht geregistreerd door de Dienst Regelingen (EL&I-DR) in de Basisregistratie Percelen (BRP). Van de percelen wordt de geografische ligging, de grootte, het gewas en de eigendomssituatie vastgelegd. Bedrijven met minder dan drie hectare grond of die per jaar minder dan 350 kg mest gebruiken hoeven zich niet te registreren in de BRP. Door koppeling van de BRP aan GIAB zijn gewasgegevens op perceelsniveau weer te geven.

Niet alle voorkomende gewassen in Nederland zijn onderzocht. Op basis van de criteria areaal en economisch belang is een selectie van gewassen gemaakt. Alleen gewassen die veel voorkomen of een hoog economisch resultaat halen zijn meegenomen. Voor de geselecteerde landbouwgewassen zijn, via literatuuronderzoek en interviews met gewasdeskundigen, de klimaatfactoren bepaald die een schadelijke impact op een gewas kunnen hebben. Hiervoor is samengewerkt met het project Landbouw en Klimaat in Noord-Nederland.

2.3 Indirecte impact van klimaatverandering op landbouw

In deze studie zijn drie indirecte impacts bekeken:

- **Verzilting:** dit treedt op wanneer door zoetwatertekort (1) zoute kwel niet voldoende kan worden gecompenseerd of (2) brak water moeten worden ingelaten.
- **Verdroging:** dit is vooral het gevolg van de verwachte daling van de totale hoeveelheid neerslag, het neerslag patroon en een verhoogde temperatuur.
- **Vernatting:** dit zal vooral optreden als de intensiteit van neerslag toeneemt en het water niet snel genoeg kan worden afgevoerd waardoor bodemverzadiging optreedt.

Er is gebruikt gemaakt van digitaal kaartmateriaal uit diverse andere studies op gebied van klimaatverandering en landbouw (RWS/RIZA, 2007; RIZA, 2007; Van der Gaast en Massop, 2009a, 2009b; Van Dam et al, 2007). Per indirecte factor worden hieronder de gebruikte kaarten toegelicht. Ook wordt toegelicht hoe de kaarten gecombineerd worden tot een eindkaart. De risico-kaarten zijn uitgewerkt voor Nederland als geheel en Noord-Nederland in het bijzonder.

2.3.1 Verzilting

Als gevolg van de relatieve zeespiegelstijging en een lagere zomerneerslag zal de zoute kwel vooral in het groeiseizoen toenemen. Hierdoor neemt de chloride-concentratie van het grond- en oppervlaktewater toe. Er is sprake van verzilting als het water te zout is (te hoog chloride-gehalte, als maat voor natrium) voor optimaal gebruik in de landbouw.

In deze studie is gebruik gemaakt van kaart 1a met daarin de gemiddelde chloride- concentratie van het oppervlaktewater in de maand juli in 2050 van het W+-scenario (RIZA, 2007). Hiervoor is gekozen omdat in de zomermaanden de kans op verzilting het grootst is als gevolg van een neerslagtekort. De chloride-concentratie in het oppervlaktewater is bepaald aan de hand van de zoutbelasting via kwel, via oppervlaktewater en netto

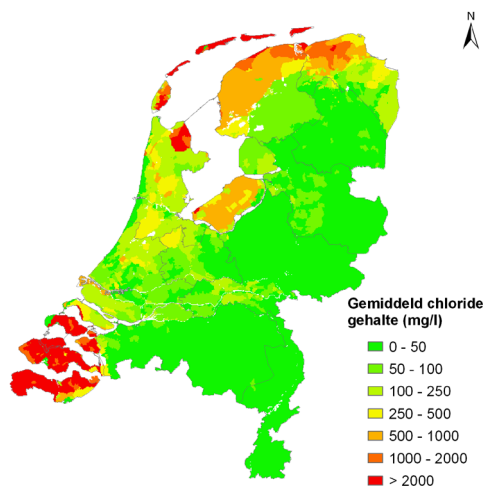
neerslag. De kaart is representatief voor een droog jaar dat in de toekomst (2040) eens in de twaalf jaar voorkomt. We beschouwen de resultaten uit 2050 als representatief voor 2040.

Om tot een gebiedsindeling te komen op basis van gevoeligheid voor verzilting is gebruik gemaakt van gegevens uit bijlage 3. Daarin is de zouttolerantie van een aantal gewassen voor gietwater en grondwater gegeven (Van Dam et al., 2007). Op basis van deze zouttoleranties en expert judgement zijn drie risicogroepen onderscheiden op basis van de chloride-concentratie van het oppervlaktewater:

1. 0 tot 300 mg Cl/l
2. 300 tot 1000 mg Cl/l
3. 1000 mg Cl/l

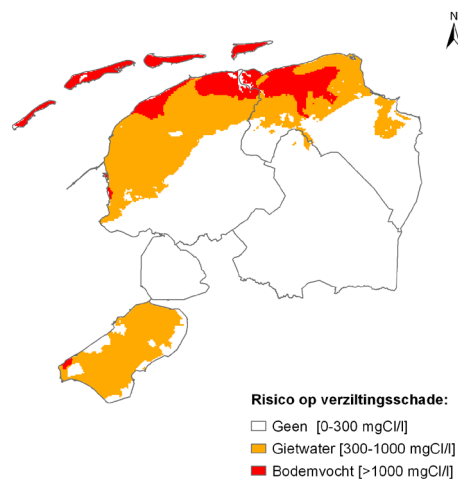
In gebieden die in de eerste klasse vallen (tot 300 mg Cl/l) is weinig of geen risico voor de landbouw te verwachten. In gebieden die in de tweede klasse vallen (300-1000 mg Cl/l) zijn er risico's bij gebruik van het grond- en oppervlaktewater voor beregening voor een beperkt aantal gewassen, vooral aardappelen. In gebieden die in de derde klasse vallen (> 1000 mg Cl/l) zijn er risico's voor alle landbouwgewassen.

In kaart 1b zijn de risicogebieden op verziltingschade voor de landbouw in Noord-Nederland aangegeven.



Kaart 1a

Gemiddelde chloride-concentratie in het oppervlaktewater in juli, in het W+- scenario voor 2050 (RWS/RIZA, 2007).



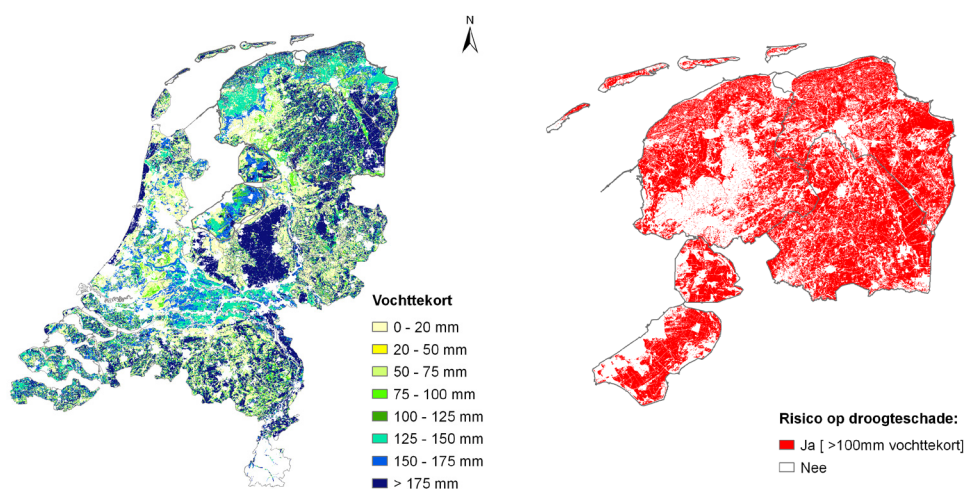
Kaart 1b

Risico op schade door verzilting als gevolg van de chloride-concentratie in het oppervlaktewater in Noord-Nederland.

2.3.2 Verdroging

Droogteschade wordt veroorzaakt door het optreden van vochttekort in het groeiseizoen. Het vochttekort is het verschil tussen wat de plant moet verdampen voor optimale groei (de potentiële verdamping) en wat de plant kan verdampen doordat er maar beperkt water beschikbaar is in de bodem (de actuele verdamping). De hoeveelheid beschikbaar vocht is afhankelijk van kenmerken van de bodem en de grondwaterstand inclusief de hydrologische situatie, de klimatologische omstandigheden en de opname van het gewas op tijdstip t-1.

In deze studie is gebruik gemaakt van een vochtdeficiëntie kaart van Van der Gaast en Massop, 2009b. Voor informatie over de methode op basis waarvan de kaart is gemaakt word verwezen naar Van der Gaast en Massop, 2009a. Op kaart 2a staat het cumulatieve vochttekort (mm.) voor gras gedurende het groeiseizoen (1 april tot 1 september; Buishand en Velds, 1980) in een 10% droog jaar.



Kaart 2a

Cumulatieve vochttekort (mm.) van gras in het groeiseizoen, in het W+-scenario voor 2050 voor een 10% droogjaar (Van de Gaast en Massop, 2009).

Kaart 2b

Risico op schade als gevolg van vochttekort in Noord-Nederland.

Er is aangenomen dat bij een vochttekort in het groeiseizoen van meer dan 100 mm schade optreedt voor gewassen. Op basis van deze aanname is het vochttekort in kaart 2a vertaald in een risico op droogteschade in kaart 2b.

De vochttekorten die in de zomer optreden kunnen sterk verschillen per locatie, per periode en per gewas. Voor het gewas is vooral de worteldiepte van belang bij de mate van droogtestress. Kaart 2a is geldig voor gras met een worteldiepte van 60 cm. Dieper wortelende gewassen zullen doorgaans een minder groot vochttekort ondervinden in de zomer. In kaart 2b is het risico op schade als gevolg van het voorspelde vochttekort geldig voor de huidige gewassen.

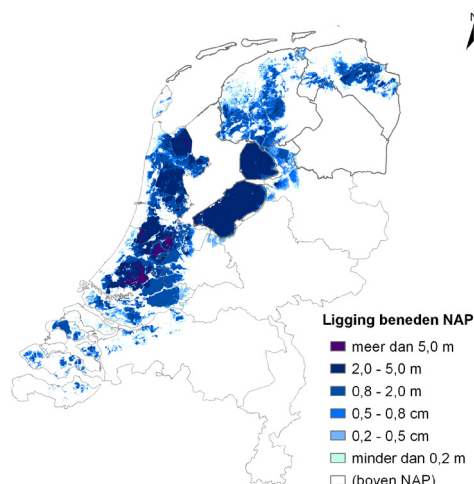
2.3.3 Vernatting

Natschade kan optreden in verschillende vormen, zoals bijvoorbeeld het niet kunnen berijden van de grond, het verdrinken van gewassen bij langdurige bodemverzadiging of grond die dichtslaat als gevolg van hevige regenval. Om in te schatten in welke gebieden risico's bestaan voor vernatting is in deze studie gebruik gemaakt van de hoogteligging, de grondsoort en bodemdaling.

Hoogteligging

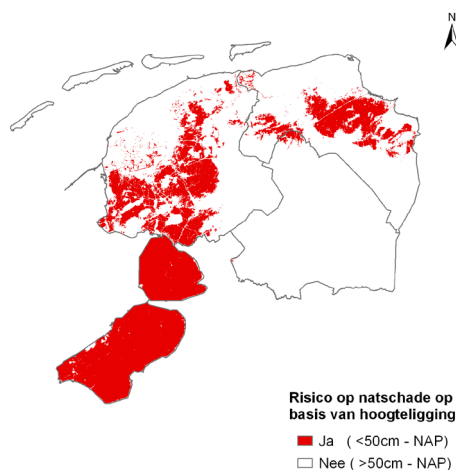
Laag gelegen gebieden hebben een verhoogde kans op wateroverlast omdat deze niet vrij afwateren. Een verwachte stijging van de zeespiegel en een intensere neerslag zullen afwatering via de rivieren nog meer bemoeilijken. Om dit effect voor de landbouw als zijnde natschade mee te nemen in deze studie is gebruik gemaakt van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (kaart 3a, AHN-25, Rijkswaterstaat, 2000). Gebieden die

nu lager liggen dan 50 cm-NAP zijn aangemerkt als afwateringsgevoelig in de toekomst. Hierbij is geen rekening gehouden met de zeespiegelstijging en/of de autonome bodemdaling en de aanwezige lokale omstandigheden als dijkringen en gemaalcapaciteiten. De gebieden in Noord-Nederland die als gevolg van deze keuze gedefinieerd zijn als risicogebied voor natschade zijn te zien in kaart 3b. Uiteraard kunnen ook hoger gelegen gronden last hebben van gebrekkige afwatering en dus natschade. Deze gebieden/percelen zijn niet op basis van deze kaarten te identificeren.



Kaart 3a

Ligging gebieden beneden NAP (AHN, 2000).



Kaart 3b

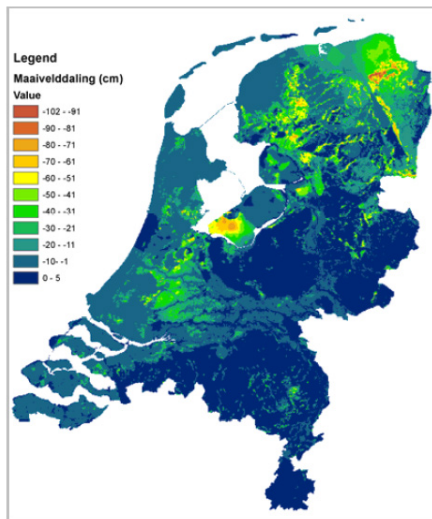
Risico op natschade in Noord-Nederland gebaseerd op de hoogteligging.

Bodemdaling

Bodemdaling speelt in Noord-Nederland een rol als gevolg van onder andere aardgaswinning en de zetting en klink van de ondergrond. Bij veenbodems is het verlies aan materiaal door mineralisatie een additionele factor. Klink is vooral belangrijk in relatief jonge polders zoals bijvoorbeeld Flevoland (RIZA, 2007).

In deze studie is de maaivelddalingskaart van RIZA (2007) gebruikt (Kaart 4). Daarin is de verwachte bodemdaling in cm weergegeven als verschil tussen de huidige situatie (maaiveldhoogte) en de verwachte situatie in 2050. Ook hier gaan we er van uit dat deze gegevens representatief zijn voor 2040. Het originele bestand is eind jaren '90 gemaakt. De meest recente inzichten over daling bij bijvoorbeeld de gaswinning en zoutwinning zijn hier nog niet in verwerkt.

Voor deze studie zijn de gebieden waar een bodemdaling van meer dan 50 cm verwacht wordt, aangemerkt als risicogebieden voor natschade. Echter omdat het merendeel van de gebieden waar bodemdaling optreedt al ligt in de gebieden die lager liggen dan 50-cm-NAP en deze dus al aangemerkt zijn als risicogebied voor natschade, is de bodemdaling niet meegenomen als aparte factor.



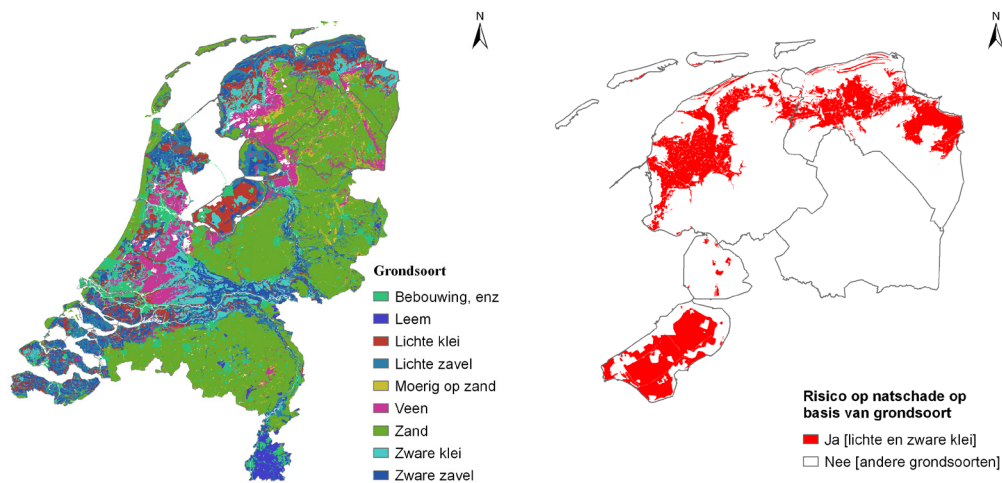
Kaart 4

Maaiveldaling in Nederland (in cm., tussen eind jaren 90 en 2050) (RIZA, 2007).

Grondsoort

De grondsoort bepaalt in sterke mate het vochthoudend en -leverend vermogen.

Niet elke grondsoort is even gevoelig voor natschade. Klei is slecht waterdoorlatend. Er treedt relatief snel natschade op of de grond kan slecht bewerkt worden na extreme neerslag. Daarom zijn de gebieden met zware en lichte klei aangewezen als gebieden met risico op natschade. Kaart 5a is de bodemkaart die is gebruikt in deze studie. In kaart 5b zijn de gebieden weergegeven die op basis van de aanwezigheid van klei een verhoogd risico hebben op natschade.



Kaart 5a

Grondsoorten in Nederland

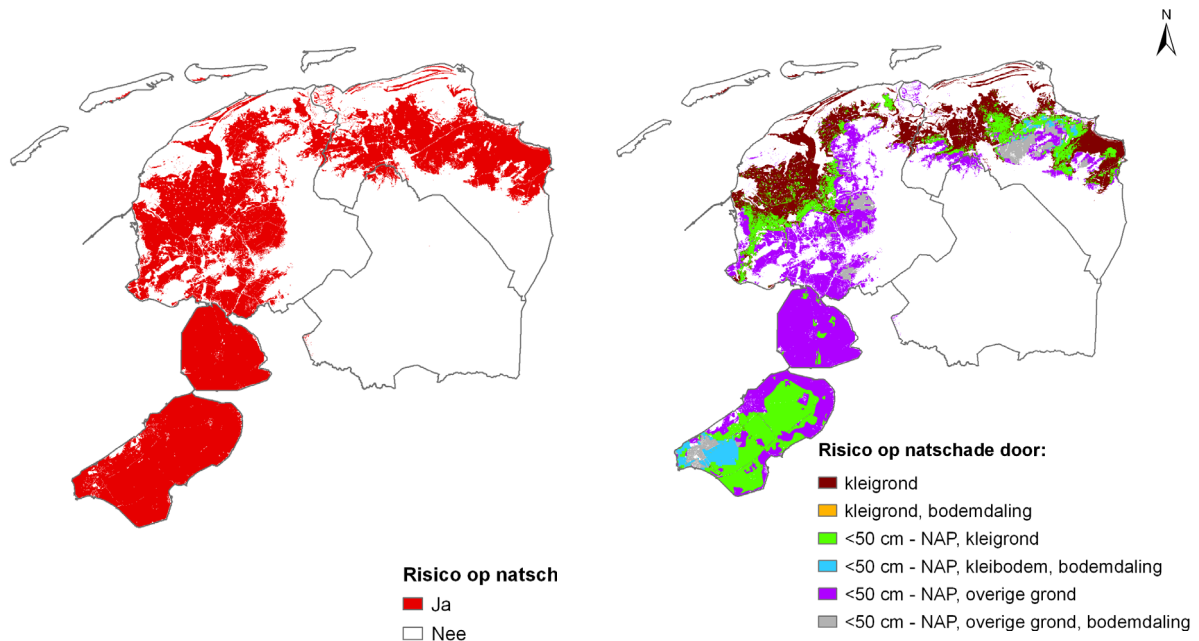
(Bodemkaart van Nederland, Alterra Wageningen UR, 2006).

Kaart 5b

Risico op natschade in Noord-Nederland op basis van aanwezigheid van klei.

Gecombineerde natschadekaart

De risicokaarten voor natschade op basis van de hoogteligging en grondsoort zijn gecombineerd tot een eindkaart van gebieden met een verhoogd risico voor natschade (kaart 6a). Daartoe zijn de risicogebieden met betrekking tot de hoogteligging en/of grondsoort meegenomen. In kaart 6b is te zien waaraan het risico op natschade te wijten is.



Kaart 6a

Risico op natschade in Noord-Nederland op basis van grondsoort en hoogteligging

Kaart 6b

Risico op natschade in Noord-Nederland uitgesplitst naar deelrisico's.

2.3.4 Regiospecifieke klimaatproblematiek

De kaarten voor verzilting, verdroging en vernatting worden ten slotte gecombineerd om tot een regio-indeling te komen op basis van de indirecte klimaatproblematiek. De resultaten voor Nederland zijn vermeld in bijlage 4. De verbijzondering voor Noord-Nederland is beschreven in hoofdstuk 3.

Per gebied wordt vervolgens, door koppeling van de kaart met regiospecifieke klimaatproblematiek aan het GIAB-bestand via het softwarepakket Arc-GIS v9.2 (Esri, Nederland), gekeken wat de meest voorkomende bedrijfstypen zijn per probleemgebied. In bijlage 5 is toegelicht op welke manier dat is gebeurd. In de verdere uitwerking van adaptatiestrategieën wordt alleen doorgegaan met de meest voorkomende bedrijfstypen en hun bijbehorende gewassen voor de meest voorkomende problemen.

2.4 Directe impact van klimaatverandering op landbouw

Met directe impact van klimaat bedoelen we de gevolgen van het dagelijkse weer. De directe impact van klimaat op de landbouw is gewas- en dierafhankelijk. Niet elk van de geteelde gewassen of gehouden dieren heeft voordeel of last van dezelfde weersomstandigheden. Een vijftiental gewassen, zowel nu verbouwde als

potentieel te verbouwen gewassen, zijn in beschouwing genomen. De gevoeligheid van gewassen is vastgesteld op basis van literatuur of op basis van expertkennis van onderzoekers of telers van die gewassen. De gekozen gewassen zijn: pootaardappelen, zetmeel- en consumptieaardappelen, suikerbieten, wintertarwe, lelie, riet, peen, koolzaad, zaaiui, zonnebloem, gras, artisjok, tomaat en kers. Voor diersoort zijn melkkoeien in beschouwing genomen. Een weersomstandigheid die schade toebrengt aan het gewas of dier, noemen we extreem. Via de voorspellingen van KNMI zijn voor de scenario's G+ en W+ de toe- en/of afname van extremen geteld voor de periode tot 2040. Op basis daarvan is bekeken of een gewas of diersoort het moeilijker of makkelijker krijgt in 2040. Voor informatie over extremen voor gewassen, zie bijlage 6. Voor meer informatie over voorkomen van gewassen, klimaatkalender met gevoelige perioden voor een gewas tijdens het groei- en bewaarseizoen, en de situatie in 2040 verwijzen we naar Schaap et al., 2009.

2.5 Adaptatiestrategieën

Bedrijven hebben diverse mogelijkheden om zich aan te passen aan de veranderende omstandigheden. Op basis van de regiospecifieke problematiek is aan te geven wat de globale richting van de adaptatie zou moeten zijn: adaptatie aan droogte, zout of nattigheid. Op basis van het al of niet frequenter voorkomen van extreme weersomstandigheden is aan te geven of verdere acties nodig zijn. Of dat economisch haalbaar is binnen de bedrijfsstructuur is in dit project niet uitgewerkt. Voor de uitwerking van adaptatiestrategieën hebben we ons gebaseerd op het werk uitgevoerd in het kader van het project Klimaat en Landbouw Noord-Nederland (Wit, J. de et al., 2009).

3 Resultaten

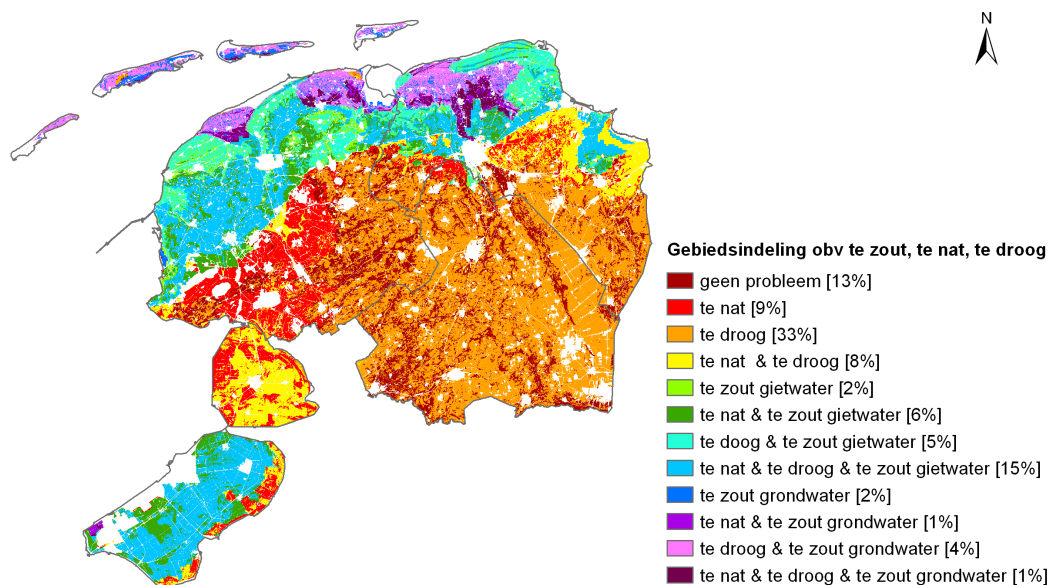
3.1 Regiospecifieke indirecte klimaatproblematiek

Kaart 7 geeft de regio-indeling van Noord-Nederland op basis van de indirecte klimaatproblematiek. Indirecte effecten die zijn meegenomen zijn risico op verzilting, verdroging en vernatting (respectievelijk kaarten 1b, 2b en 6a) in 2050. In de legenda is daarbij per (combinatie van) risico factor(en) aangegeven wat het aandeel is in de totale oppervlakte in Noord-Nederland. De drie risicofactoren tellen even zwaar mee. De situatie voor 2005 is niet gegeven.

Uit kaart 7 blijkt dat 13% van het gebied in 2040 risicovrij is, dus geen indirecte klimaateffecten ondervindt. Meer dan tweederde van het areaal heeft op enig moment in het groeiseizoen te maken met droogte (67%)², al of niet in combinatie met zout en/of nattigheid. Circa 41%³ van het areaal heeft op enig moment in het groeiseizoen te maken met nattigheid, al of niet in combinatie met zout en/of droogte. Het totaal is meer dan 100% omdat binnen één groeiseizoen zowel te droge als te natte perioden kunnen voorkomen. Grootste probleem is het risico op alleen verdroging dat met een areaal van 33% aanzienlijk is. Dit zijn hoofdzakelijk de hogere zandgronden met uitzondering van de beekdalen. Als tweede probleem met 15% van het areaal is een gecombineerd risico voor natschade, droogteschade en te zout gietwater. Dit zijn voor het merendeel klei- gebieden, waar meer dan 100 mm vochttekort optreedt en waar dus mogelijk, afhankelijk van het gewas, berekend zou moeten worden. Dat is in deze gebieden niet mogelijk omdat het gebieden zijn waarvan het oppervlaktewater een chloride-gehalte heeft tussen de 300 en 1000 mg/l met als gevolg kans op verziltingschade bij berekening. Op 9% van het areaal is er een verhoogd risico op natschade. Dat speelt vooral in de diepe veenweidegebieden van Friesland, maar ook langs de randen van de Noordoostpolder. Op 8% van het areaal is er een verhoogd risico op natschade, maar ook op droogteschade, weliswaar op verschillende momenten in het groeiseizoen. Dat speelt vooral op de laaggelegen gronden in de Noordoostpolder en de laaggelegen kleigronden in de Oldambt.

² Te berekenen door in tabel 1 de % in de kolom totaal bij elkaar op te tellen als in de kolom categorie 'te droog' voorkomt (66,7 = 33,3+8,2+5,3+14,8+3,7+1,4).

³ Te berekenen door in tabel 1 de % in de kolom totaal bij elkaar op te tellen als in de kolom categorie 'te nat' voorkomt.



Kaart 7

Risicogebieden voor verzilting en/of verdroging en/of natschade. De verschillende combinaties van de risico's zijn aangegeven inclusief hun aandeel in het totaal areaal.

Overige gebieden met risico's beslaan minder dan 5% van de oppervlakte van Noord-Nederland. In bijlage 4 is eenzelfde kaart gemaakt voor Nederland. Een aantal klassen van risico's zijn daar bij elkaar gevoegd omdat ze nauwelijks relevant zijn voor Nederland als geheel.

3.2 Regiospecifieke indirecte klimaatproblematiek per bedrijfssysteem

Kaart 7 met de gebiedsindeling op basis van de risico's is gekoppeld aan de bedrijfstypen uit het GIAB. Hierdoor wordt inzichtelijk waar welke bedrijfstypen voorkomen en met welke problemen ze in de toekomst mogelijk te maken krijgen. Het resultaat is weergegeven in tabel 1. Op basis van deze tabel kan per bedrijfstype een inschatting gemaakt worden welke potentiële risico's voor hen het grootste zijn. Omgekeerd kan per risico of combinaties ervan gekeken worden welke bedrijfstypen het vaakst hierdoor getroffen worden. De keuze van bedrijfstypen is aangepast aan de voorkomende typen in Noord-Nederland. In bijlage 7 is de verdeling van bedrijfssystemen over type risicogebieden in Nederland gegeven.

Tabel 1

Het aandeel van de bedrijfssystemen in de risicogroepen ten opzichte van het totale areaal. Per risico groep is de TOP-3 van bedrijfssystemen vetgedrukt. Hierbij is de groep overig* (gemengd + onbekend) buiten beschouwing gelaten. Per risicogroep staat in de laatste kolom aangegeven in welke bijlage de betreffende kaart is opgenomen (1% is circa 8.700 ha).

Categorie:	Gespecialiseerd melkvee	Overig graasdieren	Gespecialiseerd hakvruchten	Overige hakvruchten	Overige akkerbouw	Tuinbouw / blijvende teelt	Maaidorsbare gewassen	Intensieve veehouderij	Overig (gemengd + onbekend)*	Totaal	Bijlage
Geen probleem	4.8	2.0	1.2	0.4	0.3	0.2	0.1	0.2	4.1	13.1	7.2
Te nat	4.2	1.1	0.4	0.7	0.3	0.5	0.1	0.1	1.9	9.4	7.3
Te droog	8.0	3.2	5.6	1.4	1.1	0.8	0.2	0.4	12.6	33.3	7.4
Te nat en te droog	1.8	0.4	0.5	1.4	0.8	0.5	0.6	0.1	2.1	8.2	7.5
Te zout gietwater	0.7	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	2.2	7.6
Te nat en te zout gietwater	2.9	0.7	0.2	0.6	0.2	0.1	0.1	0.0	1.5	6.4	7.7
Te droog en te zout gietwater	1.4	0.5	1.1	0.6	0.4	0.1	0.1	0.0	1.2	5.3	7.8
Te nat en te droog en te zout gietwater	6.2	1.3	0.4	2.0	0.7	0.5	0.4	0.1	3.1	14.8	7.9
Te zout grondwater	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5	7.10
Te nat en te zout grondwater	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	7.11
Te droog en te zout grondwater	0.6	0.2	1.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	1.1	3.7	7.12
Te nat en te droog en te zout grondwater	0.8	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	7.13
Totaal	31.9	10.5	11.2	7.7	4.1	3.0	1.8	1.0	28.9	100.0	7.1

* de categorie overig is opgebouwd uit gebieden waarvoor geen bedrijfstypen op kaart staan (22,5%) en een gebied met overige bedrijfstypen binnen de BRP (6,4%). Voor een nadere toelichting van de categorieën wordt verwezen naar bijlage 7.

Op basis van kaart 7 (zie ook tabel 1, kolom totaal) was al bekend dat op 13% van het areaal in de nabije toekomst geen problemen te verwachten zijn en dat de belangrijkste voorkomende knelpunten te droog (33% van het areaal), te nat, te droog en te zout gietwater (15%) en te nat (9%) zijn.

Als we inzoomen op de bedrijfssystemen (tabel 1, rij totaal) dan zijn, in volgorde van afnemend grondoppervlak, de belangrijkste bedrijfssystemen: (sterk) gespecialiseerde melkveehouderij (32%), gespecialiseerde hakvruchten (11%) en overige graasdieren (11%). De categorie 'overig' beschikt over 29% van het areaal. Hierin valt al het overig grondgebruik zoals: natuur, sloten, kleine wegen en kleine gemengde bedrijven en particulieren. In bijlage 5 is een tabel opgenomen met daarin de verklaring van de categorie overig grondgebruik. In de analyse van de TOP-3 bedrijfstypen is deze categorie niet verder meegenomen.

Om inzicht te krijgen in de ruimtelijke spreiding van de bedrijfstypen per risicogebied zijn kaarten gemaakt met daarop de TOP-3 van bedrijfstypen per risicogebied. Deze zijn te vinden in bijlage 7.

3.3 Klimaatextremen per bedrijfssysteem met regiospecifieke indirecte klimaatproblematiek

Nadat de grootste indirecte bedreigingen per bedrijfstype en het bijbehorende areaal bekend zijn, is op bedrijfsniveau de impact van klimaatextremen uitgewerkt voor de systemen gespecialiseerde melkveehouderij en gespecialiseerde hakvruchten voor gebieden met indirecte risico op 'te droog' (respectievelijk 8,0 en 5,6% van het areaal in Noord-Nederland) en gespecialiseerde melkveehouderij voor gebieden met indirecte risico op 'te droog, te nat en te zout gietwater' (6,2% van het areaal in Noord-Nederland). De impact van klimaatextremen nemen we mee als er schade wordt verwacht. Als er positieve effecten te verwachten zijn van bovengrondse klimaatfactoren worden die genoemd.

Gespecialiseerde melkveehouderij

Op gespecialiseerde melkveehouderijbedrijven wordt vooral gras (Engels raaigras, *Lolium perenne*) verbouwd. In tabel 2 wordt de impact van relevante klimaatfactoren voor gras gepresenteerd en de maanden waarin dit effect het grootst is (Schaap et al., 2009, 2011).

Tabel 2

Relevante klimaatfactoren voor de productie van Engels raaigras en de impact op het gewas.

Klimaatfactor	Periode	Impact op het gewas	Geschatte opbrengstderving (in % kg)
Tropisch en nat	april - sept	Stimuleert schimmels en indien langdurig sterft gras zoals gebeurt in Midden-China (Engels en Italiaans raaigras gaan dood in juni door warmte in combinatie met vocht)	0-10%
Langdurig droog	mrt - okt	Geleidelijke degeneratie van de zodenkwaliteit	5-10 % per maand
Zeer strenge vorst	nov- feb	Engels raaigras sterft af; andere soorten als Timothee (<i>Phelum pratense</i>) kunnen zeer strenge vorst overleven	20-40%
Aanhoudend hete dagen (periode van min. drie dagen > 30 °C)	mrt - okt	Engels raaigras verdraagt temperaturen boven de dertig graden slecht. Planten kunnen afsterven waardoor de grasmat verslechtert, vooral als hoge temperatuur samengaat met sub-optimaal management	0-10%

In Schaap et al. (2009, 2011) is berekend dat ten opzichte van nu het aantal perioden met aanhoudend hete dagen in 2040 in het W+-scenario behoorlijk toeneemt in de zomermaanden. Aanhoudend hete dagen leidt tot schade bij Engels raaigras. De kans op perioden met zeer strenge vorst neemt af. Dat komt de grasmat ten goede. Als er een extra keer tropisch en nat weer voorkomt in juli of augustus, volgens berekeningen een tot twee keer per jaar, is de kans op roest groter. De veranderingen in het scenario G+ zijn nauwelijks relevant voor de intensieve melkveehouderij.

In tabel 3 zijn de belangrijkste risico's van de directe klimaatfactoren voor de gewassen en veestapel in de gespecialiseerde melkveehouderij gegeven.

Tabel 3

Belangrijkste risico's van directe klimaatfactoren voor gewassen en vee van gespecialiseerde melkveebedrijven.

Maanden	J	F	M	A	J	J	A	S	O	N	D
Gras				1	1	2	2				
Mais					A	A	A				
Melkvee				3	3	4	4				

Risico 1: Een te natte grasmat kan bij beweiding worden vertrapt door het vee. Dit kan leiden tot langdurige schade en gereduceerde grasproductie.

Risico 2: Lange perioden van droogte (geen regen) in combinatie met hoge temperaturen zorgen bij beweiding voor verdorren van het gras en afsterven van de zode. Dit kan tot gevolg hebben dat er tekort is aan ruwvoer op het bedrijf zodat extra voer moet worden aangekocht. Dit effect wordt versterkt in gebieden met risico op 'te droog' wegens een laag vochtvasthoudend vermogen van de bodem.

Risico 3: Nat gras in het voorjaar leidt tot een mogelijke toename in het aantal parasietinfecties (o.a. leverbot). Bovendien kunnen de dieren niet naar buiten.

Risico 4: Hoge temperatuur zorgt voor een geringere voeropname en lagere melkproductie.

Kans A: Gemiddeld worden warmere temperaturen verwacht in de zomer. Dit zal de maïsproductie kunnen verhogen met 5-10%.

Uit de analyse blijkt dat de problematiek in de melkveehouderij vooral te maken heeft met de toename van de hitteperioden én de toename van de droge perioden in de zomer. Omdat ook de bodem vaak 'te droog' is, is adaptatie naar een hitte- en droogtetolerante melkveehouderij noodzakelijk. Dat geldt des te meer in gebieden waar ook niet kan beregend worden omdat het gietwater te zout is. Adapteren kan door aanpassingen op gewas- (bijvoorbeeld droogtebestendige grassoorten), dier- (bijvoorbeeld kleinere koeien of andere rassen of andere diersoorten), bedrijf- (minder beweiden, of alleen nachtwoiden) of regioniveau (aanpassingen van het watersysteem, aanvoer van voldoende zoet water als drink- of gietwater). Hierop komen we in paragraaf 3.3 uitgebreider terug.

Gespecialiseerde hakvruchten

Gespecialiseerde hakvruchtenbedrijven (11% van het areaal) verbouwen aardappelen (hoofdzakelijk zetmeel- of pootaardappelen) en suikerbieten. In de rotatie komt daarnaast een graangewas voor. In Noord-Nederland is wintertarwe een veel voorkomend graangewas. De hakvruchtenbedrijven hebben vooral te maken met een verdrogingsrisico (5,6% van het totale areaal).

In de tabellen 4 tot en met 6 wordt de impact van relevante klimaatfactoren voor gewassen op hakvruchtenbedrijven gepresenteerd en de maanden waarin dit effect het grootst is (Schaap, B. et al., 2009, 2011).

Tabel 4

Klimaatfactoren relevant voor pootaardappelen (PA) en zetmeel-/consumptieaardappelen (ZCA) en hun impact.

Samenvatting	Periode	Impact op het gewas	Geschatte opbrengstderving (%)
Hevige regenval	mei - sept	Verrotten groot deel van de aardappeloogst (PA, ZCA)	25-75
Hittegolf	juli - sept	'Doorwas * (PA, ZCA)	25-75**
Warm en nat	juli - sept	Voorkomen van de bacterieziekte <i>Erwinia</i> die natrot en stengelrot veroorzaakt waardoor oogstbederf optreedt (PA, ZCA)	10-50
Hitte	juni - aug (PA) en juni-sept (ZCA)	Afsterven van de aardappelplant door hoge verdamping en verbranding	100
Aanhoudend nat weer	juni-sept (PA) en mei-sept (ZCA)	Spuiten tegen <i>Phytophthora</i> is niet mogelijk (vanwege verspreiden van ziekten) waardoor oogst verloren gaat	50-100
Vorst	april - mei	De aardappels bevriezen en komen niet op (lente) (PA, ZCA)	25-75
Warme winter	dec - maart	Bewaring van aardappelen problematisch, de buitenlucht kan de aardappelen niet koelen en veroorzaakt vochtverlies, uitlopers en rot (PA, ZCA)	25-75

* Doorwas is een verschijnsel waarbij de aardappel te snel groeit waardoor knollen buiten de hoofdknol gevormd worden.

** Dit is geen opbrengstschade maar een schade die veroorzaakt wordt door kwaliteitsverlies.

Tabel 5

Klimaatfactoren relevant voor suikerbieten en hun impact.

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

Tabel 6*Klimaatfactoren relevant voor wintertarwe en hun impact.*

Klimaatfactor	Periode	Impact op het gewas	Geschatte opbrengstderving (%)
Langdurig droog	juni - aug	In de periode na de stengelstrekking speelt droogte een rol en zal voor opbrengstderving zorgen.	10-50
Aanhoudend nat weer	april - mei	Optreden van <i>Septoria</i> of bladvlekkenziekte.	25-75
Aanhoudend nat weer	juli - sept	Kan tot gevolg hebben dat er pas in september geoogst kan worden omdat maaidorsers geen nat graan kunnen oogsten. Heeft gevolgen voor de rotatie met andere gewassen. Speelt vooral een rol bij grote graanbedrijven.	10-75
Aanhoudend vochtig	mei - juli	Optreden van <i>Aarfusarium</i> vochtige wisselende omstandigheden rond de bloei tot oogst (1e week van juni t/m augustus) <i>Aarfusarium</i> produceert mycotoxines.	25-75
Windstoten icm zware buien	mei - aug	Legering vindt plaats doordat met name natte aren topzwaar worden waardoor ze gevoelig zijn voor een fikse windstoot makkelijk. Het gewas is dan moeilijk te oogsten.	??
Kwakkelweer	nov - maart	Opvriezen van de wortels, vriesweer heeft ook een positieve werking: plagen kunnen gedood worden.	10-50

Ten opzichte van de huidige situatie neemt het aantal hittegolven in 2040 in juli en augustus iets toe in scenario G+, maar vooral in scenario W+ waardoor doorwas van zowel poot- als zetmeel- en consumptieaardappelen een groter probleem zal worden. Het aantal jaren met warm en nat weer in de periode juli-september neemt eveneens toe in beide scenario's. Dat zijn gunstige omstandigheden voor de bacterie *Erwinia* waardoor het risico op natrot en stengelrot in aardappelen zal toenemen, vooral in augustus. Dat is ongunstig voor de boer, want de opbrengstschade kan oplopen tot 50%. Omdat het verschijnsel van langdurige droogte in de periode juni-augustus in 2040 toeneemt, dit is de periode van stengelstrekkingsfase van wintertarwe, kan opbrengstderving optreden.

Het aantal warme winters, minimaal 14 dagen een maximumtemperatuur van meer dan 10°C, gaat iets toenemen in scenario G+ maar vooral in scenario W+. Hierdoor is extra koelcapaciteit nodig om uitlopers en rot bij opgeslagen aardappelen te voorkomen. Bij suikerbieten kan bij de bewaring bij hogere temperatuur het suikergehalte afnemen. Extra koelcapaciteit geeft tevens hogere energie lasten.

Hevige regenval in de periode mei-september lijkt af te nemen in beide scenario's. Het voorkomen van temperaturen hoger dan 40 °C wordt in 2040 nog niet echt een probleem. Afname van vorst is in de toekomst geen probleem, eerder een kans, omdat de kans dat opkomende kiemplanten doodvriezen, afneemt. Het aanhoudende natte weer neemt in zeer lichte mate af waardoor de omstandigheden waaronder *Phytophthora* ontwikkelt, minder voorkomen. Hetzelfde geldt voor *Rhizomanie* bij suikerbieten. Minder aanhoudend nat weer in de zomermaanden maakt dat de bereikbaarheid van het land tijdens de oogstperiode beter wordt. Bieten die in het begin van de herfst gerooid worden, kunnen wel problemen ondervinden omdat de kans op een natte herfst wel toeneemt in beide scenario's.

Door een toename van de gemiddelde temperatuur neemt de luizendruk toe omdat verwacht wordt dat het aantal generaties luizen per jaar toeneemt in warme omstandigheden. De schade hiervan is lastig in te schatten omdat de dynamiek van de vector en de ziekte moeilijk te beschrijven zijn. De luizendruk in de noordelijke kuststrook neemt toe bij droge zomers waarin de windrichting van west naar noord draait. Ook de aardappelcysteaaltjes (bijv. *Globodera pallida*) profiteren van warmere omstandigheden waardoor zich meerdere generaties kunnen ontwikkelen. Hierdoor is het mogelijk dat van bepaalde rassen de

partieelresistentie wordt doorbroken (bijv. van Santé, pers. med. Th. Been). Het wegvallen van de partieelresistentie zou voor de export van pootgoed desastreus zijn. Pootaardappelen moeten namelijk schoon zijn van parasitaire aaltjes om als uitgangsmateriaal verkocht te mogen worden. De coloradokever kan, door de stijgende temperaturen in de toekomst, een groter probleem worden dan nu. Daarnaast kan het probleem van aardappelopslag groter worden doordat er minder vorst optreedt in de winters en achtergebleven knollen niet doodvriezen. Daardoor kunnen aaltjes in de knol overleven en zo een snellere besmetting van een volgende aardappelteelt veroorzaken.

Ook witte bietencysteaaaltjes kunnen bij warme zomers meer generaties ontwikkelen met als gevolg een hogere aantastingsgraad en zodoende een lagere productie. Bij bieten is dat minder ernstig dan bij pootaardappelen omdat de verkoop van bieten hierdoor niet belemmerd wordt. Overigens komen de witte bietencysteaaaltjes voornamelijk in de kleigebieden van Noord-Nederland voor en niet op zandgronden.

In tabel 7 zijn de belangrijkste risico's van de bovengrondse klimaatfactoren voor de gewassen van de gespecialiseerde hakvruchten-rotatie versimpeld weergegeven.

Tabel 7

Belangrijke gewassen van gespecialiseerde hakvruchtbedrijven.

Maanden	J	F	M	A	J	J	A	S	O	N	D
Pootaardappelen	1	1	1			2,3	2,3	3		1	1
Zetmeelaardappelen	1	1	1			2,3	2,3	3		1	1
Suikerbieten	1	1	1							1	1
Wintertarwe					4	4	4				

Risico 1: Toename van aantal warme winters leidt tot bewaarproblemen bij aardappelen en suikerbieten.

Risico 2: Toename van het aantal hittegolven leidt tot doorwas van aardappelen.

Risico 3: Toename van warm en nat weer in de periode juli-september, gunstig voor *Erwinia*, leidt tot natrot en stengelrot bij aardappelen.

Risico 4: Toename van droogte tijdens de stengelstrekingsfase van tarwe leidt tot opbrengstverlies.

Risico 5: Toename van gemiddelde temperatuur leidt tot hogere luizendruk, toename van aardappel- en bietencysteaaaltje (hele jaar door).

Uit de analyse blijkt dat de problematiek op bedrijven met gespecialiseerde hakvruchten vooral te maken heeft met de toename van het aantal warmere winters, het aantal hittegolven en de combinatie van warm en nat weer in de zomer. Behalve een lagere opbrengst neemt ook de ziektedruk toe. Dit alles speelt zich af in gebieden die bovendien nu al als 'te droog' omschreven worden. Ook deze bedrijfssystemen hebben aanpassingen nodig in de richting van hitte- en droogtetolerante hakvruchtenbedrijven. Dat kan door aanpassingen op gewas- (andere rassen), bedrijfs- (andere rotaties, andere tijdstippen van zaaien of maaien, andere teeltwijze), sector- (selectie van ziektetolerante gewassen) of regioniveau (aanpassingen in het watersysteem, voldoende beregeningswater van goede kwaliteit). Hierop komen we in de volgende paragraaf uitgebreider terug.

Overige bedrijfssystemen

Deze en de overige bedrijfssystemen genoemd in tabel 1, overig graasdieren, overig hakvruchten, overig akkerbouw, tuinbouw/blijvende teelt, kunnen op dezelfde manier geanalyseerd worden voor andere regiospecifieke indirecte klimaatproblemen.

3.4 Noodzaak voor adaptatie en zo ja, in welke richting

De Wit et al. (2009) hebben een uitwerking gemaakt van adaptatiemaatregelen voor vijftien gewassen in functie van de gevoeligheid van de gewassen voor klimaatextremen zoals beschreven in Schaap et al. (2009, 2011). De impact van klimaatsverandering op bedrijfssystemen is in dit rapport benaderd via de impact op het gewasniveau. Aspecten van klimaatsverandering hebben een negatief effect op bepaalde tijdstippen en/of sommige gewassen en een positief effect op andere tijdstippen en/of gewassen. Adaptatie aan deze aspecten van klimaatsverandering is mogelijk op meerdere schaalniveaus waarbij diverse actoren aan zet zijn. We beperken ons tot het nationale schaalniveau en lager. Uiteraard is ook het Europese niveau van belang, met als actor de Europese Commissie.

3.4.1 Gewas- veld- en bedrijfsniveau

Voor de ondernemer is het zaak om risico's op negatieve effecten zoveel mogelijk te vermijden en de kansen optimaal te benutten.

Gespecialiseerde melkveehouderij in regio's 'te droog'

Op gewasniveau heeft een ondernemer de volgende mogelijkheden:

- Droogteresistente grasrassen inzaaien
- Hitteresistente dierrassen kiezen
- Een deel van het grasland vervangen door maïs
- Beregenen

Op bedrijfsniveau kan een ondernemer kiezen voor aangepast management:

- Beperken van de weidegang
- Permanent opstallen van vee
- Meer maïs ten koste van gras als veevoer
- Aanplanten van bomen voor schaduw in weiland

Gespecialiseerd hakvruchtenbedrijf in regio 'te droog'

Op het gewasniveau (aardappelen, suikerbieten, wintertrave) is adaptatie mogelijk aan de droge omstandigheden en de klimaatextremen (warme winters, hogere gemiddelde temperatuur, hittegolven, droge perioden in J-JA en nat en warm weer in J-A) genoemd in de tabellen 4 - 6 door als ondernemer één of meer van de volgende maatregelen te nemen:

- Droogteresistent(er) ras inzaaien
- Ziekteresistent(er) ras inzaaien
- Eerder inzaai- of oogstmoment kiezen
- Optimale plantafstanden in acht nemen
- Irrigatie toepassen (druppelirrigatie, ondergronds irrigeren, water vernevelen)
- Het vochthoudend vermogen van de bodem vergroten (verbeteren bodemstructuur, meer organische stof in de bodem)
- Schaduwnetten aanbrengen
- Spuiten tegen ziekten (luizen, cysteaaltjes, schimmels)
- Natuurlijke vijanden stimuleren

Op het bedrijfsniveau kan een ondernemer kiezen voor technische ingrepen of aangepast management door:

- Ruimere rotatie kiezen
- Nieuwe (meerjarige) gewassen telen die bestand zijn tegen droge omstandigheden (rijst) en/of ziekten
- Wateropslag op bedrijf aanleggen
- Biologische bestrijding toepassen
- Groenblauwe dooradering en vanggewassen aanbrengen
- Bewaaromstandigheden aanpassen (kortere periode, mechanisch ventileren)
- Lichter wagenpark aanschaffen om eerder nat land te kunnen bewerken
- Andere activiteiten ontplooiën (boeren voor water, energie en warmte winnen uit algen of recreatielandbouw, zoals bed & breakfast, verkoop aan huis, boerengolf, zelf oogsten van vruchten of gewas)
- Bedrijfsstrategie veranderen van biologisch naar conventioneel of omgekeerd
- Bedrijf verplaatsen naar regio's zonder problemen.

Ondernemers kunnen kiezen voor één of meerdere adaptatiemaatregelen afhankelijk van de noodzaak op het bedrijf en de gekozen strategie (overstappen op droogteresistente gewassen gaat niet samen met keuze voor irrigatie). Of een ondernemer daadwerkelijk overgaat tot het nemen van maatregelen hangt vermoedelijk af van de kosteneffectiviteit van de maatregel (hoeveel kost doorvoeren van de maatregel en wat levert het op). Of ook andere bedrijfsfactoren een rol spelen (omvang van het bedrijf, leeftijd van de ondernemer, opvolgingssituatie op het bedrijf, etc.) vraagt nader onderzoek.

Sommige adaptaties zoals het aanleggen van verbeterde afwateringssystemen of druppelirrigatie, beïnvloeden niet slechts één gewas positief, maar meerdere. Hierdoor worden met name grotere, meestal duurdere aanpassingen op bedrijfsniveau vermoedelijk aantrekkelijker.

3.4.2 Regioniveau

De belangrijkste spelers die op regio niveau maatregelen kunnen nemen of beleid ontwikkelen dat een bijdrage levert aan de adaptatiebehoefte van de landbouw zijn de Waterschappen en de lokale overheden (provincies en gemeenten). Deze actoren kunnen de adaptatie van de landbouw echter ook tegenwerken.

- Regionale wateropslag mogelijk maken (vb. door aanwijzen/aanleggen van gebieden, financieel compenseren voor geleden schade)
- Flexibel waterpeilbeheer organiseren waardoor irrigatie mogelijk is in de zomer
- Beregeningsverboden instellen in bepaalde maanden van het jaar
- Via ruimtelijke ordening wijzigingen in bestemmingsplannen aanbrengen: juiste functie op de juiste plaats
- Financiële of andere vormen van compensatie geven voor agrariërs die zich inzetten voor participatief waterbeheer: boeren voor water
- Natte recreatie mogelijkheden aanleggen ter ondersteuning van de waterretentie in de zomer
- Het versoepelen van procedures voor vergunning van nieuwbouw voor klimaatrobuuste stallen en voor koelinstallaties.

Of en welke van deze strategieën daadwerkelijk zinvol ingezet worden, moet specifiek per regio bekeken worden. Een eerste aanzet voor een dergelijke verbijzondering is uitgewerkt door Blom et al. (2009) in drie voorbeeldgebieden.

3.4.3 Rijksniveau + EU

Alle adaptatie-mogelijkheden zijn afhankelijk van de mate waarin de technologie ontwikkeld is en van de beleidscontext van het bedrijf. De actoren die op nationale en hogere schaalniveau in kunnen zetten op adaptatie zijn de verdelingsbedrijven, de voedselindustrie, de rijksoverheid, de Europese overheid en het wetenschappelijke onderzoek. Deze actoren zouden als volgt in kunnen zetten op adaptatie:

- Veredelen van rassen aangepast aan toekomstige bodem- en klimaatomstandigheden
- Stimuleren van ketens voor vermarkten van nieuwe gewassen
- Stimuleren van nieuwe agrarische bedrijfssystemen
- Simuleren d.m.v. beleid en financiering van agrarisch ondernemerschap in nevenfuncties
- Stimuleren van een integrale aanpak van ruimtelijke opgaven m.b.t. landbouw en water door lokale overheden.
- Inzetten van irrigatieverboden
- Aan blijven scherpen van klimaatscenario's en te verwachten klimaatseffecten
- Zoeken naar technologische verbeteringen van apparatuur en bebouwingen

Of droogte-resistente aardappelen inderdaad in de toekomst beschikbaar zijn, zal afhangen van de vorderingen van onderzoek en de veredelingsbedrijven die hier op ingezet hebben. Ook de voedselindustrie is belangrijk bij het inzetten op voor Nederland nieuwe gewassen. Dat bleek bij de teelt van artisjokken, waar ondanks een succesvolle teelt, deze inmiddels weer is gestopt wegens afwezigheid van nationale afzetkanalen. Het volledig omschakelen naar nieuwe teeltsystemen vergt de nodige investeringen en risico's. Er zijn bijvoorbeeld een aantal gewassen die mogelijk potentie hebben voor de toekomst, maar die nog zoveel kennis vergen dat hier niet zomaar op ingezet zal worden: rijst (teelt in water, kan wel wat zout hebben), algen (zout en teveel aan water), zeewier (zout en teveel aan water), of zeekraal (zout en teveel aan water).

Pioniers kunnen gestimuleerd worden door overheidssubsidies en wetenschappelijke begeleiding.

Conclusies

In deze studie zijn de gevolgen van klimaatverandering en vooral klimaatextremen op de Noord-Nederlandse landbouw rond 2040 onderzocht. Ook is uitgezocht of er noodzaak is voor adaptatie.

Twee gevolgen van klimaatverandering zijn onderscheiden: de indirecte en de directe gevolgen. De indirecte gevolgen zijn verzilting, verdroging of vernatting van de bodem. Ze zijn het gevolg van het klimaat in het verleden. De directe gevolgen hebben te maken met het dagelijkse weer: een lange periode van droogte of van temperaturen boven 35 °C of een periode van matige of strenge vorst. De gevolgen zijn gewas- en dierafhankelijk; het ene gewas kan beter tegen droogte of wateroverlast dan het andere.

Uit de berekeningen blijkt dat in 2040 voor circa 25% van het areaal geen problemen te verwachten zijn. Circa 56% van het Nederlandse grondgebied heeft in toenemende mate te maken met verdroging, al of niet in combinatie met verzilting en/of vernatting. Meer dan 40% van het Nederlandse areaal heeft in toenemende mate te maken met vernatting, ook al of niet in combinatie met verzilting of verdroging. Het geheel is meer dan 100% omdat in een groeiseizoen zowel te droge of te natte situaties kunnen voorkomen. Voor Noord-Nederland bedragen de percentages respectievelijk 13%, 67% en 41%. Proportioneel heeft daar meer areaal last van droogte, vergeleken met gemiddeld in Nederland.

De top 4 van meest voorkomende combinaties bedrijfssystemen - indirecte gevolgen van klimaatverandering in Nederland zijn: sterk gespecialiseerde melkveehouderij zonder noemenswaardige problemen (11%), sterk gespecialiseerde melkveehouderij onder te droge omstandigheden (11%), akkerbouw onder te droge omstandigheden (6%) en sterk gespecialiseerde melkveehouderij onder te natte omstandigheden. Specifiek van de Noord-Nederlandse bedrijfssystemen is de top 4 gespecialiseerde melkveehouderij onder te droge omstandigheden (8%) of onder te droge, te natte en te zoute omstandigheden (6%), gespecialiseerde hakvruchtenbedrijven onder te droge omstandigheden (6%) en sterk gespecialiseerde melkveehouderij zonder problemen (5%).

Op melkveebedrijven nemen vooral het aantal droge perioden en het aantal hete perioden in de zomer toe. Het gevolg is dat de kwaliteit van de grasmat achteruit gaat, of gras sterft af als de temperatuur boven 30 °C komt. Ook de dieren gaan als gevolg van de hoge temperatuur minder eten, en de melkproductie loopt terug. De omstandigheden voor maïs verbeteren. Hakvruchtenbedrijven ondervinden vooral problemen van de warmere winters, die leiden tot bewaarproblemen bij aardappelen en suikerbieten. Daarnaast zijn perioden van droogte, hitte of nattigheid problematisch en leiden tot doorwas, hogere ziektedruk (Erwinia, cysteaaltje bij aardappel en biet, luizen) en opbrengstderving. Vooral de pootaardappelteelt is kwetsbaar, omdat het de economisch meest belangrijke teelt is.

Adaptatie aan deze aspecten van klimaatsverandering is mogelijk op meerdere schaalniveaus waarbij diverse actoren aan zet zijn.

Ondernemers bepalen zelf hoe ze op bedrijfsniveau anticiperen op verwachte veranderingen. De maatregelen kunnen aangrijpen op het gewas (bv. aardappelen in hoge ruggen om hitte te verminderen), het dier (bv. schaduwruimte bieden of binnen houden bij hoge temperatuur), het veld (bv. irrigatiesysteem aanleggen) of het bedrijf (bv. droogteresistente rassen of irrigatiesysteem aanschaffen) als geheel, al of niet in combinatie. Sommige adaptaties zoals het aanleggen van verbeterde afwateringssystemen of druppelirrigatie, beïnvloeden niet slechts één gewas positief, maar meerdere. Hierdoor worden vooral grotere, meestal duurdere aanpassingen op bedrijfsniveau aantrekkelijker. Of een ondernemer daadwerkelijk overgaat tot het nemen van

maatregelen hangt vermoedelijk af van de kosteneffectiviteit van de maatregel (hoeveel kost doorvoeren van de maatregel en wat levert het op). Daar is in dit project geen onderzoek naar gedaan. Of ook andere bedrijfsfactoren een rol spelen (omvang van het bedrijf, leeftijd van de ondernemer, opvolgingssituatie op het bedrijf, etc.) vraagt ook nader onderzoek.

Regionale, nationale en zelf Europese overheden kunnen in functie van het belang dat ze hechten aan landbouw in hun regio of land, ook bijdragen aan adaptatie. De Waterschappen, al of niet onder invloed van nationaal of Europees beleid, bepalen op welk niveau het waterpeil van een gebied geregeld wordt. Overheden bepalen of en welke subsidies beschikbaar komen voor specifieke aanpassing van bedrijfsvoering om bv. emissies te verminderen. De nationale en Europese overheden bepalen of ze onderzoek naar adaptatiemogelijkheden financieren, en hoe ze de belangen van landbouw afwegen ten opzichte van die van andere functies als natuur. Ten slotte is afstemming van maatregelen tussen de diverse niveaus en actoren is nodig. Investerings en ambities op de diverse niveaus moeten sporen. Besluit de overheid tot een beregeningsverbod, heeft het weinig zin om op bedrijfsniveau irrigatiesystemen aan te leggen, maar juist wel om onderzoek te doen naar droogteresistente gewassen en die vervolgens te verbouwen.

In de uitwerking van de project zijn vaak grote stappen genomen, die niet allemaal even wetenschappelijk verantwoord zijn. In een aantal gevallen is er niet meer informatie beschikbaar. Zo is de kaart voor vochttekort gebaseerd op onderzoek voor het W+-scenario voor het gewas gras. Op basis van redeneren is de kaart geïnterpreteerd voor het G+-scenario en voor andere gewassen. De kaart voor verzilting is gebaseerd op de huidige situatie. De grenzen waarbij we problemen verwachten in 2040 zijn daarom aan de krappe kant geschat, omdat we verwachten dat het zoutgehalte in de toekomst toeneemt. Met betere informatie zou regionaal meer precies kunnen aangegeven worden waar de zich in de toekomst knelpunten voordoen. Het is echter de vraag of er globaal een ander beeld zou uitkomen wat betreft noodzaak tot adaptatie en de richting. Wij verwachten van niet. In die zin is de opgave voor de toekomst duidelijk.

Of een bedrijf al of niet in staat is om maatregelen door te voeren, is niet onderzocht. Er is ook geen kennis beschikbaar. Op dit punt is het wel noodzakelijk om erachter te komen welke factoren bepalen of een ondernemer al dan niet inzet op maatregelen, dan wel het bedrijf stopzet. Tenminste als een overheid geïnteresseerd is in behoud van de landbouw.

Literatuur

Blom, G., M. Paulissen, W. Geertsema en H. Agricola. 2009. *Klimaatverandering in drie casestudiegebieden. Integratie van adaptatiestrategieën voor landbouw en natuur*. Rapport 255, Wageningen UR.

Buishand, T.A. en C.A.Velds, 1980. *Neerslag en verdamping (Precipitation and evaporation)*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt, 206 p.

CBS, 2008. *NEG-typing 2008*.

Gaast, J.J.W.J van der en H.Th.L. Massop, 2009. *Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte. Analyse van de waterbeschikbaarheid rekeninghoudend met de freatische grondwaterstand en bodem*. Alterra, Wageningen, 2009. Alterra-rapport 1791.

Gaast, van der, J.J.W.J en H.Th.L. Massop, 2009. *Vochttekortkaart, W+-scenario 2050 in een 10% droogjaar*.

Dam, A. van, O.A. Clevering, W. Voogt, Th.G.L. Aendekerk en M.P. van der Maas, 2007. *Leven met Zout Water, deelrapport: Zouttolerantie van landbouwgewassen*. PPO-rapport 32 340194 00.

Hermans, C.M.L., I.R. Geijzendorffer, F. Ewert, M.J. Metzger, P.H. Vereijken, G.B. Woltjer en A. Verhagen, 2010. Exploring the future of European crop production in a liberalised market, with specific consideration of climate change and the regional competitiveness. *Ecological Modelling* 211 (2010), pp. 2177-2187.

Hermans, T., J. Verhagen, P. Vereijken, F. Ewert, H. Smit, M. Metzger, H. Naeff, R. Verburg en G. Woltjer, 2008. *Spatial impacts of climate and market changes on agriculture in Europe*. Wageningen, 2008. Alterra report 1697, PRI report 188.

Hurk, B. van den, A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G.J. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Bruggers, G. Komen, W. Hazeleger en S. Drijfhout, 2006. *KNMI Climate change scenario's for the Netherlands*. KNMI Scientific Report WR 2006-01. KNMI, De Bilt.

Naeff, H.S.D., 2008. GIAB_NL08. *Geografische Informatie Agrarische Bedrijven voor 2008*. Wageningen, Alterra, Centrum Landschap. Interne notitie.

Rijkswaterstaat, 15 maart 2000. *Productspecificatie AHN 2000*. Rapportnummer MDTGM 2000.13 (auteurs: Heerd, R.M. van, E.A.C. Kuijlaars, M.P. Teeuw, R.J. van 't Zand).

Rijkswaterstaat/RIZA, 13 december 2007. *Investeringsruimte voor toekomstige droogte. Verkenning van de hydrologische effecten en economische schade in de KNMI '06 klimaatscenario's*. Rijkswaterstaat/RIZA.

RIZA, 2007. *Investeringsruimte voor toekomstige droogte. Verkenning van de hydrologische effecten en economische schade in de KNMI '06 klimaatscenario's*. Rijkswaterstaat/RIZA. 13 december 2007. Eindrapport 9T0593.

Schaap, B.F., G. Blom-Zandstra, C.M.L. Hermans, B.G. Meerburg en J. Verhagen, 2011. Impact changes of climatic extremes on arable farming in the north of the Netherlands. *Reg Environ Change*, DOI 10.1007/s10113-011-0205-1.

Schaap, B.F., G. Blom-Zandstra, I. Geijzendorffer, T. Hermans, R. Smidt en J. Verhagen, 2009. *Klimaat en landbouw in Noord-Nederland*. Rapportage van Fase 2. PRI Nota 629.

Wit, J. de, B. Swart en D. Luijendijk, 2009. *Klimaat en landbouw in Noord-Nederland: nu, in 2040 en 2100. Fase 2. Overzicht relevante klimaatfactoren, impact en schade van 15 landbouwgewassen en 2 diersoorten en mogelijke adaptatiemaatregelen*. Grontnij, Nederland.

Wageningen UR-Alterra 2006. *Dataset Grondsoortenkaart van Nederland 2006*. Wageningen.

Bijlage 1 Samenvatting van de KNMI'06 scenario's G, G+, W en W+ voor Nederland rond 2050 (bron: KNMI, 2007)

Scenario	G	G+	W	W+
Omschrijving	gematigd	gematigd +	warm	warm +
<i>Wereldwijd</i>				
Wereldwijde temperatuurstijging	+1 °C	+1 °C	+2 °C	+2 °C
Verandering in luchtstromingspatronen in West-Europa	nee	ja	nee	ja
<i>Zomer Nederland</i>				
Gemiddelde temperatuur	+0,9 °C	+1,4 °C	+1,7 °C	+2,8 °C
Warmste zomerdag per jaar	+1,0 °C	+1,9 °C	+2,1 °C	+3,8 °C
Gemiddelde neerslaghoeveelheid	+3%	-10%	+6%	-19%
Aantal natte dagen (≥0,1 mm)	-2%	-10%	-3%	-19%
Dagsom van de neerslag die eens in de tien jaar wordt overschreden	+13%	+5%	+27%	+10%
Potentiele verdamping	+3%	+8%	+7%	+15%
<i>Winter Nederland</i>				
Gemiddelde temperatuur	+0,9 °C	+1,1 °C	+1,8 °C	+2,3 °C
Koudste winterdag per jaar	+1,0 °C	+1,5 °C	+2,1 °C	+2,9 °C
Gemiddelde neerslaghoeveelheid	+4%	+7%	+7%	+14%
Aantal natte dagen (≥0,1 mm)	0%	+1%	0%	+2%
10-daagse neerslagsom die eens in de tien jaar wordt overschreden	+4%	+6%	+8%	+12%
Hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	0%	+2%	-1%	+4%
<i>Seizoensonafhankelijk</i>				
Zeespiegelstijging (absolute stijging)	15-25 cm	15-25 cm	20-35 cm	20-35 cm

Bijlage 2 Indeling landbouwbedrijven in bedrijfstypen

Landbouw(hoofd)type	Bedrijfstype (cluster)	Bedrijfstype
Akkerbouw (P1)	gespecialiseerde hakvruchten	gespecialiseerde hakvruchten
	maaidorsbare gewassen	maaidorsbare gewassen
	overige akkerbouw	graan/hakvruchten
		akkerbouwgroenten
		overige akkerbouw
Tuinbouw (P2)	tuinbouw / blijvende teelt	overige hakvruchten
		opengrondsgroenten
		glasgroenten
		overige groenten
		opengronds(bloem)bollen
		bloemen onder glas
		overige bloemen
		champignon
Blijvende teelt (P3)	tuinbouw / blijvende teelt	overige tuinbouw
		fruitbedrijf
		boomkwekerij
Gewassencombinaties (P7)	tuinbouw / blijvende teelt	overige blijvende teelt
		tuinbouw / blijvende teelt
Graasdieren (P4)	gespecialiseerd melkvee	overige gewassencombinaties
		sterk gespecialiseerd melkvee
	overige graasdieren	gespecialiseerd melkvee
		overig melkvee
		overig rundvee
		schapen
		rundvee/schapen
		geiten
		grasland
		paarden en pony's
		overige graasdieren
		graasdiercombinaties
Hokdieren (P5)	intensieve veehouderij	kalvermesterij
		fokvarkens
		mestvarkens
		overige varkens
		legkippen
		slachtpluimvee
		overig pluimvee
		varkens/pluimvee
		overige hokdieren
		hokdiercombinaties
Akkerbouw – veeteeltcombinaties (P8)	overig (gemengd + onbekend)	akkerbouw/veeteelt
		overige combinaties
		<i>niet in GIAB / wel in BRP 1)</i>

1) Percelen van bedrijven, die niet in GIAB voorkomen

Bijlage 3 Zouttoleranties van gewassen voor gietwater, verzadigingsextract en bodemvocht en schadepercentages

Gewas	Gietwater mg Cl per l		Bodemvocht mg Cl per l		Categorie zoutgevoeligheid	begin groeiseizoen weeknr)	eind groeiseizoen weeknr)	komt beregening met opgevlaktewater voor? begin beregeningssseizoen eind beregeningssseizoen		
	schadedrempel (mg Cl/l)	schadefunctie (%opbrengstderving per mg Cl/l)	schadedrempel (mg Cl/l)	schadefunctie (%opbrengstderving per mg Cl/l)						
grasland	962	0.0184	3606	0.0078	MT	jaarrond	jaarrond	ja	13	35
wintertarwe	1053	0.0269	3947	0.0072	T	40	33	nee		
koolzaad	2329	0.0446	8733	0.0119	T			nee		
pootaardappelen	202	0.061	756	0.0163	MS	18	36	standaard tegen schurft	22	31
consumptieaardappelen	202	0.061	756	0.0163	MS	14	40	standaard tegen schurft	22	31
vroege aardappels	202	0.061	756	0.0163	MS	10-14	22-32	standaard tegen schurft	18	26
suikerbieten	1288	0.0212	4831	0.0057	MT	14	39	nee		
zaaiuien	101	0.0401	378	0.0564	S	15	38	nee		
winterpeen	1)	1)	1)	1)	S	19-22	41-46	incidenteel tot opkomst	19-22	19-22
zure kers	250	0.027	1)	1)	S	11-15	43-47	ja	16-20	34-38
lilies	1)	1)	1)	1)	S	12	48	ja	14	35
tomaten	288	0.046	686	0.02	T	1	48	nee, >90% substraatteelt	1	48

1) data ontbreekt

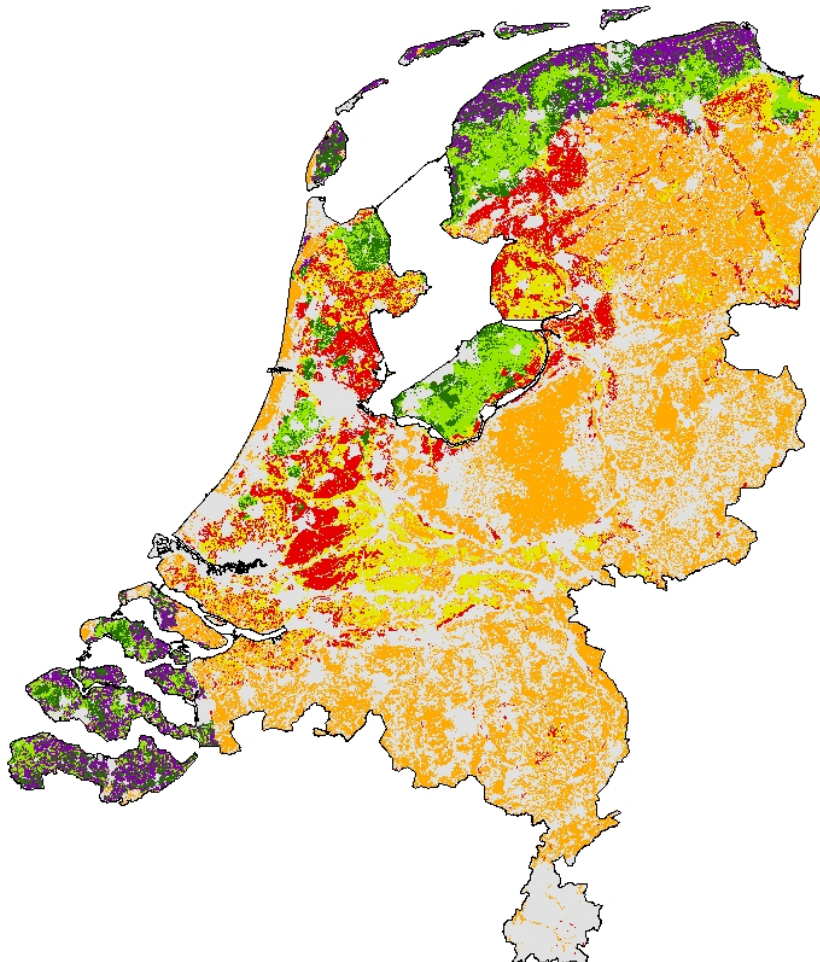
2) T=tolerant, MT=matig tolerant, MS=matig gevoelig, S=gevoelig

Bron: Dam, A. et al., 2007

Bijlage 4 Gebieden in Nederland met risico op nat/droog/verziltingschade

Risico's voor landbouw

-  geen risico
-  te droog
-  te droog & te zout giet-/grondwater
-  te nat
-  te nat & te droog
-  te nat & te droog & te zout giet-/grondwater
-  te nat e/o te zout giet-/grondwater



Tabel B-4.1*Aandeel van bedrijfstypen in Nederland in risicogebieden (1% circa 280 km²).*

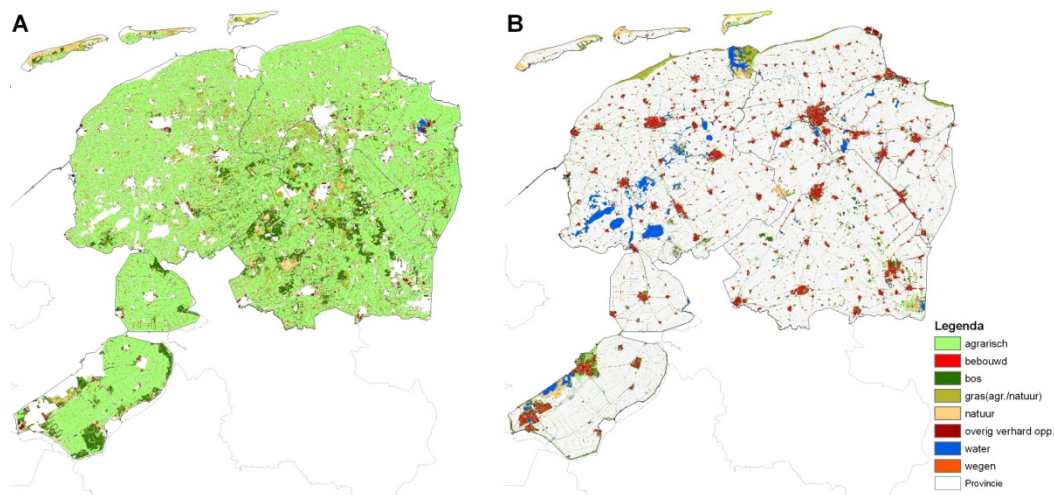
Combinatie risico	Akkerbouw	Tuinbouw_open	Fruit en boomkwekerij	Glastuinbouw	Gespecialiseerd melkvee	Graasdieren (overig)	Intensieve veehouderij	Gemengd bedrijf	Totaal
Geen risico	3.1	1.2	0.5	0.0	11.0	5.1	2.0	1.6	24.6
Te droog	6.5	1.6	0.8	0.0	10.9	4.8	1.9	2.1	28.6
Te droog en te zout giet-/grondwater	4.0	0.3	0.1	0.0	1.2	0.5	0.0	0.3	6.6
Te nat	1.7	0.6	0.1	0.0	6.7	2.8	0.2	0.4	12.4
Te nat en te droog	3.1	0.7	0.2	0.0	5.2	2.0	0.3	0.6	12.0
Te nat en te droog en te zout giet-/grondwater	3.3	0.4	0.1	0.0	3.6	0.9	0.0	0.4	8.7
Te nat e/o te zout giet-/grondwater	2.6	0.4	0.1	0.0	2.3	1.2	0.0	0.4	7.0
Totaal	24	5	2	0	41	17	4	6	100

Bijlage 5 Koppeling risicogebieden aan bedrijfstypen.

Bij de 'overlay' van de kaart met daarop de risico's voor de landbouw en de kaart met bedrijfstypen (BRP) bleek dat zowel de bedrijfstypenkaart als de risicokaart niet vlakdekkend zijn. Dit is het gevolg van de gebruikte methodiek.

De kaart met bedrijfstypen is een kaart die op perceelsniveau is opgebouwd uit de BRP via het relatienummer van het bedrijf. De BRP gaat uit van netto beteelbaar oppervlak, hierin ontbreken dus bijvoorbeeld de sloten, kleine wegen en bebouwing in het buitengebied. Het aandeel landbouwareaal waarvoor na de overlay van de bedrijfstypenkaart met de risicokaart geen risicogegevens beschikbaar zijn, is 4,2%.

De risicokaart is namelijk gebaseerd op de kaart van J. van der Gaast, 2009. Deze kaart is gebaseerd op de grondwatertrappen en is niet vlakdekkend zoals is te zien in figuur B5-A. Hierin ontbreken bijvoorbeeld de grote wegen, waterlopen en steden (figuur B5-B). Dat betekent dat circa 867 duizend ha is meegenomen in de berekeningen voor Noord-Nederland en circa 28 duizend vierkante km in de berekeningen voor Nederland.



Figuur B5:

Grondgebruik van de basiskaart: (A) opgenomen in berekeningen, (B) niet opgenomen.

Met behulp van de Top10 (Top10Smart, 2,5 x 2,5m, Alterra) is vervolgens gekeken welke delen van de gebruikte basiskaart zijn weggevallen voor de risicoberekeningen (figuur B5-B). In de onderstaande tabel is te zien waar deze 17% uit bestaat.

Categorie	Oppervlak	In basiskaart aanwezig	
		ja	nee
Top10smart (geaggr.)	(ha)		
Agrarisch	676091	64%	3%
Bebouwd	15760	0%	1%
Bos	73184	6%	1%
Foutief	0	0%	0%
Gras(agrarisch/natuur)	48618	4%	1%
Natuur	33034	2%	1%
Overig verhard opp.	60460	3%	3%
Water	58206	2%	3%
Wegen	37618	2%	2%
Totaal	1002971	83%	17%

Bijlage 6 Vertaling klimaatfactoren naar meteorologische data van de KNMI'06-klimaatscenario's

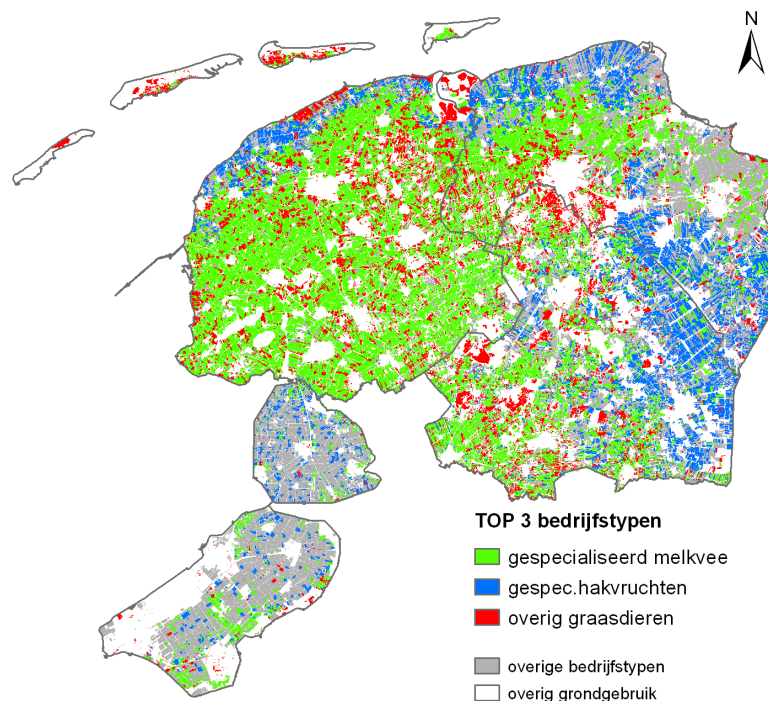
Gewas	Klimaatfactor (kort)	Klimaatfactor (naar meteorologische data)	Eenheid
Fabrieks- en consumptie aardappelen	Hevige regenval	Neerslag van 45 mm in één dag of 60 mm in drie dagen	#periode
	Hittegolf	Hittegolf (KNMI-def. min. drie dagen > 30 °C in periode van min. vijf dagen > 25 °C)	#periode
	Warm en nat	Minimaal op 50% van de 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur boven 20 °C valt meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Extreme hitte	Minimaal twee aaneengesloten dagen met een temperatuur van 40 of hoger	#periode
	Aanhoudend nat weer	Minimaal op 75% van de 21 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Vorst	Periode van minimaal twee dagen met een max. dagtemperatuur < -2 °C	#periode
	Aanhoudend warme winter	Periode van minimaal 14 dagen met dagtemperatuur > 10 °C	#periode
Poot aardappelen	Hevige regenval	Neerslag van 45 mm in één dag of 60 mm in drie dagen	#periode
	Hittegolf	Hittegolf (KNMI-def. min. drie dagen > 30 °C in periode van min. vijf dagen > 25 °C)	#periode
	Warm en nat	Minimaal op 50% van de 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur boven 20 °C valt meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Extreme hitte	Minimaal twee aaneengesloten dagen met een temperatuur van 40 of hoger	#periode
	Aanhoudend nat weer	Minimaal op 75% van de 21 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	(Late) vorst	Periode van minimaal twee dagen met een max. dagtemperatuur < -2 °C	#periode
	Aanhoudend warme winter	Periode van minimaal 14 dagen met dagtemperatuur > 10 °C	#periode
Suikerbiet	Langdurig droog	Droge periode van 30 dagen met neerslag < 5 mm	#periode
	Wisselvallig nat weer	Minimaal op 10% van de 28 dagen meer dan 10 mm regen	#periode
	Aanhoudend nat weer	Minimaal op 75% van de dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Aanhoudend warme winter	Periode van minimaal 14 dagen met dagtemperatuur > 10 °C	#periode
	Nachtvorst	Periode van minimaal één dag(en) met min. nachttemperatuur < -3 °C	#periode
Wintertarwe	Langdurig droog	Droge periode van 40 dagen met neerslag < 10 mm	#periode
	Aanhoudend nat	Minimaal op 75% van de 21 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Aanhoudend vochtig	Minimaal op 75% van de 14 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Windstoten met zware buien	Neerslag van 45 mm in één dag	#dag(en)
	Aanhoudend nat weer	Minimaal op 75% van de 21 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode

Gewas	Klimaatfactor (kort)	Klimaatfactor (naar meteorologische data)	Eenheid
	Kwakkelweer	Periode van min. drie dagen kwakkelweer (nachttemperatuur < -1 °C en dagtemperatuur > 1 °C) na periode met strenge vorst (min. temp. <-10 °C), incl. twee dagen overgangsheer van vorst naar dooi	#periode
Gras	Tropisch en nat	Minimaal op 66% van de drie aaneengesloten dagen met een temperatuur boven 30 °C valt meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Langdurig droog	Droge periode van 30 dagen met neerslag < één mm	#periode
	Zeër strenge vorst	Minimum temperatuur lager dan -20 °C	#dag(en)
	Aanhoudend hete dagen	Minimaal drie aaneengesloten dagen met een temperatuur van 30 of hoger	#periode
Koolzaad	Strenge vorst	Minimum temperatuur lager dan -12 °C; bij sneeuwdek (sneeuwdek als min. 5 mm neerslag bij dagtemperatuur < 2 °C en nachttemp. < -3 °C) strenge vorst lager dan -20 °C	#dag(en)
	Bodem staat blank; enkele weken	Neerslag van 25 mm in één dag of 100 mm in acht dagen	#periode
	Warm en veel regen	Afwisselen nat en warm: op 33% van de 28 dagen warm weer (> 20 °C) en een neerslagoverschot van > 50 mm.	#periode
	Zomers en droog	Minimaal 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur van 25 of hoger in een standaard (10%) droog jaar	#periode
	Rel. warm weer	Minimaal 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur van 15 °C	#periode
	Harde wind (zwarte buien)	Neerslag van 25 mm in één dag	#dag(en)
Zaaiui	Langdurig droog (lente)	Droge periode van 30 dagen met neerslag < 5 mm	#periode
	Langdurig droog (zomer)	Droge periode van 30 dagen met neerslag < 10 mm	#periode
	Bodem staat blank; enkele weken	Neerslag van 45 mm in één dag of 100 mm in acht dagen	#periode
	Zware buien	Neerslag van 45 mm in één dag	#dag(en)
	Warm en vochtig	Minimaal op 50% van de 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur boven 20 °C valt meer dan 0.5 mm regen	#periode
Winterpeen	Te droog groeiseizoen	Te droge maand in standaard groeiseizoen van maand 4 t/m 10, volgens standaard definitie van droog jaar	#maand
	Bodem staat blank; enkele dagen	Neerslag van 45 mm in één dag of 60 mm in drie dagen	#periode
	Hoosbuien	Neerslag van 45 mm in één dag	#dag(en)
	Nachtvorst	Periode van minimaal één dag(en) met min. nachttemperatuur < -2 °C	#periode
	Lang aanhoudende hitte	Minimaal 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur van 30 °C of hoger	#periode
Lelie	Hevige regenval	Neerslag van 25 mm in één dag of 60 mm in drie dagen	#periode
	Zomers, maar nat	Minimaal op 50% van de 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur boven 20 °C valt meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Extreem hete dagen	Minimaal twee aaneengesloten dagen met een temperatuur van 35 of hoger	#periode
	Bodem staat blank; enkele weken	Neerslag van 25 mm in één dag of 100 mm in acht dagen	#periode
	Aanhoudend warme winter	Periode van minimaal 14 dagen met dagtemperatuur > 10 °C	#periode
	Hagel (zwarte buien)	Neerslag van 25 mm in één dag	#dag(en)
Tomaat	hagelbuien,	Neerslag van 25 mm in één dag	#dag(en)

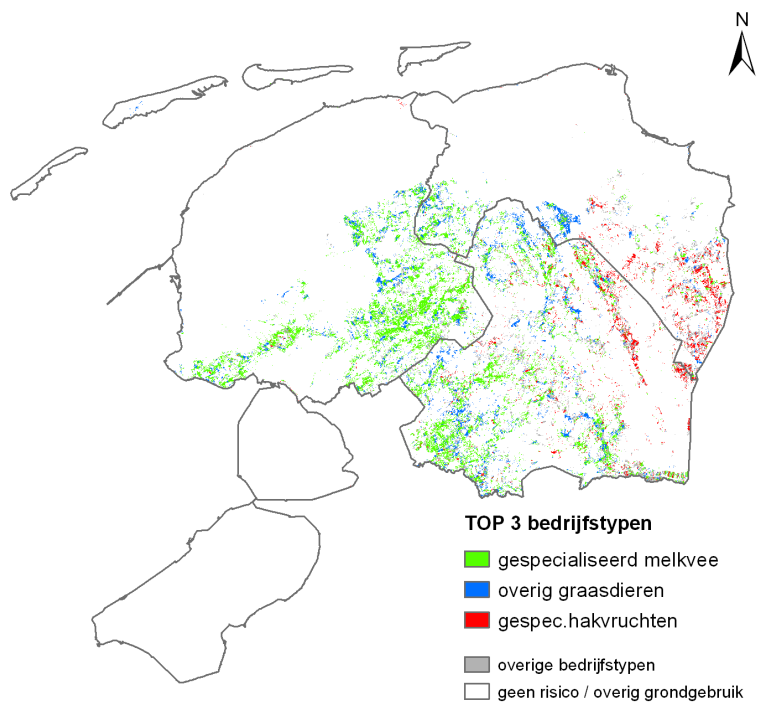
Gewas	Klimaatfactor (kort)	Klimaatfactor (naar meteorologische data)	Eenheid
	windhozen/overweer		
	Hittegolf	Hittegolf (KNMI-def. min. 3 dagen > 30 °C in periode van min. 5 dagen > 25 °C)	#periode
	Warm en vochtig	Minimaal op 50% van de 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur boven 20 °C valt meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Vochtig en Nat weer	Minimaal op 75% van de 14 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Streng vorst	Periode van minimaal één dag(en) met min. nachttemperatuur < -10 °C	#periode
	Extreem zachte winter	Maand in zachte Winter (van maand 11 t/m 3) (zachte winter als koudegetal van Hellmann <10)	#maand
Kers	Zware buien	Neerslag van 45 mm in één dag	#dag(en)
	Warm en nat	Minimaal op 50% van de 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur boven 20 °C valt meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Aanhoudend nat weer	Minimaal op 75% van de 21 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	(late) vorst	Periode van minimaal twee dagen met een max. dagtemperatuur < -2 °C	#periode
	Zachte winter	Maand in zachte Winter (van maand 11 t/m 5) (zachte winter als koudegetal van Hellmann <20)	#maand
	Warm voorjaar	Periode van minimaal 28 dagen met dagtemperatuur > 15 °C	#periode
(wijn)Druif	Zeer strenge vorst	Periode van minimaal één dag(en) met min. nachttemperatuur < -20 °C	#periode
	Nachtvorst	Periode van minimaal één dag(en) met min. nachttemperatuur < -2 °C	#periode
	Warm en nat	Minimaal op 50% van de tien aaneengesloten dagen met een temperatuur boven 1 °C valt meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Zeer warm en droog	Minimaal 14 aaneengesloten dagen met een temperatuur van 25 °C of hoger in een standaard (10%) droog jaar	#periode
	Aanhoudend nat weer	Minimaal op 75% van de 14 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Hagel (zware buien)	Neerslag van 25 mm in één dag	#dag(en)
	Aanhoudend nat weer	Minimaal op 75% van de 21 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
Artisjok	Zachte winter	Maand in zachte winter (van maand 11 t/m 3) (zachte winter als koudegetal van Hellmann <40)	#maand
	Aanhoudend nat weer	Minimaal op 75% van de 21 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	aanhoudende hitte(golven)	Hittegolf (KNMI-def. min. drie dagen > 30 °C in periode van min. vijf dagen > 25 °C)	#periode
	Matige vorst	Periode van minimaal één dag(en) met min. nachttemperatuur < -5 °C	#periode
Zonnebloem	Aanhoudend nat weer	Minimaal op 75% van de 21 dagen meer dan 0.5 mm regen	#periode
	Hagel (zware buien)	Neerslag van 25 mm in één dag	#dag(en)

Bijlage 7 Ligging van top3 bedrijfstypen in Noord-Nederland en per risicofactor

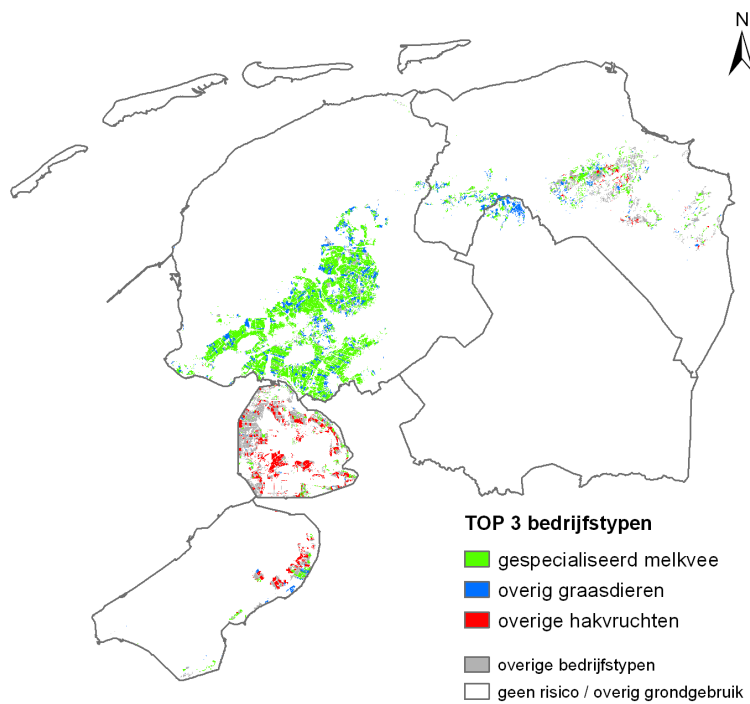
Kaart 7.1 Top3-bedrijfstypen Noord-Nederland



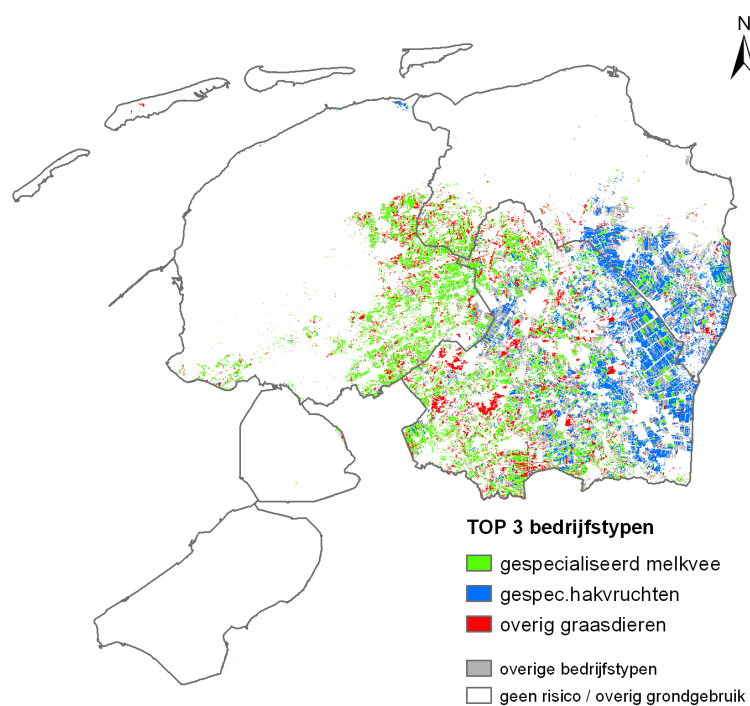
Kaart 7.2 Top3-bedrijfstypen in gebieden zonder risico



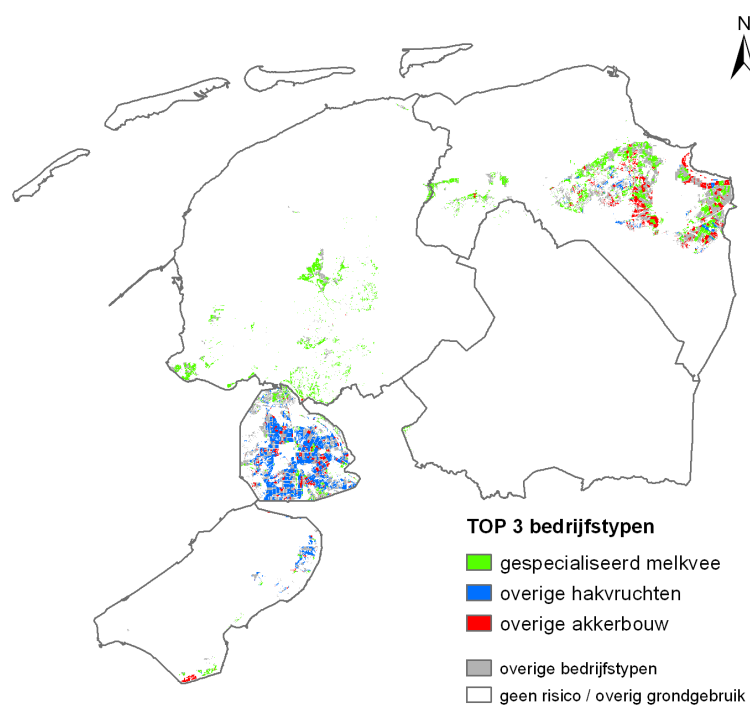
Kaart 7.3 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op natschade



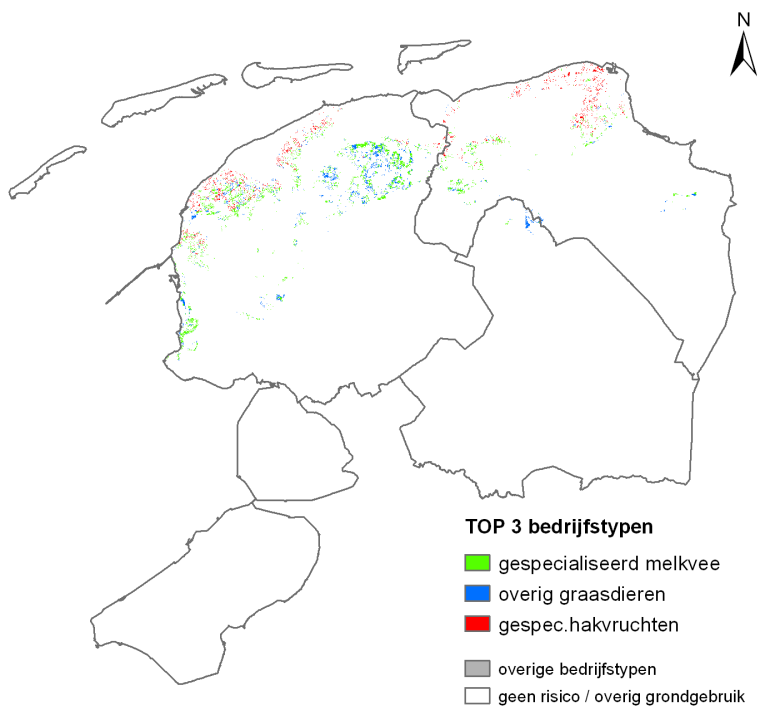
Kaart 7.4 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op droogteschade



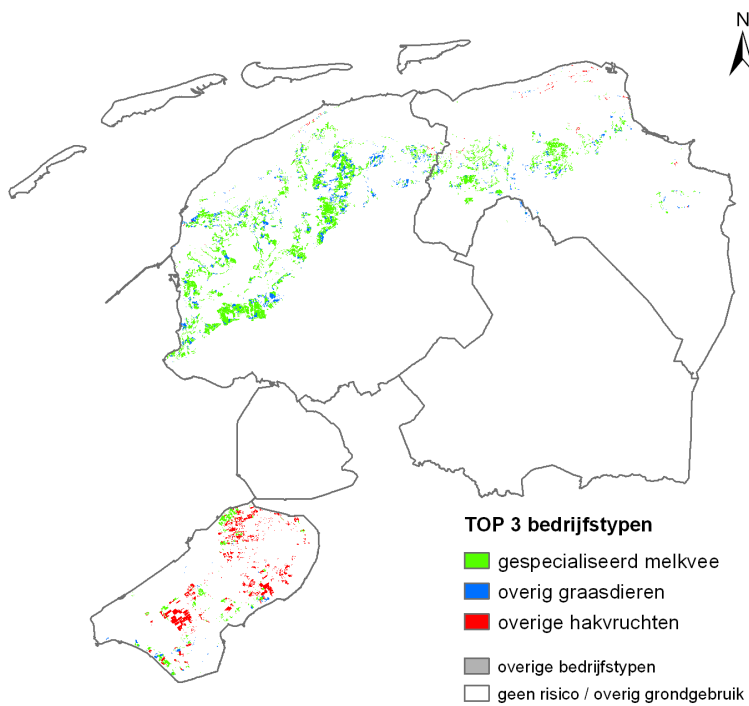
Kaart 7.5 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op nat- en droogteschade



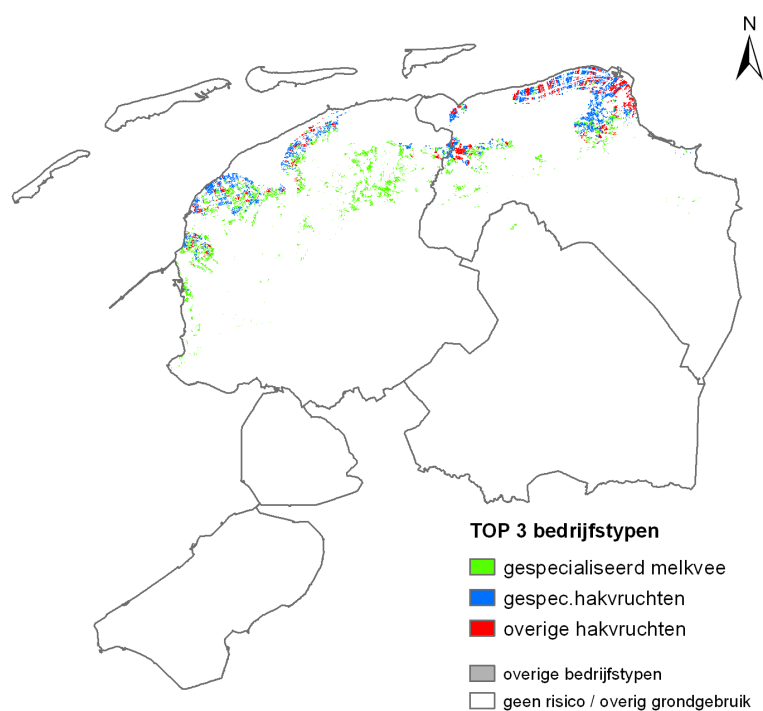
Kaart 7.6 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op verziltingschade (gietwater)



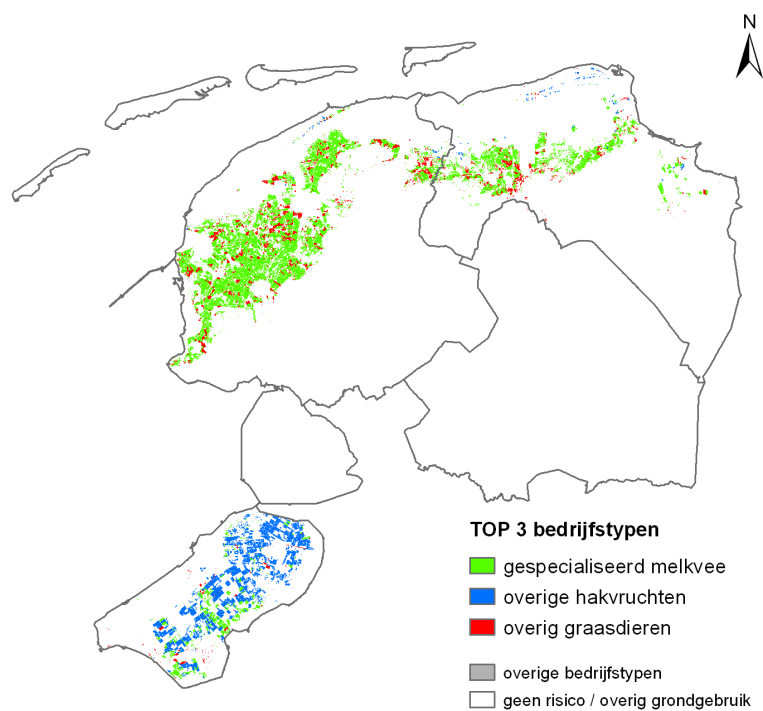
Kaart 7.7 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op nat- en verziltingschade (gietwater)



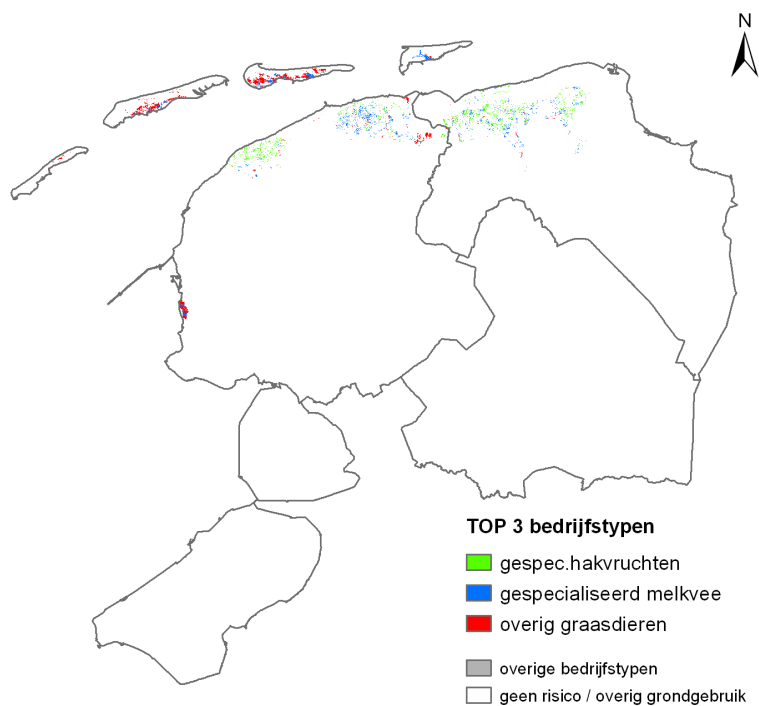
Kaart 7.8 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op droogte- en verziltingschade (gietwater)



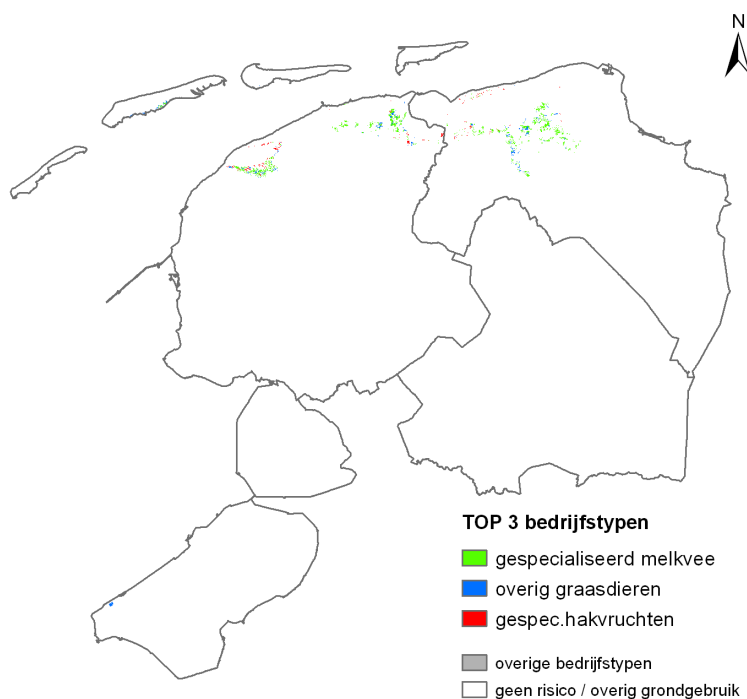
Kaart 7.9 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op nat-, droogte- en verziltingschade (gietwater)



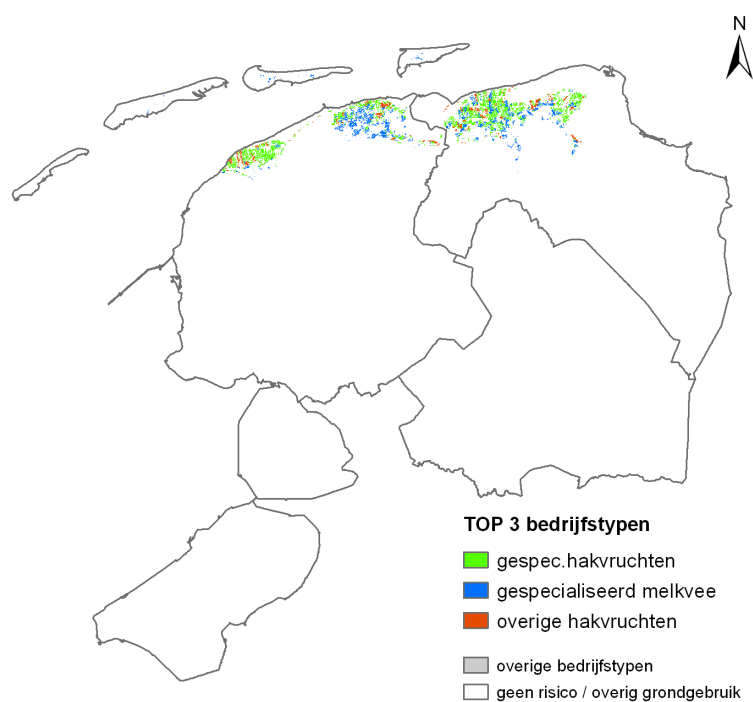
Kaart 7.10 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op verziltingschade (grondwater)



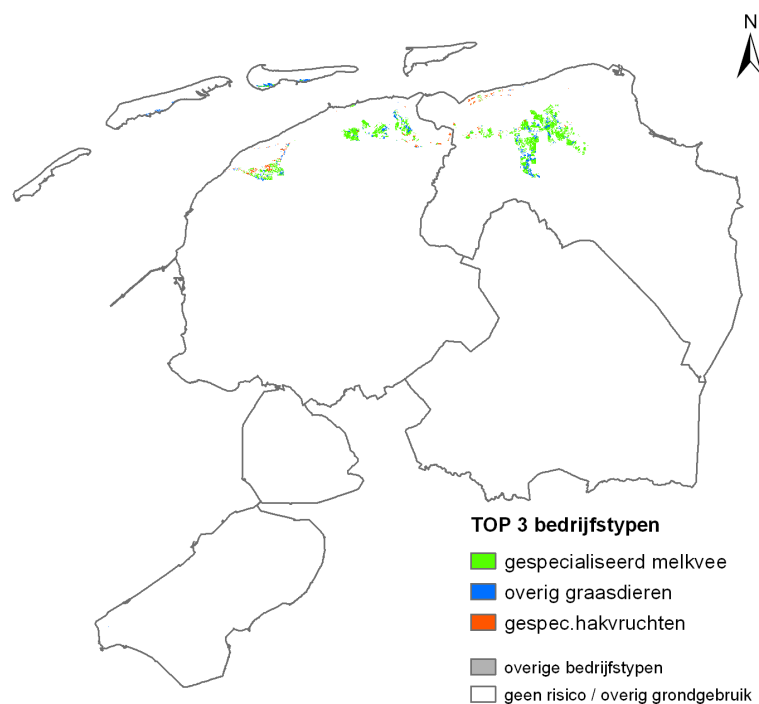
Kaart 7.11 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op natschade en verziltingschade (grondwater)



Kaart 7.12 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op droogte en verziltingschade (grondwater)



Kaart 7.13 Top3-bedrijfstypen in gebieden met risico op nat-, droogte- en verziltingschade (grondwater)





Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl