



Mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende landbouwgewassen



Copyright © 2014

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

Aansprakelijkheid

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



L.C.P.M. Stuyt¹, C. Schuiling¹, P.J.T. van Bakel², H.T.L. Massop¹, G.H.P. Oude Essink³, M. Faneca Sanchez³, J. Velstra⁴, N.B.P. Polman⁵ en A.C. de Vos⁶



⁽¹⁾ Alterra, Environmental Sciences Group (ESG), Wageningen UR, Wageningen, ⁽²⁾ De Bakelse Stroom, Wageningen, ⁽³⁾ Deltares, Utrecht, ⁽⁴⁾ Acacia Water, Gouda, ⁽⁵⁾ LEI, Wageningen UR, Den Haag, ⁽⁶⁾ Zilt Proefbedrijf Texel

KvK rapportnummer

KvK 116/2014

ISBN

978-94-90070-82-3

Dit onderzoeksproject (projectnummer VWC02; Landsdekkende kaarten zoutgevoeligheid landbouwgewassen, zoute kwel en serviceniveau oppervlaktewater) werd uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Samenvatting

De derving van de fysieke opbrengst van grondgebonden teelten die kunnen worden berekend wordt deels bepaald door het zoutgehalte van het beregeningswater. De kennis op grond waarvan deze opbrengstderving wordt berekend is gebaseerd op veelal buitenlands onderzoek uit de jaren vijftig van de vorige eeuw in andere klimaatzones. Deze methodiek blijkt op basis van recente resultaten van veldproeven en praktijkervaringen niet toepasbaar op de Nederlandse situatie, maar dat gebeurt desondanks nog wel.

Recente resultaten van Nederlandse veldproeven en praktijkervaringen tonen aan dat de zouttolerantie van gewassen als aardappelen, suikerbieten en gras aanzienlijk groter is dan gedacht op basis van buitenlands onderzoek. Dit zou moeten leiden tot bijgestelde zouttolerantiefuncties voor deze - en wellicht ook andere - gewassen.

Om een indruk te geven wat de effecten van een bijstelling van de zouttolerantiefuncties op de berekende opbrengst zouden kunnen zijn heeft een consortium, bestaande uit Alterra, De Bakelse Stroom, Deltares, Acacia Water, LEI en het Zilt Proefbedrijf Texel hiernaar een ruimtelijke verkenning uitgevoerd. Gewasopbrengsten zijn per waterschap/regio in laag Nederland berekend met de anno 2013 gehanteerde¹, en met bijgestelde (lees: 'tolerantere') zouttolerantiefuncties. In de analyse is de berekende derving van de gewasopbrengst alleen bepaald door zout in beregeningswater. Voor laag Nederland werd het 10% droge jaar 1989 doorgetrokken naar 'warm' 2050 (W^+). Op basis hiervan is een eerste schatting gemaakt van de verandering van de modelmatige opbrengst (i.c. een toename) van €60 miljoen/jaar. Dit resultaat geeft aan dat er sprake is van handelingsruimte in het (toekomstige) zoetwaterbeheer. Geadviseerd wordt om de zouttolerantiefuncties van landbouwgewassen te actualiseren, en om te kijken naar mogelijke consequenties voor de inrichting en het beheer van onze zoetweraanvoersystemen.

¹ Zie: Bakel, P.J.T. van en L.C.P.M. Stuyt, 2011. *Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen, op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2201.

Analyseprotocol

Bij de analyse van de effecten van gebruik van tolerantere zoutschadefuncties op de reductie van de opbrengst van landbouwgewassen, uitgedrukt in euro's, is de in gegeven informatie gebruikt.

Tabel 1 Beschikbare gegevens en uitgangspunten bij verkennende berekeningen van de effecten van het gebruik van zoutschadefuncties die toleranter zijn dan de zoutschadefuncties die we in Nederland anno 2013 hanteren. Het blauwe vakje geeft de combinatie aan waarop Alterra c.s. een protocol ontwikkelden om de berekeningen in een GIS-omgeving uit te voeren; de overige combinaties zijn niet onderzocht

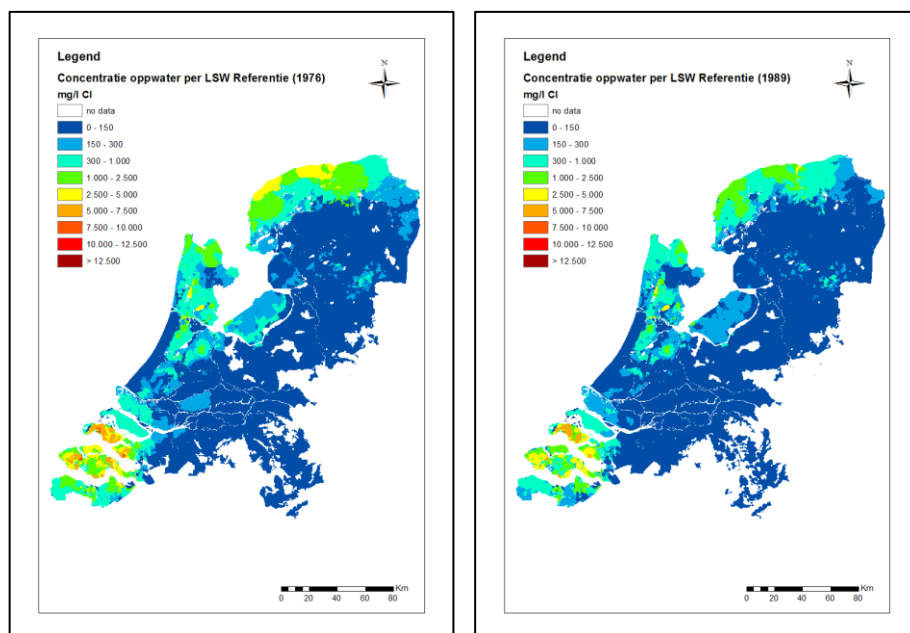
analyse zomerhalfjaar (1 april-1 oktober)	Berekende landsdek- kende kaart chloridege- halte opper- vlaktewater (NHI; Delta- res)	Berekende lands- dekkende kaart chloridegehalte ondiep grondwa- ter (NHI; Deltares)	Kaarten landbouwgewassen; bron: 'basisregistratie percelen' (BRP)					
			2007	2008	2009	2010	2011	2012
1976 (1% droog jaar)	x	x						
1989 (10% droog jaar)	x							
1976 → 2050 W' ('warm')	x							
1989 → 2050 W' ('warm')	x							

Gebruikt kaartmateriaal

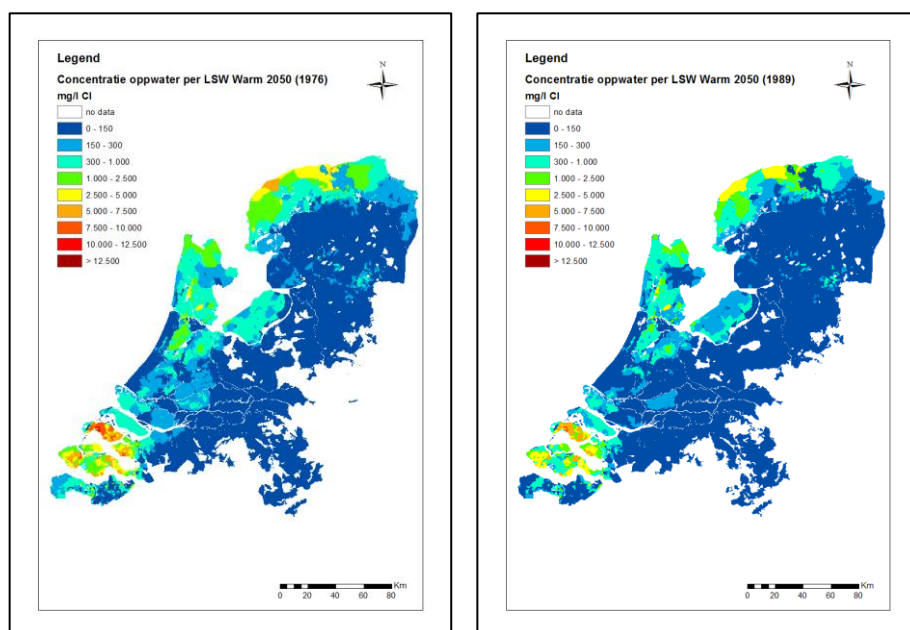
In het kader van het project leverde Deltares landelijke kaarten van de zoutconcentratie van het oppervlaktewater in het zomerseizoen. Deze kaarten komen uit het NHI, waarin de modellen $NHI_{\text{grondwater}}$, $NHI_{\text{grondwater-zoetzout}}$, MetaSWAP, Mozart en Transol gekoppeld zijn.

Kennisinstituut Deltares heeft de volgende vier kaarten ontwikkeld:

- 1 Chlorideconcentratie van het oppervlaktewater in het zomerseizoen per LSW (=Local Surface Water) voor het jaar 1976. Deze gegevens komen uit de Mozart model en zijn over het zomerseizoen gemiddeld. De beschikbare serie loopt van 1965 tot 1995. 1976 was een 1% extreem droog jaar, wat betreft neerslag en temperatuur.
- 2 Chlorideconcentratie van het oppervlaktewater in het zomerseizoen per LSW voor het jaar 1989. Deze gegevens komen uit het Mozart model en zijn over het zomerseizoen gemiddeld. De beschikbare serie is van 1965 tot 1995. 1989 was een 10% droog jaar wat betreft neerslag en temperatuur.
- 3 Chlorideconcentratie van het oppervlaktewater in het zomerseizoen per LSW, in een warm scenario voor 2050, voor het jaar 1976. Deze gegevens komen uit de Mozart model en zijn over het zomerseizoen gemiddeld. De beschikbare serie is een gefilterde serie gebaseerd op de serie van 1965 tot 1995 met het klimaat voorspeld voor 2050.
- 4 Chlorideconcentratie van het oppervlaktewater in het zomerseizoen per LSW, in een warm scenario voor 2050, voor het jaar 1989. Deze gegevens komen uit het Mozart model en zijn over het zomerseizoen gemiddeld. De beschikbare serie is een gefilterde serie gebaseerd op de serie van 1965 tot 1995 met het klimaat voorspeld voor 2050.



Figuur 1 Chlorideconcentratie van het oppervlaktewater per LSW over het zomerseizoen van het referentie scenario van het jaar 1976 (links) en van het jaar 1989 (rechts).



Figuur 2 Chlorideconcentratie van het oppervlaktewater per LSW over het zomerseizoen van het Warm scenario van het jaar 2050, van het jaar 1976 (links) en van het jaar 1989 (rechts).

De chlorideconcentratie van de hier gepresenteerde kaarten komt uit NHI en NHI_{grondwater-zoetzout}. Op dit moment wordt een analyse gedaan van de resultaten van

deze modellen wat betreft chlorideconcentratie. Aan het eind van dit jaar zal deze analyse klaar zijn (bron: G. Oude Essink, persoonlijke mededeling).

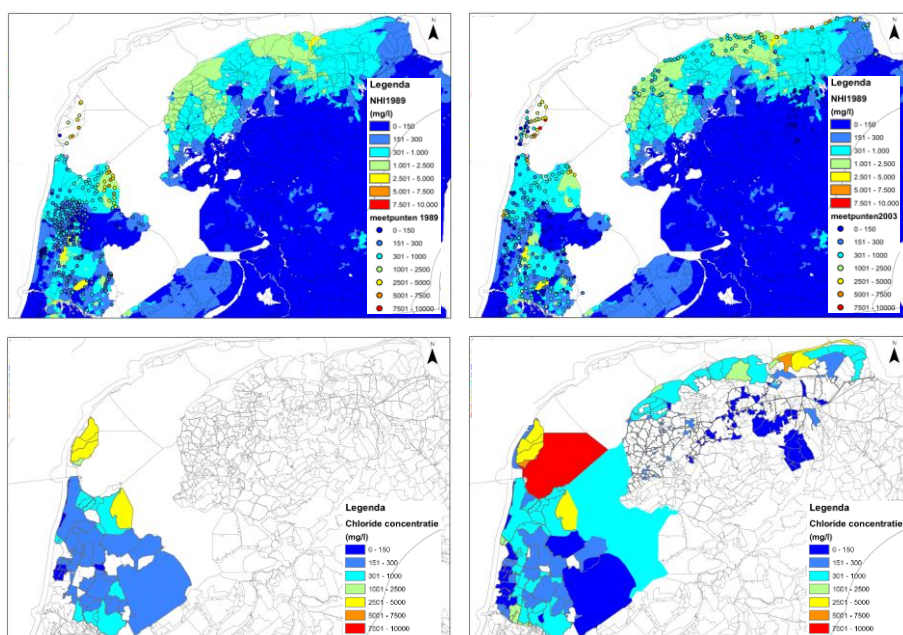
Om toch inzicht te geven in de door het NHI berekende waarden met betrekking tot verzilting heeft kennisbureau Acacia Water de chlorideconcentratie van de hier gepresenteerde 'NHI-kaarten' vergeleken met meetgegevens van waterschappen HHNK, Fryslân en Noorderzijlvest (Acacia Water, 2012; 2013). De resultaten zijn vertaald in kaartbeelden voor 1989 en 2003; zie Figuur 3. Vergeleken is het door het NHI berekende jaar 1989 met beschikbare metingen van het zomerseizoen 1989 en 2003. De door het NHI berekende waarden stemmen soms slecht overeen met de gemeten waarden.

Het gebruik van de door NHI berekende chlorideconcentraties heeft evenwel zijn beperkingen. Zo berekent het NHI binnen het gebied van HHNK vooral in gebieden met intensieve zoute kwel een te laag chloridegehalte van het oppervlaktewater (1 à 2 legendaklassen verschil). De consequentie hiervan is dat een te lage zoutschade wordt berekend.

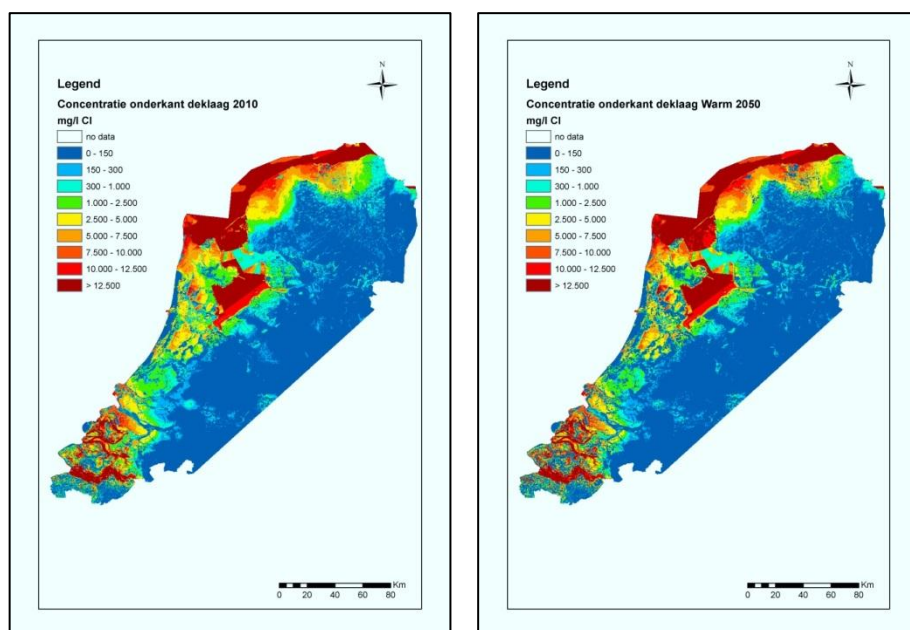
Een verdere nuancering van de resultaten van het NHI kan worden geïllustreerd voor de Wieringermeerpolder; het model berekent hier relatief hoge zoutgehalten van meer dan 100mg/l. De agrariërs in het betreffende gebied voorzien echter in hun eigen water vanuit het IJsselmeer, via hevels en een uitgebreid leidingstelsel van de agrariërs zelf. De zoetwatervoorziening van de landbouw is hier dan losgekoppeld van het oppervlaktewater. De metingen en de resultaten van het NHI zijn de chloridegehalten van het water dat, opgeladen in (perceel)sloten via afwatering de regio wordt uitgemalen.

In het gebied van Wetterskip Fryslân berekent het NHI structureel hogere zoutgehalten dan de meetwaarden aangeven (één legendaklasse verschil), met als gevolg dat een hogere zoutschade wordt berekend dan in werkelijkheid waarschijnlijk het geval zal zijn.

In het gebied van waterschap Noorderzijlvest zijn alleen metingen beschikbaar in het zogenaamde wateraanvoergebied. De metingen betreffen vooral het benedenstroomse deel van dit systeem. Hierdoor worden hogere waarden gemeten dan berekend met NHI. De meetwaarden zijn niet representatief voor een LSW, maar geven wel inzicht in de oplading van het watersysteem. De met het NHI berekende waarden komen overeen met ervaringswaarden in het veld. De meetwaarden in Wetterskip Fryslân en Noorderzijlvest, die in Figuur 3 zijn samengebracht met door het NHI voor 1989 berekende resultaten, dateren uit 2003. Vergelijking blijft daarom beperkt tot kwalitatieve observatie van overeenkomsten / verschillen.



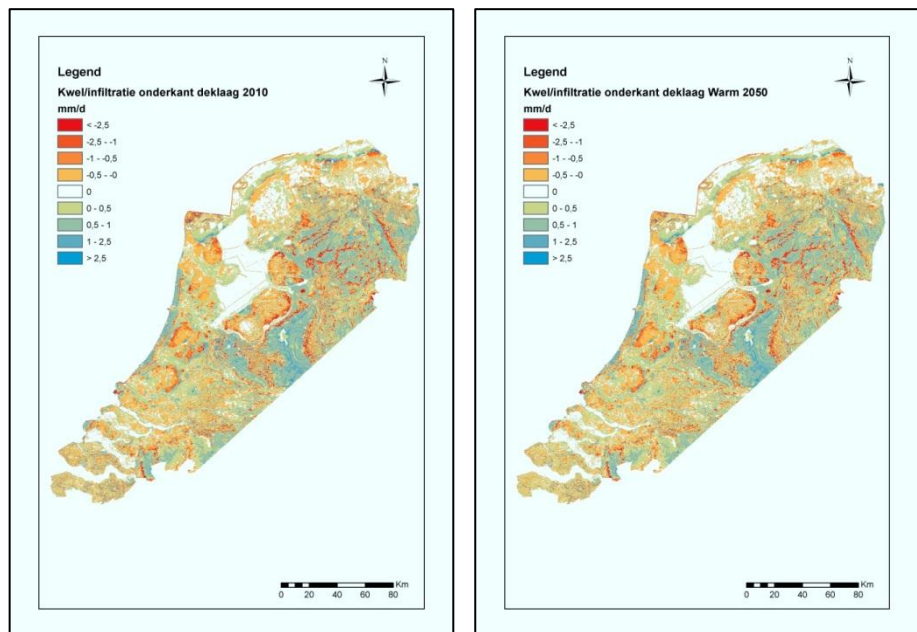
Figuur 3 Met NHI berekende chlorideconcentraties van het oppervlaktewater per LSW over het zomerseizoen van het jaar 1989, vergeleken met zomergemiddelde veldmetingen in 1989 (linksboven) en met metingen, uitgevoerd in 2003 (rechtsboven). Daaronder zijn de zomergemiddelde meetwaarden per LSW vertaald in gemiddelden tijdens het zomerseizoen 1989 (linksonder) en 2003 (rechtsonder).



Figuur 4 Chlorideconcentratie van de onderkant van de deklaag, gemiddeld voor het jaar 2010 (links) en 'Warm' 2050 W* (rechts)

Naast bovenstaande vier kaarten heeft Deltares model $NHI_{\text{grondwater-zoetwater}}$ gebruikt om de volgende kaarten te genereren:

- 1 Chlorideconcentratie van de onderkant van de deklaag, gemiddeld voor het jaar 2010.
- 2 Chlorideconcentratie van de onderkant van de deklaag gemiddeld voor het jaar 2050. Voor deze run is het 'warm' scenario gebruikt.
- 3 Kwel/ infiltratie van de onderkant van de deklaag gemiddeld voor het jaar 2010.
- 4 Kwel/ infiltratie van de onderkant van de deklaag gemiddeld voor het jaar 2050. Voor deze run is het 'warm' scenario gebruikt.



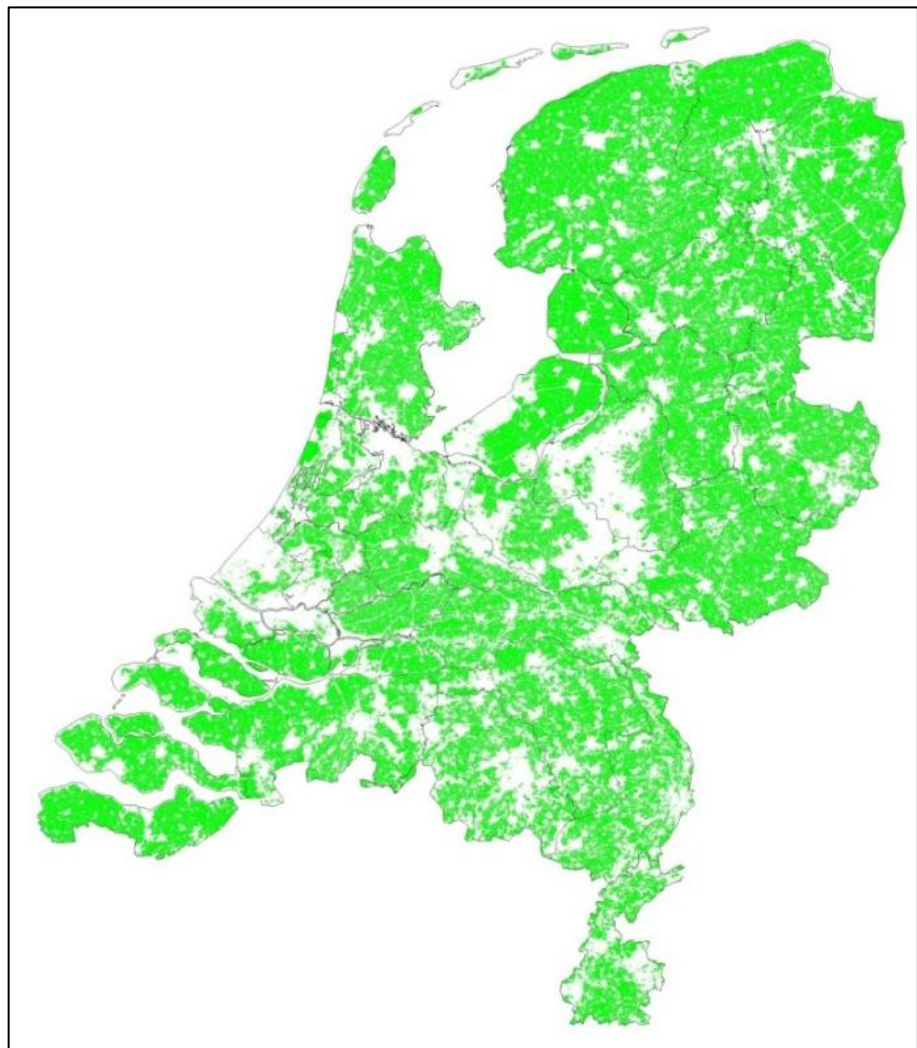
Figuur 5 Kwel/infiltratie van de onderkant van de deklaag, gemiddeld voor het jaar 2010 (links) en 'Warm' 2050 (rechts)

Kennisinstituut Alterra leverde kaarten van de jaarlijks geteelde landbouwgewassen, gebaseerd op de 'Basis Registratie Percelen' (BRP), geregistreerd tussen 2007 en 2013 (Massop et al., 2013a, 2013b). Ieder jaar zijn agrarische ondernemers wettelijk verplicht om tussen 1 april en 15 mei de 'Gecombineerde Opgave' in te vullen. Dit is een geïntegreerde opgave voor de Landbouwtelling, de Mestwetgeving en de GLB Verzamelaanvraag (aanvraag bedrijfstoelage en subsidies). Bij de Gecombineerde Opgave geeft de geënquêteerde de gewaspercelen op die hij op 15 mei in Nederland in gebruik heeft. Deze percelen worden ingetekend op kaarten, die vervolgens digitaal beschikbaar zijn, via de Basisregistratie Percelen (BRP). De Gecombineerde Opgave staat beter bekend als de 'Landbouwmeitelling'. Opgave voor de Landbouwmeitelling is wettelijk verplicht voor alle agrarische bedrijven. Tot de doelpopulatie behoren agrarische bedrijven met een economische omvang van 3000 SO (= 'Standaard Opbrengst') of meer. SO is een economische maat voor de omvang van een agrarisch bedrijf.

Het in dit project gebruikte bestand 'BRP-Gewaspercelen' bestaat uit de locatie van landbouwpercelen met daaraan gekoppeld het geteelde gewas. Dit bestand is opgebouwd uit een selectie van informatie uit de Basisregistratie Percelen (BRP) van de Dienst Regelingen. De omgrenzingen van de landbouwpercelen zijn ontleend

aan Top10vector-bestanden. De gebruiker van het perceel geeft aan welk gewas op het betreffende perceel wordt geteeld. Door een koppeling te leggen tussen de bedrijfsgegevens en de bijbehorende percelenkaart is per bedrijf de ligging van de percelen (BRP-percelen) bekend, en het gedraineerde areaal.

In Figuur 6 is de dekking van het BRP-percelenbestand weergegeven. Op deze kaart zijn natuurgebieden en stedelijk gebieden als witte vlekken herkenbaar. Ook valt op dat het Westland grotendeels als witte vlek is weergegeven; dit komt omdat de glastuinbouw niet in het BRP-percelenbestand is opgenomen.

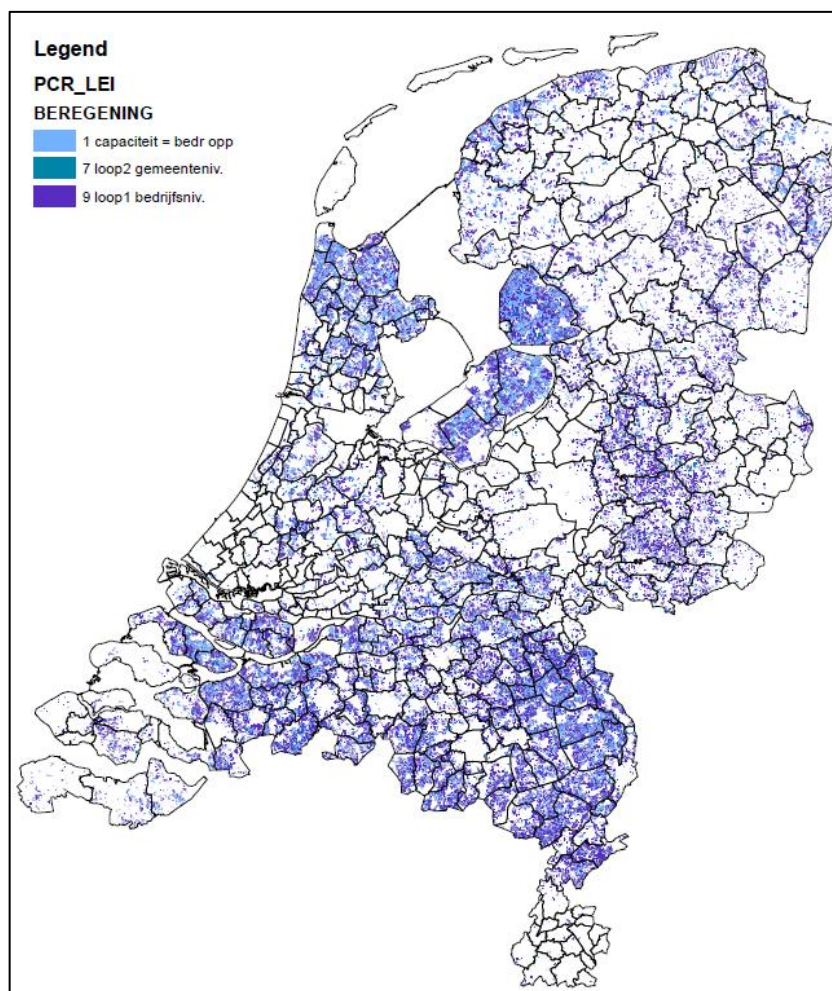


Figuur 6 Dekking van Nederland met percelen waarvan gegevens uit de Landbouwmellingen beschikbaar zijn.

(GIS-)Procedure, gebruikt bij de analyses en de productie van cijfermateriaal en kaarten

De ruimtelijke verkenning die is uitgevoerd om een eerste indruk te krijgen van het effect van bijstelling van zouttolerantiefuncties op de berekende opbrengst op bebregende percelen bestaat uit onderstaande stappen, goeddeels uit te voeren in een ArcGis-omgeving.

- 1 Cluster de lijst met 192 verschillende, in Nederland geteelde landbouwgewassen tot negen hoofdgewasgroepen: aardappel, gevoelige 'aardappel', tulp, bieten, fruitteelt, vollegronds groententeelt, boomsierenteelt, glastuinbouw (niet meegenomen) en gras (éénmalige bewerking).
- 2 Selecteer een gewassenkaart uit de BRP-serie (2007-2013); in dit project is het jaar 2010 gekozen.
- 3 'Verraster' de informatie op de BRP-kaart, waarop de informatie is vastgelegd op geometrische percelen (polygonen) tot een 25×25 m rasterbestand met negen hoofdgewasgroepen.
- 4 Koppel (regionaal gedifferentieerde) netto gewasopbrengsten zonder zoutshade aan de negen hoofdgewasgroepen.
- 5 Stel voor de geanalyseerde regio een voor dit doel specifieke bodemkaart op, met vier grondsoorten: zavel, klei, klei op zand en zand.
- 6 De negen hoofdgewasgroepen (stap 1) en de vier grondsoorten (stap 5) leveren $9 \times 4 = 36$ unieke combinaties ('UC's) op van gewassen die groeien op een specifieke grondsoort.
- 7 Beperk de te analyseren landbouwgewassen tot die gewassen die daadwerkelijk worden berekend; zij het met oppervlaktewater of met grondwater. Gebruik hiertoe als 'filter' de beregeningskaart van Alterra (Massop et al., 2013b). Het aantal percelen dat na deze stap bij de analyses betrokken blijft, loopt hierdoor aanzienlijk terug; zie Figuur 7.
- 8 Verraster de bestanden van chlorideconcentraties in oppervlaktewater en grondwater (Figuur 2 en Figuur 4).
- 9 Per pixel is bekend of er wordt berekend en zo ja, uit grondwater of oppervlaktewater. Combinatie met stap 8 levert de seizoensgemiddelde chlorideconcentraties in het beregeningswater.
- 10 Introduceer zoutschadefuncties, samengesteld op grond van berekeningen met model SWAP (Alterra), voor de 36 unieke combinaties van hoofdgewasgroepen en grondsoorten.
- 11 Simuleer voor elke zoutschadefunctie van de negen hoofdgewasgroepen het effect van een tolerantere variant.
- 12 Zouttolerantere schadefuncties zijn in dit project gesimuleerd door de over het zomerseizoen gemiddelde chlorideconcentratie van het oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor berekening (jaar: 1989) te halveren. Het effect is hetzelfde als verdubbeling van de drempelwaarde, waarboven zoutshade begint op te treden, en een halvering van de zoutshadegevoeligheid bij chloridegehaltes hoger dan die drempel.
- 13 Het Zilt Proefbedrijf heeft de zouttolerantie van aardappel, suikerbiet en gras uitgewerkt (zie Bijlage 1) waarbij duidelijk wordt dat de factor 2 aanvaardbaar is als voorlopige schatting.
- 14 Selecteer de (verrasterde) BRP-kaart uit 2010 en draai de door Alterra ontwikkelde procedure - als referentie - door gewassen te berekenen met zoet water; hierbij is geen sprake van zoutshade ten gevolge van een te hoog chloridegehalte in het oppervlaktewater.



Figuur 7 Potentiele beregeningskaart 2012 volgens de landbouwmetellingen; bron: Massop et al., 2013b

- 15 Draai de procedure met het chloridegehalte in het beregeningswater en huidige zoutchadefuncties
- 16 Draai de procedure met het chloridegehalte in het beregeningswater en tolerantere zoutchadefuncties
- 17 Analyseer de verschillen tussen de uitkomsten van (14), (15) en (16) getalsmatig, en geef de verschillen weer in een tabel en op thematische kaarten.

De resultaten van de eerste, verkennende 'run' (zie het blauwe vakje in Tabel 1) zijn getalsmatig samengevat in Tabel 2. Het betreft cumulatieve cijfers in euro's, per regio; meestal een beheersgebied van een waterschap. Deze cijfers zijn indicatief.

Tabel 2 Indicatieve cijfers van effecten van het gebruik van zoutschadefuncties voor beregende landbouwgewassen die toleranter zijn dan de schadefuncties die anno 2013 in Nederland worden gehanteerd. De berekende landbouwschade neemt af en de cijfers zijn regionaal sterk gedifferentieerd. Uitgangspunten voor de berekening: BRP 2010; kaart zoutgehalte oppervlaktewater: 1989, geprojecteerd op het jaar 2050 W+ ('warm').

Waterschap	gewasopbrengst op beregende percelen, berekend met de <u>huidige</u> zouttolerantiefuncties €	gewasopbrengst op beregende percelen, berekend met <u>bijgestelde</u> zouttolerantiefuncties €	verandering in de opbrengst, veroorzaakt door berekenen met een bijgestelde zouttolerantiefunctie €
AGV-Waternet	9 041 550.-	9 127 427.-	85 877.-
Hollands Noorderkwartier	367 218 784.-	389 183 232.-	21 964 448.-
Rijnland	51 711 368.-	53 118 308.-	1 406 940.-
Zeeuwse Eilanden	57 468 320.-	65 957 620.-	8 489 300.-
Zuidhollandse Eilanden	155 279 264.-	157 212 784.-	1 933 520.-
Wetterskip Fryslan + wadden	89 125 048.-	93 484 960.-	4 359 912.-
Schieland+Krimpenerwaard	10 585 296.-	10 596 339.-	11 043.-
Zeeuws Vlaanderen	23 461 200.-	24 163 548.-	702 348.-
Brabantse Delta	312 371 840.-	319 925 792.-	7 553 952.-
Hunze en Aa's	104 091 776.-	104 093 848.-	2 072.-
Noorderzijlvest	45 889 700.-	48 580 816.-	2 691 116.-
Zuiderzeeland	471 360 608.-	480 998 272.-	9 637 664.-
Totaal	1 697 604 754.-	1 756 442 946.-	58 838 192.-

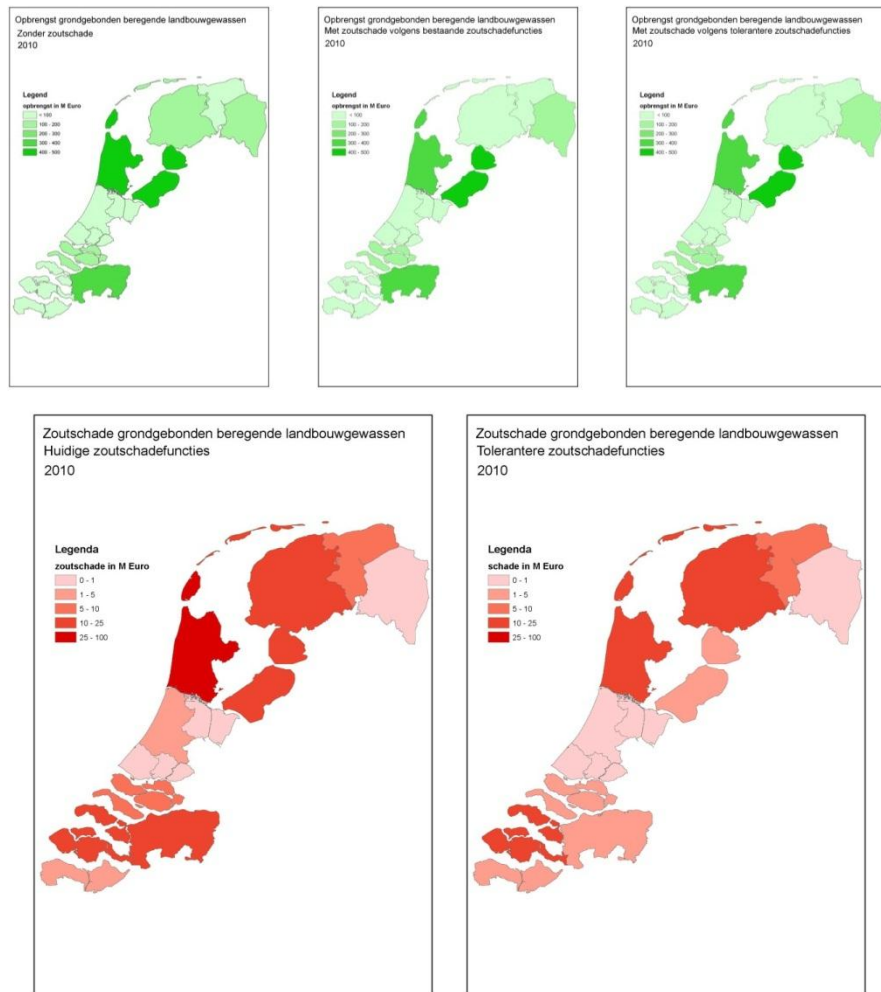
Gebruikte informatie m.b.t. gewasopbrengsten. De informatie, samengevat in Tabel 3 is ingebracht door het LEI /De Bakelse Stroom.

Tabel 3 Gewasopbrengst per hectare, voor de in deze analyse gebruikte gewasclusters

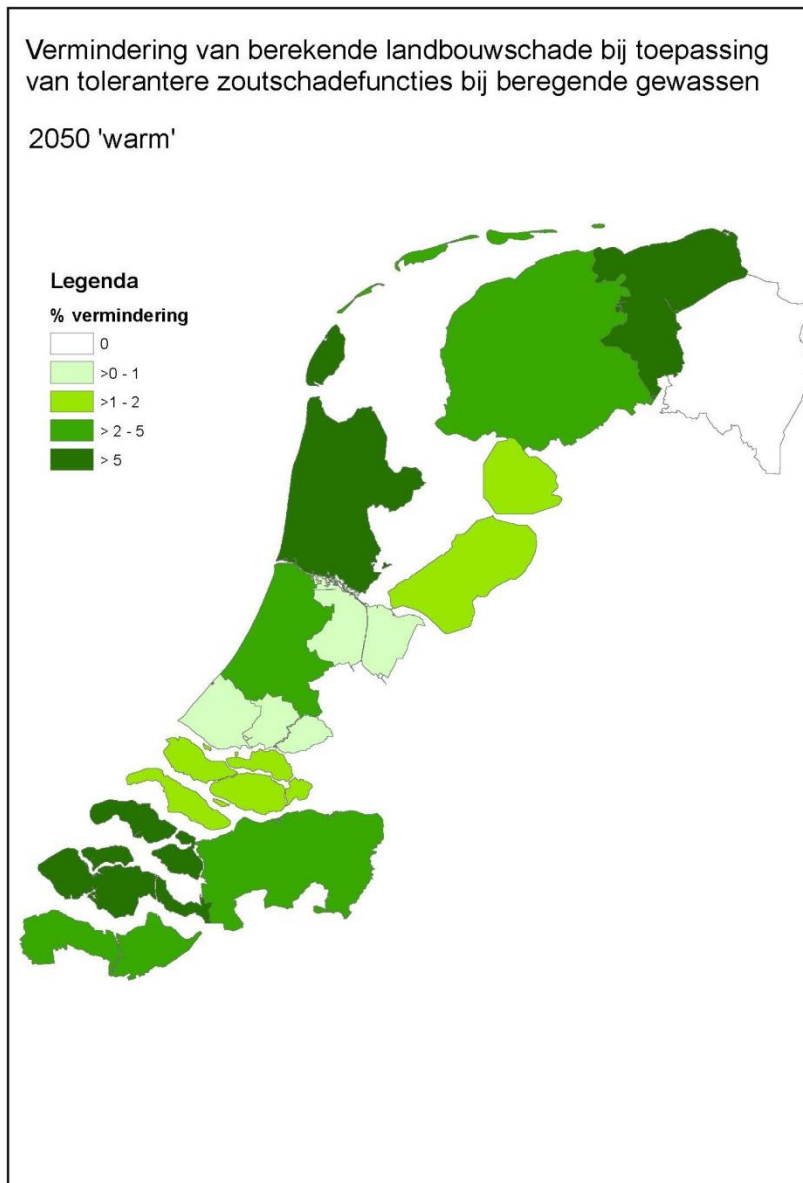
gewascluster	gewasopbrengst per hectare €
1 aardappel	4 000.-
2 gevoelige aardappel	5 000.-
3 tulpen	20 000.-
4 bieten	3 000.-
5 fruitteelt	60 000.-
6 vollegrond groententeelt	20 000.-
7 boom-/sierteelt	100 000.-
8 glastuinbouw (doet niet mee)	
9 gras	2 000.-

Kaartmateriaal

Onderstaande kaarten, Figuur 8 en Figuur 9, zijn een (tamelijk willekeurige) weergave van de uitkomsten van de analyse. Deze kaarten zijn echter nog weinig informatief. Nuancering is pas mogelijk als het door Alterra ontwikkelde protocol wordt gedraaid voor alle in Tabel 1 weergegeven combinaties, waarmee voldoende informatie beschikbaar komt voor een meer volledige analyse.



Figuur 8 Voorbeelden van thematische kaarten waarop de mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende landbouwgewassen op gewasopbrengsten per regio / waterschap zijn weergegeven in euro's



Figuur 9 Voorbeeld van thematische kaart waarop de mogelijke effecten van actualisatie van zoutschade-functies van grondgebonden, beregende landbouwgewassen op gewasopbrengsten per regio / waterschap procentueel zijn weergegeven

Op grond van de eerste 'run' kan worden vastgesteld dat zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende gewassen bij de berekening van de opbrengstderving ten gevolge van het chloridegehalte van het oppervlaktewater een belangrijk effect hebben op berekende zoutschades. Als we, wat de zoutschadefuncties betreft, de teugels wat zouden laten vieren neemt de berekende zoutschade bij beregende landbouwgewassen in diverse regio's aanzienlijk af.

Op grond hiervan - en van eerdere signalen - ligt het voor de hand dat het voorzieningsniveau ('Service Level') van zoet water aan grondgebonden landbouwgewassen in klimaatgerelateerde discussies wordt meegenomen en wordt heroverwogen.

Wellicht kan voor enkele categorieën van deze gewassen water worden aangevoerd dat een hoger chloridegehalte heeft dan nu nog aanvaardbaar wordt geacht. Daarmee staat de toekomstige zoetwaterbehoefte bij deze categorie gebruikers ter discussie. Er lijkt daarmee sprake van handelingsruimte.

Geraadpleegde bronnen

Bakel, P.J.T. van en L.C.P.M. Stuyt, 2011. Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen, op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2201.

Massop H. Th. L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen, 2013a. Buisdrainagekaart 2013. Update landelijke buisdrainagekenmerken t.b.v. NHI op basis van de landbouwmeitellingen 2010. Wageningen, Alterra-rapport 2381.

Massop H. Th. L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen, 2013b. Potentiele beregeningskaart 2012. Update landelijke potentiele beregeningskaart t.b.v. NHI op basis van de landbouwmeitellingen 2010. Wageningen, Alterra-rapport 2382.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J.G. Kroes, E J. Bos, M. van der Elst, B. Pronk, P.J. Rijk, O.A. Clevering, A.J.G. Dekking, M.P.J. van der Voort, M. de Wol en W.A. Brandenburg, 2006. Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1132.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel en H.T.L. Massop, 2011. Basic Survey Zout en Joint Fact Finding effecten van zout. Naar een gedeeld beeld van het zoetwaterbeheer in laag Nederland. Alterra-rapport 2200.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J. Delsman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen, G.H.P. Oude Essink, M. Hoogvliet en P.N.M. Schipper, 2013. Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap Rijnland verduidelijkt met behulp van €ureyeopener 1.0. Alterra rapport 2439.

Bijlage

Zouttolerantie van gangbare landbouwgewassen in Nederland

Een beschouwing op basis van literatuurstudie en ervaringen Zilt Proefbedrijf Texel

A.C. de Vos

Voor een aantal landbouwgewassen (aardappel, suikerbiet, gras) is gekeken welke norm er in Nederland wordt gehanteerd en waar deze op is gebaseerd. De systematiek die gebruikt wordt is veelal op basis van Maas en Hoffman (1977) waarbij de zouttolerantie wordt uitgedrukt als de drempel (de zoutconcentratie waarbij de oogst begint af te nemen) en de helling (afname van de biomassa in gewichtsprocenten per eenheid dS/m (gemeten als geleidbaarheid, een gangbare maat voor bodemzoutconcentratie) boven de drempelwaarde). Aangezien dit een internationaal gehanteerde norm is, is deze goed bruikbaar ook al is het een versimpeling van de werkelijkheid (de plantengroei vertoont geen lineair verloop). Waar mogelijk wordt de recente literatuur vergeleken, evenals diverse veldproeven die op Texel door het Zilt Proefbedrijf in de laatste jaren zijn uitgevoerd.

Zouttolerantie aardappel

Tot nu toe wordt de oorspronkelijke zouttolerantie van de aardappel (*Solanum tuberosum*) van Maas en Hoffman (1977) als standaard gebruikt in Nederland (Roest *et al.*, 2003; Van Dam *et al.*, 2007). De publicatie van Maas en Hoffman is echter weer gebaseerd op eerder onderzoek. Zo is de norm voor de zouttolerantie van de aardappel gebaseerd op een proef van Bernstein *et al.* uit 1951. Deze oorspronkelijke drempelwaarde is vastgesteld op 1,7 dS/m (EC_e , oftewel bodemzoutconcentratie van het 'saturated paste extract', hier is alle internationale data op gebaseerd en wordt ook in dit document verder gehanteerd) met een helling van 12%. Bij een EC_e van 6,5 dS/m trad een 50% reductie op in knolbiomassa. Op basis van deze resultaten is de aardappel als matig gevoelig geclassificeerd. Bij deze data zijn echter meerdere kanttekeningen te plaatsen.

Ten eerste is deze test met een enkel ras uitgevoerd, namelijk 'White Rose'. Door diverse veldexperimenten op Texel door het Zilt Proefbedrijf (zie Afbeelding 1) is de afgelopen jaren duidelijk geworden dat er aanzienlijke **verschillen in zouttolerantie tussen rassen** op kunnen treden. Dit is ook aangetoond door Khrais (1996) wie meer dan 150 aardappelrassen heeft onderzocht op zouttolerantie waarbij naar voren kwam dat er duidelijk zoutgevoelige en zouttolerante rassen te onderscheiden zijn. Aangezien deze testen alleen gedurende de vegetatieve groei zijn uitgevoerd is dit niet direct te vertalen naar de normen van zouttolerantie van Maas en Hoffman. Elkhatib *et al.* (2005) hebben ook verschillen in zouttolerantie tussen verschillende rassen aangetoond, waarbij het meest zouttolerante ras (Cara) bij een zoutconcentratie van 6,3 dS/m een reductie van 25% optrad i.p.v. de verwachte 50% reductie (o.b.v. data van Bernstein *et al.*, 1951). Bustan *et al.* (2004) hebben aangetoond dat

druppelirrigatie waarbij het irrigatiewater een zoutconcentratie van maximaal 6,2 dS/m bevat geen effect heeft gehad op de opbrengst van het ras Désirée. Kortom, er zijn (grote) verschillen in zouttolerantie tussen verschillende aardappelrassen. Mogelijk is de White Rose een gevoelig ras geweest, waardoor de zouttolerantie van de aardappel nu ten onrechte wordt aangemerkt als algemeen matig zoutgevoelig.

Een tweede aspect wat speelt is dat de combinatie van hitte en zout wel tot grote opbrengstverliezen leidt (Bustan *et al.*, 2004). Oftewel, de aardappel is vooral **zoutgevoelig** als het wordt blootgesteld aan de **combinatie van hittestress en zoutstress**. Alhoewel niet goed is na te gaan onder welke meteorologische condities het oorspronkelijke experiment van Bernstein is uitgevoerd (locatie experiment is Riverside, Californië, dicht bij de grens met Mexico, klimaat enigszins te vergelijken met Noord Afrika) is het aannemelijk dat deze niet te vergelijken is met de Nederlandse situatie. Dit betekent dus dat de data uit 1951 nog kritischer bekeken moet worden voordat deze data gebruikt kan worden voor Nederlandse omstandigheden. Net zoals Bustan *et al.* (2004) zijn er op Texel de afgelopen 2 jaar door het Zilt Proefbedrijf meerdere rassen geteeld waarbij geen opbrengstverlies heeft opgetreden bij een bodemzoutconcentratie van rond de 6 dS/m en een 50% reductie trad pas op rond de 12 dS/m. Onder de gematigde klimatologische omstandigheden in Nederland zou de zouttolerantie van de aardappel dus een factor 4 hoger kunnen liggen dan nu wordt aangenomen.



Afbeelding 1. Impressie van een deel van het proefveld van Zilt Proefbedrijf met de 8 aardappelrassen. In 2012 en 2013 is een zouttolerantie proef op een kwart hectare uitgevoerd met 6 verschillende zoutconcentraties en 8 herhalingen (1 herhaling zijn 8 planten)

Zouttolerantie suikerbiet

De zouttolerantie van suikerbiet (*Beta vulgaris*) is oorspronkelijk vastgesteld als tolerant, met een drempelwaarde van 7,0 en een helling van 5,9. Deze data is terug te vinden in de publicatie van Maas en Hoffman (1977) en Tanji en Kielen (2002) maar de oorspronkelijke data komt uit 1954 (Bower *et al.*). Ook deze data wordt in Nederland toegepast (Roest *et al.*, 2003; Van Dam *et al.*, 2007). In de recente literatuur zijn echter ook andere resultaten te vinden. Volgens Daoud *et al.* (2008) is suikerbiet niet alleen veel zouttoleranter, er werd zelf een optimale groei waargenomen bij 10% zeewater (ongeveer 5 dS/m). De drempelwaarde lag rond de 16 dS/m in dit onderzoek. Suikerbiet groeide in dit experiment dus zelfs beter onder zilte condities dan onder zoete condities. Bij een veldproef dit jaar op Texel met 4 verschillende soorten suikerbieten (7 zoutconcentraties (van 0 tot 35 dS/m) met 8 herhalingen, totale oppervlakte een kwart hectare, zie Afbeelding 2), is een vergelijkbare trend waargenomen als door Daoud *et al.* (2008) (onder voorbehoud, data wordt nog uitgewerkt op het moment van schrijven).



Afbeelding 2. Impressie van het experiment waarbij de zouttolerantie van 4 suikerbieten rassen door Zilt Proefbedrijf is onderzocht in 2013 (7 zoutconcentraties, 8 herhalingen, kwart hectare totaal).

Deze hoge zouttolerantie heeft er waarschijnlijk mee te maken dat suikerbiet is veredeld uit de zeer zouttolerante strandbiet. Veel andere proeven met suikerbiet zijn uitgevoerd gedurende een korte periode waarbij niet is gekeken naar groei en opbrengst van de daadwerkelijke knol. Hierdoor is deze data moeilijk te extrapoleren naar veldomstandigheden en daadwerkelijk oogsthoeveelheden. Maar in de recente literatuur zijn ook voorbeelden te vinden waarbij de zouttolerantie van suikerbiet toch weer vergelijkbaar uitpakt met de oorspronkelijke data. Zo vonden Ghoulam *et al.* (2002) al een groeireductie van 10% rond de 5 dS/m, maar was de reductie maar 50% bij 20 dS/m. Hierbij is de drempel dus wel enigszins vergelijkbaar met de oude data, maar de helling weer niet. Ook kwam in dit onderzoek naar voren dat er wel degelijk verschillen in zouttolerantie tussen verschillende rassen

bestaan, oftewel de raskeuze kan de uitkomst van een proef bepalen. Kortom, er is geen eenduidig beeld van de groeireductie van suikerbiet onder zoute condities en zijn er maar zeer weinig experimenten geweest waarbij daadwerkelijk naar de opbrengst van de suikerbiet zelf is gekeken (meestal kortlopende experimenten waarbij vooral bladgroei is onderzocht). Een ander relevante waarneming door het Zilt Proefbedrijf is dat het seizoen 2013 zeer droog is geweest waarbij op vele plaatsen in Nederland de suikerbiet plat op de grond lagen. De suikerbiet is dus maar beperkt droogtetolerant. Wat vooral opvalt is dat de bieten in de ochtend niet plat op de grond liggen, dit gebeurt pas in de loop van de ochtend en de middag. Naar alle waarschijnlijkheid heeft dit te maken met de hoge luchtvochtigheid en condensvorming. Deze aspecten spelen dus een grote rol onder veldomstandigheden en dit beïnvloedt naar alle waarschijnlijkheid ook het niveau van zouttolerantie onder Nederlandse veldcondities.

Zouttolerantie gras

In de rapportage van Roest *et al.* (2003) wordt 1 zoutconcentratie aangehouden voor de zouttolerantie van gras. In 2012 is echter een zouttolerantieproef op Texel uitgevoerd

waarbij duidelijk is geworden dat er grote verschillen zijn tussen verschillende rassen van gras en dat de grens vele malen hoger ligt dan de drempelwaarde van 5,6 dS/m die nu wordt gehanteerd. Alhoewel deze proef in opdracht van een graszaadveredelingsbedrijf is uitgevoerd en de metingen niet door het Zilt Proefbedrijf zijn verricht, is het wel mogelijk om een impressie te geven van dit experiment (zie Afbeelding 3). Voor deze proef is irrigatiewater gebruikt met een zoutconcentratie van 12 dS/m. Dit is later in het seizoen zelfs verhoogd tot 20 dS/m om meer verschillen in zouttolerantie te forceren. Zoals te zien is op Afbeelding 3 zijn er rassen die afsterven terwijl andere rassen zonder zichtbare schade doorgroeien, zelfs als er wordt geïrrigeerd met 20 dS/m. Eén van de meest gebruikte grassen is Engels raaigras. Er zijn verschillen tussen rassen aangetoond en de drempelwaarde van de meest zouttolerante rassen lijkt rond de 10 dS/m te liggen (Ashraf *et al.*, 1986). Dus ook voor dit gewas geldt weer dat er verschillen zijn in zouttolerantie tussen rassen en er een gebrek is aan proeven onder vergelijkbare klimatologische omstandigheden die in Nederland onder veldomstandigheden gelden.



Afbeelding 3. Impressie van de selectieproef voor zouttolerant gras op de testlocatie van het Zilt Proefbedrijf in 2012. Duidelijk is te zien dat sommige rassen (ingezaaid als plots van 1 m²) afsterven waar andere rassen zonder schade doorgroeien.

Conclusies

Op basis van de bovenstaande tekst en de ervaringen van het Zilt Proefbedrijf kan het volgende worden geconcludeerd:

- van de verschillende gewassen (in ieder geval voor aardappel, suikerbiet en gras) is duidelijk geworden dat er (grote) verschillen in zouttolerantie tussen rassen kunnen optreden, oftewel zouttolerantie is ras-specifiek.
- de huidige zouttolerantietabellen zijn gebaseerd op buitenlands onderzoek uit de jaren '50 en zijn niet toepasbaar voor de Nederlandse situatie van vandaag de dag.
- om de effecten van verzilting in Nederland in kaart te brengen zijn veldproeven essentieel, aangezien dit (sterk) wordt beïnvloed door klimatologische omstandigheden (temperatuur, luchtvochtigheid, condensvorming).
- in het voorjaar van 2014 zullen de data van het meten, monitoren, en modelleren van de bodemzoutconcentratie en van de zouttolerantie van de aardappel, in samenwerking met diverse professoren uit de specifieke vakgebieden, worden gepubliceerd door het Zilt Proefbedrijf.

Op basis van deze bevindingen is het noodzakelijk om op korte termijn:

- de aardappelrassen die nu daadwerkelijk geteeld worden te testen op hun zouttolerantie aangezien dit per ras kan verschillen. Dit geldt in ieder geval ook voor suikerbiet en grassen.
- deze experimenten t.a.v. zouttolerantie uit te voeren onder de klimatologische veldomstandigheden die in Nederland van toepassing zijn (gematigde temperatuur, hoge luchtvochtigheid). Het uitvoeren van veldproeven is noodzakelijk om een goed beeld te krijgen van de effecten van zout onder veldomstandigheden
- een selectieprogramma te starten o.b.v. zouttolerantie.

Geraadpleegde bronnen

- Ashraf M., McNeilly T., Bradshaw A.D. 1986. The response of selected salt tolerant and normal lines of four grass species to NaCl in sand culture. *New Phytol.* 104, 453-461.
- Bernstein, L., Ayers, A.D., Wadleigh, C.H. 1951. The salt tolerance of White Rose potatoes. *Proc. Sci.* 62, 367-370.
- Bower C.A., Moodie C.D., Orth P., Gschwens F.B. 1954. Correlation of sugar beet yields with chemical properties of a saline-alkali soil. *Soil Sci* 77, 443-451
- Bustan A., Sagi M., De malach Y., Pasternak D. 2004. Effects of saline irrigation water and heat waves on potato production in an arid environment. *Field crop research* 90, 275-285.
- Daoud S., Harrouni C., Huchzermeyer B., Koyro H.W. 2008. Comparison of salinity tolerance of two related subspecies of beta vulgaris: the sea beet (*Beta vulgaris* ssp *maritima*) and the sugar beet (*Beta vulgaris* ssp *vulgaris*). *Bio-saline agriculture and high salinity tolerance*. Birkhauser Verlag/Switzerland.
- Elkhatib H.A., Elkhatib E.A., Khalaf-Allah A.M., El-Sharkawy A.M. 2005. Salt tolerance of four potato cultivars. *Journal of plant nutrition* 27 (9), 1575-1583.
- Ghoulam C., Foursy A., Fares K. 2002. Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and experimental botany* 47 (1), 39-50.
- Khrais T. 1996. Evaluation of salt tolerance in potato (*Solanum* spp.). Thesis. Department of Plant Science, McGill University, Macdonald Campus.
- Maas E.V., Hoffman G.J., 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers* 103: 115-134.
- Roest C.W.J, Bakel P.J.T. van, Smit A.A.M.F.R., 2003. Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekening van de zoutschade in Nederland met het RIZA- instrumentarium. *Alterra*.
- Tanji K.K., Kielen N.C. 2002. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. *FAO irrigation and drainage paper* 61. FAO, Rome.
- Van Dam, A.M., Clevering, O.A., Voogt, W., Aendekerk, Th.G.L., Van der Maas, M.P., 2007. *Leven met Zout Water*. Deelrapport: Zouttolerantie van Landbouwgewassen. PPO nr. 3234019400.



Ontwikkelen van wetenschappelijke en toegepaste kennis voor een
klimaatbestendige inrichting van Nederland en het creëren van een
duurzame kennisinfrastructuur voor het omgaan met klimaatverandering

Contactinformatie

Programmabureau Kennis voor Klimaat

Secretariaat:

p/a Universiteit Utrecht

Postbus 85337

3508 AH Utrecht

T +31 30 253 9961

E office@kennisvoorklimaat.nl

Communicatie:

p/a Alterra, Wageningen UR

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T +31 317 48 6540

E info@kennisvoorklimaat.nl

www.kennisvoorklimaat.nl

