



Jan van Bakel, De Bakelse Stroom

Neeltje Kielen, Rijkswaterstaat Waterdienst

Olga Clevering, Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Koen Roest, Alterra

# Waterkwaliteit en landbouw: mag het ook een beetje zouter zijn?

**Door de te verwachten gevolgen van de klimaatverandering zal de zoetwatervoorziening van Nederland de komende jaren worden heroverwogen. Daarbij zijn de berekening van de zoutschade in de landbouw als gevolg van berekening met niet-zoet oppervlaktewater en de hantering van normen voor toelaatbare chlorideconcentraties in het oppervlaktewater belangrijke onderdelen. In 2009 is het hierop betrekking hebbende deel van het huidige Droogte-instrumentarium geëvalueerd. Met als belangrijkste bevindingen dat de berekening van de zoutschade niet onjuist is maar dat de gehanteerde normen voor toelaatbare chlorideconcentraties in het oppervlaktewater leiden tot te veel droogteschade en herziening behoeven.**

De waterbeheerders in Nederland staan de komende jaren voor een aantal belangrijke beslissingen betreffende veiligheid, wateroverlast en zoetwatervoorziening. De gevolgen van klimaatverandering worden nadrukkelijk meegenomen in deze beslissingen. Het Nationaal Waterplan en het rapport van de Deltacommissie uit 2008 'Samen werken aan water' vormen hierbij de leidraad. Wat de zoetwatervoorziening betreft: in 2012 moet een beslissing worden genomen over de verzilting van het Volkerak-Zoommeer, in 2013 wordt het peilbesluit van het IJsselmeer herzien en ten slotte wordt in 2015 het tweede Nationaal Waterplan uitgebracht met daarin een visie op de zoetwatervoorziening van Nederland tot 2100, de streefdoelen voor 2050 en de daarbij te nemen maatregelen tot 2021.

De besluiten en plannen zullen worden onderbouwd met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, de opvolger van het modelinstrumentarium dat is gebruikt bij de Droogtestudies<sup>1,2)</sup>, met de daaraan gekoppelde effectmodulen voor de gebruiksfuncties. Een onderdeel van het modelinstrumentarium is de berekening van de effecten van het waterbeheer op de fysieke gewasopbrengsten in de landbouw. Deze effecten kunnen resulteren in nat-, droogte- en zoutschade.

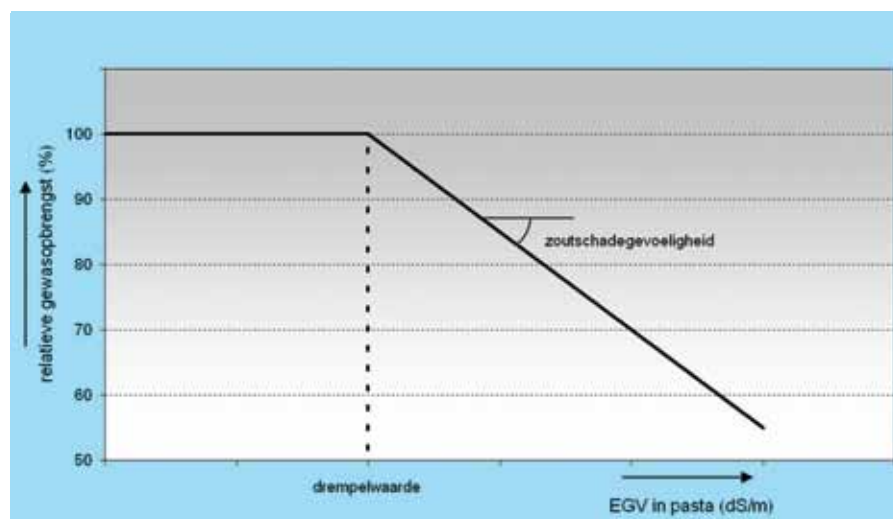
Als onderdeel van de algemene evaluatie van het modelinstrumentarium heeft Alterra de opdracht gekregen een kritische evaluatie uit te voeren naar de gehanteerde zouttoleranties van landbouwgewassen en de afgeleide normen voor inlaatwater, waarbij ook expertise van gerenommeerde deskundigen uit binnen- en buitenland moest worden betrokken<sup>3)</sup>. Omdat de resultaten ook van belang zijn voor de

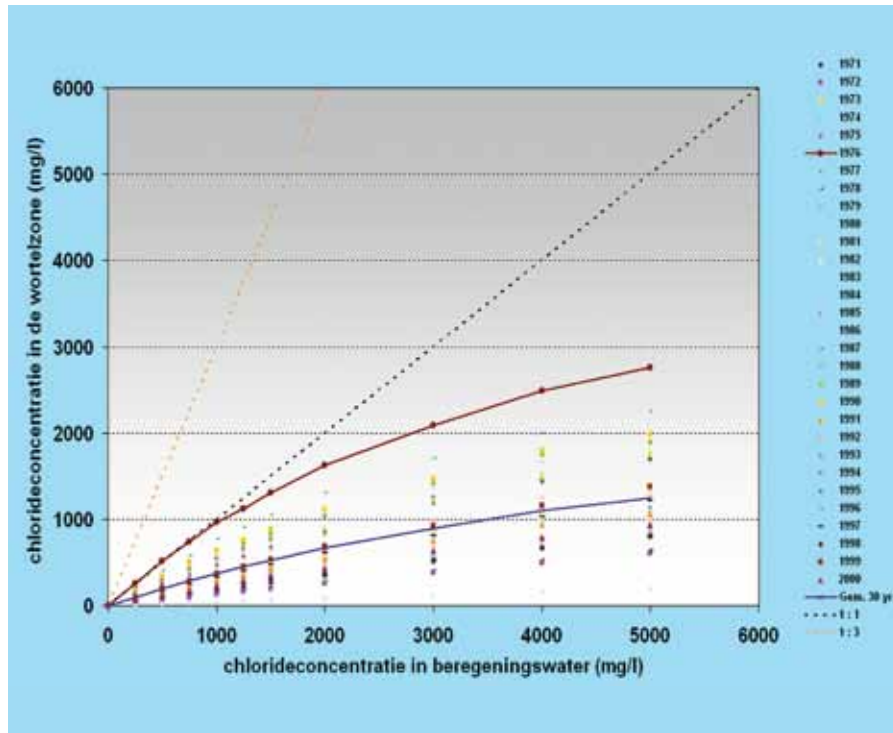
besluitvorming ten aanzien van de verzilting van het Volkerak-Zoommeer, zijn gegevens gebruikt van het landbouwgebied dat voor de zoetwatervoorziening daarvan afhankelijk is.

## Huidige situatie

De berekening van de zoutschade in het huidige Droogte-instrumentarium is gebaseerd op een advies van Alterra uit

**Afb. 1: Geschematiseerde relatie tussen het elektrisch geleidingsvermogen in de pasta en de relatieve gewasopbrengst.**





Afb. 2: Verhouding tussen chlorideconcentratie in het beregeningswater en seizoengemiddelde concentratie in het water in de wortelzone, voor 30 verschillende jaren en voor alle jaren gemiddeld, voor aardappelen op klei.

2003<sup>4)</sup>. De daarin gepresenteerde schadeprempels en gevoeligheden voor chlorideconcentraties in het bodemwater en in het beregeningswater zijn grotendeels gebaseerd op veldproeven die plaatsvonden in vooral het zuidwesten van de Verenigde Staten, met veelal drogere en warmere condities dan het Nederlands klimaat. Maar ook met andere irrigatiepraktijken en een andere chemische samenstelling van het irrigatiewater (minder chloride).

Door Maas en Hoffman<sup>5)</sup> zijn per gewas schadefuncties samengesteld als functie van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) in een oververzadigd grondmonster. Het is een indicator voor de zoutconcentratie in een

oververzadigd grondmonster, dat ook wel pasta genoemd wordt (zie afbeelding 1).

In het hierna volgende zullen deze relaties worden aangehaald als de MH-relaties. Het knikpunt in de relatie is de MH-zoutschadeprempel en de helling is de MH-zoutschadengevoeligheid. Deze zijn dus per gewas verschillend. In het kader wordt de omzetting van de MH-relaties naar chlorideconcentraties in het beregeningswater - zoals beschreven in het advies - nader toegelicht.

In het advies van Alterra werd reeds opgemerkt dat het gebruik van de MH-relaties en de manier waarop die zijn omgezet naar de Nederlandse meteorolo-

gische en agrohydrologische condities, discutabel zijn. In het hierna volgende worden werkwijze en resultaten besproken van in 2009 uitgevoerd onderzoek die de grondslag zullen vormen voor een mogelijke herziening van de berekening van de zoutschade in de landbouw en de te hanteren normen voor het inlaatwater.

### De aanpak in 2009

De zouttoleranties voor landbouwgewassen in het Droogte-instrumentarium zijn geëvalueerd door de MH-relaties in het agrohydrologische model SWAP<sup>6)</sup> in te bouwen. Voor de inbouw in SWAP is, net zoals voor de 2003-studie, eerst het EGV omgezet in chlorideconcentraties én een aanname gedaan om de concentraties in de oververzadigde grond (pasta) om te zetten naar concentraties bij veldcapaciteit. De aanname is gelijk aan die beschreven in het advies: een twee maal hogere concentratie bij veldcapaciteit. Het resultaat is een gewasafhankelijke set van getransformeerde MH-relaties.

In SWAP wordt vervolgens per tijdstap de berekende chlorideconcentratie in elk compartiment van de wortelzone omgezet naar de concentratie bij veldcapaciteit. Ten slotte wordt met behulp van de getransformeerde MH-relatie per compartiment van de wortelzone een reductie in de wateropname van de wortels per rekentijdstap berekend. Door sommatie over ruimte en tijd kan onder andere (een reductie van) de gewasverdamping per groeiseizoen worden berekend.

In het aandachtsgebied zijn vier gewassen (gras, aardappelen, suikerbieten en tulpen) op drie grondsoorten (zavel, zand en klei) het meest relevant.

De gewassen verschillen in zout- en droogtegevoeligheid; de grondsoorten in droogtegevoeligheid.

Van elk realistisch geachte combinatie (combinatie tulpen op klei is bijvoorbeeld niet realistisch) is een SWAP-model gemaakt. De relevante gewas- en bodemparameters zijn ontleend aan de literatuur en expertise. Er is verder gebruik gemaakt van een meteoreeks van 30 jaar (1971-2000) van het KNMI-station Vlissingen. Dit station is representatief voor het klimaat in het zuidwesten van Nederland. De overige begin- en randvoorwaarden zijn ontleend aan specifieke STONE-plots<sup>7)</sup>, die zijn geselecteerd op basis van arealen in het zuidwesten van Nederland. Er is verondersteld dat geen zout via kwel in het bodemvocht terecht komt.

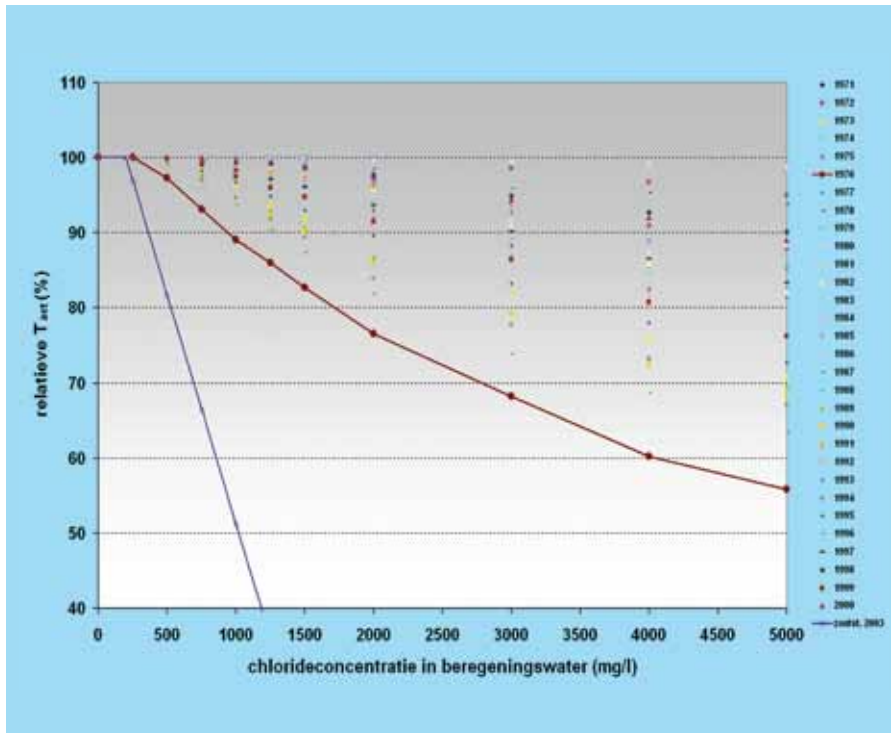
Elke combinatie kan (modelmatig) worden berekend, waarbij de rekenregels voor beregenen zijn ontleend aan de praktijk. Het gaat hierbij om specificatie van begin en einde van het beregeningsseizoen, bij welke drukhoogte midden in de wortelzone wordt beregend, de grootte van de beregeningsgift én wat de minimale periode moet zijn tussen twee opeenvolgende beregeningsgiften. Er is geen terugkoppeling met de chlorideconcentratie in het bodemvocht; bij eventueel oplopende chlorideconcentraties in de wortelzone wordt niet extra beregend om zout uit te spoelen. Elke combinatie is

De MH-relaties waren niet zonder meer bruikbaar voor het instrumentarium en zijn op basis van literatuur en expertregels omgezet om de relatie tussen het EGV en de chlorideconcentratie te geven, de verhouding tussen de chlorideconcentratie in de pasta en de concentratie in de wortelzone bij veldcapaciteit en bij gemiddelde omstandigheden gedurende het groeiseizoen af te leiden en de relatie af te leiden met chlorideconcentraties in het beregeningswater.

De relatie tussen chlorideconcentratie en EGV wordt berekend met de formule:  
 $c = 151EC^{1,31}$

De gemiddelde vochtgehalten in de wortelzone in het groeiseizoen worden - ook bij beregning - verondersteld lager te zijn dan die bij veldcapaciteit. Dit is vertaald naar een verdunningsfactor 1,25 om te komen tot een 25 procent lagere concentratie bij veldcapaciteit vergeleken met de actuele concentraties. De concentraties in de pasta zijn uiteraard lager dan die in de wortelzone bij veldcapaciteit. Hiervoor is een verdunningsfactor twee aangenomen. Combinatie van beide factoren resulteert in een 2,5 maal lagere concentratie in de pasta dan die in de wortelzone. Beide genoemde factoren zijn gemiddelden en zullen sterk samenhangen met de grondsoort. Met bovenstaande relaties zijn de MH-relaties omgezet en gebruikt om de zoutschades te berekenen.

Door selectieve opname van water door de wortels, is uitgegaan van een concentratie in de wortelzone bij veldcapaciteit van een factor drie hoger dan in het beregeningswater. Dit is een geaccepteerde waarde voor geïrrigeerde landbouw. Hantering van deze factor betekent dat de zoutschadeprempeelwaarden en -gevoeligheden in het beregeningswater een factor 3 lager zijn.

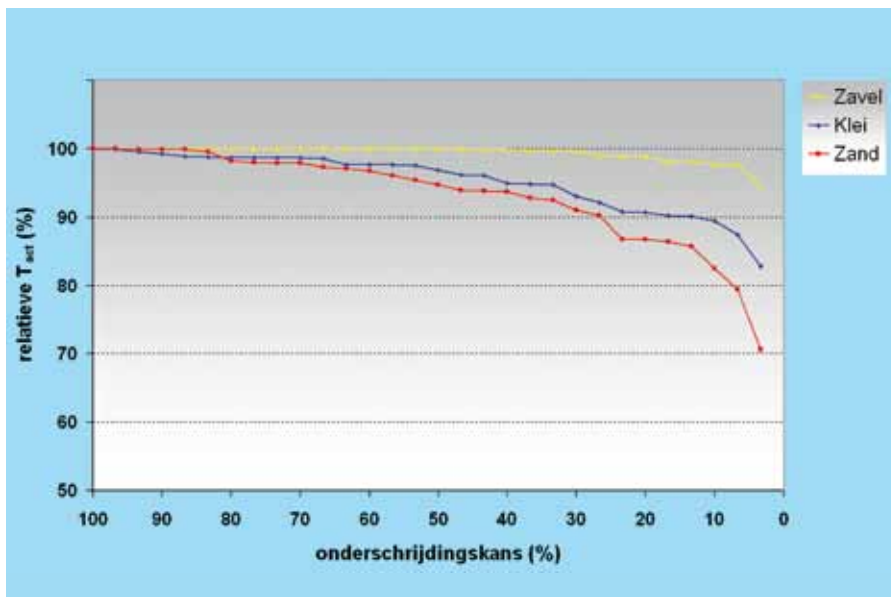


Afb. 3: Relatieve gewasverdamping van aardappelen op klei (100 procent is berekening met zoet water) voor 30 weerjaren, bij verschillende chlorideconcentraties in het beregeningswater.

doorgerekend zonder berekening en met berekening waarbij met 15 verschillende chlorideconcentraties in het beregeningswater, variërend van 0 tot 5.000 mg/l is gerekend (dus 16 runs per gewas-bodemcombinatie, elke run 30 weerjaren). Per run zijn de concentraties in het beregeningswater gedurende het gehele beregeningsseizoen constant gehouden.

Op deze manier zijn de effecten van wel en niet beregenen én beregening met chloridehoudend water bij verschillende bodems en bodemvochtcondities op de gewasverdamping voor Nederlandse condities in beeld gebracht en konden tevens de factoren die in 2003 zijn afgeleid, worden

Afb. 4: Frequentieverdeling van de relatieve seizoensgewasverdamping van aardappelen, voor drie grondsoorten.



geverifieerd. De reductie in gewasverdamping, veroorzaakt door een verhoogde chlorideconcentratie in het bodemvocht, wordt het primaire effect genoemd. Secundaire effecten van beregening met natriumchloridehoudend water, zoals bladverbranding, zijn niet meegenomen.

### Resultaten

Allereerst zijn de gebruikte omzettingen uit het advies geanalyseerd en vervolgens zijn de rekenresultaten geïnterpreteerd.

### Factoren uit het advies

De verdunningsfactor 2,0 (om van concentraties in het bodemvocht bij veldcapaciteit tot concentraties in de pasta te komen) is

niet met de modelresultaten te verifiëren, omdat ook bij de aanpak in 2009 gebruik is gemaakt van deze factor. De onzekerheden hieromtrent zijn dan ook gelijk gebleven. De verdunningsfactor 1,25 (om van concentraties in het bodemvocht naar concentraties bij veldcapaciteit te komen) is uit de modelresultaten teruggerekend en bleek alleszins redelijk te zijn.

Het meest in het oog springende resultaat is dat de indikkingsfactor 3, die in 2003 is gebruikt om te komen van chlorideconcentratie in het beregeningswater naar concentratie in de wortelzone, niet opgaat voor de Nederlandse omstandigheden. In afbeelding 2 zijn beide concentraties voor aardappel op klei voor alle 30 jaar uitgezet. Zelfs in het extreem droge jaar 1976 zijn de concentraties in de wortelzone juist gelijk of lager dan in het beregeningswater, in plaats van drie maal hoger (rode lijn in de grafiek).

De verklaring hiervoor is dat onder Nederlandse meteorologische omstandigheden berekening meestal slechts aanvullend is op de bodemvochtvoorraad, omdat aan het begin van het groeiseizoen veel water in de wortelzone aanwezig is en er in de meeste jaren gedurende het groeiseizoen geregeld neerslag valt. Er treedt dus veelal verdunning op van het beregeningswater in plaats van indikking door selectieve opname van water door de wortels.

### Zoutschade verschilt sterk per jaar

De rekenresultaten zijn gebruikt om een relatie af te leiden tussen de chlorideconcentratie in het beregeningswater en de gewasverdamping. De gewasverdamping bij beregenen met zoetwater (geen chloride) is op 100 procent gesteld. De resultaten voor aardappel op klei (zie afbeelding 3) laten duidelijk zien dat de gewasverdamping afneemt met oplopende chlorideconcentraties in het beregeningswater, maar ook dat de reductie in gewasverdamping van jaar tot jaar sterk verschilt.

Voor het droogste jaar 1976 is de relatie als rode lijn ingetekend. Vooral het verschil met de relatie uit het advies uit 2003 (blauwe lijn in de grafiek) is opmerkelijk en voor een groot deel te verklaren uit de reeds besproken factor 3.

### Zoutschade verschilt sterk per grondsoort

Een ander opmerkelijk resultaat is dat grote verschillen optreden tussen de drie grondsoorten (zie afbeelding 4).

Zandgronden zijn aanmerkelijk gevoeliger voor zoutschade dan zavelgronden; kleigronden zitten daar tussenin. De verklaring is de in verhouding tot zavel- en kleigronden meestal aanmerkelijk geringere vochtvoorraad in de wortelzone van de gemodelleerde zandgrond.

### Droogteschade versus zoutschade

De drempelwaarde voor zoutschade in het oppervlaktewater wordt vaak geïnterpreteerd als maximale chlorideconcentratie in het oppervlaktewater waarboven geen beregening meer plaats moet vinden. Dit betekent dat boven deze drempelwaarde in

droge jaren droogteschade gaat optreden. Deze studie laat zien dat doorberegenen boven deze drempelwaarde gunstig is, omdat dit vaak tot lagere verdampingsreductie leidt dan die ten gevolge van droogte (zie afbeelding 5).

In het droogste jaar 1976 (doorgetrokken lijn) is pas bij berekening met een chlorideconcentratie van ongeveer 2.000 mg/l de zoutschade hoger dan de opgeheven droogteschade. Het hanteren van de norm van 200 mg/l, gegeven in het advies van 2003, heeft in de meeste jaren tot gevolg dat, door geen water in te laten en niet te beregenen bij hogere chlorideconcentraties in het oppervlaktewater, de relatieve gewasverdamping lager is dan zij zou zijn geweest als wel werd beregend.

### Evaluatie

De bespreking van de aanpak en de modelresultaten in een expertbijeenkomst, met daarbij ook aanwezig drie externe deskundigen, gaf aanleiding tot een aantal kritische opmerkingen. De belangrijkste is dat de MH-relaties betrekking hebben op andere klimatologische omstandigheden, een ander type irrigatie (meestal bevoeiing), andere chemische samenstelling van het irrigatiewater en opbrengst in plaats van gewasverdamping.

Ook het per run constant houden van de chlorideconcentratie in het beregeningswater gedurende het groeiseizoen is niet conform de praktijk (oplopende tendens naarmate het seizoen vordert). Daarnaast werd geen rekening gehouden met eventuele verschillen in zoutgevoeligheid van gewasstadia.

Ten slotte zijn, zoals gezegd, geen secundaire effecten van berekening meegenomen, zoals bladverbranding van gevoelige gewassen en natriumvergiftiging door verhoogde opname

via het blad, en mogelijk structuurbederf bij sommige kleigronden. Het afleiden van nieuwe schadedrempels en gevoeligheden en daaruit af te leiden normen op basis van de modelresultaten is daarmee ook niet (goed) mogelijk. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat bruikbare gegevens over bovengenoemde aspecten veelal afwezig zijn (kennishiaat).

### Hoe met de resultaten om te gaan?

De evaluatie leidt tot de conclusie dat de zoutschadedrempels en -gevoeligheden voor beregeningswater, zoals afgeleid in het advies uit 2003, niet correct zijn en niet meer mogen worden gebruikt.

Het gebruik van de MH-relaties in SWAP om de reductie van de gewasverdamping te berekenen is, ondanks de nodige kritische opmerkingen, gekwalificeerd als beste methode voor bepaling van zoutschades in de landbouw. Op dit moment is er geen alternatief voorhanden. Dit betekent ook dat de zoutschades, zoals berekend met het droogte-instrumentarium, juist waren.

Deze studie heeft ook aangetoond dat de zoutnormen bij veel inlaatpunten, vanuit het oogpunt van landbouw, te stringent zijn. Bij sommige inlaatpunten geldt een chloridenorm van 250 mg/l, waarboven het inlaten van water gestaakt wordt. Hierdoor wordt in de landbouw meer droogteschade geleden dan aan zoutschade voorkomen is. Door een eventuele versoepeling van de zoutnormen bij inlaatpunten zal de reductie in gewasverdamping en dus landbouwschade aanzienlijk verminderd kunnen worden. Een evaluatie van de inlaatnormen is één van de onderwerpen binnen het deelprogramma Zoetwater.

*Deze conclusies werden in een bijeenkomst met waterbeheerders en vertegenwoordigers van de*

*agrarische sector onderschreven, met de aantekeningen dat de secundaire effecten van beregening moeten worden meegenomen en dat veldproeven en andere vormen van validatie moeten worden uitgevoerd om de onzekerheden te reduceren. Ook het betrekken van de sector in de vervolgstappen was een uitdrukkelijke wens.*

### LITERATUUR

- 1) Arcadis / HKV Lijn in Water / Korbee en Hovelinck / RIZA (2002). Droogtestudie Nederland, eindrapport fase 1. Resource Analysis.
- 2) Rijkswaterstaat / RIZA (2007). Investeringsruimte van toekomstige droogte. Verkenning van de hydrologische effecten en economische schade in de KNMI'06-klimaatscenario's.
- 3) Van Bakel P., R. Kselik, C. Roest en R Smit (2009). Review ogfcrop salt tolerance in the Netherlands Alterra. Rapport 1926.
- 4) Roest C., P. van Bakel en A. Smit (2003). Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekening van de zoutschade in Nederland met het RIZA-instrumentarium. Briefadvies Alterra.
- 5) Maas E. en G. Hoffman (1977). Crop salt tolerance - Current assessment. ASCE Journal of the Irrigation and Drainage Division, IR2, pag. 118-134.
- 6) Kroes J., J. van Dam, P. Groenendijk, R. Hendriks en C. Jacobs (2008). SWAP version 3.2 - Theory description and user manual. Alterra. Rapport 1649.
- 7) Van Bakel P., H. Massop, J. Kroes, J. Hoogewoud, M. Pastoors en T. Kroon (2008). Actualisatie Hydrologie voor STONE 2.3. Aanpassing randvoorwaarden en parameters, koppeling tussen NAGROM en SWAP en plausibiliteitstoets. WOT-rapport 57.

**Afb. 5: Relatieve gewasverdamping voor aardappelen op klei, voor 30 weerjaren bij verschillende chlorideconcentraties in het beregeningswater (100 procent is gewasverdamping zonder beregening).**

