



Visie op de vaststelling van landbouwschade door grondwaterwinning

Op de toekomst voorbereid met een verbeterde
methode

KWR 2012.021
Februari 2012



KWR

Watercycle Research Institute



Visie op de vaststelling van landbouwschade door grondwaterwinning

Op de toekomst voorbereid met een verbeterde
methode

KWR 2012.021
Februari 2012

© 2011 KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Colofon

Titel

Visie op de vaststelling van landbouwschade door grondwaterwinning

Projectnummer

KWR 2012.021

Opdrachtnummer

A308816

Onderzoeksprogramma

N.v.t.

Projectmanager

Dr. ir. Gé van den Eertwegh

Opdrachtgevers

Brabant Water

Vitens

Kwaliteitsborger

Prof. dr. ir. Jan-Philip (Flip) Witte

Auteurs

Dr. ir. Ruud Bartholomeus, Dr. ir. Jan van Bakel, Ir. Ron Stroet, Dr. ir. Hanneke Schuurmans, Dr. ir. Gé van den Eertwegh

Verzonden aan

Dit rapport is selectief verspreid onder medewerkers van BTO-participanten en is verder niet openbaar.

Voorwoord

Vanuit diverse kanten wordt aangedrongen op een herziening van c.q. een bezinning op de huidige methodes voor de berekening van en omgang met landbouwschade door grondwaterwinning. Huidige regelingen doen namelijk mogelijk geen recht meer aan de werkelijke schade die een onttrekking veroorzaakt. Compenserende maatregelen tegen verdroging, door bijvoorbeeld het waterschap, leiden wel tot vermindering van de schade, maar niet tot een herziening van de schaderegeling, ofwel het uit te keren schadebedrag.

Brabant Water en Vitens hebben KWR, De Bakelse Stroom en DHV gevraagd hun kennis te bundelen en gezamenlijk een visie te ontwikkelen voor een moderne omgang met landbouwschade. De centrale vraag daarin was als volgt: 'Als we nu een schaderegeling op willen stellen die de komende generatie soelaas biedt, hoe ziet die er uit, wat komt dan daarbij kijken, en wat is voor zowel Brabant Water als Vitens een begaanbare weg om daar te komen?' De opgestelde visie is beschreven in dit rapport.

Ik wil graag Harry Boukes, Jan Jaap Buyse en Jeroen Castelijns bedanken voor de samenwerking. In enkele open en constructieve discussies gedurende het project, zijn de gedachtegangen gestroomlijnd, ideeën uitgewisseld en zijn we samen tot de visie gekomen.

Namens de auteurs,
Ruud Bartholomeus, februari 2012

Samenvatting

Moderne werkwijze landbouwschade: meten, modelleren én samenwerken

Grondwateronttrekkingen beïnvloeden gewasopbrengsten in de landbouw. Huidige regelingen om door winningen veroorzaakte droogteschade te vergoeden doen mogelijk geen recht meer aan de werkelijke landbouwschade die een onttrekking veroorzaakt. Deze regelingen stammen uit de jaren tachtig van de vorige eeuw en zijn sindsdien amper geactualiseerd. Daarom is in dit project een visie (met varianten van 'Quick-win' tot 'Ambitieuus') op een actuele en realistische methode voor de bepaling van landbouwschade door grondwaterwinning opgesteld. Hierin is onder andere voorgesteld optimaal gebruik te maken van up to date meet-, modellerings- en besturingssystemen in het beheer van grond- en oppervlaktewater, zodat de mogelijkheid ontstaat om schade te minimaliseren.

Belang: Realistische landbouwschaderegeling

Vanuit diverse actoren in de landbouwschadeproblematiek wordt aangedrongen op een herziening van de huidige methodes voor de berekening van en omgang met landbouwschade. De huidige landbouwschaderegelingen van Brabant Water en Vitens zijn gebaseerd op schadebepalingen die de Commissie Deskundigen Grondwaterwet (CDG) en haar voorganger TCGB heeft uitgevoerd in opdracht van de vergunningverleners (provincies). De schadebepalingen zijn uitgevoerd sinds de jaren '80, met grondwatermodellen die destijds actueel waren. Huidige modellen, schadetabellen en regelingen doen mogelijk geen recht meer aan de werkelijke schade die een onttrekking veroorzaakt. Compenserende maatregelen tegen verdroging, door bijvoorbeeld het waterschap, leiden wel tot vermindering van de optredende schade, maar niet tot een herziening van de schaderegeling, ofwel het uit te keren schadebedrag. Vroeg of laat zal de huidige aanpak gemoderniseerd moeten worden; in deze studie wordt verkend hoe een moderne regeling er nu of over enige tijd uit zou kunnen zien.



Voorbeelden van compenserende maatregelen om landbouwschade te voorkomen

Aanpak: Van inhoudelijke basis tot uitvoerbare visie

Ten eerste is aangenomen dat in een moderne en reële benadering van landbouwschade het waterbedrijf verantwoordelijk is voor 1) de kosten die voortvloeien uit compenserende aanpassingen in beheer en inrichting en 2) de door de winning veroorzaakte schade die na deze compenserende aanpassingen eventueel nog resteert. Vervolgens is een viertal onderdelen van een schaderegeling onderscheiden, te weten hydrologische modellering, vertaling grondwater/bodemvocht naar gewasopbrengst (agrohydrologie), bepalen invloed onttrekking op opbrengstdepressie en de vertaling van de verandering van de opbrengstdepressie naar schadebedragen. Voor elk van de onderdelen zijn de huidige stand van kennis en de benodigde en ophanden zijnde verbeteringen van concepten beschreven. Ten slotte is hieruit een viertal visie-varianten afgeleid, die onderscheidend zijn in technische haalbaarheid, complexiteit, inspanning, en hiermee ambitieniveau.

Resultaten: GGOR-aanpak integreert actoren en hun belangen

De opgestelde visie omvat varianten in het spectrum van 'Quick win' tot 'Ambitieuze'. De linkerkant ('Quick win') omvat een eerste stap die gezet kan worden, gebruik makend van en meeliftend op actuele ontwikkelingen en technieken. De rechterkant van het spectrum ('Ambitieuze') is een reële, ambitieuze visie, die anticipeert op actuele en toekomstige ontwikkelingen in berekeningsmethoden en waterhuishoudkundige en landbouwkundige technieken. Aan de linkerkant van het spectrum wordt, net als in de huidige regelingen, geen rekening gehouden met compenserende maatregelen in het waterbeheer door de waterschappen en agrariërs. Wel worden al belangrijke verbeteringen ten opzichte van de huidige methodes voor de bepaling van landbouwschade doorgevoerd. Aan de rechterkant van het spectrum wordt de invloed van een drinkwaterwinning op reductie in gewasopbrengst bepaald via het modelmatig vaststellen van een Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR) voor de situatie mét winning, en voor de situatie zónder winning. Door deze GGOR-procedure wordt een realistisch beeld gegeven van de werkelijke schade die veroorzaakt wordt. Door uitvoering van de GGOR kunnen waterbeherende instanties het waterbeheer actief sturen. Dit betekent dat uitvoering van de rechterkant van het spectrum voldoet aan een nieuwe, vooruitstrevende, moderne methode, waarin technische mogelijkheden benut worden en actuele kennis geïntegreerd wordt. Ook is het afgestemd op de beïnvloedingsmogelijkheden van waterbeherende instanties en gebruikers van het landelijk gebied.

Er zijn zowel ontwikkelingen gaande bij de hydrologische rekenmodellen (bv. het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium NHI) als bij de landbouwopbrengstmodellen (bv. HELP-Tabel 2012). Op langere termijn verwachten we dat de kwaliteit van grondwatermodellen verder wordt verbeterd en dat bij kalibratie steeds meer gebruik zal worden gemaakt van on-line data, waaronder verdampingstekorten gebaseerd op remote sensing. Verder verwachten we dat landbouwopbrengstmodellen worden uitgebreid voor meer gewassen, rekening zullen gaan houden met moderne landbouwbedrijfsvoering en ook zullen worden vergeleken met remote sensing data (HELP-2015 en HELP-2018). De partijen die deze ontwikkelingen financieren zijn vooral de waterschappen, STOWA en het Rijk (Deltaprogramma, NHI). De waterleidingsector heeft een belang dat met deze instrumenten ook droogteschade door grondwateronttrekking bepaald kan worden, zodat de systematiek om droogteschade te bepalen anders dan nu (we gebruiken TCGB-tabellen) op dezelfde (HELP-20xx) methode gebaseerd is als de optimalisatie.

Implementatie: Actief aansluiten bij en integreren van op handen zijnde initiatieven

Voor het vaststellen van landbouwschade zal in meer of mindere mate altijd gebruik moeten worden gemaakt van simulatiemodellen, omdat een werkelijke situatie (met grondwaterwinning) vergeleken moet worden met een niet bestaande situatie (zonder grondwaterwinning). Daarom is het van belang te investeren in, of aan te sluiten bij, initiatieven om modelinstrumenten te verbeteren.

Waterbedrijven kunnen nu aansluiten bij de werkwijze van het waterschap voor het inrichten van het watersysteem, namelijk de GGOR-procedure. Ook zijn diverse verbeteringen voor modelconcepten en meetmethodes al in gang gezet. Intensivering van de samenwerking tussen waterschappen, STOWA, ministerie van EL&I en de CDG is van belang om een rol te spelen in de modernisering van de omgang met landbouwschade.

Inhoud

Voorwoord	v
Samenvatting	vii
Inhoud	ix
Index	xi
1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Centrale vraag	2
1.3 Doelstelling project	2
1.4 Leeswijzer	2
2 Schaderegeling afgelopen 30 jaar (1980-2010)	3
2.1 Methode voor bepaling landbouwschade door grondwaterwinning	3
2.2 Kritiek	5
2.3 Ontwikkelingen bij CDG en Stowa	6
3 Schaderegeling komende 30 jaar (2011-2040)	7
3.1 Uitgangspunten	7
3.2 Visie	9
4 Aanbevelingen	25
4.1 Realistische toekomstige schaderegeling	25
4.2 Technische en organisatorische uitvoering	26
5 Referenties	29
I Bijlage: achtergrondinformatie bepaling schade	31
II Bijlage: overzicht visie-varianten en onderdelen	39

Index

Agricom	AGRIcultural COst Model; Agro-economisch model dat op basis van de resultaten van een hydrologisch model kosten en baten voor de landbouwsector berekent
CDG	Commissie van Deskundigen Grondwaterwet
GGOR	GGOR is een hulpmiddel dat voor elke (gebruiks)functie in landelijk of stedelijk gebied de gewenste toestand van het grondwater en het oppervlaktewater aangeeft en wordt vastgesteld na een integrale ruimtelijke afweging
HELP-tabellen	Her-Evaluatie van LandinrichtingsPlannen. Methode voor evaluatie waterhuishoudkundige maatregelen in landinrichtingsprojecten
Menyanthes	Tool voor tijdreeksanalyse van hydrologische meetreeksen
MetaSWAP	Hydrologisch model voor de onverzadigde zone, gebaseerd op SWAP, maar geschikt voor toepassing op regionale of landelijke schaal
ModFlow	Modular Three-Dimensional Groundwater Flow Model; Hydrologisch model voor de verzadigde zone
NHI	Nationaal Hydrologisch Instrumentarium voor de berekening van vraagstukken met betrekking tot het waterbeheer, op landelijk en regionaal niveau
SWAP	Soil Water Atmosphere Plant; hydrologisch model voor de onverzadigde zone
TCGB-tabellen	Methode voor bepaling opbrengstdepressie van grasland op zandgrond als gevolg van een grondwaterstandsverlaging. Opgesteld door de Technische Commissie Grondwater Beheer (later CDG)
Waternood	Applicatie gebruikt om de inrichting en beheer van een gebied af te stemmen op verschillende belangen
Waterpas-instrumentarium	Koppeling van modellen voor waterbeheer, grasgroei, bedrijfsvoering en bedrijfseconomie
WOFOST	Simulatiemodel voor gewasgroei

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Landbouwopbrengsten zijn mede afhankelijk van de vochtomstandigheden in de wortelzone. Deze zijn niet altijd optimaal. Door droogte en wateroverlast worden opbrengsten verminderd. We noemen dat opbrengstdepressie. Grondwaterwinningen hebben invloed op de grondwaterstand en daarmee meestal op de vochtomstandigheden in de wortelzone: die worden droger. Dat kan leiden tot extra opbrengstdepressie door droogte, maar ook tot opbrengstverbetering door afname van natschade. Een verhoging van de opbrengstdepressie als gevolg van grondwaterwinning noemen we landbouwschade.

Vanuit de landbouw en het waterbeheer, maar ook vanuit de commissie Deskundigen Grondwaterwet wordt aangedrongen op een herziening van de TCGB- en de HELP-tabellen die gebruikt worden voor de berekening van landbouwschade (droog/nat). Vooralsnog wordt herziening van de methodiek vooral gezocht in het moderniseren van modellen en/of tabellen voor het vertalen van grondwaterstanden naar landbouwschade. Volgens Brabant Water wordt hiermee echter slechts een gedeelte van het probleem aangepakt. Zo zijn de hydrologische modellen die gebruikt zijn voor het opstellen van de huidige regelingen bij Brabant Water gebaseerd op verouderde kennis en technieken, voor het merendeel uit de jaren tachtig van de vorige eeuw. Bovendien worden de modellen niet bijgewerkt, waardoor regelingen geen recht meer doen aan de werkelijke schade die een onttrekking veroorzaakt. Compenserende maatregelen tegen verdroging, door bijvoorbeeld het waterschap, leiden wel tot vermindering van de optredende schade, maar niet tot een herziening van de schaderegeling, ofwel het uit te keren schadebedrag.

Vitens bevindt zich in een iets andere situatie: als uitvloeisel van een fusie is duidelijk geworden dat er tussen de landbouwschaderegelingen in de verschillende werkgebieden van Vitens grote verschillen zijn. Vitens is al enkele jaren bezig om de regelingen te harmoniseren. Daarom is het wellicht niet een geschikt moment om veel energie te steken in het moderniseren van een methode voor de omgang met landbouwschade. Echter, de wil om te moderniseren bestaat wel.

De landbouw werkt met name in Noord-Brabant zelf al met moderne technieken als remote sensing, waarmee real-time vochttekorten worden waargenomen. De regeling voor landbouwschade sluit hier niet op aan.

De eerste vraag is: Als we nu een volledig nieuwe schaderegeling op moeten stellen waarmee we de komende 20 à 30 jaar voort kunnen, hoe moet deze er dan uit zien? Hierin hoeven we ons niet te laten leiden door de regelingen zoals die nu zijn; de inschatting is dat niet kan worden volstaan met het actualiseren van bestaande methodes. In plaats daarvan streeft men naar een nieuwe methode, waarin technische mogelijkheden benut worden en actuele kennis geïntegreerd wordt. De methode dient afgestemd te zijn op de beïnvloedingsmogelijkheden van waterbeherende instanties en gebruikers van het landelijk gebied. Primair moet deze aanpak erop gericht zijn om waterbeherende instanties te stimuleren het watersysteem dynamisch te besturen, waardoor droogte- en natschade kunnen worden geminimaliseerd. Daarnaast bestaan er technieken om de effecten op verschillende belangen continu te monitoren, waardoor een meer realistisch beeld kan worden gegeven van de werkelijke schade, zowel droogte- als natschade. Het operationele waterbeheer moet ook kunnen anticiperen op schaderisico's bijvoorbeeld door aanpassingen van waterpeilen.

De tweede vraag is hoe betrokken partijen en wetgeving/procedures omtrent landbouwschade sturend, versnellend/vertragend op de te ontwikkelen plannen werken. Het opzeggen van bestaande schaderegelingen gaat niet zomaar, omdat het onrust kan veroorzaken bij de betrokken agrariërs, terwijl een goed contact, ook uit waterkwaliteitsoogpunt veel waard is. Dit geldt zeker voor Vitens, dat op moment nog op meerdere plaatsen met de landbouwers in een onderhandelingsproces zit. Het opzetten van een nieuwe regeling per locatie is kostbaar. Daarom dient herziening en invoering van een methode te gebeuren in overleg met betrokkenen.

1.2 Centrale vraag

De vraag die centraal staat in dit project is: 'Als we nu een schaderegeling op willen stellen die de komende generatie soelaas biedt, hoe ziet die er uit, en wat is voor zowel Brabant Water als Vitens een begaanbare weg om die te bereiken?'

1.3 Doelstelling project

Het doel van het project is een visie op een nieuwe methode voor de bepaling van landbouwschade. Met deze nieuwe methode maken we optimaal gebruik van up to date meet-, modellering- en besturingssystemen in het beheer van grond- en oppervlaktewater. Hiermee ontstaat de mogelijkheid om landbouwschade beter en actueler te bepalen dan nu het geval, in nauwe samenwerking met onder andere waterschappen en grondgebruikers. Het streven hierbij is de optredende landbouwschade zoveel mogelijk te voorkomen en helder te maken waardoor optredende schade tot stand komt, dan wel gekomen is.

Bij een moderne aanpak voor het inrichten en besturen van het watersysteem, i.c. het grondwater dat door het waterbedrijf en het freatisch grondwater en oppervlaktewater dat door het waterschap beïnvloed wordt, en een landbouwschaderegeling die daar op afgestemd is hoeven we ons in eerste instantie niet te laten leiden door de huidige regelingen. In plaats daarvan streven we naar een moderne methode waarin technische mogelijkheden benut worden en actuele kennis geïntegreerd is. De nieuwe methode dient afgestemd te zijn op de beïnvloedingsmogelijkheden van waterbeherende instanties en gebruikers van het landelijk gebied.

Naast een inhoudelijk antwoord op de centrale vraag zullen we aandacht schenken aan de uitvoerbaarheid van onze visie, zowel technisch als organisatorisch.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een kort overzicht van de schadereling zoals die afgelopen 30 jaar is toegepast, evenals de kritiek die wordt geleverd op deze methode. In hoofdstuk 3 presenteren we de visie om te komen tot een moderne methode voor omgang met landbouwschade. Een viertal varianten wordt beschreven, die onderscheidend zijn in realiteit, complexiteit, inspanning, en hiermee in ambitieniveau. In hoofdstuk 4 worden aanbevelingen gegeven die de waterbedrijven richting geven om schaderegelingen daadwerkelijk te moderniseren.

Bijlage I kan geraadpleegd worden voor (niet uitputtende) achtergrondinformatie over diverse aspecten (zoals hydrologische modellering, agrohydrologie) van de landbouwschadeproblematiek. Bijlage II geeft een overzicht van de onderdelen van elk van de voorgestelde visie-varianten.

2 Schaderegeling afgelopen 30 jaar (1980-2010)

2.1 Methode voor bepaling landbouwschade door grondwaterwinning

Grondwateronttrekkingen kunnen effect hebben op gewasopbrengsten in de landbouw door hun invloed op de vochtbeschikbaarheid van planten. Zo heeft een verlaging van de grondwaterstand invloed op het vochtgehalte in de wortelzone waardoor droogteschade kan optreden. De CDG, Commissie van Deskundigen Grondwaterwet, behandelt in opdracht van de provincies schadeverzoeken die veroorzaakt zijn door grondwateronttrekkingen en het stelt schadeadviezen op naar aanleiding van schadeclaims die landbouwers indienen. Tabel 1 geeft een overzicht van de relevantie van de landbouwschadeproblematiek voor de winningen van Brabant Water en Vitens.

De schadebepaling door de CDG omvat een hydrologisch onderzoek om de grootte van de grondwaterstandsverlaging te bepalen (2.1.1), onderzoek naar bodemfysische kenmerken in het invloedsgebied van de winning (2.1.2) en een berekening van landbouwschade met de TCGB-tabel (2.1.3). De kritiek op de bestaande methode is samengevat in paragraaf 2.2 en paragraaf 2.3 geeft een beknopt beeld van de ontwikkelingen naar verbeterde schadetabellen.

Tabel 1: Overzicht landbouwschade voor Brabant Water en Vitens (Bartholomeus 2010)

	Brabant Water	Vitens
Totaal aantal winplaatsen	38	111
Aantal winplaatsen met landbouwschaderegelingen	13	33
Gemiddeld schadebedrag per winplaats	30.8 k€/jaar	33.9 k€/jaar
Totaal landbouwschade	400 k€/jaar	1120 k€/jaar

2.1.1 Effect van grondwaterwinning op grondwaterstanden

Van alle grondwaterwinningen van Vitens en Brabant Water zijn effecten op de grondwaterstand bepaald. Veelal is dat gebeurd in het kader van vergunningaanvragen inzake de Grondwaterwet (thans Waterwet). Bij schaderegelingen maakt het CDG soms gebruik van de modelberekeningen van de vergunningaanvraag, soms wordt een nieuw model opgesteld. De huidige schaderegelingen zijn gebaseerd op modelberekeningen met verschillende kwaliteiten, sommige uit de jaren '80, sommige recent. Er zijn zowel stationaire als niet-stationaire grondwatermodellen gebruikt. De schadebepalingen zijn altijd een momentopname. Als er in het kader van de grondwaterwinning compenserende maatregelen worden getroffen, zoals een wateraanvoerplan, dan worden de effecten daarvan verrekend. Maar als de waterhuishouding in een gebied later verandert, bijvoorbeeld door peilbeheer of beregening, worden modellen en de schadebepaling niet aangepast.

De verandering van het grondwaterregime wordt ruimtelijk gedifferentieerd per bodemkundig-hydrologisch eenheid (schadevlak) en temporeel gedifferentieerd als een verandering in GHG en in GLG.

2.1.2 Bodemkundig onderzoek

In het invloedsgebied wordt een onderzoek naar bodemfysische kenmerken uitgevoerd (lithologie, vochtleverend vermogen, actuele grondwatertrap). Het detailniveau hangt af van de grootte van de verlaging en verwachte omvang van de schade. Als er onvoldoende data beschikbaar zijn wordt een veldkartering uitgevoerd. De Bodemkaart van Nederland 1 : 50.000 wordt veelal als te grof beschouwd.

2.1.3 TCGB-tabellen, HELP-tabellen en Waternood

De CDG vertaalt de verandering van de grondwaterstand naar landbouwschade met de zogenaamde TCGB-tabellen. Zowel de natschade als de droogteschade wordt per schadevlak berekend. De natschade wordt maar voor een bepaald deel meegeteld omdat wordt aangenomen dat die voor het grootste deel wordt opgelost. Vervolgens wordt per bedrijf gesaldeerd. Indien dat saldo negatief is, is dat de fysieke schade in ha%. Door vermenigvuldiging met normbedragen voor landbouwoptbrengst per gewas, afkomstig van het Landbouw Economisch Instituut (LEI), wordt de financiële schade verkregen.

De jaarlijkse landbouwschade is afhankelijk van de hoeveelheid onttrokken grondwater, van het weer en van het verbouwde gewas. Er zijn schaderegelingen waarbij door het waterleidingbedrijf jaarlijks gedetailleerd de schade wordt berekend: reductie van het schadepercentage als er minder water is onttrokken (door lineaire interpolatie), aanpassing van het schadepercentage op basis van gewas en de jaarsom van het potentiële verdampingsoverschot. Er zijn ook schaderegelingen met vaste schadebedragen per perceel.

Voor het berekenen van opbrengstdepressies als gevolg van permanente grondwaterwinningen gebruikt de CDG zoals vermeld de TCGB-tabellen (Bouwman 1990). De tabellen zijn gerelateerd aan de veel gebruikte HELP-tabellen (Werkgroep-HELP-tabel 1987), maar geven een gedetailleerder inzicht in opbrengstderving, geldig voor grasland op zandgronden.

Achtergrond TCGB-tabellen

In de TCGB-tabellen wordt droogteschade berekend aan de hand van de relatie tussen grondwaterstanden, meteorologische droogtegraad (potentiële verdamping – neerslag) en percentage opbrengstderving. Voor de grondwaterstand gaat men uit van de GVG en GLG. Bij het berekenen van het percentage opbrengstderving wordt vanaf 1980 uitgegaan van een gemiddeld potentieel productieniveau van 13 500 kg ds/ha. Dit productieniveau kan elk jaar worden bijgesteld, evenals de prijzen, waarmee een normbedrag wordt vastgesteld. Natschade wordt bepaald met een 'wateroverlastfactor', gebaseerd op uitsluitend gegevens van het neerslagoverschot in een gegeven jaar in relatie tot het dertig jarig gemiddelde overschot.

De TCGB-tabellen zijn gebaseerd op simulaties met het onverzadigde zone model MUST. De simulaties zijn gebruikt om de tabellen in te vullen. MUST is een pseudo-stationair model; de waterbeweging in de bodem wordt benaderd als een aaneenschakeling van stationaire toestanden (Bouwman 1990). Binnen de wortelzone wordt de stijghoogte overal gelijk verondersteld (geen verticale stroming binnen de wortelzone). Voor het opstellen van de tabellen zijn tijdstappen van 10 dagen gehanteerd.

Een belangrijk aspect van de CDG-methode is dat het voor partijen, dus zowel de landbouwer als het drinkwaterbedrijf, een juridische basis is. Om deze te behouden en eindeloze rechtsgangen te voorkomen lijkt het voor elk van de drinkwaterbedrijven noodzakelijk om aan te sluiten bij de CDG haar landelijke systematiek.

HELP-tabellen/Waternood

De HELP-tabellen zijn ontwikkeld om in landinrichtingsprojecten effecten van waterhuishoudkundige maatregelen op de opbrengst van landbouwgewassen vast te stellen (Van Bakel et al. 2005). De tabellen worden echter ook door bijvoorbeeld waterschappen gebruikt bij het instellen van peilbesluiten of meer concreet bij het plaatsen van een stuw in een bepaald peilvlak. De oorspronkelijke HELP-tabellen (Werkgroep-HELP-tabel 1987) en diverse herzieningen daarvan (Huinink 1993; Brouwer & Huinink 2002; Van Bakel et al. 2005; Van Bakel 2007), geven voor verschillende gewassen veeljarig gemiddelde opbrengstreducties door nat- en droogteschades weer, als functie van bodemtype, GLG en GHG. De HELP-tabellen zijn gebaseerd op het model LAMOS. LAMOS en MUST verschillen echter slechts op ondergeschikte punten van elkaar (Bouwman 1990). De tabellen zijn toepasbaar op vlakken van de bodem/grondwatertrappenkaart.

De HELP-tabellen, zowel de oorspronkelijke, als de herziene, zijn nadrukkelijk niet ontwikkeld en geschikt voor schadebepalingen als gevolg van permanente grondwateronttrekkingen (Van Bakel et al. 2005). Hiervoor zijn de TCGB-tabellen ontwikkeld. De HELP-tabellen zijn derhalve niet van belang voor de drinkwaterbedrijven.

2.2 Kritiek

Er wordt al wel gesuggereerd (Hack-Ten Broeke et al. 2010) dat simulaties met het meer recente onverzadigde zone model (Meta)SWAP hele andere resultaten op zouden leveren dan simulaties met MUST en LAMOS. MUST en LAMOS blijken de evapotranspiratie systematisch te onderschatten door een te eenvoudige beschrijving van de fysische processen (Hack-Ten Broeke et al. 2010). Hierdoor wordt wellicht ook de transpiratiereductie onjuist berekend. Omdat de relatieve gewasopbrengst (Y_a/Y_p) recht evenredig is aan de relatieve transpiratie (T_a/T_p) ($Y_a/Y_p \approx T_a/T_p$; De Wit (1958)) is het van belang de transpiratiereductie betrouwbaar vast te stellen.

Een niet-stationair en ruimtelijk gedetailleerder model als SWAP (Van Dam et al. 2008) geeft een realistischer beeld van de drukhoogte en vochtgehalten in de wortelzone en daarmee ook in de berekende transpiratiereducties. Omdat opbrengstdepressies in de TCGB-methode worden berekend aan de hand van deze transpiratiereducties, is dit een cruciaal aspect om te komen tot betrouwbare tabellen.

De TCGB -tabellen zijn ongeschikt voor het berekenen van schades in extreme weersituaties, omdat de tabellen gebaseerd zijn op berekeningen op decadebasis (tijdstappen van 10 dagen). Voor meer extreme weersituaties zal minimaal op dagbasis gerekend moeten worden, zodat pieken niet afgevlakt worden (Hack-Ten Broeke et al. 2010). Het rekenen op dagbasis is vooral van belang voor natschade. Voor droogteschade is decadebasis waarschijnlijk afdoende (Hooghart 1984).

De percentages opbrengstderving door vochttekort in de TCGB-tabellen zijn berekend met neerslag- en verdampingsgegevens van De Bilt over de periode 1911-1986. Er wordt gesuggereerd dat de TCGB-tabellen niet meer voldoen vanwege het gebruik van te oude meetgegevens (Hack-Ten Broeke et al. 2010). De periode 1911-1986 is aan de hand van de maximale toename van het potentiële verdampingsoverschot in het groeiseizoen (1 april – 1 oktober), omgezet in zogenaamde % droogtegraadjaren. Per jaar kan de droogtegraad worden bepaald met de periode 1911-1986 als referentie. Nadeel hiervan is dat het groeiseizoen vastgelegd is, terwijl deze zal verschuiven door hogere temperaturen ten gevolge van klimaatverandering. Bovendien is door het veranderende klimaat met een veranderend neerslagpatroon (meer intensieve neerslag en langdurig droge perioden) de referentieperiode waarschijnlijk niet meer geschikt.

De landbouwsector bekritiseert de TCGB- en HELP-tabellen, omdat geen rekening wordt gehouden met de bedrijfsvoering. Een vernieuwde methode zal volgens de sector daarmee rekening moeten houden.

Samenvattend kunnen we vaststellen dat de TCGB-tabellen (evenals de HELP-tabellen):

- i) gebaseerd zijn op simulaties met inmiddels verouderde modellen waarbij vraagtekens gezet worden bij de juistheid waarmee evapotranspiratie en transpiratiereductie zijn berekend;
- ii) gebaseerd zijn op verouderde meteorologische gegevens;
- iii) de bedrijfsvoering niet in beschouwing nemen;
- iv) in hun huidige vorm niet toepasbaar zijn om droogte- en natschade in de landbouw te berekenen onder het klimaat van de (nabije) toekomst.

2.3 Ontwikkelingen bij CDG en Stowa

Zowel bij STOWA als bij de CDG is men zich bewust van de kritiek op de HELP- en TCGB-tabellen. STOWA probeert partijen samen te brengen om de HELP-tabellen in Waternood te moderniseren. Ook de CDG voorziet in haar jaarverslag van 2009 al een ontwikkelingstraject voor de TCGB- en HELP-tabellen waarbij belanghebbende partijen de handen ineen slaan.

Visie van CDG (bron: jaarverslag CDG 2009)

In de vorm van een zogeheten 'helpdesk-vraag' aan WUR hebben DLG (mede als voerder van het secretariaat van de CDG) en de directie Kennis & Innovatie van het ministerie van LNV in 2009 verzocht de wensen en mogelijkheden te inventariseren om de huidige TCGB- en HELP-tabellen aan te passen of te vervangen door een andere berekeningswijze. Ten behoeve van de beantwoording van deze helpdeskvraag heeft WUR in september 2009 een workshop georganiseerd om kritiek op en wensen en verwachtingen voor aanpassing of vervanging van de tabellen breed te inventariseren. Ook bood de workshop de deelnemers de gelegenheid te wijzen op positieve aspecten van de tabellen. Na afloop van de workshop heeft WUR een projectteam samengesteld dat de mogelijkheden voor verbetering of aanpassing van de tabellen in een notitie zal uitwerken. De inhoud van deze notitie zal in 2010 uitgangspunt zijn voor onderling overleg tussen de partijen die gebruik maken van de TCGB- en HELP-tabellen. Dit

overleg moet leiden tot afspraken over het opvolgen van adviezen van WUR en de financiering hiervan. Het laat zich aanzien dat dit de start zal zijn van een meerjarig, kostbaar ontwikkelingsproject. Voor de financiering hiervan is het allicht noodzakelijk dat een aantal belanghebbende partijen de handen ineen slaat.

Agrohydrologische onderbouwing TCGB-tabellen toetsen

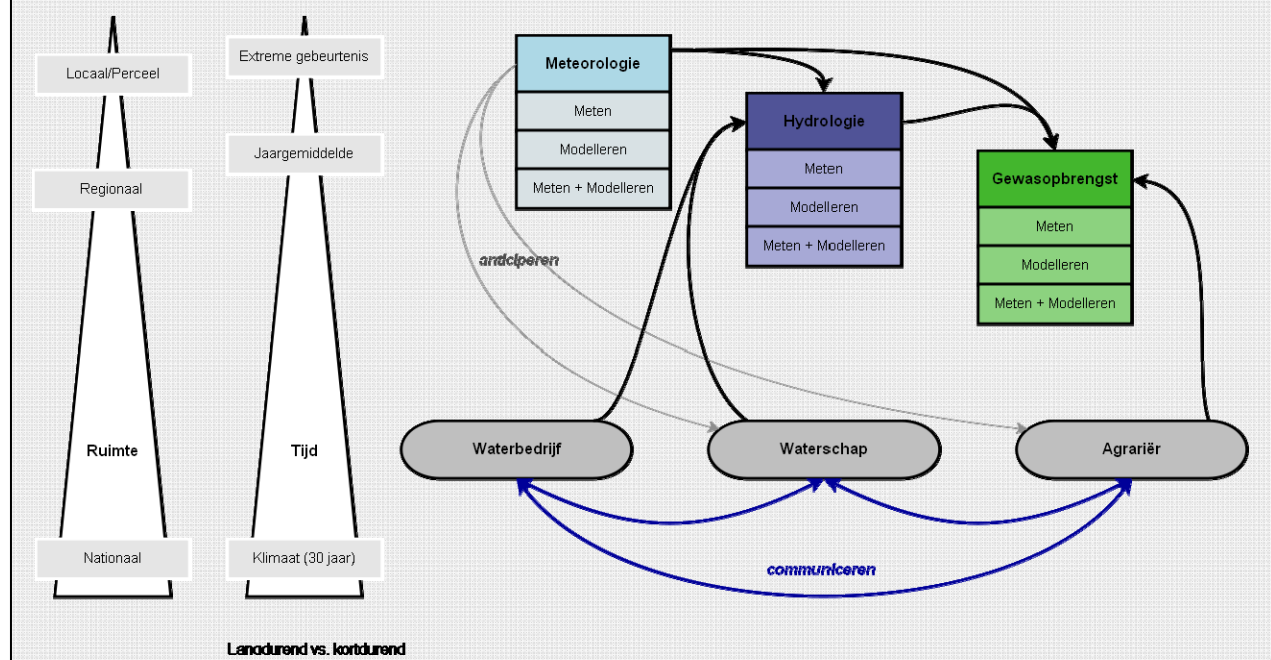
Voor de CDG betekent dit dat zij voorlopig nog zal zijn aangewezen op de huidige TCGB-tabellen. De commissie is vooruitlopend op een eventuele uitgebreidere studie die zou moeten resulteren in een nieuwe of aangepaste berekeningsmethodiek voor de landbouwschade geïntereiseerd in hoeverre de huidige methode met TCGB-tabellen tot resultaten leidt voor vaststelling van landbouwschade door grondwateronttrekking die afwijken van met nieuwe technieken berekende schade. De commissie hoopt inzicht hierin te krijgen door huidige, nu beschikbare methoden met elkaar te laten vergelijken.

3 Schaderegeling komende 30 jaar (2011-2040)

Kader: Ambitie

Een moderne aanpak landbouwschade moet erop gericht zijn om waterbeherende instanties te stimuleren het watersysteem zo in te richten dat landbouwschade kan worden voorkomen. Daarnaast bestaan er technieken om de effecten op verschillende belangen te monitoren waardoor een meer realistisch beeld kan worden gegeven van de werkelijke schade, zowel droogte- als natschade. Het operationele waterbeheer moet kunnen anticiperen op mogelijke problemen en zo schades minimaliseren.

In een moderne en reële benadering van landbouwschade is het waterbedrijf verantwoordelijk voor 1) de kosten die voortvloeien uit compenserende aanpassingen in beheer en inrichting en 2) de door de winning veroorzaakte schade die na deze compenserende aanpassingen eventueel nog resteert.



3.1 Uitgangspunten

Hoofdaanname: In een moderne en reële benadering van landbouwschade is het waterbedrijf verantwoordelijk voor 1) de kosten die voortvloeien uit compenserende aanpassingen in beheer en inrichting en 2) de door de winning veroorzaakte schade die na deze compenserende aanpassingen eventueel nog resteert. Het door het waterbedrijf (online) bijsturen van winningen om landbouwschade te voorkomen is niet mogelijk en zal in de toekomst ook niet mogelijk zijn. Daarvoor zal landbouwschade altijd te weinig prioriteit hebben. Allereerst zorgt men namelijk voor voldoende drinkwater, dan voorkomt men schade in bebouwd gebied en als laatste beschouwt men schade in de landbouw.

De volgende uitgangspunten sluiten aan bij / zijn een gevolg van deze hoofdaanname:

- Het waterbedrijf compenseert voor maatregelen (in beheer of inrichting) die schade beperken. Denk hierbij aan beregening of de aanleg van Klimaat Adaptieve Drainage. Echter, in de regel zijn de opbrengsten na realisatie van die maatregel, zeker bij beregening, hoger dan voor de winning maar zonder de maatregel. Deze meeropbrengst wordt verrekend doordat het waterbedrijf niet alle kosten van de mitigerende maatregel vergoedt maar een fractie die is afgeleid van de

verhouding schade zonder winning en zonder maatregel en schade met winning zonder maatregel.

- Bij de schade moet onderscheid gemaakt tussen (1) investeringskosten (voor bijvoorbeeld een stuw), (2) jaarlijks terugkerende kosten ter vermijding van schade (door bijv. toegenomen beregening) en (3) jaarlijkse schade door toegenomen opbrengstderving. Die investeringskosten (ad 1) hebben een afschrijftermijn van bijvoorbeeld 20 jaar, tegen een vastgestelde discontovoet. De waterbedrijven mogen er in de schaderegeling vanuit gaan dat de som van de drie posten (uitgedrukt in euro/jaar) wordt geminimaliseerd, anders is er geen sprake van een efficiënte agrarische bedrijfsvoering. Dus een optimale bedrijfsvoering dient de grondslag voor de regeling te zijn en de investeringspost vervalt na een bepaalde periode (bijvoorbeeld 20 jaar).
- Een waterbedrijf kan niet on line bijsturen op het voorkómen van landbouwschade. Zorg voor voldoende drinkwater en beperken schade in bebouwd gebied heeft prioriteit boven landbouwschade.
- Schade wordt altijd met een model berekend en wordt niet uitsluitend afgeleid uit Remote Sensing beelden of veldmetingen. Modellen zijn nodig om de invloed van de winning op de opbrengstdepressie te bepalen.
- Elke frequentie kan toegepast worden: jaarlijks, vijfjaarlijks, klimaatgemiddeld.
- Een moderne methode voor landbouwschade is klimaatrobuust.
- Schaderegeling is bedoeld voor bestaande winningen, niet voor de planning van een nieuwe winning.

Om schade aan de landbouw te kunnen koppelen aan een of andere ingreep is het noodzakelijk dat er een oorzakelijk verband is te geven tussen de ingreep (in ons geval de grondwaterwinning) en het gevolg (de verandering in droogte- en natschade). Dit verband kan worden gelegd met:

- een geïntegreerd hydrologisch model zoals NHI en regionale varianten, voor de directe droogte- en natschade;
- een hydrologisch model gecombineerd met een metamodel van de relatie tussen een grondwaterstandstand(skarakteristiek) en de directe droogte- en natschade (bijv. de HELP-tabel);
- een hydrologisch model gecombineerd met een experttabel van de relatie tussen een grondwaterstand(skarakteristiek) en de indirecte droogte- en natschade (bijv. de HELP-tabel);
- een tijdreeksanalysemodel zoals Menyanthes, toegepast op grondwaterstanden en stijghoogtes, waarbij het signaal (de grondwaterwinning) moet kunnen worden onderscheiden van de ruis (de wisselende weersomstandigheden), gecombineerd met een metamodel of experttabel voor de relatie tussen grondwaterstand(skarakteristiek) en nat- en droogteschade;
- veldmetingen van de verdamping (en gewasgroei), meestal m.b.v. remote sensing;
- een combinatie van metingen en modellering.

De tot nu toe meest gebruikelijke methode is de schade te koppelen aan de verandering van een of andere grondwaterstandskarakteristiek. Deze verandering op zijn beurt wordt berekend met een regionaal hydrologisch model, een tijdreeksmodel of uit metingen. Ook in de hier gepresenteerde visies vormen hydrologische modellen de basis voor de schadeberekening, om zo de invloed van de winning op de schade te kunnen kwantificeren.

3.2 Visie

3.2.1 Algemeen

De opgestelde visie omvat een viertal varianten in het spectrum van 'Quick win' tot 'Ambitieuus'. De linkerkant ('Quick win') omvat een eerste stap die gezet kan/moet worden, gebruik makend van en meeliftend op actuele ontwikkelingen en technieken. De rechterkant van het spectrum ('Ambitieuus') is een reële, ambitieuze visie, die anticipeert op actuele en toekomstige ontwikkelingen in berekeningsmethoden en waterhuishoudkundige en landbouwkundige technieken.

Linkerkant spectrum 'Quick win'

Aan de linkerkant van het spectrum wordt, net als in de huidige regelingen, geen rekening gehouden met compenserende maatregelen in het waterbeheer door de waterschappen en agrariërs. Wel worden al belangrijke verbeteringen ten opzichte van de huidige methodes voor de bepaling van landbouwschade doorgevoerd. Zo wordt er gewerkt met niet-stationaire verzadigde zone modellen voor de berekening van grondwaterstanden (GxG's) en wordt gebruikt gemaakt van actuele methodes voor de vertaling van grondwaterstanden naar directe droogte- en natschade (verbeterde HELP-tabel of verbeterde CDG-tabel). Voor de indirecte schades (bijvoorbeeld extra herinzaai door afsterven van de graszode) worden expertisetabellen gebruikt, bijgewerkt naar de meest actuele inzichten. Er wordt gewerkt met GHG en GLG als invoer; er worden langjarig gemiddelde schades berekend; elk jaar wordt eenzelfde bedrag uitgekeerd.

De 'Grotentraastregel' voor natschade wordt afgeschaft. De Grotentraastregel houdt in dat de vermindering van de berekende natschade als gevolg van grondwateronttrekkingen maar voor 10 à 20% wordt meegeteld. De redenering achter de regel was dat het voor agrariërs in een situatie zonder winning veel kostenefficiënter is maatregelen te nemen om de natschade te verminderen dan de schade te laten bestaan. Maar als de verlagingsberekening is gebaseerd is op een verschil in berekende grondwaterstand zonder en met winning worden in de situatie zonder winning deze maatregelen al in het model ingevoerd.

Verbeterde HELP/CDG-tabel: SWAP met zuurstofmodule van Bartholomeus et al. (2008) wordt gebruikt om een metamodel af te leiden voor de directe effecten van droogteschade en natschade gedurende het groeiseizoen. Het initiatief hiervoor ligt bij STOWA/CDG/EL&I en geven we hier de werknaam 'HELP-2012'. Deze tabellen vervangen zowel de HELP- als de TCGB-tabellen, waardoor er een eenduidige systematiek ontstaat.

Een andere methode is de doorvertaling van grondwaterstandsverlaging op opbrengstreductie niet te baseren op een metamodel (zoals HELP20xx), maar de schadefunctie af te leiden uit veldwaarnemingen. Uit veldwaarnemingen volgen zo empirische relaties tussen grondwaterstand en gewasopbrengst. Echter, zulke empirische relaties zijn per definitie alleen geldig voor de periode en plaats waarvoor deze zijn afgeleid en zijn daarom dus ook niet klimaatrobust. Wel kan deze kennis complementair zijn aan modellen, door deze te parametriseren, te toetsen en te verbeteren (zie hiervoor "Polyfactorenanalyse en statistiek" onder het kopje Metingen in paragraaf 3.2.2.2). Om het belang van metingen aan te geven wordt deze veldkennis als 'Complementair' aan alle visies aangegeven.

Indirecte droogteschade wordt bepaald met een metamodel en indirecte natschade wordt afgeleid uit expertise. Er is geen koppeling verdamping-gewasgroei (WOFOST), maar uitsluitend de opgelegde gewasfuncties in SWAP worden gebruikt.

Tussenvarianten

Tussen 'Quick-win' en 'Ambitieuus' zit een tweetal tussenoplossingen. Wellicht moet elk van deze stappen gezet worden om uiteindelijk de 'Ambities'-variant waar te maken. De stapsgewijze invulling van de visies van 'Quick-win' naar 'Ambitieuus' geeft inzicht in een mogelijk vernieuwingsproces waarbij waterbedrijven gezamenlijk één weg bewandelen, waarbij fasering tempoverschillen mogelijk maakt.

Rechterkant spectrum: 'Ambitieu'

Aan de rechterkant van het spectrum wordt de invloed van een drinkwaterwinning op reductie in gewasopbrengst bepaald via het modelmatig vaststellen van een Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR) voor de situatie mét winning (GGOR_M), en voor de situatie zónder winning (GGOR_Z). Via een zogenaamd Decision Support System (DSS, gelijk voor waterschap en agrariërs) wordt voor beide situaties het waterbeheer in een gebied optimaal ingericht, ofwel GGOR_Z en GGOR_M worden vastgesteld. De schade voor agrariërs is het verschil in landbouwopbrengsten GGOR_Z minus GGOR_M plus eenmalige kosten voor inrichting ander peilbeheer (af te schrijven in een bepaalde termijn) en eventueel extra berekening (indien al wordt berekend). Het GGOR_M en het DSS worden in de praktijk gerealiseerd.

Door deze GGOR-procedure wordt een realistisch beeld gegeven van de werkelijke schade die veroorzaakt wordt door de winning en die niet door compenserende maatregelen kan worden voorkomen. Door uitvoering van de GGOR kunnen waterbeherende instanties het waterbeheer actief sturen.

Per jaar kunnen GGOR_M en GGOR_Z bepaald worden; meer realistisch is wellicht elke vijf jaar. Zo leert men van het verleden en worden nieuwe regelingen steeds naar de meest recente inzichten en gegevens opgesteld.

Aan de rechterkant van het spectrum kan worden gewerkt met dynamische hydrologische modellen, inclusief een optimale koppeling tussen verzadigd grondwater, onverzadigde zone en gewasgroei ('NHI-regionaal'). Deze modellen worden optimaal gevoed door vlakdekkende gegevens verkregen met Remote Sensing. Gewasgroei omvat de wisselwerking tussen bodemfysische (beschikbaarheid van water- en zuurstof) en plantfysiologische processen (vraag naar water- en zuurstof). Als de beschikbaarheid van water en zuurstof onvoldoende is om aan de vraag van gewassen te voldoen, wordt gewasgroei beperkt en is sprake van directe droogte- en/of natschade. Indirecte droogte- en natschade, bijvoorbeeld door structuurbederf of een te koude bodem in het voorjaar door te natte omstandigheden, en bedrijfsvoering, zit niet in de gewasgroeimodule verwerkt, maar is een nabewerking van de hydrologische modellering.

Directe droogteschade en natschade tijdens het groeiseizoen volgt uit het model NHI-regionaal inclusief koppeling gewasgroei (WOFOST). Er wordt optimaal gebruik gemaakt van Remote Sensing en veldmetingen van grondwaterstanden en bodemvocht (bijv. DACOM). Indirecte natschade buiten het groeiseizoen volgt uit de herziene natschadetabel (koppeling aan grondwaterstandsverloop).

3.2.2 Invulling visie op basis van (model)onderdelen

3.2.2.1 Grondwater/bodemvocht (hydrologie)

Hydrologische modellering. Stapsgewijs: dynamisch hydrologisch model + onverzadigde zone + gewasgroeimodel

De kracht van hydrologische modellen is dat er scenario-analyses mee kunnen worden uitgevoerd, die inzicht geven in de reactie van het hydrologische systeem op veranderingen die invloed hebben op het hydrologische systeem, zoals het aan- en uitzetten of verhogen en verlagen van drinkwateronttrekkingen. Hoe betrouwbaar de uitkomsten zijn, hangt af van de betrouwbaarheid van de modellen.

In de huidige situatie is er een diversiteit aan typen modellen die gebruikt worden voor het bepalen van de effecten van een winning op de grondwaterstanden en landbouwschade. Om te komen tot een breed geaccepteerde methode voor het bepalen van schade, is het van belang om enige uniformering in de gebruikte hydrologische modellen aan te brengen.

In tegenstelling tot sommige modellen waarop huidige regelingen gebaseerd zijn, worden nieuwe regelingen uitsluitend gebaseerd op gekalibreerde niet-stationaire modellen voor de verzadigde én de onverzadigde zone. Zulke modellen zijn veelal al beschikbaar of kunnen met de huidige kennis en technieken worden gebouwd. Het verbeteren van de verzadigde zone modellen is dan ook de eerste stap

die gezet moet worden. Hiermee worden dagwaarden van grondwaterstanden en GxG-waarden berekend.

Het is van belang dat de hydrologische processen in de onverzadigde zone worden meegenomen in de hydrologische modellering. Het zijn immers de processen in deze toplaag die bijvoorbeeld de actuele verdamping en hiermee de grondwateraanvulling bepalen. Daarom dient de invloed van een onttrekking op de grondwaterstand te worden bepaald met niet-stationaire modellen voor zowel de verzadigde als de onverzadigde zone. Het koppelen van verzadigde en onverzadigde zone modellen is reeds mogelijk en wordt al toegepast in bijvoorbeeld het NHI (zie bijlage I) (MODFLOW-MetaSWAP) en MIPWA (MODFLOW-CAPSIM). Belangrijke verbeteringen hiervan ten opzichte van uitsluitend het gebruik van een verzadigd grondwater model is dat de actuele verdamping, grondwateraanvulling, capillaire opstijging, vochtgehalte in de wortelzone en bodemtemperatuur kunnen worden bepaald. De wisselwerking tussen bodem, plant en atmosfeer wordt door een model voor de onverzadigde zone in beschouwing genomen; een stap die onontbeerlijk is voor een robuuste hydrologische modellering. Voor steeds meer regio's is een gekoppeld verzadigde-onverzadigde zone model al beschikbaar, voor de andere regio's moet deze ontwikkeld worden.

Gewasgroei wordt in zulke gekoppelde modellen niet expliciet gesimuleerd, maar gewaseigenschappen worden opgelegd aan het onverzadigde zone model. Afhankelijk van de atmosferische en hydrologische omstandigheden zou dit modelgewas schade ondervinden. Ook de wisselwerking met de vochtcondities in de onverzadigde zone en grondwaterstanden worden dus beïnvloed door de opgelegde gewaseigenschappen (zogenaamde 'crop-files' van SWAP (zie bijlage I), zoals gebruikt in het NHI, met daarin als functie van tijd de bodembedekking, LAI en hoogte). De stress die een gewas ondervindt beïnvloedt dus de hydrologische condities (bodemvocht en grondwaterstand), maar heeft geen gevolg voor de fysieke (lees verdampings-) eigenschappen van het gewas.

Een volgende stap is om een gewasgroeimodel te koppelen aan het onverzadigde zone model. Hiermee kan de wisselwerking tussen bodem-water-plant-atmosfeer dynamisch berekend worden. Ook de gewasgroei wordt dus niet opgelegd, maar expliciet gemodelleerd. Dit geeft een realistischer beeld van de effecten van het gewas op de bodemvochtcondities en grondwaterstanden; de vegetatie wordt immers dynamisch beschreven. Voor de hand ligt het om het gewasmodel WOFOST (zie bijlage I) te gebruiken. WOFOST wordt/is gekoppeld aan MetaSWAP en zal worden gebruikt in het NHI. Verwacht mag worden dat ook in regionale modellen deze methodes toegepast gaan worden en zo de wisselwerking in de fysische en fysiologische processen in het bodem-water-plant-atmosfeer systeem in beschouwing zullen nemen. In het stroomgebied van de Baakse beek gebeurt dat al (NMDC project).

Wel zullen daar nog de nodige verbeteringen voor moeten worden doorgevoerd. De relatie tussen zuurstofstress en opbrengstdepressie zit bijvoorbeeld nog niet goed in WOFOST verwerkt. Hiervoor wordt nog gebruik gemaakt van de Feddes-functie (Bartholomeus et al. 2008). Ook wordt het zuurstofverbruik voor respiratie van een plant niet rechtstreeks gemodelleerd, maar is de respiratie een gevolg van de assimilatie en dus biomassa van een plant. Het zou een verbetering van WOFOST zijn om een reductie van de respiratie door onvoldoende zuurstof in de onverzadigde zone van invloed te laten zijn op de groei-respiratie en zo op de assimilatie. Respiratie is namelijk sterk temperatuurafhankelijk, en temperatuur bepaalt hiermee ook de afhankelijkheid van de hoeveelheid zuurstof in de wortelzone. Kennis die voor HELP-2012 ontwikkeld wordt, kan worden gebruikt om WOFOST met daarin de module voor zuurstofstress, te parametriseren.

Inzet tijdreeksmodellen

Ook met tijdreeksmodellen, zoals Menyanthes, kan het effect van een huidige waterwinning op de grondwaterstand worden geanalyseerd mits er voldoende 'signaal' in de winning zit (d.w.z. voldoende variatie in onttrokken debiet). Een statistisch model wordt gefit op gemeten grondwaterstanden, met neerslag, referentiegewasverdamping en onttrekkingsgegevens als verklarende variabelen. Vervolgens worden grondwaterstanden met de verkregen impulsrespons-functie gesimuleerd met neerslag en verdamping als invoer, maar zonder waterwinning. Zo wordt de invloed van de onttrekking op grondwaterstanden bepaald.

Nadeel van statistische modellen, zoals tijdreeksmodellering, is dat met niet-lineariteiten maar beperkt rekening kan worden gehouden. Overigens geldt dit ook voor niet-stationaire grondwatermodellen zonder module voor de onverzadigde zone.

Wel kunnen tijdreeksmodellen worden gebruikt als aanvulling op de hiervoor beschreven (numerieke) modellen. Zo kan uit tijdreeksanalyse van peilbuizen in een gebied de ruimtelijke verspreiding van de invloed van een onttrekking afgeleid worden. De invloed van een onttrekking zoals die wordt afgeleid uit gemeten grondwaterstanden in een gebied, moet gelijk zijn aan die van een numeriek grondwatermodel. Zo kan een (vlakdekkend) tijdreeksmodel bijdragen aan de parametrisatie en kalibratie van numerieke hydrologische modellen.

Behoefte en beschikbaarheid van Remote Sensing data en on line veldmetingen voor parametrisatie en actualisatie van hydrologische modellen (verzadigde zone + onverzadigde zone + gewasgroei)

Voor de toekomst verwachten we dat hydrologische modellen verder worden verbeterd door data-assimilatie. Dit kost inspanning, maar de kennis van het systeem neemt er door toe. Hiertoe worden modellen gevoed met een combinatie van Remote Sensing beelden en veldmetingen. Dit alles is erop gericht om de hydrologische modellen zo goed mogelijk te maken en actueel te houden. Een schaderegeling heeft daarom in de toekomst niet meer op een verouderd model gebaseerd te zijn, maar bijvoorbeeld op modellen die elke 5 á 10 jaar naar de meest recente hydrologische gegevens en inzichten worden bijgesteld.

Remote sensing data en online veldmetingen kunnen op de volgende aspecten bijdragen aan verbetering van de modellen:

- grondgebruik en gewassenmerken;
- neerslag;
- verdamping;
- bodemvochtgehalten;
- biomassaproductie.

Voor de bepaling van natschade zijn gegevens over neerslag en temperatuur nodig. Voor bepaling van droogteschade zijn gegevens over potentiële en actuele verdamping nodig.

Grondgebruik en gewassenmerken op basis van remote sensing

De kwaliteit en actualiteit van grondgebruik en gewasgegevens in modellen kan worden verbeterd. Op basis van Remote Sensing beelden, Landgebruikskartering Nederland (LGN) en De BasisRegistratie percelen-bestand (BRP) kunnen jaarlijks het grondgebruik en gewassenmerken worden bepaald en verwerkt in de modellen.

Neerslag op basis van remote sensing

In de huidige modellen is neerslag een opgelegde randvoorwaarde. Neerslag wordt veelal bepaald op basis van metingen met de regenmeters van het KNMI. Figuur 2 toont dit neerslagnetwerk. Het bestaat uit circa 32 automatische weerstations (AWS, linksboven) die elke 10 minuten de neerslaghoeveelheid meten en circa 330 neerslagstations (STN, rechtsonder), waar elke 24 uur de neerslag wordt afgetapt. In niet stationaire hydrologische modellen wordt neerslag veelal ingevoerd met tijdstappen van 1 dag of 1 decade. Daarbij wordt binnen het KNMI netwerk geïnterpoleerd met bv. Thiessen-polygoonen. De beschikbaarheid van gegevens is de laatste jaren sterk verbeterd dankzij de internet-infrastructuur van het KNMI: de metingen van de automatische stations zijn binnen 24 uur gratis beschikbaar, die van de neerslagstations binnen 10 dagen.

Daarnaast levert het KNMI neerslaghoeveelheden op basis van metingen met de regenradar. In Nederland staan 2 radars waarvan het KNMI eigenaar is, in Den Helder en in De Bilt (zie ook Figuur 2). Gegevens op basis van de regenradar hebben als voordeel dat ze een hogere ruimtelijke en temporele resolutie hebben. Ze worden geleverd in grids met een resolutie van 1x1 km² en een hoge frequentie (1/5 minuten, 1/uur 1/3uur en 1/dag). Meer informatie is te vinden in Bijlage I.



Figuur 2: Neerslagnetwerk van het KNMI. Linksboven de automatische weerstations (AWS: elke 10 minuten neerslagmeting). In het grote plaatje de neerslagstations (STN: elke 24 uur neerslagmeting). In beide plaatjes zijn de twee KNMI C-band radars weergegeven (De Bilt en Den Helder). Bron: Schuurmans (2008)

Verdamping op basis van remote sensing

In hydrologische modellen wordt veelal de potentiële referentiegrasverdamming (Makkink) als randvoorwaarde opgelegd. Vervolgens wordt op basis van berekende beschikbaarheid van vocht in de wortelzone en van gewasafhankelijke factoren de actuele verdamping berekend. Als er door droogte een verschil is tussen potentiële en actuele transpiratie, is er sprake van verminderde gewasopbrengsten en dus van schade.

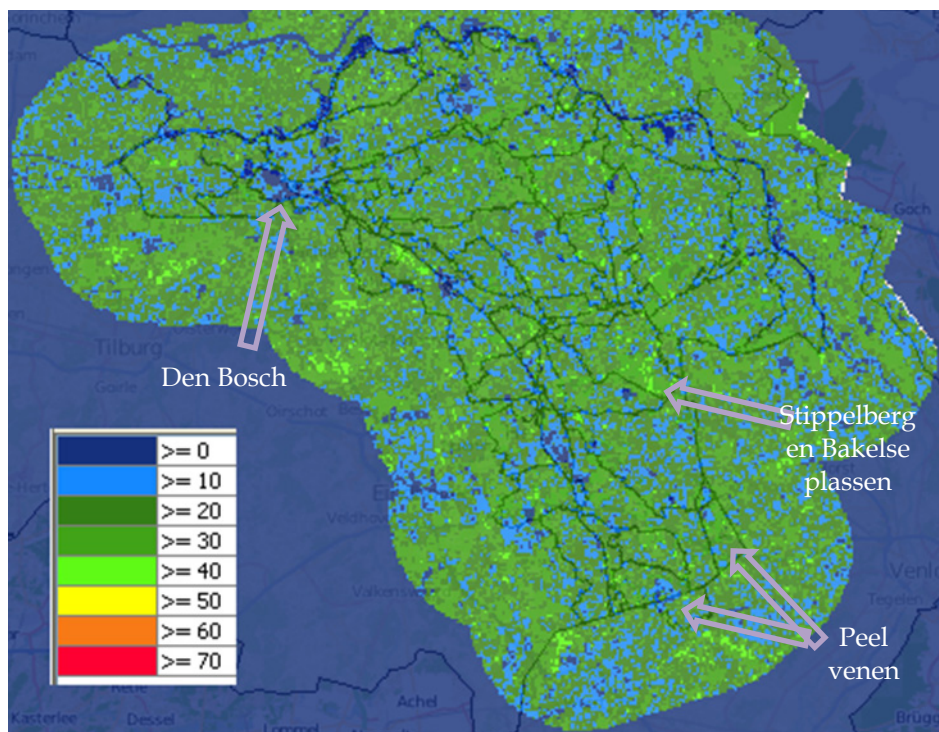
De actuele transpiratie is dus enerzijds een modelresultaat dat bepaalt hoe groot de (berekende) landbouwschade is. Anderzijds is actuele verdamping een grootheid die kan worden gemeten of uit metingen kan worden afgeleid. Het verbeteren van de overeenkomst tussen model en metingen door modelkalibratie levert daarmee een betrouwbaarder landbouwschade op.

Voor het meten van actuele verdamping bestaan diverse methoden. Metingen zijn altijd indirect, met uitzondering van lysimeters. Een verhandeling hierover is te vinden in het STOWA rapport uit 2009 "Verbetering bepaling actuele verdamping voor het strategisch waterbeheer: definitiestudie" (Droogers 2009). Dit rapport geeft een goed overzicht van de verschillende meetmethoden met daarbij de voor- en nadelen. Een aanbeveling die daar in staat voor de korte termijn is het gebruik van remote sensing gegevens, onder andere omdat het meer dan andere technieken de ruimtelijke variabiliteit van verdamping in beeld brengt.

De methoden om verdamping te bepalen op basis van stralingsmetingen met satellieten gecombineerd met grondmetingen zijn uitgebreid beschreven in het in opdracht van Stowa opgestelde rapport "Penman-Monteith referentieverdamping: inventarisatie beschikbaarheid en mogelijkheden tot regionalisatie" (Schuurmans & Droogers 2010). De grond- en satellietmetingen kunnen door middel van ruimtelijke en temporele interpolatie worden gebruikt om gebiedsdekkende beelden van potentiële, actuele en referentieverdamping te maken. Meer informatie is te vinden in Bijlage I.

De volgende partijen bieden op dit moment dergelijke producten aan:

- Meteoconsult
- Ears
- WaterWatch



Figuur 3: Cumulatief verdampingstekort (potentiele minus actuele verdamping) van 1 april tot 1 juni 2011 (screenshot FEWS Aa en Maas).

Sinds dit jaar zijn er 6 waterschappen die hebben besloten om data van WaterWatch aan te schaffen. Zij krijgen daardoor gedurende het groeiseizoen dagelijks vlakdekkende beelden geleverd van de actuele verdamping, het verdampingstekort (Figuur 3) en de biomassa-productie. De gegevens zijn een gecombineerd product van de algoritmes SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) en MeteoLook (ruimtelijk fysisch gebaseerd interpolatie-algoritme voor meteorologische data).

De toegevoegde waarde van de Remote Sensing is met name dat het een beeld geeft van de ruimtelijke verdeling van de verdamping gedurende het gehele jaar. Daarnaast is de toegevoegde waarde groot in tijden van droogte wanneer er verdampingstekort optreedt.

Het transpiratiestekort is een maat voor de landbouwschade. Tools om transpiratiestekort om te zetten in kaartbeelden van landbouwschade in termen van reductie van biomassa-productie (kg/ha) of financiële schade (€/ha) zijn er nog niet, omdat daarvoor meer gewasgegevens en ook marktwwaarden van landbouwgewassen nodig zijn. Bij hydrologische modellen als het NHI vinden dergelijke bewerkingen al plaats.

De nauwkeurigheid kan worden verbeterd door beter inzicht in de betrouwbaarheid per bodemtype en gewasstype (bijvoorbeeld door vergelijking met hydrologisch modellen) en door het meenemen van lokale metingen van bijvoorbeeld bodemvocht (ground truth, zie hieronder).

Bodemvocht op basis van remote sensing en on line metingen

Bodemvochtgehalten kunnen in principe uit remote sensing beelden worden bepaald. Bij bodemvochtgehalten is het belangrijk om na te gaan wat er precies bedoeld wordt. Gaat het bijvoorbeeld om het bovenste grondlaagje (5 cm), of over het gemiddelde van de wortelzone die per gewas en per

stadium van het gewas verschilt? Een bovenste bodemlaagje kan uitgedroogd zijn. Een gewas dat diep wortelt zal daar geen stress van ondervinden, maar een grasgewas dat ondiep wortelt wel.

Veel agrariërs maken gebruik van bodemvochtmeters die op verschillende diepten het bodemvochtgehalte bepalen. Daarbij maken ze gebruik van producten van leveranciers als Dacom, Waterwatch, Opticrop en Agrarische Unie. Door combinatie van lokale veldmetingen, gewasgegevens, remote sensing gegevens en software (de DLV Beregeningsplanner) worden op perceelsniveau beregeningsadviezen gegeven, waarmee de productie wordt geoptimaliseerd en onnodige beregening wordt voorkomen.



Figuur 4: Equipement voor veldmetingen door agrariërs (regenmeters, bodemvochtmeters). Bron: www.dacom.nl

Het gebruik van deze systemen neemt toe. Dit biedt kansen om de kwaliteit van de remote sensing beelden te vergroten en hydrologische modellen beter te kalibreren.

Ten aanzien van de landbouwschade veroorzaakt door grondwaterwinningen en de droogteschaderegelingen van Vitens en Brabant Water bieden deze systemen ook mogelijkheden om agrariërs te helpen droogteschade te reduceren en schadebedragen vast te stellen die niet meer alleen op basis van modellen zijn bepaald, maar ook op basis van metingen. Dit kan wellicht helpen om het draagvlak voor schaderegelingen te vergroten.

Het blijft uiteraard zo dat de schade als gevolg van een grondwaterwinning niet kan worden gemeten, omdat het gaat om het verschil met landbouwopbrengsten die er zouden zijn als er geen grondwaterwinning was

(Meta)modellen

Directe effecten onttrekking: droogte- en natschade

De berekening van nat- en droogteschade met behulp van de TCGB-tabellen en de HELP-tabellen is om meerdere redenen niet meer van deze tijd. Er hebben sinds het uitkomen de nodige ontwikkelingen in kennis en modelleertechniek plaatsgevonden die het mogelijk maken een actualisering uit te voeren. Zo kan ervoor gezorgd worden dat de komende jaren gewerkt wordt met een methode die bij de tijd is, en dat we niet doorgaan met de huidige tabellen die aantoonbare tekortkomingen bevatten en waarvan de onderliggende kennis niet reproduceerbaar is. Door het invoeren van actuele kennis en technieken is het mogelijk de bepaling van zowel droogte- als natschade geschikt te maken voor hedendaagse toepassingen, én die van de toekomst.

In een eerste verbeterstap wordt de vertaling van grondwaterstanden naar gewasschade gedaan via geactualiseerde HELP-tabellen of een zogenaamd metamodel. Directe droogteschade op punt/lokale schaal kan met de huidige simulatiemodellen zoals SWAP goed worden berekend. Voor de effecten van droogteschade wordt de standaard reductiefunctie voor wateropname door de wortels gebruikt (Feddes et al. 1978). Dit levert per afzonderlijk jaar de droogteschade. Er is dus geen noodzaak meer de droogteschade in een metamodel om te zetten, al is dat wel gewenst zolang in de hydrologische modellering niet gewerkt wordt met een onverzadigde zone module. Door gebruik te maken van een metamodel kunnen gesimuleerde gemiddelde grondwaterstanden worden vertaald naar schade veroorzaakt door droogte. De berekening van de droogteschade met behulp van SWAP is voor meerdere gewassen uit te voeren, waarbij kan worden aangesloten op de gewasindeling en toegekende gewaseigenschappen voor het NHI.

Voor de effecten van hydrologische ingrepen op directe natschade (de plant transpireert minder, groeit minder of sterft af) zijn zowel de HELP-tabellen als (meta)SWAP en WOFOST nog niet geschikt. Toch is het belangrijk ook deze schade mee te nemen in de visieontwikkeling, zeker ook omdat waterschappen zich behalve op het voorkomen van droogteschade zich met name richten op het voorkomen van natschade. De schade aan gewassen door te natte omstandigheden kan namelijk vele malen erger zijn dan die door te droge omstandigheden. Niet voor niets heeft men lange tijd eerder te diep dan te ondiep ontwaterd. Ook heeft een waterwinning positieve effecten op het voorkómen van directe natschade; effecten waarin in een realistische benadering van landbouwschade rekening mee moet worden gehouden.

Tijdens zijn inaugurele rede in 1990 heeft prof. Feddes aangegeven dat natschade in de landbouw nog nauwelijks is onderzocht. Sindsdien zit zuurstofstress nog steeds even slecht verwerkt in zowel de HELP-tabellen als in modellen als (Meta)SWAP (Van Dam et al. 2008) en WOFOST (Van Diepen et al. 1989). Het effect van aeratie wordt in hydrologische modellen berekend met de reductiefunctie van Feddes (Feddes et al. 1978), welke transpiratiereductie geeft als functie van constante grenswaarden van bodemvochtcondities. Er is echter aangetoond dat deze functie de transpiratiereductie door anaerobe condities onderschat en geen rekening houdt met bijvoorbeeld de temperatuur. Juist de combinatie van hoge temperatuur, die de zuurstofvraag van planten verhoogt, en intensieve neerslag, die de beschikbaarheid van zuurstof verlaagt, is schadelijk voor planten en zal in de toekomst vaker voorkomen. Er is echter een model beschikbaar (Bartholomeus et al. 2008), dat transpiratiereductie door zuurstofstress als functie van vochtgehalte, temperatuur, bodemtype en planteigenschappen berekent. Dit model biedt nu kansen voor een robuuste berekening van natschade door zuurstofstress in hydrologische modellen en daaruit af te leiden metamodelen of tabellen.

Een metamodel voor de vertaling van grondwaterstanden in gewasopbrengst kan worden gebaseerd op simulaties met SWAP voor de berekening van directe effecten van droogteschade en natschade op de reductie van gewasopbrengst. Natschade door zuurstofstress kan worden gebaseerd op de zuurstofmodule van Bartholomeus et al. (2008), waarvan verwacht wordt dat deze medio 2012/2013 operationeel gemaakt is. Contacten zijn gelegd met STOWA, voor het uitvoeren van een definitiestudie voor het operationaliseren van een methode voor directe effecten van natschade. Het model van (Bartholomeus et al. 2008), dat ontwikkeld is in het kader van wetenschappelijk onderzoek en de directe

invloed van te natte omstandigheden op gewasgroei beschrijft, is niet direct in de praktijk toe te passen. Hiervoor moeten nog enkele stappen gezet worden. Door middel van een definitiestudie voor STOWA zal inzicht gegeven worden in de kansen om de berekening van zuurstofstress te operationaliseren en wordt de omvang van een mogelijk vervolgtraject inzichtelijk gemaakt. Bovendien kunnen de resultaten van de studie worden gebruikt om draagvlak te creëren en partijen te interesseren deel uit te maken van een overkoepelend vervolgtraject.

Vanzelfsprekend is ook voor een nieuwe methode een (experimentele) toetsing van de modeluitkomsten noodzakelijk. Dat kan op basis van bestaande gegevens, met 'klassieke' veldproeven maar ook met moderne technieken zoals Remote Sensing.

Het voordeel van een metamodel is dat het eenvoudig toepasbaar is, het nadeel is dat alleen langjarig gemiddelde schades worden gegeven. Het voordeel van het voorgestelde metamodel is dat de resultaten reproduceerbaar zijn, ze worden immers afgeleid uit actuele modelberekeningen, en dat ook schades in afzonderlijke jaren kunnen worden berekend. Voorwaarde is dan wel dat grondwaterstanden op dagbasis uit het hydrologische model worden geleverd.

Ook het gebruik van zogenaamde 'Duitse Methoden' wordt wel eens genoemd. De NLfB-methode is een empirische methode waarmee uitsluitend de effecten van grondwaterstandsverlaging op droogteschade bepaald kan worden. De methode Gäth rekent op basis van de benodigde capillaire nalevering vanuit het grondwater de maximale diepte van de grondwaterstand uit, waarbij voldoende water voor de planten beschikbaar is. Natschade is in beide methodes niet verwerkt (DHV_Water_BV/Rogge&Co 2003). Deze methoden zijn simplistisch ten opzichte van het model SWAP en worden niet als serieuze kandidaat gezien om SWAP en een daaruit af te leiden metamodel te overtreffen.

Enige achtergrondinformatie over de directe droogte- en natschade is gegeven in bijlage I.

Indirecte effecten onttrekking: droogte- en natschade

De reductie van de gewasverdamping door geremde opname van water door de wortels, als gevolg van te droge of te natte omstandigheden in de wortelzone, kan leiden tot verminderde gewasgroei waardoor de verdamping en gewasgroei ook bij optimale hydrologische omstandigheden in de wortelzone na de stressperiode, achter blijft. Deze vorm van indirecte schade kan op drie manieren in rekening worden gebracht:

- koppeling van de gewasgroei aan de gewasverdamping, met als voorbeeld de koppeling tussen SWAP en WOFOST;
- koppeling van de gewasgroei c.q. kwaliteit van het oogstbaar product aan de verdamping en waarbij ook irreversibele processen worden meegenomen, zoals het afsterven van de zode na een lang aanhoudende droge periode;
- gebruik van een metamodel waarin op basis van veldwaarnemingen en/of expertise de indirecte schade impliciet wordt meegenomen, met als ultieme voorbeeld de HELP-tabel waarbij directe plus indirecte droogte- resp. natschade is gerelateerd aan de GHG en GLG.

Daarnaast kunnen verminderde gewasopbrengsten de bedrijfsvoering verstoren. Zeker voor graslandbedrijven is het van belang deze vorm van schade mee te nemen. Met behulp van een koppeling tussen modellen voor de hydrologie, de gewasgroei, de draagkracht en de bedrijfsvoering en – inkomsten, zoals in WATERPAS (de Vos et al. 2006) is deze vorm van indirecte schade in rekening te brengen.

Metingen

Een andere methode is de doorvertaling van grondwaterstandsverlaging op opbrengstreductie niet te baseren op een metamodel (zoals HELP20xx), maar de gewasopbrengst in beginsel te koppelen aan veldwaarnemingen. Uit deze veldwaarnemingen volgen relaties tussen grondwaterstand en gewasopbrengst. Het huidige informatietijdperk biedt namelijk nu al mogelijkheden en voor de nabije toekomst zijn meer ontwikkelingen te voorzien. Bijvoorbeeld:

- *Polyfactorenanalyse en statistiek.* De fysieke gewasopbrengsten per perceel zijn aan de hand van meetingsgegevens gekoppeld aan het Basisbestand Registratie percelen (BRP) te bepalen. Deze opbrengstgegevens worden via een polyfactoranalyse gekoppeld aan bodem en grondwaterstandsdiepte (zoals berekend met een model). Daaruit volgt per regio per jaar en per gewas een statistische relatie met de grondwaterstandsdiepte. Het effect van de winning op de grondwaterstand wordt op klassieke wijze met een niet-stationair model berekend waarna per perceel de verlaging bekend is. In combinatie met de statistische relatie volgt per perceel een fysieke opbrengstderving (c.q. opbrengstverhoging) als gevolg van de winning. Het te vergoeden bedrag is echter nooit hoger dan de kosten om die opbrengstderving te niet te doen. Hiervoor zijn experttabellen beschikbaar.
- *Remote sensing en perceeleigenschappen.* Met behulp van remote sensing wordt per perceel de actuele verdamping en de biomassa gemeten. Hieruit worden per perceel fysieke opbrengsten afgeleid. Deze opbrengsten worden gekoppeld aan factoren als grondwaterstandsdiepte, bodem, wel of niet berekend (uit BRP) en opbrengsten per perceel/bedrijf (uit BRP). Hieruit volgt per perceel een relatie met de grondwaterstandsdiepte. In combinatie met het effect van de winning op de grondwaterstand is de schade te bepalen.

Nadeel van statistische relaties is dat deze niet extrapolerbaar zijn, bijvoorbeeld naar veranderende klimatologische omstandigheden. Metingen zijn echter complementair aan elk van de andere visie-varianten: gedurende het vernieuwingsproces van de TCGB/HELP-tabellen wordt aanbevolen veldgegevens te gebruiken voor parametrisatie, toetsing en verbetering van (klimaat)robuuste modellen en daaruit af te leiden metamodellen.

3.2.2.3 *Invloed onttrekking op schade*

Twee fundamenteel verschillende benaderingen om de schade veroorzaakt door een onttrekking vast te stellen kunnen worden toegepast: hydrologische modellering met onttrekking aan/uit en de winplaats-GGOR.

Winning aan/uit

Modellen, uitsluitend een niet-stationair verzadigd grondwatermodel, al of niet inclusief onverzadigde zone en dynamisch gewasmodel, worden gerund zowel met als zonder de waterwinning. Uit beide modelruns komen dagwaarden van grondwaterstanden, evenals daaruit afgeleide GxG-waarden. Het verschil in grondwaterstanden tussen beide runs wordt veroorzaakt door de waterwinning. De invloed van de onttrekking wordt dus uitsluitend bepaald door het aan- en uitzetten van de onttrekking in een verzadigde zone model. Aanpassingen in beheer en inrichting in het gebied als gevolg van het aan/uitzetten van de winning worden niet beschouwd.

De inspanning ligt bij het waterbedrijf en de CDG, die de schaderegeling opstelt / bemiddelt in het opstellen van de regeling. De procedure kan eenmalig worden uitgevoerd, maar kan ook elke 5 á 10 jaar herhaald worden.

Het voordeel van deze benadering, die algemeen wordt toegepast, is dat deze relatief weinig inspanning vergt. Belangrijk nadeel is dat met compenserende maatregelen in het watersysteem ter voorkoming van landbouwschade nadrukkelijk geen rekening wordt gehouden. Als die maatregelen wél zijn genomen (bijvoorbeeld beregening, peilbeheer) kan het uitzetten van een winning tot natschade leiden, wat deze benadering nog niet zo eenvoudig maakt.

Winplaats-GGOR

De waterschappen hebben o.a. de taken water af en aan te voeren en peilbeheer te voeren. Met als doelen ongewenste peilstijgingen te voorkomen maar vooral om de grondwaterstand te beïnvloeden. Voor de landbouw betekent dat het voorkómen van ongewenst hoge grondwaterstanden in perioden van aanhoudend neerslagoverschot en het zo hoog mogelijk houden van de grondwaterstand in perioden met aanhoudend neerslagtekort en gewassen op het land die vragen om water. Uiteraard zijn ze daarbij niet tot het onmogelijke gehouden en is wordt via de Waternood-filosofie het Gewenst (of Gewogen) Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR, zie bijlage I) gedefinieerd en gerealiseerd.

Het opstellen van een GGOR voor de omgeving van een winning is een methode om de invloed van de onttrekking op de landbouwschade te bepalen die, in tegenstelling tot de eenvoudige winning aan/uit procedure, wel aansluit bij de ambitie van Brabant Water en Vitens. In deze zogenaamde winplaats-GGOR wordt een belangrijke stap gezet om de invloed van een onttrekking optimaal in beeld te brengen. Hierbij sluiten de waterbedrijven aan bij de GGOR-procedures die door waterschappen al worden doorlopen.

De invloed van een drinkwaterwinning op reductie in gewasopbrengst wordt bepaald via het modelmatig vaststellen van een GGOR voor de situatie mét winning ($GGOR_M$), en voor de situatie zónder winning ($GGOR_Z$). Via een zogenaamd Decision Support System (DSS, gelijk voor waterschap en agrariërs) wordt voor beide situaties het watersysteem in een gebied optimaal ingericht, ofwel $GGOR_Z$ en $GGOR_M$ worden vastgesteld. De schade voor agrariërs, veroorzaakt door de waterwinning, is het verschil in landbouwopbrengsten $GGOR_Z$ minus $GGOR_M$ plus inrichtingskosten voor peilbeheer en eventueel extra beregening (indien al wordt beregend).

Deze methode gaat ervan uit dat er niet alleen in het model, maar ook in werkelijkheid een DSS operationeel is, dat door middel van sturing van oppervlaktewaterpeilen, wateraanvoer en beregening het grondwaterregime optimaliseert. De voorwaarde is dus dat de GGOR niet alleen conceptueel uitgevoerd wordt, maar dat de GGOR met winning ook in praktijk wordt gebracht (vaststellen én uitvoeren GGOR). In de praktijk zal dit al zo zijn, omdat in huidige GGOR's al rekening wordt gehouden met de effecten van waterwinningen.

De winplaats-GGOR past bij de ambities van de waterbedrijven, zoals beschreven in de inleiding: het waterbedrijf vergoedt de schade die niet door compenserende maatregelen voorkomen kan worden. Dit wil niet zeggen dat de waterbedrijven de compenserende maatregelen niet vergoedt. Echter, als de gewasopbrengst als gevolg van een compenserende maatregel (zoals beregening) met winning hoger is dan de opbrengst zonder die maatregel en zonder winning dan vergoedt het waterbedrijf slechts een deel van de beregeningskosten. Is de opbrengst zonder winning bijvoorbeeld 90% van de potentiële opbrengst, met winning 80%, maar met winning en beregening 100%, dan hoeft het waterbedrijf maar 50% van de beregening te vergoeden. Ook als de agrariër een van het waterschap afwijkend peilbeheer voert in zijn eigen sloten, dienen de effecten op de gewasopbrengst te worden berekend. De grondwaterstand kan door de agrariër ook worden beïnvloed door greppels/sloten aan te leggen, te herprofilen of op te heffen. Ook de aanleg van drainage die vooral tot doel heeft de hoogste grondwaterstanden te verlagen (afname natschade), veroorzaakt een verlaging van de laagste grondwaterstanden (toename droogteschade). Recentelijk staat de peilgestuurde variant volop in de belangstelling, waarbij actief de grondwaterstand kan worden beïnvloed.

Een belangrijke rol in het uitvoeren van de GGOR kan gegeven worden aan de agrariërs zelf. In gebieden met landbouwschade door grondwaterwinning gaan agrariërs gebruik maken van marktproducten als de beregeningsplanner van leveranciers als Waterwatch (mijnakker.nl), Opticrop, Agrarische Unie, of Dacom. Via zo'n product kunnen in het veld gemeten actuele vochtgehalten op het internet worden gezet. Niet elk perceel hoeft overigens te worden bemeten. Agrariërs houden zelf hun administratieve gegevens, gewasgegevens en beregeningsgiften bij. In combinatie met remote sensing beelden wordt op perceelsniveau de actuele landbouwproductie bepaald. In het veld staan enkele waarnemingsputten (bijvoorbeeld die van het waterleidingbedrijf zelf) met drukopnemers die dagelijks de grondwaterstand via het internet beschikbaar maken. Elk jaar levert het waterbedrijf een kaart van het effect van de winning op de grondwaterstanden (bv verandering van de voorjaarsgrondwaterstand en laagste grondwaterstand) of vochttekort in dat jaar, dat op klassieke wijze met een niet-stationair model is berekend. Zo wordt in beeld gebracht in hoeverre de compenserende maatregelen van de agrariër in werkelijkheid bijdragen tot een minimalisatie van de opbrengstreductie. De schadevergoeding bedraagt de kostprijs van de beregening of andere compenserende maatregel die nodig is geweest om het vochttekort te compenseren. Als er geen beregening plaatsvindt wordt het vochttekort omgezet in een opbrengstreductie op basis van metadata, gebaseerd op een metamodel, zoals HELP-20xx. Bij deze aanpak kan worden overwogen de schadebepaling en verwerking van administratieve gegevens uit te besteden aan een leverancier van de genoemde diensten als de beregeningsplanner.

De inspanning voor het opstellen van de GGOR ligt bij zowel het waterbedrijf als het waterschap, de uitvoering ervan bij het waterschap en agrariërs. Per jaar kunnen GGOR_M en GGOR_Z bepaald worden; meer realistisch is wellicht elke vijf jaar. De GGOR moet in ieder geval dynamischer worden dan dat deze nu is.

Het opstellen van de GGOR door waterschappen gebeurt nu nog met het Waternoodinstrumentarium, waarin gebruik gemaakt wordt van de geamendeerde HELP-tabellen voor de vertaling van grondwaterregime naar landbouwschade. Van belang is dat hiervoor een betere vertaling van bodemvochtcondities naar opbrengstreductie wordt gebruikt, zoals beschreven in paragraaf 3.2.2.2. Echter, mocht het haalbaar zijn om in de GGOR-procedure direct te sturen op droogtestress en zuurstofstress voor natuur, en gewasopbrengst voor landbouw, dan wordt daar een enorme stap voorwaarts gemaakt. Dit is theoretisch mogelijk, maar het zal veel inspanning vergen van waterschappen en waterbedrijven; voor landbouw gaat men immers van indirecte verbanden tussen vochtregime en gewasopbrengst (via metamodellen) naar directe sturing op gewasopbrengsten. Niet de effecten van de onttrekking op grondwaterstanden worden dan bepaald, maar direct de effecten van de onttrekking op de gewasopbrengst. Dat zou betekenen dat het Waternoodinstrumentarium niet meer gebruikt wordt in GGOR-kader, ook niet het te ontwikkelen Waternoodinstrumentarium met daarin een actueel metamodel voor droogte- en natschade. Zoals gesteld voert het waarschijnlijk te ver om in plaats van een GGOR op basis van GxG's op te stellen, bij het opstellen van de GGOR direct te sturen op optimale gewasgroei, gesimuleerd met WOFOST. WOFOST kan namelijk gebruikt worden om de hydrologische modellering te verbeteren, maar voor het vertalen van vochtcondities naar landbouwschade is het model niet geschikt. Directe schade door droogte- en zuurstofstress kan, na de nodige modelverbeteringen, met WOFOST bepaald worden, maar voor de indirecte effecten blijven we afhankelijk van expertisetabellen. Zulke tabellen zijn altijd een nabewerking van de hydrologische modellering.

3.2.2.4 Groeireductie (kg) → €

Fysieke gewasopbrengsten zijn om te zetten in geldelijke opbrengsten mits er voor het oogstbaar product een marktprijs bestaat. In het Waternoodinstrumentarium zijn voor de onderscheiden gewassen/teelten geldelijke opbrengsten per ha gespecificeerd. Deze bedragen worden echter niet jaarlijks geactualiseerd en het ligt voor de hand aan te sluiten bij de Agricom-tabel (zie hierna).

Voor NHI wordt het model Agricom geactualiseerd (Van Bakel et al. 2009). Het ligt in de bedoeling elk jaar per onderscheiden gewas/teelt de in de praktijk haalbare fysieke opbrengsten en de kg-prijzen te verstrekken. Hierop worden de variabele kosten die verbonden zijn aan de hoogte van de opbrengst (zoals veilingkosten) afgetrokken. Echter deze zogenoemde AGRICOM-tabel is nog niet 'in de lucht' maar de verwachting is dat het in 2012 gerealiseerd zal worden.

Voor grasopbrengsten is er echter geen markt. De CDG hanteert een tabel waarbij de schade per ha grasland kan worden omgezet in geldelijke schade, door de procentuele fysieke schade (uit de TCGB-tabel) te vermenigvuldigen met een jaarlijks vast te stellen bedrag. In 2011 is dit bedrag 22 euro.

3.2.3 Visie-varianten nader gespecificeerd

Uit voorgaande paragrafen, waarin onderdelen van een nieuwe omgang met landbouwschade op verschillende niveaus wordt beschreven, is een viertal visies afgeleid. Het linkerspectrum bevat de 'Quick-win' en een tussenvisie ('Tussen-1'). De rechterkant van het spectrum bevat 'Tussen-2' en 'Ambitieuus'. In Tabel 2 zijn de onderdelen van elk van deze visies weergegeven, evenals het tijdspad waarop visies gerealiseerd kunnen worden. In de rechterkolom van deze tabel is het gebruik van veldmetingen voor de vertaling van bodemvocht naar opbrengstreductie geplaatst. Deze metingen zijn complementair aan de ontwikkeling van robuuste metamodellen en zijn derhalve ook als dusdanig aangeduid. Tabel 3 beschrijft de actoren die betrokken zijn bij het realiseren van de visie(onderdelen) en Tabel 4 geeft een indicatie van de inspanning die dit vergt. Meer detail over de nodige meteorologische en hydrologische gegevens en methoden is gegeven in bijlage II.

Tabel 2: Visie-varianten en bijbehorende onderdelen

Visie-varianten → Onderdelen ↓	Huidig	Quick-win	Tussen-1	Tussen-2	Ambitieux	Complementair
	1980-2011	2012/ 2013	2014/ 2015	2015/ 2016	2018	
Grondwater/bodemvocht (hydrologie)						
Verzadigde grondwatermodellen met diverse kwaliteiten (stationair of niet-stationair, gekalibreerd en soms niet gekalibreerd)	x					
Niet-stationair verzadigd grondwatermodel (gekalibreerd en uniforme kwaliteit)		x	x	x	x	
Tijdreeksmodel (Menyanthes)	x	x	x	x	x	
Onverzadigde zone module: (meta)SWAP met droogte- en zuurstofstress (t.b.v. hydrologische modellering)			x			
Onverzadigde zone module: (meta)SWAP + WOFOST met droogte- en zuurstofstress				x	x	
Remote Sensing en veldmetingen: data-assimilatie			(x)	x	x	
Grondwater/bodemvocht → opbrengstreductie (agrohydrologie)						
TCGB-tabel + natschade ('wateroverlastfactor') + de 'Grotentraast-regel' (10% regeling)	x					
HELP-2012 (STOWA/CDG/ELI): actueel metamodel directe droogte- en natschade (enkele gewassen, bijv. grasland, aardappelen en maïs)		x	x			
Indirecte natschadetabel gekoppeld aan grondwaterstandsverloop; expertisetabel voor indirecte droogteschade		x	x	x		
HELP-2015 = HELP-2012 + indirecte schade + bedrijfsvoering (WATERPAS gras), voor ±10 gewassen; directe schade rechtstreeks uit hydrologisch model (WOFOST module, alleen gras), schade in kg/ds				x		
HELP-2018 = HELP2015 + WOFOST (gras & akker) + Waterpas (gras & akker)					x	
Opbrengst meten (statistische/empirische relaties)						x
Invloed onttrekking op schade						
Hydrologische modellering met onttrekking aan/uit	x	x	x			
Winplaats-GGOR met onttrekking aan/uit				x	x	
Groeireductie (kg) → €						
Omzetten naar geld met TCGB-tabel (gras)	x	x				
WATERPAS (gras)			x	x	x	
AGRICOM (akkerbouw)		x	x	x	x	

Tabel 3: Actoren betrokken bij visie-onderdelen

Onderdelen ↓	Actoren →	agrariër	waterschap / STOWA / rijk	waterbedrijf	CDG
Grondwater/bodemvocht (hydrologie)					
Verzadigde grondwatermodellen met diverse kwaliteiten (stationair of niet-stationair, gekalibreerd en soms niet gekalibreerd)				x	x
Niet-stationair verzadigd grondwatermodel (gekalibreerd en uniforme kwaliteit)			x	x	
Tijdreeksmodel (Menyanthes)			x	x	
Onverzadigde zone module: (meta)SWAP met droogte- en zuurstofstress (t.b.v. hydrologische modellering)			x		
Onverzadigde zone module: (meta)SWAP + WOFOST met droogte- en zuurstofstress			x		
Remote Sensing en veldmetingen: data-assimilatie	x	x	x		
Grondwater/bodemvocht → opbrengstreductie (agrohydrologie)					
TCGB-tabel + natschade ('wateroverlastfactor') + de 'Grotentraast-regel' (10% regeling)				x	x
HELP-2012 (STOWA/CDG/ELI): actueel metamodel directe droogte- en natschade (enkele gewassen, bijv. grasland, aardappelen en maïs)			x		x
Indirecte natschadetabel gekoppeld aan grondwaterstandsverloop; expertisetabel voor indirecte droogteschade			x		x
HELP-2015 = HELP-2012 + indirecte schade + bedrijfsvoering (WATERPAS gras), voor ±10 gewassen; directe schade rechtstreeks uit hydrologisch model (WOFOST module, alleen gras), schade in kg/ds			x		x
HELP-2018 = HELP2015 + WOFOST (gras & akker) + Waterpas (gras & akker)			x		x
Opbrengst meten (statistische/empirische relaties)	x				x
Invloed onttrekking op schade					
Hydrologische modellering met onttrekking aan/uit				x	x
Winplaats-GGOR	x	x	x		x
Groeireductie (kg) → €					
Omzetten naar geld met TCGB-tabel (gras)	x				x
WATERPAS (gras)	x				x
AGRICOM (akkerbouw)	x				x

Tabel 4: Benodigde inspanning per visie-onderdeel (- = geen inspanning t/m +++ = zeer veel inspanning)

Onderdelen ↓	Inspanning →		ontwikkeling	testen	implementeren	toepassen/beheren
	veld	RS				
Grondwater/bodemvocht (hydrologie)						
Verzadigde grondwatermodellen met diverse kwaliteiten (stationair of niet-stationair, gekalibreerd en soms niet gekalibreerd)						
Niet-stationair verzadigd grondwatermodel (gekalibreerd en uniforme kwaliteit)	+	-	+	+	+	+
Tijdreeksmodel (Menyanthes)	+	-	-	-	+	+/-
Onverzadigde zone module: (meta)SWAP met droogte- en zuurstofstress (t.b.v. hydrologische modellering)	-	-	+/-	++	++	+
Onverzadigde zone module: (meta)SWAP + WOFOST met droogte- en zuurstofstress	-	-	+	+	+++	+++
Remote Sensing en veldmetingen: data-assimilatie	++	++	++	++	++	+++
Grondwater/bodemvocht → opbrengstreductie (agrohydrologie)						
TCGB-tabel + natschade ('wateroverlastfactor') + de 'Grotentraast-regel' (10% regeling)						
HELP-2012 (STOWA/CDG/ELI): actueel metamodel directe droogte- en natschade (enkele gewassen, bijv. grasland, aardappelen en maïs)	+		+	+	+/-	-
Indirecte natschadetabel gekoppeld aan grondwaterstandsverloop; expertisetabel voor indirecte droogteschade	++		+	+	+/-	-
HELP-2015 = HELP-2012 + indirecte schade + bedrijfsvoering (WATERPAS gras), voor ±10 gewassen; directe schade rechtstreeks uit hydrologisch model (WOFOST module, alleen gras), schade in kg/ds	++		++	+	+/-	+
HELP-2018 = HELP2015 + WOFOST (gras & akker) + Waterpas (gras & akker)	+++		+++	++	+/-	+
Opbrengst meten (statistische/empirische relaties)	++	+++	+++	++	+++	+++
Invloed onttrekking op schade						
Hydrologische modellering met onttrekking aan/uit	+	+	-	+/-	+/-	+/-
Winplaats-GGOR	+	++	++	+	+++	+++
Groeireductie (kg) → €						
Omzetten naar geld met TCGB-tabel (gras)	+					+
WATERPAS (gras)	++		+++	+++	++	++
AGRICOM (akkerbouw)	++		++	++	+	+

4 Aanbevelingen

4.1 Realistische toekomstige schaderegeling

Er is vastgesteld dat de huidige regeling ter vergoeding van door winningen veroorzaakte droogteschade al decennia vast ligt. Vroeg of laat moet deze regeling 'ontdooit' worden, omdat (maatschappelijke) ontwikkelingen de uitgangspunten van de regeling inhalen. In ons geval hebben we bijvoorbeeld te maken met:

- Inpassing van de winning in het watersysteem waardoor schade verminderd kan worden;
- Klimaatveranderingen;
- Verbeterde hydrologische modellen;
- Actualisatie schadefuncties (tabellen);
- Veranderingen in landbouwkundige bedrijfsvoering;
- Verbeterde anticipatie op schade door moderne meettechnieken.

De ambitie voor een moderne en realistische toekomstige schaderegeling was als volgt gedefinieerd: Een *moderne aanpak landbouwschade* moet erop gericht zijn om *waterbeherende instanties* te stimuleren het watersysteem zo in te richten, dat landbouwschade op een kostenefficiënte wijze wordt *voorkomen c.q. geminimaliseerd tegen redelijke kosten*. Daarnaast bestaan er technieken om de effecten op verschillende belangen te *monitoren* waardoor een meer *realistisch beeld* kan worden gegeven van de werkelijke schade, zowel droogte- als natschade. Het operationele waterbeheer moet kunnen *anticiperen* op mogelijke problemen en zo schades minimaliseren.

In een moderne en reële benadering van landbouwschade is het waterbedrijf verantwoordelijk voor 1) de kosten die voortvloeien uit compenserende aanpassingen in beheer en inrichting en 2) de door de winning veroorzaakte schade die na deze compenserende aanpassingen eventueel nog resteert.

De door ons voorgestelde GGOR-procedure voor de omgeving van een winplaats is een realistische schaderegeling die aan deze ambities voldoet. Door uitvoering van de GGOR kunnen waterbeherende instanties het waterbeheer actief sturen.

Echter, zoals aangegeven in Tabel 2, is de huidige stand van kennis en methodes nog niet klaar om een winplaats-GGOR goed uit te voeren. Daarvoor moet in een aantal gevallen de hydrologische modellen verbeterd worden. Verder moet de doorvertaling van de uitkomsten van deze modellen naar gewasopbrengsten (de TCGB/HELP-tabellen) verbeterd worden. Daar zal in beginsel dan ook de prioriteit moeten liggen. Deze verbeteringen liggen voor het grijpen of initiatieven voor verbeteringen zijn al genomen, waardoor dit in de voorgestelde visies als 'Quick-win' is aangegeven.

Van belang is om de verbeteringen aan de linker en minder ambitieuze kant van het spectrum in ieder geval door te voeren. Ze zijn immers nodig om de rechter, ambitieuze kant van het spectrum waar te kunnen maken.

4.2 Technische en organisatorische uitvoering

Voor de uitvoering, zowel technisch als organisatorisch/procesmatig, geven we de volgende aanbevelingen:

Aanbeveling 1: Bereid je voor op 'ontdooien' van huidige regelingen

Wij constateren dat huidige regelingen bevroren zijn en dat het nodig is deze regelingen te ontdooien om een nieuwe omgang met landbouwschade door grondwaterwinning te realiseren. Het is belangrijk om geleidelijk toe te werken naar een acceptatie dat regelingen herzien zullen worden. Onze aanbevelingen zijn daarom:

- Verspreid deze visie binnen Brabant Water en Vitens, maar leg het ook voor aan de andere waterbedrijven;
- Inventariseer de reacties binnen de waterbedrijven op deze visie;
- Benoem een streefdatum (bijvoorbeeld) over 5 jaar waarop een nieuwe regeling beschikbaar zou moeten zijn.

Aanbeveling 2: Sluit aan bij actuele ontwikkelingen

In dit rapport is een aantal (actuele) ontwikkelingen aangegeven, die onderdeel uitmaken van een verbeterde methode voor de vaststelling van landbouwschade door grondwaterwinning. Op korte termijn (2012-2013) kunnen verouderde hydrologische effectberekeningen worden vervangen door berekeningen met nieuwe modellen en kunnen schadebepalingen worden gedaan met de herziene HELP-tabel (HELP-2012). Dynamische hydrologische modellen zijn veelal beschikbaar en het initiatief voor de herziening van de HELP-tabel is genomen door STOWA. De huidige HELP-tabellen zijn onvoldoende gedetailleerd en dus zijn in de jaren negentig aparte TCGB-tabellen ontwikkeld voor gebruik in de droogteschaderegelingen. Het is op termijn ongewenst dat de optimalisatie van het watersysteem op andere tabellen is gebaseerd dan de vaststelling van de schade die na die optimalisatie resteert. De waterbedrijven wordt daarom aanbevolen bij vernieuwingsslagen aan te sluiten, zodat nieuwe methodes ook toegesneden worden op de drinkwatersector.

Aanbeveling 3: Stimuleer minimalisatie van schade door modernisering van het waterbeheer in de agrarische sector en samenwerking met het waterschap

In een nieuwe schaderegeling is het van belang draagvlak te creëren bij zowel de agrariërs, waterschappen en drinkwaterbedrijven. Om dat te bereiken wordt aanbevolen de samenwerking tussen agrariërs, het waterschap en het waterbedrijf te versterken door mee te denken met de agrariër en het waterschap om opbrengsten te optimaliseren door compenserende maatregelen. Dit creëert draagvlak, wat van groot belang is om de bepaling van de landbouwschade te moderniseren. De voorgestelde winplaats-GGOR maakt integratie en afweging van belangen mogelijk en zal het draagvlak vergroten.

In invloedsgebieden van winningen worden GGOR's op bedrijfsniveau opgesteld, met concrete adviezen voor peilbeheer en beregening, rekening houdend met bodem, gewassen en bedrijfsvoering. De agrariërs gaan gebruik maken van de beregeningsplanner. Door combinatie van on line in het veld gemeten bodemvochtgehalten, grondwaterstanden en van remote sensing beelden wordt op perceelsniveau de actuele landbouwproductie gevolgd en krijgen agrariërs regelmatig beregeningsadvies en het waterschap advies voor wateraanvoer en peilopzet. Zo worden opbrengsten gemaximaliseerd, zonder teveel te beregenen. Waterschappen wegen de belangen voor landbouw en natuur af en baseren hierop de inrichting van het waterbeheer. Een waterbedrijf kan niet bijsturen op het voorkómen van landbouwschade. Zorg voor voldoende drinkwater en beperken schade in bebouwd gebied heeft namelijk altijd prioriteit boven beperken van landbouwschade. Het waterbedrijf compenseert wel voor maatregelen (in beheer of inrichting) die schade beperken. Echter, in de regel zijn de opbrengsten na realisatie van die maatregel, zeker bij beregening, hoger dan voor de winning maar zonder de maatregel. Deze meeropbrengst wordt verrekend doordat het waterbedrijf niet alle kosten van de mitigerende maatregel vergoedt maar een fractie die is afgeleid van de verhouding schade zonder winning en zonder maatregel en schade met winning zonder maatregel.

Om de agrarische sector, de waterschappen en de waterbedrijven beter samen te laten werken bevelen we aan om gesprekken aan te gaan met LTO's en waterschappen om de belangstelling en financiering van zo'n aanpak te verkennen.

Aanbeveling 4: Onderzoek werkelijke landbouwopbrengsten in relatie tot grondwaterstand: complementair aan afleiden metamodellen

De fysieke gewasopbrengsten per perceel zijn aan de hand van meetingsgegevens gekoppeld aan het Basisbestand Registratie percelen (BRP) te bepalen. Deze opbrengstgegevens worden via een polyfactoranalyse gekoppeld aan bodem en grondwaterstandsdiepte (zoals berekend met een of ander model). Daaruit volgt per regio per jaar en per gewas een statistische relatie met de grondwaterstandsdiepte. Zulke relaties kunnen, net als de HELP-tabellen, gebruikt worden om grondwaterstanden te vertalen naar gewasopbrengsten.

Statistische/empirische relaties uit veldmetingen zijn echter niet extrapolerbaar naar omstandigheden anders dan die waarvoor de relaties zijn afgeleid. Daarom zijn zulke relaties bijvoorbeeld niet klimaatrobuust. Echter, dat wil niet zeggen dat de kennis niet zeer waardevol kan zijn. Zo kunnen modellen geparametriseerd, getoetst en verbeterd worden aan de hand van veldmetingen en al geregistreerde gegevens in bijvoorbeeld het BRP. Daarom is in een recent ingezet traject voor STOWA over herziening en actualisatie van de HELP-tabellen voorgesteld om op processen gebaseerde modellen te combineren met deze praktijkgegevens uit het BRP en bestaande literatuur. Aanbevolen wordt om modelontwikkeling en gebruik van praktijkgegevens samen op te laten trekken en zo de informatie en kennis die beschikbaar is te gebruiken en combineren.

Daarmee zijn deze gegevens 'complementair' aan elk van de andere visie-varianten en kunnen ontwikkelingen parallel lopen: gedurende het vernieuwingsproces van de TCGB/HELP-tabellen wordt aanbevolen veldgegevens te gebruiken voor parametrisatie, toetsing en verbetering van (klimaat)robuuste modellen en daaruit af te leiden metamodellen.

Aanbeveling 5: Kwantificeer veranderingen als gevolg van actualisatie modellen, tabellen en regelingen

Eén van de aanleidingen voor dit project is de veronderstelling dat, bijvoorbeeld in het kader van GGOR, de waterhuishouding rond grondwaterwinningen is geoptimaliseerd, waardoor in feite een deel van de schade niet meer optreedt. Daarbij gaat het om maatregelen als wateraanvoer, peilopzet, LOP-stuwten en peilgestuurde drainage. In zulke gevallen kan de schadevergoeding te hoog zijn. In dit project is niet onderzocht of dat ook werkelijk het geval is.

Naast droogteschade speelt ook natschade een belangrijke rol in de landbouwschadeproblematiek. Veel aandacht gaat uit naar de effecten van grondwaterwinningen op droogteschade, maar het voorkomen van natschade door winningen mag niet vergeten worden. Te ondiepe grondwaterstanden kunnen tot grotere schades leiden dan te diepe grondwaterstanden. Wellicht liggen hier mogelijkheden voor de drinkwaterbedrijven. Natschade in de landbouw zal in de toekomst een steeds groter probleem worden door meer neerslag in de winter en een toename van intensieve neerslag gedurende het groeiseizoen. Laatstgenoemde fenomeen wordt in studies naar de effecten van klimaatverandering op de landbouw vooralsnog nauwelijks onderkend, omdat men niet kijkt naar de cruciale processen die natschade veroorzaken. Recent onderzoek heeft echter aangetoond dat door meer intensieve neerslag en hoge temperaturen, zuurstofstress, en hiermee natschade, zal toenemen onder het toekomstige klimaat (Rosenzweig et al. 2002; Mohammadi et al. 2010; Bartholomeus et al. 2011). Ook kan natschade een probleem vormen bij bijvoorbeeld verdrogingsbestrijding. Grondwateronttrekkingen beperken mogelijk de potentiële toename van natschade door klimaatverandering, wat leidt tot hogere gewasopbrengsten. Behalve met droogteschade dient ook rekening te worden gehouden met mogelijke positieve invloeden van grondwaterwinning. De voorgestelde winplaats-GGOR leent zich hiervoor.

Uit vuistregels of expertschattingen is het mogelijk een ruwe schatting te maken van de verdampingsreductie die grondwaterwinningen in Nederland veroorzaken. Zo kan verondersteld worden dat onttrekking ten koste gaat van afvoer, berging en/of verdampingsreductie. Verschillende aannames leiden hierin echter tot zeer uiteenlopende schadebedragen die toegeschreven zouden kunnen worden aan drinkwaterwinningen. Een uitvoerige, goed onderbouwde analyse van de totale mogelijke

schade valt echter buiten de doelstellingen van dit rapport. Wat uit snelle verkenningen wel naar voren komt, is dat de werkelijke schade significant af kan wijken van het bedrag dat nu uitgekeerd wordt. Verschillende aannames leiden echter tot uiteenlopende getallen. Dit geeft aan dat het zaak is de schaderegelingen goed te onderbouwen.

Schaderegelingen moeten worden herzien als dit resulteert in significant andere schadebedragen. Maar ook het creëren van draagvlak en realistische regelingen is een belangrijke motivatie om modernisering van regelingen door te voeren. Zo ontstaan rechtvaardiger regelingen en wellicht resulteert dit in besparingen. Stijging van de totale shadesom is overigens eveneens mogelijk. Wij raden aan om vast te stellen of er significante veranderingen te verwachten zijn. Onze aanbevelingen zijn daarom:

- Vergelijk de huidige GLG uit metingen (tijdreeksanalyse) of uit recente modellen met de GLG die bij de schaderegeling is gebruikt (GLG inclusief winning). Dat kan in de vorm van een steekproef of een quickscan. Bij significante afwijkingen kan het zinvol zijn de schaderegelingen te herzien.
- Na het gereedkomen van HELP-2012 in overleg met CDG vaststellen of er grote afwijkingen zijn tussen de nieuwe tabellen en de bij de schaderegeling gebruikte tabellen.
- De oude hydrologische effectbepalingen (Δ GLG) van de CDG vergelijken met nieuwe modelresultaten. Dat kan in de vorm van een steekproef of een quickscan.
- Doe een pilot, zoek een case, en lift daarin mee met waterbeheerders. Benoem daarin het soort winning (freatische winning, poldersysteem, diepe winning, oppervlaktewaterwinning) en bekijk welk deel van de visie daarin toepasbaar/buikbaar is.

Aanbeveling 6: Beschouw de juridische aspecten

Integrale aanpassing voor alle winplaatsen is een omvangrijk werk. Voor Brabant Water en Vitens samen  het om 46 winplaatsen met in totaal meer dan 1000 schadeovereenkomsten. Herziening levert risico's op voor aanvullende claims van agrariërs die menen in het verleden te weinig schadevergoeding te hebben ontvangen. Het initiatief voor herziening ligt eigenlijk bij de vergunningverlener of het CDG.

In de voorgestelde GGOR-procedure wordt in feite aangenomen dat de grondwaterwinning en de aanpassingen in het waterbeheer samen één ingreep vormen, waarvan de schade wordt vergoed. Uitgezocht moet worden of dat in het schaderecht wel mag. Bij een herziening moet juridisch mogelijk het verschil worden beschouwd tussen situaties met en zonder winning, maar beide mét aanpassingen in het waterbeheer. Dat zou aansluiten bij de voorgestelde winplaats-GGOR, waarin het waterbeheer optimaal wordt ingericht voor de situatie met en zonder winning. Het schadebedrag kan zowel hoger als lager uitpakken dan nu het geval is, maar het bedrag is wel meer realistisch.

5 Referenties

- Bartholomeus, R. P. (2010). Verkenning bepaling droogteschade. KWR rapport BTO 2010.039(s). Nieuwegein.
- Bartholomeus, R. P., J.-P. M. Witte, et al. (2011). Process-based proxy of oxygen stress surpasses indirect ones in predicting vegetation characteristics. *Ecohydrology*.
- Bartholomeus, R. P., J. P. M. Witte, et al. (2008). Critical soil conditions for oxygen stress to plant roots: substituting the Feddes-function by a process-based model. *Journal of Hydrology* **360**: 147-165.
- Bouwmans, J. M. M. (1990). Achtergrond en toepassing van de TCGB-tabel; Een methode voor het bepalen van de opbrengstdepressie van grasland op zandgrond als gevolg van een grondwaterstandsverlaging. Utrecht, Technische Commissie Grondwater Beheer.
- Brouwer, F. and J. T. M. Huinink (2002). Opbrengstdervingspercentages voor combinaties van bodemtypen en grondwatertrappen; Geactualiseerde help-tabellen en opbrengstdepressiekaarten. Wageningen, Alterra.
- CIW (2003). Werken met GGOR; Hulpmiddel voor maatwerk bij de afstemming van integraal waterbeheer en ruimtelijk beleid. Commissie Integraal Waterbeheer.
- de Jong van Lier, Q., J. C. van Dam, et al. (2008). Macroscopic Root Water Uptake Distribution Using a Matric Flux Potential Approach. *Vadose Zone Journal* **7**(3): 1065-1078.
- De Vos, J. A., P. J. T. Van Bakel, et al. (2008). Waterpas nat- en droogteschadeberekeningen ten behoeve van landbouwkundige doelrealisatie; Plan van aanpak. Wageningen, Alterra.
- de Vos, J. A., P. J. T. van Bakel, et al. (2006). Waterpas-model: A predictive tool for water management, agriculture, and environment. *Agricultural Water Management* **86**(1-2): 187-195.
- De Wit, C. T. (1958). Transpiration and crop yields. Wageningen, Pudoc.
- DHV_Water_BV/Rogge&Co (2003). Geohydrologisch onderzoek Slenk van Reutum.
- Droogers, P. (2009). Verbetering bepaling actuele verdamping voor het strategisch waterbeheer; Definitiestudie. Utrecht, STOWA.
- Feddes, R. A., P. J. Kowalik, et al. (1978). Simulation of field water use and crop yield. Wageningen, Pudoc.
- Feddes, R. A. and K. J. Lenselink (1994). Evapotranspiration. Drainage principles and applications. H. P. Ritzema. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement ILR.
- Feddes, R. A. and P. A. C. Raats (2004). Parameterizing the soil-water-plant root system. Unsaturated-zone Modeling: Progress, Challenges, Applications R. A. Feddes, G. H. d. Rooij and J. C. Van Dam. Wageningen, Wageningen UR Frontis Series **6**: 95-141.
- Feddes, R. A. and A. L. M. Van Wijk (1976). An integrated model-approach to the effect of water management on crop yield. *Agricultural Water Management* **1**(1): 3-20.
- Glinski, J. and W. Stepniewski (1985). Soil aeration and its role for plants. Boca Raton, CRC Press.
- Hack-Ten Broeke, M., J. Van den Akker, et al. (2010). Behoeft en haalbaarheid vervanging HELP-tabellen, Wageningen UR.
- Hooghart, J. C. (1984). Vergelijking van modellen voor het onverzadigd grondwatersysteem en de verdamping. Den Haag, COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO.
- Huinink, J. T. M. (1993). Bodemgeschiktheidstabellen voor landbouwkundige vormen van grondgebruik. Ede, IKC Akker- en Tuinbouw.
- IPO (2009). Klimaateffectatlas: inspelen op klimaatverandering.
- Kramer, P. J. (1951). Causes of injury to plants resulting from flooding of the soil. *Plant Physiology*: 722-736.
- Kroes, J. G. and I. Supit (2011). Impact analysis of drought, water excess and salinity on grass production in The Netherlands using historical and future climate data. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **144**(1): 370-381.
- Kruijt, B., J. P. M. Witte, et al. (2008). Effects of rising atmospheric CO₂ on evapotranspiration and soil moisture: A practical approach for the Netherlands. *Journal of Hydrology* **349**(3-4): 257-267.
- Metselaar, K. and Q. de Jong van Lier (2007). The Shape of the Transpiration Reduction under Plant Water Stress. *Vadose Zone J* **6**: 124-139.
- Mohammadi, M., F. Asadzadeh, et al. (2010). Refining and unifying the upper limits of the least limiting water range using soil and plant properties. *Plant and Soil*.

- Rosenzweig, C., F. N. Tubiello, et al. (2002). Increased crop damage in the US from excess precipitation under climate change. *Global Environmental Change* **12**(3): 197-202.
- Schuurmans, J. M. (2008). Hydrological now- and forecasting : Integration of operationally available remotely sensed and forecasted hydrometeorological variables into distributed hydrological models, Utrecht University.
- Schuurmans, J. M. and P. Droogers (2010). Penman-monteith referentieverdamping; inventarisatie beschikbaarheid en mogelijkheden tot regionalisatie. Utrecht, STOWA.
- Van Bakel, P. J. T. (2007). HELP-2006 : uitbreiding en actualisering van de HELP-2005 tabellen te behoeve van het waternood-instrumentarium. Utrecht, STOWA.
- Van Bakel, P. J. T., J. Huinink, et al. (2005). HELP-2005, Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het Waternood-instrumentarium. Utrecht, STOWA.
- Van Bakel, P. J. T., V. Linderhof, et al. (2009). Definitiestudie Agricom. Wageningen, Alterra.
- Van Dam, J. C., P. Groenendijk, et al. (2008). Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP. *Vadose Zone Journal* **7**(2): 640-653.
- Van Diepen, C. A., J. Wolf, et al. (1989). WOFOST: a simulation model of crop production. *Soil Use & Management* **5**(1): 16-24.
- Van Walsum, P. E. and P. Groenendijk (2006). Dynamic metamodel for the unsaturated-saturated zone. *Proceedings of MODFLOW 2006, IGWMC, Colorado School of Mines*.
- Voogt, M. P. (2007). meteolook: a physically based regional distribution model for measured meteorological variables, Delft University of technology. **M.Sc. thesis**.
- Werkgroep-HELP-tabel (1987). De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Utrecht, Landinrichtingsdienst.
- WL_Delft (1995). AGRICOM gebruikershandleiding. WL rapport T1605. Delft.

I Bijlage: achtergrondinformatie bepaling schade

Hydrologische modellering

Ontwikkeling NHI

Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (www.nhi.nu) wordt ontwikkeld om allerlei vraagstukken met betrekking tot het waterbeheer te berekenen, op landelijk, maar ook zoveel mogelijk op regionaal niveau. Het NHI bestaat uit modellen voor grondwater (ModFlow), oppervlaktewater (SOBEK en MOZART) en de onverzadigde zone (MetaSWAP). Met name MetaSWAP speelt een cruciale rol in de berekening van landbouwschade en wordt nog steeds ontwikkeld. Zo is er een koppeling gemaakt met het dynamische gewasgroeimodel WOFOST, inclusief terugkoppeling van gewasgroei op de hydrologie.

WOFOST biedt ook mogelijkheden om de effecten van klimaatverandering op de gewasgroei te simuleren. Bedrijfsvoering wordt echter niet meegenomen. Hiertoe wordt overwogen om een koppeling te maken met het Waterpas-instrumentarium.

SWAP

Het SWAP model (Soil-Water-Atmosphere-Plant) simuleert transport van water, opgeloste stoffen en warmte in de onverzadigde en verzadigde zone. SWAP is ontwikkeld door Wageningen Universiteit en Alterra-Groene Ruimte. De eerste versie van het SWAP model werd al in 1978 ontwikkeld (Feddes et al. 1978) en sindsdien is het model veelvuldig toegepast en zijn diverse verbeteringen aangebracht. SWAP wordt gezien als het de-facto standaard model voor bepalen van actuele verdamping als functie van meteorologische gegevens gecombineerd met gewas en bodemgegevens (Feddes & Raats 2004).

De reductie in actuele transpiratie als gevolg van beschikbaar vocht in de bodem wordt weergegeven door de zogenaamde wortelonttrekkingsfunctie. Zowel te droge als te natte omstandigheden leiden tot een niet optimale verdamping omdat plantenwortels niet voldoende water kunnen opnemen. Voor het berekenen van reducties in de wateropname door te droge (watertekort) en te natte (zuurstoftekort) omstandigheden wordt de reductiefunctie van Feddes et al. (1978) gebruikt. Recent is voor de berekening van de wateropname van wortels onder droogte een alternatieve benadering toegevoegd (Metselaar & de Jong van Lier 2007; de Jong van Lier et al. 2008), waarmee de compensatie van reductie in wateropname door wateropname door wortels in relatief natte lagen wordt beschouwd. Daarnaast beschrijft SWAP de transpiratiereductie als gevolg van zoutstress.

SWAP beschrijft elk van de factoren die deel uitmaken van de verdamping: evaporatie van de bodem, transpiratie en interceptieverdamping. Zowel de potentiële als actuele evaporatie en transpiratie worden berekend.

MetaSWAP

MetaSWAP (Van Walsum & Groenendijk 2006) is een hydrologisch model voor de onverzadigde zone, gebaseerd op SWAP, maar geschikt voor toepassing op regionale of landelijke schaal. Het meta-concept is gebaseerd op een vereenvoudigde oplossing van de vergelijking voor het beschrijven van bodemfysische processen, de zogenaamde Richards-vergelijking. Deze vergelijking wordt vervangen door twee aparte vergelijkingen voor de procesbeschrijving en voor de waterbalans. Daarbij wordt een opschaling naar 'aggregatielagen' gebruikt. Toepassing van het model vereist dat eerst een database wordt aangemaakt met een groot aantal SWAP-simulaties. Om het informatieverlies dat bij de vereenvoudiging optreedt te compenseren is het nodig om MetaSWAP te kalibreren en te valideren op SWAP.

Remote Sensing

Neerslag op basis van remote sensing

Een neerslagradar meet geen neerslag maar meet terugkaatsing van elektromagnetische straling. Bij de omzetting van het elektromagnetische signaal naar neerslagintensiteiten kunnen allerlei fouten optreden, die met diverse technieken kunnen worden verkleind. De belangrijkste daarvan is kalibratie aan de grondmetingen van de automatische weerstations. Die kalibratie vindt achteraf plaats, waardoor de 1/24 uur bepaling een veel hogere betrouwbaarheid heeft dan de 1/5 minuten bepaling. Er zijn nog ontwikkelingen te verwachten die zullen leiden tot betere en betrouwbaarder neerslaggegevens.

Verder zijn er gegevens beschikbaar voor de voorspelling van neerslag. Deze zijn gebaseerd op combinaties van meteorologische waarnemingen, neerslagradar en weermodellen. Op dit gebied zijn nog tal van ontwikkelingen te verwachten: de beschikbaarheid, toegankelijkheid en betrouwbaarheid van deze gegevens zal toenemen. Deze gegevens worden hoogfrequent geleverd en worden gebruikt in het operationeel waterbeheer (hoogwatervoorspelling, bestrijden van wateroverlast). Ze hebben weinig relevantie voor landbouwschade door grondwaterwinning.

Verdamping op basis van remote sensing

Voor de verdampingsproducten van Meteconsult, Ears en WaterWatch wordt gebruik gemaakt van het algoritme SEBAL (Surface Energy Balance for Land) dat gebruik maakt van thermische banden van verschillende satellieten (o.a. Aster, Modis). De resolutie van de opnamen verschilt per satelliet en per thermische band. Op het moment dat er bewolking kunnen er geen goede opnamen van het aardoppervlak worden gemaakt. Dan worden verdampingsbeelden gemaakt op basis van meteorologische parameters van KNMI weerstations. De noodzakelijke meteorologische parameters worden daarbij ook ruimtelijk geïnterpoleerd. Deze ruimtelijke interpolatie wordt door WaterWatch op een andere manier gedaan dan door het KNMI. Er wordt namelijk beter rekening gehouden met de kenmerken van het landoppervlak waardoor er een veel gevarieerder en minder 'glad' beeld ontstaat dat realistischer is. Dit onderdeel dat door WaterWatch is ontwikkeld heet MeteoLook. De exacte methodiek is niet open maar het principe is wel gepubliceerd. Voor meer informatie hierover wordt verwezen naar (Voogt 2007) en Appendix 5 van het proefschrift 'Hydrological Now- and Forecasting (Schuurmans 2008).

Het gecombineerde product wordt dagelijks geleverd en heeft een resolutie van 250 m. Het betreft:

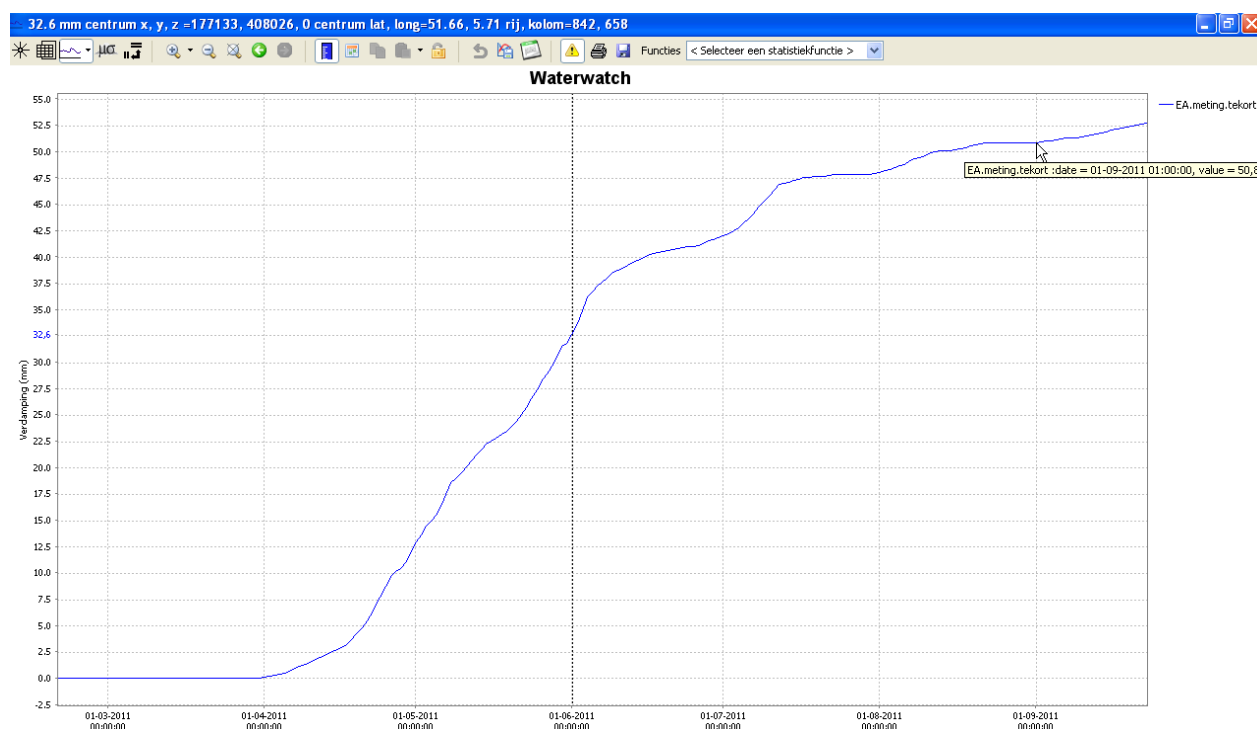
- de biomasaproductie (dagelijks en cumulatief vanaf 1 april);
- de actuele verdamping (dagelijks en cumulatief vanaf 1 april);
- het verdampingstekort ($ET_{pot} - ET_{act}$) (dagelijks en cumulatief vanaf 1 april). Dit is een maat voor de landbouwschade;
- het bodemvochtgehalte met een frequentie van 1 maal per 14 dagen;
- potentiële verdamping (afgeleid uit actuele verdamping + verdampingsdeficiet).

Door de gegevens te combineren met dagelijkse neerslagdata kunnen de volgende grids worden geproduceerd:

- neerslag;
- potentieel neerslagtekort;
- actueel neerslagtekort.

In Figuur 3 staat een voorbeeld van één van de producten die op basis van de data kan worden gegenereerd. Dit betreft het cumulatieve verdampingstekort (vanaf 1 april) op 1 juni in het beheersgebied van Waterschap Aa en Maas. De ruimtelijke variabiliteit van het verdampingstekort is duidelijk zichtbaar. Duidelijk te herkennen zijn het stedelijk gebied met laag verdampingstekort.

Naast een ruimtelijk beeld is het ook mogelijk om voor individuele pixels tijdreeksen op te vragen (Figuur 5).



Figuur 5: Verloop van het cumulatieve verdampingstekort voor pixel Volkel (print screen FEWS). Verticale lijn is 1 juni 2011.

Opbrengstdepressie (agrohydrologie)

Directe schade

Droogteschade: transpiratiereductie

Droogtestress: processen

Planten hebben water nodig voor biochemische reacties en om celspanning in stand te houden, maar het grootste deel van het water dat opgenomen wordt door de plantenwortels verdwijnt via transpiratie door de stomata (huidmondjes) naar de atmosfeer. Dit waterverlies door transpiratie voorkomt dat planten lijden aan bijvoorbeeld hittestress, maar gaat ook gepaard met de CO₂-opname van de plant. CO₂ is nodig voor fotosynthese en dus voor de productie van biomassa. Bij een tekort aan water sluiten planten de stomata, waardoor het waterverlies door transpiratie afneemt. Hierdoor wordt echter ook de opname van CO₂ belemmerd, is er sprake van minder fotosynthese, minder groei en dus minder biomassa. Een tekort aan water heeft dus invloed op de opbrengst van landbouwgewassen.

Naast directe effecten van de vochthuishouding op de gewasopbrengst (zoals transpiratiereductie door vochttekort), spelen ook indirecte effecten een rol. Zo veroorzaakt een langdurig droge periode mogelijk structuurbederf van de bodem en kan een bodem te warm worden voor optimale gewasgroei. Ook kunnen door te droge omstandigheden bodembewerkingen mogelijk niet op tijd worden uitgevoerd, hetgeen de potentiële gewasopbrengst vermindert (Van Bakel et al. 2009).

De (nabije) toekomst

Droogte zal in de nabije toekomst steeds meer een probleem worden. De temperatuur en de CO₂-concentratie in de atmosfeer stijgen en neerslagpatronen veranderen. De temperatuurstijging heeft invloed op de lengte van het groeiseizoen; met name in de W en W+ scenario's van het KNMI begint het groeiseizoen eerder (IPO 2009). Temperatuur en CO₂-concentratie hebben invloed op de potentiële

transpiratie van de planten. Een veranderend neerslagpatroon (meer intensieve neerslag en langdurig droge perioden), heeft invloed op de vochtvoorziening. Resultaten uit de Droogtestudie Nederland (www.droogtestudie.nl) geven bijvoorbeeld aan dat het bodemvochtttekort door klimaatverandering zal stijgen. Dit komt doordat de potentiële evapotranspiratie zal toenemen, terwijl het neerslagpatroon ervoor zorgt dat de actuele evapotranspiratie zal afnemen.

Ondanks dat gemiddelde grondwaterstanden door klimaatverandering nauwelijks lijken te veranderen (Droogtestudie Nederland www.droogtestudie.nl), nemen vochtttekorten aanzienlijk toe. Bovendien heeft klimaatverandering door de stijging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer ook invloed op de groei van landbouwgewassen: hogere concentraties leiden tot een hogere biomassa (Droogers 2009). Aan de andere kant kunnen planten door een verhoogde CO₂-concentratie makkelijker aan hun koolstofbehoefte voldoen, waardoor de stomata minder ver open hoeven of planten minder huidmondjes aanmaken, en het vochtverlies door transpiratie vermindert (Kruijt et al. 2008).

Natschade: respiratiereductie

Zuurstofstress: processen

Natschade beïnvloedt de gewasopbrengst indirect via bijvoorbeeld de bewerkbaarheid van de bodem en direct via de aeratie van de bodem, ofwel de zuurstofvoorziening, welke cruciaal is voor planten om te kunnen overleven. Normaal gesproken verkrijgen plantenwortels voldoende zuurstof voor hun respiratie (ademhaling) direct uit de luchtgevulde poriën in de bodem. Echter, als de bodem te nat wordt, wordt lucht in de bodemporiën vervangen door water. Hierdoor wordt de beschikbaarheid van zuurstof limiterend voor wortelrespiratie. Planten respireren om energie voor groei en onderhoud te verkrijgen. Een tekort aan zuurstof belemmert dus de energievoorziening voor het in stand houden van het metabolisme van de plant. Planten lijden dan aan zuurstofstress: ze stikken.

De (nabije) toekomst

Natschade in de landbouw wordt een steeds groter probleem door de toename van intensieve neerslag gedurende een steeds warmer groeiseizoen. Dit probleem wordt in studies naar de effecten van klimaatverandering op de landbouw voorsnog niet onderkend, omdat men niet kijkt naar de cruciale processen die natschade veroorzaken. Recent onderzoek heeft echter aangetoond dat door meer intensieve neerslag en hoge temperaturen, zuurstofstress, en hiermee natschade, kan toenemen onder het toekomstige klimaat. Ook kan natschade een probleem vormen bij verdrogingsbestrijding, omdat te ondiepe grondwaterstanden tot aanzienlijke schades kunnen leiden.

Modelleren directe schade a.g.v. reductie transpiratie

Als de bodemvochtcondities niet optimaal zijn om potentiële transpiratie in stand te houden, neemt de potentiële transpiratie af tot de actuele transpiratie. Een tekort aan beschikbaar bodemvocht wordt in eerste instantie veroorzaakt doordat het water dat voor transpiratie uit de wortelzone wordt onttrokken niet tijdig wordt aangevuld door neerslag, irrigatie, of capillaire opstijging vanuit het grondwater. Niet alleen een tekort aan water in de wortelzone leidt tot transpiratiereductie. Ook een tekort aan zuurstof, veroorzaakt door een te laag gehalte luchtgevulde poriën in de wortelzone, leidt tot een afname van de wateropname van de wortels (Kramer 1951; Feddes et al. 1978; Glinski & Stepniewski 1985; Bartholomeus et al. 2008). Ook een hoog zoutgehalte van het bodemvocht kan watertekort veroorzaken, doordat de hoge osmotische potentiaal van het bodemvocht voorkomt dat voldoende water naar de wortels kan stromen (Feddes & Lenselink 1994). Onder suboptimale vochtvoorziening in de wortelzone zal de potentiële transpiratie afnemen, doordat de gewasweerstand toeneemt als gevolg van een (gedeeltelijke) sluiting van de huidmondjes (stomata).

In hydrologische modellen voor de onverzadigde zone wordt het effect van de wateropname van plantenwortels veelal beschreven door het incorporeren van de zogenaamde 'sink-term' in de Richards' vergelijking voor stroming van water in de onverzadigde zone.

Indirecte schade

Droogteschade

Reductie van de gewasgroei

Door reductie van de gewasverdamping als gevolg van niet optimale hydrologische omstandigheden in de wortelzone (te droog of te zout) wordt ook de groei afgeremd. Dit betekent dat bij herstel van de optimale omstandigheden de gewasverdamping een tijd kan achterblijven bij het niveau dat zou zijn opgetreden als er geen reductie van de gewasverdamping had plaatsgevonden. Deze zogenoemde vervolgschade kan alleen mee worden genomen als er modelmatig een koppeling is tussen gewasverdamping en gewasgroei, zoals bij de koppeling tussen SWAP en WOFOST (Kroes & Supit 2011).

Een andere methode om de indirecte schade in rekening te brengen is het werken met een *survival fraction* zoals in gedaan in het model AGRICOM (WL_Delft 1995). De invulling ervan is echter zeer afhankelijk van expertkennis en dus slecht reproduceerbaar.

Bij reductie van de gewasverdamping loopt de temperatuur van het bladerdek op. Dit kan structurele, irreversibele schade aan het gewas tot gevolg hebben, met als uiterst gevolg het volledig afsterven van het gewas.

Beide bovengenoemde vormen van indirecte schade worden tot nu toe vrijwel nooit meegenomen bij schadeberekeningen, waardoor de schade wordt onderschat.

Droogteschade door schade aan oogstbaar product

Door het optreden van verdampingsreductie tijdens gevoelige perioden kan de kwaliteit van het oogstbaar product worden verminderd. Bekende voorbeelden zijn:

- sortering aardappels bij doorgroei. Bij aardappelgewas kan na een periode van droogte in de periode van knolzetting nieuwe knolvorming optreden. Dit heeft ongewenste gevolgen voor de sorteringen dus de prijs;
- randen van bladgroente. Bladgroenten zoals sla zijn bijzonder kwetsbaar voor verdampingsreductie omdat de bladranden kunnen indrogen waardoor het product onverkoopbaar wordt;
- schurft bij aardappelen. Het optreden van schurft wordt verergerd als na de knolzetting er droge omstandigheden in de wortelzone heersen.

Genoemde schades worden in de regel niet meegenomen bij schadeberekeningen, omdat de achterliggende processen moeilijk zijn te parameteriseren.

Aanslaan van gezaaide of geplante gewassen

De kieming van zaad kan worden belemmerd door te droge omstandigheden. In het voorjaar van 2011 is dit veelvuldig opgetreden.

Feddes & Van Wijk (1976) hebben getracht de kieming van zaad te koppelen aan de vochtspanning in de wortelzone. Vooralsnog wordt deze vorm van schade meestal niet meegenomen.

Het aanslaan van geplante gewassen is overduidelijk te koppelen aan de vochthuishouding van de wortelzone tijdens het planten. Echter het betreft veelal kapitaalintensieve teelten zoals de teelt van kool, prei en aardbeien dat in voorkomende gevallen altijd zal worden berekend.

Natschade

Indirecte natschade kent vele uitingsvormen:

- Structuurbederf door verslemping. Lichte zavelgronde zijn gevoelig voor verslemping en deze verslemping wordt verergerd door natte omstandigheden in de bouwvoor. In verslepte grond is de zuurstofhuishouding verstoord en daardoor treedt denitrificatie op en kunnen gewassen afsterven;
- Natte grond is koude grond. Op nat grasland komt de gewasgroei later op gang en bouwland kan later worden ingezaaid. Dit heet gevolgen voor de opbrengsten;
- Denitrificatie. Bij zuurstofgebrek in de bodem wordt de afbraak van nitraat bevorderd. Gevolg kan zijn stikstofgebrek of extra stikstofbemesting;
- Verminderde bewerkbaarheid, berijdbaarheid en betreedbaarheid. Deze zijn te koppelen aan de draagkracht. Hoe natter de wortelzone hoe geringer de draagkracht met belemmering van bewerkingen tot gevolg. Dit leidt tot verlating van zaaïen of poten, het niet of niet op tijd kunnen spuiten of oogsten of het niet kunnen beweiden of maaien.

Onder langdurig natte omstandigheden kan de graszode van samenstelling veranderen waardoor vaker herinzaai nodig is. Ook kan de draagkracht structureel worden verminderd.

Onder de heersende klimatologische omstandigheden in Nederland is natschade veelal groter dan droogteschade. Een deel van die schade is onvermijdbaar maar een deel is te koppelen aan de vochtthuishouding in de wortelzone. Deze vochtthuishouding heeft een relatie met de grondwaterstand en via deze is er een relatie te leggen met de grondwaterstandsdynamiek. Deze relatie kan hetzij zijn gebaseerd op veldproeven en praktijkervaring (zoals in de HELP-tabel) hetzij via een deterministische aanpak (zoals gemodelleerd door Feddes & Van Wijk (1976) voor een beperkt aantal akkerbouwgewassen en De Vos et al. (2008) voor grasland).

Invloed onttrekking op schade: GGOR

Wat is, wat kan en hoe werkt GGOR

Geciteerd uit (CIW 2003):

“Wat het GGOR is

GGOR is een hulpmiddel dat - onder meer in de vorm van kaarten - voor elke (gebruiks)functie in landelijk of stedelijk gebied de gewenste toestand van het grondwater en het oppervlaktewater aangeeft en wordt vastgesteld na een integrale ruimtelijke afweging. Uit de term 'gewenst' blijkt dat die toestand geen vast gegeven is, maar het resultaat van een maatschappelijk/politieke afweging op provinciaal, regionaal en lokaal niveau. De bedoeling is dat het waterbeheer zoveel mogelijk voldoet aan de eisen van de gekozen functie of functies. Het kan de wens zijn dat in een gebied grond- en oppervlaktewater volledig voldoen aan de vraag van één bepaalde functie (bijvoorbeeld beschermd natuurgebied), maar meestal zal in hetzelfde gebied een verantwoorde mix gewenst zijn van meerdere functies met verschillende of zelfs tegenstrijdige waterbehoeften. Het GGOR is daarmee een beslissings-ondersteunend instrument dat zowel de toedeling en ontwikkeling van functies dient als sturend is voor het operationele waterbeheer. GGOR is toegesneden op de praktijk van het waterbeheer in normale situaties, in tegenstelling tot de opgaven van WB21 voor het waterbeheer in uitzonderlijke situaties van wateroverlast, dreigende overstroming of grote droogte.

Wat het GGOR kan

GGOR geeft bestuurders een extra zintuig. Het maakt de afstemming van verschillende - soms strijdige - gebiedsfuncties scherper. Het GGOR brengt in beeld of functies die aan gebieden zijn of worden toegekend, sporen met de mogelijkheden en de duurzame werking van het watersysteem. Zouden peil en grondwaterstand ten behoeve van bestaande of nieuw toe te kennen functies moeten worden

aangepast, dan maakt het GGOR duidelijk binnen welke marge en bij welke kosten dat kan en (heel belangrijk) welke gevolgen te verwachten zijn voor andere gebiedsfuncties. Als een watersysteem zelf eisen stelt, of wanneer daaraan maatschappelijke eisen worden gesteld, kan uit het GGOR worden afgeleid welke waterhuishoudkundige maatregelen en/of ruimtelijke aanpassingen (bijvoorbeeld functiewijziging) mogelijk zijn. Anderzijds biedt het GGOR een toetsingskader voor de gevolgen van de ruimtelijke activiteiten en waterhuishoudkundige ingrepen. De meest praktische toepassing is de watertoets. Kortom: het GGOR maakt inzichtelijk hoe het ruimtelijk beleid, het waterbeheer en het milieubeleid beter kunnen worden geïntegreerd.

Hoe het GGOR werkt

GGOR ondersteunt de politiek/strategische ruimtelijke belangenafweging en geeft richting aan het operationele waterbeheer, zoals bijvoorbeeld het peilbesluit. Het GGOR wordt door de waterschappen opgesteld op basis van een bestuurlijk vastgesteld beleidskader. Daarbij vindt een toetsing plaats aan de mogelijkheden en onmogelijkheden van het watersysteem. GGOR maakt conflicten tussen gebruiksfuncties en het watersysteem daarbij inzichtelijk, hetgeen kan leiden tot een andere toedeling van gebiedsfuncties. Als er sprake is van meervoudig ruimtegebruik komen bovendien de waterbelangen van de verschillende functies beter in beeld. Vóórdat het GGOR wordt vastgesteld, vindt er een afweging plaats in overleg tussen de regionale en lokale overheden (provincies, gemeenten en waterschappen). Wanneer de provincie na dit afwegingsproces het GGOR goedkeurt, heeft het waterschap de verplichting zich in te spannen om de waterhuishoudkundige aanpassingen door te voeren. Omgekeerd heeft de provincie de verplichting om de noodzakelijke veranderingen in de functietoekenning door te voeren in haar eigen streek- en omgevingsplan." (CIW 2003)

Groei-reductie → €

Waterpas

Het Waterpas-instrumentarium (De Vos et al. 2008) is een koppeling van modellen voor waterbeheer, grasgroei, bedrijfsvoering en bedrijfseconomie. De huidige versie van het model is alleen geschikt voor melkveebedrijven en wordt voornamelijk alleen toegepast voor het optimaliseren van het waterbeheer in veenweidegebieden. Er zijn plannen om Waterpas uit te breiden met MEBOT (www.ppo.wur.nl), een bedrijfsvoeringsmodel voor de akker- en tuinbouw, zodat behalve voor de melkveehouderij ook voor deze sectoren bedrijfsvoering gekoppeld kan worden aan de vochtvoorziening en gewasproductie (Hack-Ten Broeke et al. 2010). Waterpas is een zeer complex instrument dat moeilijk te parametriseren is en het kan alleen door experts worden gebruikt.

Agricom

Agricom (WL_Delft 1995) is een agro-economisch model dat op basis van de resultaten van een hydrologisch model kosten en baten voor de landbouwsector berekent. Ook de kosten van beregening worden meegenomen.

Agricom is veel gebruikt voor landelijke analyses ten behoeve van diverse waterhuishoudingsplannen. In module I wordt de veeljarig gemiddelde droogte- en natschade in euro's berekend uit berekende fysieke opbrengsten vermenigvuldigd met kg-prijzen per product. De berekende fysieke opbrengsten zijn de maximaal haalbare kg-opbrengsten verminderd met de nat- en droogteschade, die op zijn beurt afhangt van de berekende GHG en GLG, met gebruikmaking van IKC-tabellen (Huinink 1993).

In module II worden voor afzonderlijke jaren droogte- en zoutschades bepaald door de potentiële fysieke gewasopbrengst (gekoppeld aan het niveau van de potentiële gewasverdamping) te verminderen met de opbrengstdepressiefracties gesommeerd over het seizoen.

In module III wordt voor de plots die worden berekend de vaste en variabele kosten berekend.

Het ligt in de planning het model te actualiseren ten behoeve van NHI (Van Bakel et al. 2009).

II Bijlage: overzicht visie-varianten en onderdelen

Overzicht 'Quick Win'

Parameter/Variabele		
Meteorologie	Benodigd	Neerslag (P), referentieverdamping (ET_{ref}), luchttemperatuur (T_{lucht}) (dagbasis)
	State of the art	P , ET_{ref} , T_{lucht} beschikbaar op puntschaal KNMI-stations
	Geplande ontwikkelingen	-
	Mogelijkheden/beperkingen	Geen vlakdekkende invoer
	Benodigde innovaties	Geen voor deze visie
Hydrologie	Haalbaarheid	+++
	Benodigd	Tijdreeksmodel
	State of the art	Niet-stationair verzadigd grondwatermodel
	Geplande ontwikkelingen	Beschikbaar
	Mogelijkheden/beperkingen	-
Gewasopbrengst	Benodigde innovaties	Niet-lineariteit niet beschouwd; geen onverzadigde zone.
	Haalbaarheid	Geen
	Benodigd	+++
	State of the art	Potentiële gewasopbrengst opleggen
	Geplande ontwikkelingen	Standaard gewaseigenschappen uit het NHI
Gewasschade	Mogelijkheden/beperkingen	-
	Benodigde innovaties	Geen expliciete modellering gewasgroei, alleen reductie ten opzichte van potentiële, opgelegde groei
	Haalbaarheid	Geen voor deze visie.
	Benodigd	+++ (gegevens beschikbaar)
	State of the art	Metamodel vertaling bodemvochtcondities → gewasschade
Toewijzen schade aan (f)actoren	Geplande ontwikkelingen	TCGB-tabellen; HELP-tabellen; 'Duitse methoden'
	Mogelijkheden/beperkingen	Experttabellen voor indirecte schade
	Benodigde innovaties	STOWA: actualisatie HELP-tabellen / metamodel droogteschade en natschade (2012/2013)
	Haalbaarheid	Zuurstofmodule alleen operationeel voor referentiegewas
	Benodigd	Operationaliseren zuurstofmodule
	State of the art	Afleiden metamodel uit SWAP-simulaties
	Geplande ontwikkelingen	++
	Mogelijkheden/beperkingen	Onttrekking aan/uit
	Benodigde innovaties	Onttrekking aan/uit
	Haalbaarheid	-
	Benodigd	Alleen schade door onttrekking wordt bepaald; houdt geen rekening met compenserende maatregelen
	State of the art	Geen
	Geplande ontwikkelingen	Geen
	Mogelijkheden/beperkingen	+++
	Benodigde innovaties	+++
	Haalbaarheid	+++

Overzicht 'Tussen-1'

Parameter/Variabele		
Meteorologie	Benodigd	Neerslag (P), referentieverdamping (ET_{ref}), luchttemperatuur (T_{lucht}) (dagbasis)
	State of the art	P , ET_{ref} , T_{lucht} beschikbaar op puntschaal KNMI-stations P vlakdekkend beschikbaar via radar ET_{ref} vlakdekkend beschikbaar via remote-sensing
	Geplande ontwikkelingen	
	Mogelijkheden/beperkingen	
	Benodigde innovaties	Geen
Hydrologie	Haalbaarheid	+++
	Benodigd	Niet-stationair verzadigd grondwatermodel Onverzadigde zone model
	State of the art	Beschikbaar (SWAP/MetaSWAP)
	Geplande ontwikkelingen	-
	Mogelijkheden/beperkingen	Gewasgroei niet expliciet gesimuleerd.
Gewasopbrengst	Benodigde innovaties	Geen
	Haalbaarheid	+++
	Benodigd	Potentiële gewasopbrengst opleggen
	State of the art	Standaard gewaseigenschappen uit het NHI
	Geplande ontwikkelingen	-
Gewasschade	Mogelijkheden/beperkingen	Geen expliciete modellering gewasgroei, alleen reductie ten opzichte van potentiële groei.
	Benodigde innovaties	Geen voor deze visie.
	Haalbaarheid	+++ (gegevens beschikbaar)
	Benodigd	Metamodel vertaling bodemvochtcondities → gewasschade
	State of the art	TCGB-tabellen; HELP-tabellen; 'Duitse-methoden'
Toewijzen schade aan (f)actoren	Geplande ontwikkelingen	Experttabellen voor indirecte schade STOWA: actualisatie HELP-tabellen / metamodel
	Mogelijkheden/beperkingen	droogteschade en natschade (2012/2013) Zuurstofmodule slechts operationeel voor referentiegewas
	Benodigde innovaties	Operationaliseren zuurstofmodule
	Haalbaarheid	Afleiden metamodel uit SWAP-simulaties ++
	Benodigd	Onttrekking aan/uit
	State of the art	Onttrekking aan/uit
	Geplande ontwikkelingen	-
	Mogelijkheden/beperkingen	Alleen schade door onttrekking wordt bepaald; houdt geen rekening met compenserende maatregelen
	Benodigde innovaties	Geen
	Haalbaarheid	+++

Overzicht 'Tussen-2'

Parameter/Variabele		
Meteorologie	Benodigd	Neerslag (P), referentieverdamping (ET_{ref}), luchttemperatuur (T_{lucht}) (dagbasis)
	State of the art	P , ET_{ref} , T_{lucht} beschikbaar op puntschaal KNMI-stations P vlakdekkend beschikbaar via radar ET_{ref} vlakdekkend beschikbaar via remote-sensing
	Geplande ontwikkelingen Mogelijkheden/beperkingen Benodigde innovaties	Hoger detailniveau in tijd en ruimte Nauwkeurigheid op bewolkte dagen
	Haalbaarheid	++
Hydrologie	Benodigd	Niet-stationair verzadigd grondwatermodel Onverzadigde zone model Gewasgroeimodel
	State of the art	Beschikbaar (SWAP/MetaSWAP + WOFOST)
	Geplande ontwikkelingen	Koppeling vindt plaats Gebruik remote-sensing beelden (vrij beschikbaar) voor invoer en validatie van hydrologische modellen
	Mogelijkheden/beperkingen Benodigde innovaties Haalbaarheid	Gewasgroei expliciet simuleren Respiratie/zuurstofstress inbouwen in WOFOST ++
Gewasopbrengst	Benodigd	Potentiële gewasopbrengst berekenen met WOFOST
	State of the art	WOFOST beschikbaar, echter zonder zuurstofstress
	Geplande ontwikkelingen	Nog geen concrete plannen voor inbouwen zuurstofmodule
	Mogelijkheden/beperkingen Benodigde innovaties Haalbaarheid	Indirecte schade niet/onvoldoende beschouwd Respiratie expliciet simuleren ++ (model beschikbaar, maar moet verbeterd)
Gewasschade	Benodigd	Metamodel vertaling bodemvochtcondities → gewasschade; of rechtstreeks uit WOFOST
	State of the art	TCGB-tabellen; HELP-tabellen; 'Duitse-methoden'
	Geplande ontwikkelingen	Experttabellen voor indirecte schade STOWA: actualisatie HELP-tabellen / metamodel droogteschade en natschade (2012/2013) Integratie WOFOST in hydrologische modellen
	Mogelijkheden/beperkingen Benodigde innovaties Haalbaarheid	Structurele schade niet meegenomen in gewasgroei; prestatie WOFOST voor akkerbouw Kennis ontwikkeld voor HELP-2012 nodig voor parametriseren WOFOST +
Toewijzen schade aan (f)actoren	Benodigd	Winplaats-GGOR
	State of the art	GGOR voor dynamisch grondwatermodel, zonder gewasgroei
	Geplande ontwikkelingen	Geen
	Mogelijkheden/beperkingen Benodigde innovaties Haalbaarheid	Hoge inspanning vereist Intensiveren samenwerking actoren +

Overzicht 'Ambitieuus'

Parameter/Variabele		
Meteorologie	Benodigd	Neerslag (P), referentieverdamping (ET_{ref}), luchttemperatuur (T_{lucht}) (dagbasis)
	State of the art	P , ET_{ref} , T_{lucht} beschikbaar op puntschaal KNMI-stations P vlakdekkend beschikbaar via radar ET_{ref} vlakdekkend beschikbaar via remote-sensing
	Geplande ontwikkelingen	
	Mogelijkheden/beperkingen	
	Benodigde innovaties	Hoger detailniveau in tijd en ruimte Nauwkeurigheid op bewolkte dagen
Hydrologie	Haalbaarheid	++
	Benodigd	Niet-stationair verzadigd grondwatermodel Onverzadigde zone model Gewasgroeimodel
	State of the art	Beschikbaar (SWAP/MetaSWAP + WOFOST)
	Geplande ontwikkelingen	Gebruik remote-sensing beelden (vrij beschikbaar) voor invoer en validatie van hydrologische modellen
	Mogelijkheden/beperkingen	Gewasgroei expliciet simuleren
Gewasopbrengst	Benodigde innovaties	Respiratie/zuurstofstress inbouwen in WOFOST
	Haalbaarheid	++
	Benodigd	Potentiële gewasopbrengst berekenen met WOFOST
	State of the art	WOFOST beschikbaar, echter zonder zuurstofstress
	Geplande ontwikkelingen	Nog geen concrete plannen voor inbouwen zuurstofmodule
Gewasschade	Mogelijkheden/beperkingen	Indirecte schade niet/onvoldoende beschouwd
	Benodigde innovaties	Respiratie expliciet simuleren
	Haalbaarheid	++ (model beschikbaar, maar moet verbeterd)
	Benodigd	Metamodel vertaling bodemvochtcondities → gewasschade; of rechtstreeks uit WOFOST
	State of the art	TCGB-tabellen; HELP-tabellen; 'Duitse-methoden'
Toewijzen schade aan (f)actoren	Geplande ontwikkelingen	Experttabellen voor indirecte schade STOWA: actualisatie HELP-tabellen / metamodel droogteschade en natschade (2012/2013)
	Mogelijkheden/beperkingen	Integratie WOFOST in hydrologische modellen
	Benodigde innovaties	Structurele schade niet meegenomen in gewasgroei; prestatie WOFOST voor akkerbouw
	Haalbaarheid	Kennis ontwikkeld voor HELP-2012 nodig voor parametriseren WOFOST
		+
Toewijzen schade aan (f)actoren	Benodigd	Winplaats-GGOR
	State of the art	GGOR voor grondwatermodel
	Geplande ontwikkelingen	-
	Mogelijkheden/beperkingen	Agrariër heeft nu geen belang om onttrekking te registreren
	Benodigde innovaties	Basisregistratie percelen op orde
Toewijzen schade aan (f)actoren	Haalbaarheid	Meer geëist van waterschap en boer
		+

