
Hoe robuust is ons hydrologisch systeem (1)?

Modelmatige verkenning van hydrologische effecten van klimaatverandering en toenemende grondwateronttrekking op het grondwatersysteem in 2050.

Jan van Bakel¹, Joachim Huinink², Wim Werkman³

Hoe robuust is het hydrologisch systeem in het vrij afwaterende deel van Nederland met het oog op de te verwachten veranderingen? Kan het hydrologisch systeem de gevolgen van een toename in grondwateronttrekking in combinatie met een grotere verdamping door klimaatverandering en technologische en economische ontwikkelingen in de landbouw opvangen, of wordt een grens overschreden die niet meer terug te draaien is? In dit eerste van twee artikelen wordt de toekomstbestendigheid van het hydrologische systeem getoetst door de structurele verandering van grondwaterstanden te berekenen met NHI voor heel Nederland. Voor Oost-Nederland is een aparte analyse uitgevoerd waarbij ook met SWAP is gerekend. Dit komt in een tweede artikel aan de orde.

Inleiding

Het Deltaprogramma heeft tot doel een langetermijnstrategie te ontwikkelen voor water-beheer en ruimtelijk beleid, met het oog op een duurzame maatschappelijke ontwikkeling bij onontkoombare klimaatverandering. Het Deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma richt zich op de vraag *hoe* de zoetwatervoorziening van Nederland voor de lange termijn ingericht kan worden en *wanneer* daarover besluiten moeten worden genomen en maatregelen moeten worden getroffen. In dat kader zijn effecten van maatregelen in het hoofdsysteem (zoals peilvariatie van het IJsselmeer) en regionale waterhuishoudkundige maatregelen (zoals verhoging van slootbodems) voor de zoetwatervoorziening in Nederland in de 21^e eeuw met NHI doorgerekend en geëvalueerd (Ter Maat et al, 2014). Daarbij is gewerkt met de Deltascenario's Druk en Warm: het KNMI'06 G klimaatscenario gecombineerd met een sterke economische. Scenario Warm gaat uit van een gematigde economische ontwikkeling en een KNMI'06 W+ klimaatscenario (Bruggeman e.a., 2013).

In een aparte rapportage zijn de met NHI en AGRICOM berekende landbouwkundige effecten geïnterpreteerd en geduid (Van Bakel, 2014). Een belangrijk punt van kritiek op die studie was dat de Deltascenario's en dus de uitgevoerde scenarioberekeningen

1 De Bakelse Stroom (jan.van.bakel@hetnet.nl)

2 Deltares (Joachim.Huinink@deltares.nl)

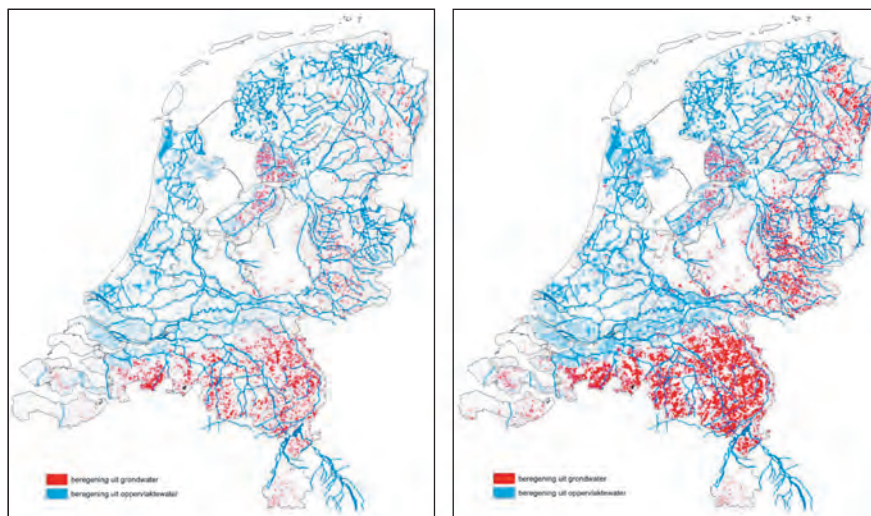
3 Rijkswaterstaat, WVL (wim.werkman@rws.nl)

met NHI geen rekening werd gehouden met een uitbreiding van het potentieel beregeningsareaal in combinatie met een vergroting van de beregeningscapaciteit op nu reeds beregenbare arealen. De beregeningscapaciteit is in NHI namelijk begrensd op 1 beregeningsgift van 25 mm per 7 dagen. Als de waterbehoefte door klimaatverandering toeneemt, kunnen agrariërs daarop reageren door de beregeningscapaciteit op het bestaande beregeningsareaal te vergroten en/of het beregenbare areaal uit te breiden. Uitbreiding van de beregening heeft gevolgen voor de watervraag aan het hoofd- en regionaal watersysteem, maar ook voor grondwaterstanden en afvoeren in de regio's waar wordt beregend uit grondwater en waar grondwater wordt onttrokken voor drinkwaterbereiding en de industrie. In die regio's is, naast de vraag hoe groot de effecten zijn, een belangrijke vraag: overschrijdt in sommige regio's de totale onttrekking de grondwateraanvulling waardoor er een doorgaande daling van grondwaterstanden en stijghoogtes gaat optreden? Deze vragen zijn in dit artikel beantwoord met speciaal daarvoor uitgevoerde berekeningen met NHI 3.0.

Simulaties met NHI 3.0.1

Om te onderzoeken wat de effecten kunnen zijn van een toename van de beregening al of niet in combinatie met een toename van de permanente grondwateronttrekkingen zijn met NHI voor het scenario WARM 2050 2 extra berekeningen uitgevoerd:

- rekenvariant Bmax:
 - ongeveer een verdubbeling van de beregeningsomvang. Daarnaast is gesteld dat in gebieden met veel aardappelen in het bouwplan zoals de Veenkoloniën) wordt overgegaan op beregening uit grondwater (als dat hydrologisch mogelijk is), in verband met bruinrot. Zie afbeelding 1.
 - de maximale beregeningsintensiteit gaat van 1 keer beregenen per 7 dagen naar 1 keer beregenen per 5 dagen.



Afbeelding 1: Weergave van de beregenbare plots bij Warm 2050 (links) en Bmax (rechts), opgesplitst naar bron van beregening

- rekenvariant Bmax+. Dit scenario is gelijk aan Bmax maar tevens zijn de grondwater-onttrekking voor drinkwaterbereiding en proceswater voor de industrie met een factor 1,6 resp. 1,4 verhoogd (Hunink e.a., 2013). Deze toename past weliswaar niet bij WARM maar bij STOOM maar de combinatie is te beschouwen als *worst-worst case*.

Met NHI zijn zowel de basiscase Warm 2050 als Warm 2050 met Bmax en Warm 2050 met Bmax+ doorgerekend voor de periode 1961 t/m 1995. Voor de analyse zijn alleen de jaren 1966 t/m 1995 gebruikt.

Resultaten NHI

Toename beregende hoeveelheden

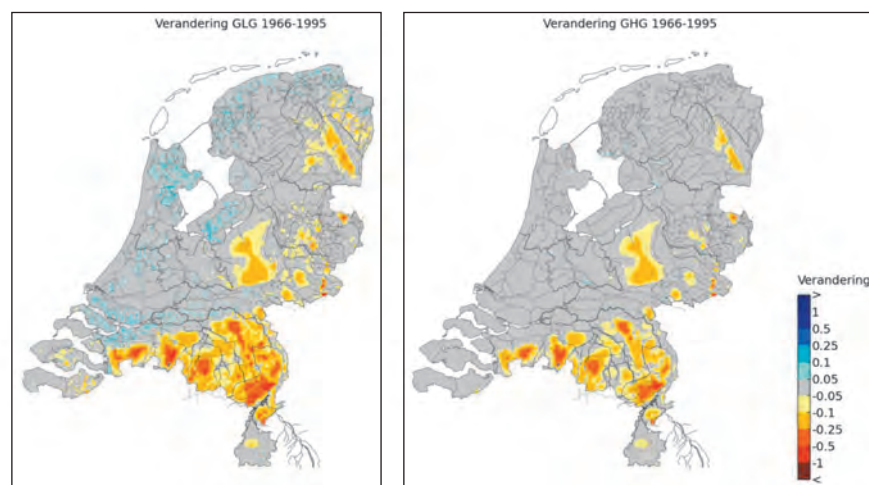
Onderstaande tabel geeft de toename in beregende hoeveelheden bij Bmax.

		Mm ³ /jaar	Toename (factor)
Warm 2050	Oppervlaktewater	198	
	Grondwater	214	
	Totaal	412	
Bmax	Oppervlaktewater	385	1,95
	Grondwater	481	2,24
	Totaal	866	2,10

Tabel 1: Vergelijking van langjarig gemiddelde beregeningshoeveelheden. De berekening uit grondwater neemt toe met een factor groter dan 2, conform de modelinvoer; de berekening uit oppervlaktewater neemt toe met een factor kleiner dan 2. De oorzaak daarvan is dat beregeningswater uit het oppervlaktewater niet altijd geleverd kan worden omdat in het scenario Bmax vaker een watertekort ontstaat.

Ruimtelijke beelden van verandering van freatische grondwaterstanden

In afbeelding 2 is de verandering van de GLG en GHG van Bmax ten opzichte van Warm 2050 weergegeven.

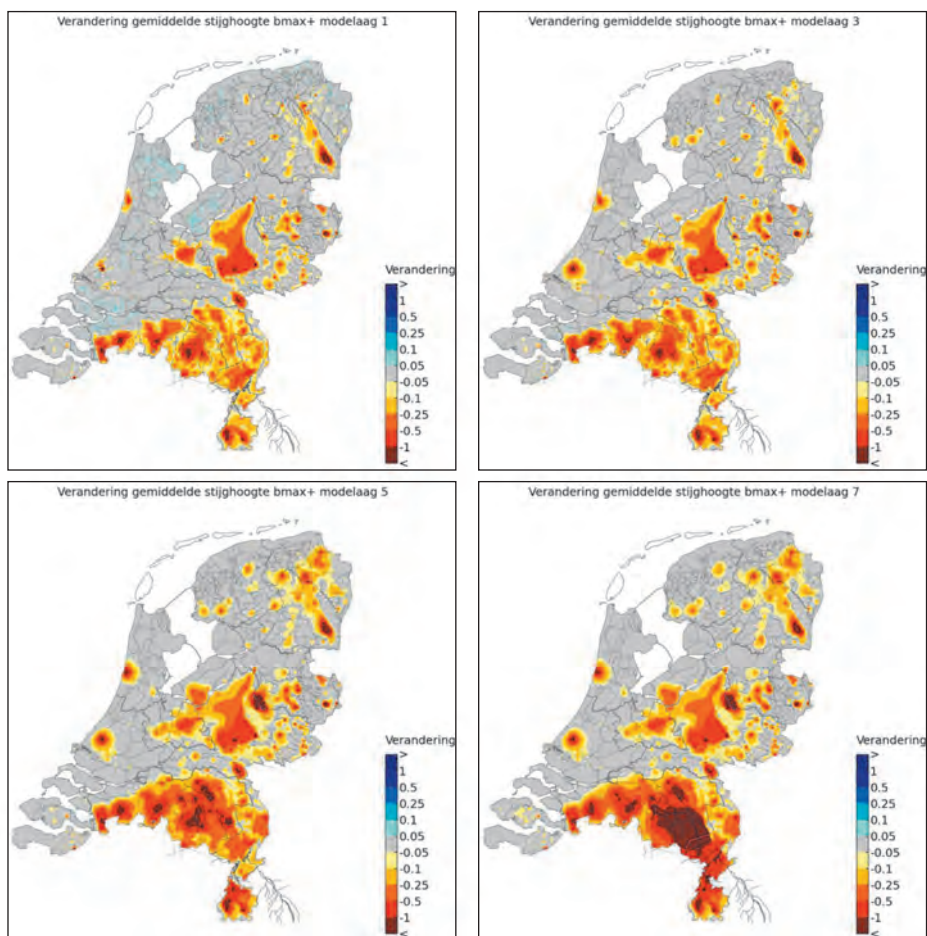


Afbeelding 2: Verandering van GLG en GHG bij Bmax ten opzichte van Warm 2050

De plaatjes laten zien dat het westelijk deel van Nederland de GLG licht stijgt en in nog mindere mate de GHG. De oorzaak is dat de extra beregening uit oppervlaktewater resulteert in een extra grondwateraanvulling. In het deel van Nederland waar wordt beregend uit grondwater daalt de GLG en maar ook de GHG. Vooral in het zandgebied van Noord-Brabant en in Midden-Limburg is de daling van zowel GLG en GHG, met soms meer dan 0,5 m, fors. In de Achterhoek is de daling opvallend gering. De daling concentreert zich daar op locaties met een beperkt drainagesysteem zoals Montferland. Dit heeft uiteraard met de omvang van de uitbreiding van de beregening te maken, die daar kleiner is omdat in de uitgangssituatie ook minder wordt beregend.

De verandering in gemiddelde grondwaterstand en stijghoogtes tussen Bmax+ en Warm 2050 is weergegeven in afbeelding 3.

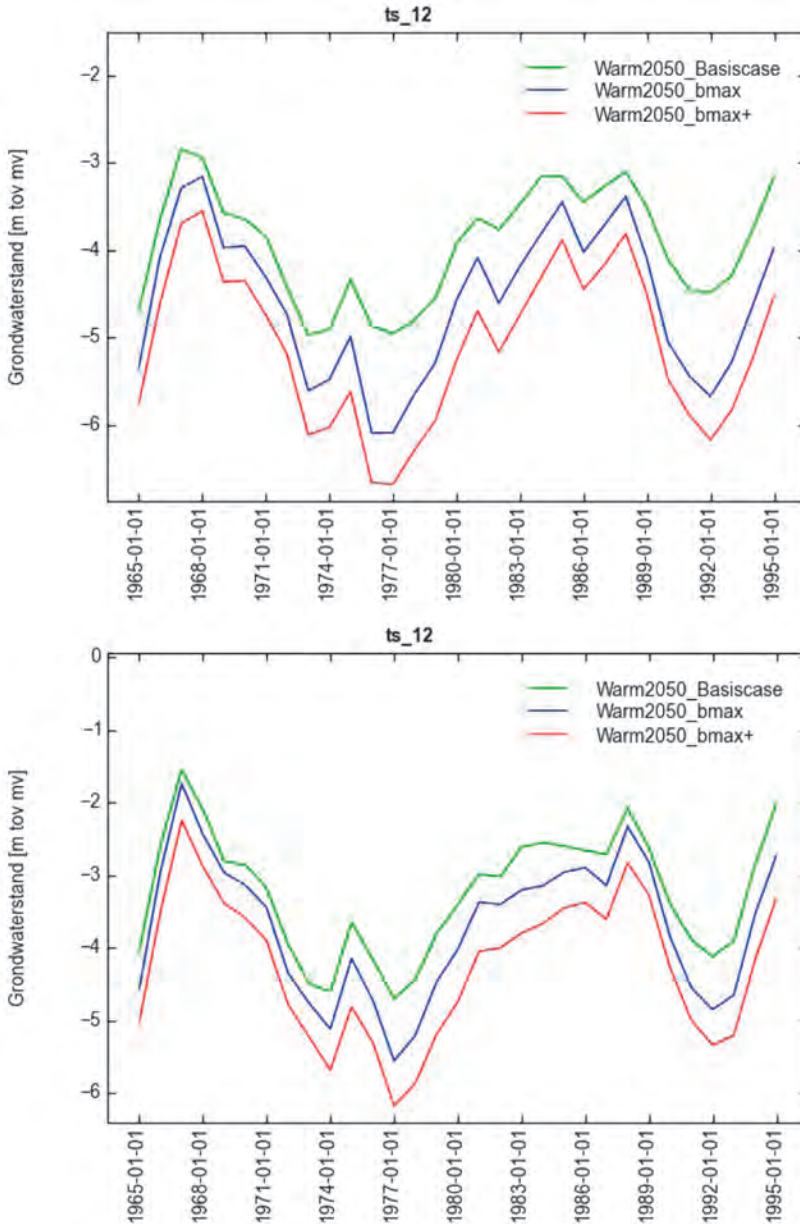
Vooral in Zuid-Nederland zijn de verlagingen van de grondwaterstand aanzienlijk, waarschijnlijk doordat gebieden meestal afvoerloos worden en de daling niet meer wordt tegengehouden door vermindering van de afvoer. In de rest van Oost-Neder-



Afbeelding 3: Verandering van veeljarig gemiddelde grondwaterstand en stijghoogtes bij scenario Bmax+ ten opzichte van WARM 2050

land zijn forse verlagingen beperkt tot de invloedsgebieden rond de permanente winningen. De verlaging van de GHG en GLG is vooral in de gebieden met forse verlaging ongeveer gelijk; maar voor de andere gebieden is de verlaging van de GLG duidelijk groter dan van de GHG.

De daling van de bepompte pakketten is uit de aard der zaak meestal groter dan de daling van de grondwaterstand. Vooral in de Centrale Slenk is dat het geval.



Afbeelding 4: Verloop van de HG3 (boven) en LG3 (onder) op een locatie in Midden-Brabant, voor 3 scenario's

Tijdsverlopen van LG3 en HG3

Uit de ruimtelijke beelden van GLG en GHG kan niet worden afgeleid wat de dynamiek is van de verhoging of verlaging van GHG en GLG en of de daling zich stabiliseert binnen de rekenperiode. Tijdsverlopen van grondwaterstandsveranderingen geven dit inzicht wel. Daarvoor zijn in Nederland 12 locaties min of meer aselekt gekozen en hiervoor zijn de tijdsverlopen van de LG3 en HG3 bepaald. Een LG3 en HG3 zijn respectievelijk het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden per zomerhalfjaar (april-september) en van de drie hoogste 14-daagse grondwaterstanden per winterhalfjaar (oktober-maart).

Voor 1 locatie in Zuid-Nederland zijn de berekende LG3 en HG3 per kalenderjaar in afbeelding 4 weergegeven voor WARM 2050, Bmax en Bmax+. De toename van de beregeningonttrekking is hier groot omdat in de huidige situatie reeds veel wordt beregend. Tevens is de huidige situatie (referentie) weergegeven om de effecten van Bmax en Bmax+ te kunnen relateren aan de effecten van klimaatverandering.

De effecten zijn fors te noemen. Locatie 11 heeft in de uitgangssituatie al diepe grondwaterstanden en er is geen oppervlaktewatersysteem in de buurt actief. Daarom zijn de effecten hier maximaal. Het klimaateffect is het verschil tussen de referentie en Warm 2050 en is gering in verhouding tot de effecten van Bmax en Bmax+. De daling van de grondwaterstanden als gevolg van het klimaat kunnen na enkele natte jaren weer op vergelijkbare niveaus komen als zonder klimaatverandering. Wanneer er sprake is van een extra onttrekking voor beregening, eventueel vergroot door extra drinkwateronttrekkingen is dat niet meer het geval. Na 30 jaar lijkt er geen doorlopende daling te meer zien (afstand tussen bovenste en onderste lijn wordt niet meer groter, zelfs niet op deze locatie met de grootste effecten. Op grote afstand is ook in deze *worst case* situatie altijd wel een gebied aanwezig dat als voeding gaat fungeren. Dit kunnen grote waterlopen zijn, maar in het model ook de randvoorwaarden. Maar deze voeding heeft uiteraard gevolgen voor de grondwaterstanden, afvoeren en kwelfluxen in die gebieden. In gebieden met ontwateringsmiddelen in Noord-Brabant is de daling van de grondwaterstand veel geringer omdat de afname van de afvoer de toename van de onttrekkingen grotendeels compenseert.

Effecten op de waterbalans

Van de toename van de onttrekking voor beregening uit grondwater bij Bmax van gemiddeld 200 Mm³/jaar 'verdwijnt' circa. 100 Mm³/jaar naar een toename van de gewasverdamping. Dus ongeveer 100 Mm³/jaar komt op de beregende grids terug als extra grondwateraanvulling.

De verdampingsverliespost van 100 Mm³/jaar moet ergens vandaan komen:

- berging. Freatische en elastische berging in het grondwatersysteem leidt tot verschuiving tussen de jaren maar zoals hiervoor reeds beschreven is er geen doorgaande daling van grondwaterstanden en stijghoogtes, dus deze waterbalansterm over een lange periode is nul;
- minder kwel c.q. meer wegzijging doordat de stijghoogten meer dalen dan de grondwaterstanden;
- minder afvoer. Minder kwel c.q. meer wegzijging leidt tot een structurele daling van de grondwaterstand en in gebieden met een ontwateringsstelsel tot minder afvoer;

- meer infiltratie. Een structurele daling van de grondwaterstand leidt in gebieden met wateraanvoer voor peilhandhaving tot meer infiltratie en dus meer wateraanvoer;
- randfluxen grondwatersysteem. Door de daling van de diepe stijghoogtes in met name Noord-Brabant en Midden-Limburg zal de flux over de rand van het NHI-grondwatermodeldeel hoger worden;
- verdampingsreductie. Deze post is redelijk te kwantificeren door van de niet-beregende plots de gewasverdampingsreductie te bepalen bij Bmax ten opzichte van Warm 2050. De afname op de niet-beregende landbouwplots bij Bmax is gemiddeld 10,2 Mm³/jaar en de natuurplots 4,2 Mm³/jaar, samen 14,4 Mm³/jaar. Dit is ongeveer 14% van de verliespost.

Discussie

Een verdubbeling van het beregeningsareaal in 2050 is fors, vooral gelet op het feit dat beregening door agrariërs als een belastende werkzaamheid wordt ervaren. Maar technologische ontwikkelingen kunnen daar verandering in brengen.

Technologische ontwikkelingen kunnen ook leiden tot een hogere beregenings efficiëntie (fractie toename verdamping en bruto gift). Vanuit hydrologisch oogpunt is hiermee nauwelijks winst mee te behalen. Echte winst wordt pas geboekt als op beregende percelen meer droogteschade wordt geaccepteerd.

In bovenbeschreven analyse is ook geen rekening is gehouden met een toename van de verdamping door een langer groeiseizoen, vooral bij grasland en mais. Naar schatting neemt daardoor de verdamping toe met 10% (Van Bakel, 2012).

De toename van het areaal hoogsalderende teelten is bij WARM 2050 beperkt. Er zijn echter scenario's denkbaar waarbij dat areaal wel fors toeneemt. Dit type teelten worden zonder uitzondering beregend.

Toename van de grondwateronttrekkingen leidt primair tot een daling van de stijghoogtes van de bepompte pakketten en secundair tot daling van de (freatische) grondwaterstanden. Omdat de daling van de stijghoogtes niet is gekoppeld aan effecten op landbouw en natuur zijn hiervan geen resultaten weergegeven.

Conclusies

De volgende conclusies zijn te trekken:

1. De rekenvariant met een verdubbeling van het beregeningsareaal en een intensivering van de beregening op nu reeds beregenbaar areaal (Bmax) leidt tot meer dan een verdubbeling van de uit het grondwater onttrokken hoeveelheden beregeningswater. Het leidt op sommige locaties in Zuid-Nederland tot een aanzienlijke daling van de GLG maar ook tot een opmerkelijke daling van de GHG ten opzichte van het scenario WARM 2050.
2. Deze daling komt na enige jaren tot stilstand en er ontstaat een nieuw dynamisch evenwicht. Er is dus geen sprake van een uitputting van de grondwatervoorraden omdat de extra beregening uit grondwater wordt gevoed vanuit vermindering van de afvoer, meer infiltratie in gebieden met wateraanvoer, meer stroming van grondwater over de rand van het modelgebied en reductie van de verdamping op niet-beregende landbouwpercelen en op natuurterreinen.

3. Als bovendien de permanente grondwateronttrekkingen fors toenemen (rekenvariant Bmax+) is de daling van de freatische grondwaterstanden vooral rondom de pompstations groter. Maar ook nu ontstaat er een nieuw dynamisch evenwicht (geen doorgaande daling). Dit neemt niet weg dat deze daling en daarmee verbonden vermindering van de kwel en afvoer kan leiden tot onaanvaardbare effecten op landbouw en natuur. In het tweede artikel zal hier nader op worden ingegaan.

Literatuur

Bakel, P.J.T. van (2012) Effecten van klimaatverandering op de potentiële en actuele verdamping van de landbouw in oostelijk en zuidelijk Nederland in 2015. Een prognose op basis van literatuur en expertise. De Bakelse Stroom.

Bakel, P.J.T. van (2014) Interpretatie en duiding van landbouwschadeberekeningen met NHI en AGRICOM en effecten van een veel grotere omvang van de berekening in 2050. De Bakelse Stroom.

Ter Maat, J., M. van der Vat, J. Hunink, M. Haasnoot, G. Prinsen, M. Visser, P. Boderie, R. van Ek, M. Maarse, R. van der Sligte, H. Verheij, C. Wesselius (2014) Effecten van maatregelen voor de zoetwatervoorziening in de 21e eeuw, Delta-programma - Deelprogramma Zoetwater - fase 4, Deltares rapport 1209141-001.

Bruggeman, W., E. Dammers, G.J. van den Born, B. Rijken, B. van Bommel, A. Bouwman, K. Nabielek, J. Beersma, B. van den Hurk, N. Polman, V. Linderhof, C. Folmer, F. Huizinga, S. Hommes, A. te Linde (2013) Deltascenario's voor 2050 en 2100. Nadere uitwerking 2012-2013.

Hunink, J., A. Veldhuizen, G. Prinsen, J. Oosterwijk, G. Oude Essink (2013) Deltascenario's 2012, NHI modelinvoer. Deltares rapport 1207053-000-BGS-0003.