

Stoppen met pompen?

Simulaties in vijf veenpolders

Op termijn zullen de sterk gereguleerde waterpeilen in Nederlandse polders steeds lastiger te handhaven zijn. Wat gebeurt er als de pompen stoppen? Dat is gesimuleerd voor vijf verschillende polders. Kwel- en hoogteverschillen binnen polders zorgen voor een grote variatie in de autonome ontwikkeling van het waterpeil. Sommige polders blijken snel onder water te lopen, in andere stagneert het water en vormt zich moeras en weer andere polders lopen leeg

Het waterniveau in de Nederlandse polders wordt continu gereguleerd via een netwerk van pompen, stuwen, dammen, dijken, kanalen en sloten. Voor elk peilgebied is het waterpeil in een wettelijke regeling, het peilbesluit, vastgelegd. In de meeste polders is de maalcapaciteit voldoende om ook een zomerse wolkbreuk vrij snel weg te kunnen pompen. In perioden met een neerslagtekort wordt water van elders ingelaten, vooral uit de grote rivieren. Het gevolg is een jaarrond vrijwel constant – in veel polders is het zomerpeil net iets hoger dan het winterpeil – en vaak laag waterpeil van ± 60 cm onder het maaiveld, zonder de natuurlijke seizoensdynamiek die zo'n 50 jaar geleden nog de praktijk was (Coops & Van Vliet, 2002; Penning & Duel, 2003). Dit strakke waterbeheer heeft echter wel bijwerkingen. Het constante waterniveau tijdens het groeiseizoen bemoeilijkt de ontwikkeling van moerasvegetatie en het inlaten van gebiedsvreemd water heeft eutrofiëring tot gevolg. Daarnaast zijn waterstanden in polders lager dan ze historisch gezien zouden moeten zijn, wat veenmineralisatie en dus bodemdaling veroorzaakt (Lamers et al., 2001; Rienks et al., 2002). Bovendien wordt ook het beheer van het huidige waterpeil steeds moeilijker. Vooral tijdens extreme weersomstandigheden zoals langdurige droogte in de zomer of natte perioden in de winter is het drainagesysteem in de polders steeds minder in staat om het gewenste polderpeil in stand te houden (Penning & Duel, 2003). Klimaatverandering zal naar verwachting de

mate en de frequentie van extreme weersomstandigheden vergroten (KNMI, 2006), waardoor het drainagesysteem nog verder wordt belast.

Stoppen met pompen

In Nederland wordt sinds 2000 gewerkt met het beleid “vasthouden, bergen en afvoeren” om de gevolgen van klimaatverandering te kunnen hanteren (Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, 2000). Het vasthouden van gebiedseigen water in natte perioden of het compleet onder water laten lopen van polders worden gezien als mogelijke oplossingen voor situaties waar het peil moeilijk te handhaven is (onder andere Van Herwijnen et al., 2003; Witteveen+Bos, 2006). De effecten van dergelijke ingrepen zijn echter slecht beperkt onderzocht. Er is onderzoek gedaan naar vernatting (Lamers et al., 2001; Van Dijk, 2008) en het tijdelijk of het gedeeltelijk onder laten lopen van polders al dan niet in combinatie met actief waterbeheer (De Leeuw & Wymenga, 2004; Jansen et al., 2007). Onderzoek naar de gevolgen van complete inundatie op polderschaal ontbreekt echter nog.

In deze studie is het effect van klimaatverandering op het waterpeil gesimuleerd in vijf verschillende veenpolders in Nederland wanneer dit peil niet meer actief beheerd wordt. Voor het kwantificeren van klimaatverandering is gebruikt gemaakt van de KNMI-scenario's (KNMI, 2006). De belangrijkste vragen zijn: (1) zullen er grote verande-

MARTINE VERNOOIJ &
JAN VERMAAT

Ir. M.G.M. Vernooij Alterra,
Wageningen Universiteit en
Research, Postbus 47,
6700 AA Wageningen
martine.vernooij@wur.nl
Dr. Ir. J.E. Vermaat Instituut
voor Milieuvraagstukken, Vrije
Universiteit, De Boelelaan 1087,
1081 HV Amsterdam
jan.vermaat@ivm.vu.nl

foto Mark van Veen Eempolder.

ringen optreden in het waterpeil wanneer dit niet meer actief beheerd wordt; (2) wat voor effect heeft klimaatverandering op het waterpeil in de polders; (3) hoe verloopt de ruimtelijke verdeling tussen land, riet en open water en (4) wat zijn de kansen voor natuur in deze situaties?

Studieopzet

Voor deze studie zijn vijf contrasterende polders gebruikt waarvan waterbalansen beschikbaar zijn (Vermaat & Hellman, ingediend): de Vlietpolder, Groot Zegveld, de Hilversumse Bovenmeent, de Rottige Meenthe en de Deelen (tabel 1). De vijf polders hebben allemaal een veendek, hoewel verschillend van dikte en samenstelling (Rienks et al., 2002). Bovendien verschillen ze in absolute hoogteligging en variatie in de polder, grondwaterkweldruk, wegzijging en hoogte van de omliggende polders (tabel 1). Na verwijdering van de bemalingsposten uit de waterbalans (in en uit), is berekend hoeveel water de polder jaarlijks in of uit zou stromen. Veranderingen in het waterpeil als gevolg hiervan zijn verwerkt in een digitaal hoogtebestand van iedere polder dat afkomstig is uit de Algemene Hoogtekaart Nederland. Met behulp van een model zijn vervolgens de waterbalansen in stappen van vijf jaar aangepast. Per polder is vervolgens bepaald wat de totale oppervlakte aan land, riet en open water gaat zijn en wat voor gevolgen dit heeft voor de verdamping van het gebied. Hiervoor zijn eenvoudige beslisregels gehanteerd (tabel 2). De verschillen in wateroverschot of -tekort zijn vervolgens

per tijdstap gecorrigeerd in het hoogtebestand. Dit is dus een rigoureuze, simpele ingreep in de waterbalans, waarbij de mogelijke onderlinge beïnvloeding en tussentijdse veranderingen in hydrologische randvoorwaarden slechts stapsgewijs zijn meegenomen.

De effecten van klimaatverandering zijn vervolgens doorerekend door neerslag en verdamping in de waterbalans te corrigeren voor zomer en winter per klimaatscenario (G, G⁺, W en W⁺) van het KNMI (KNMI, 2006). Deze vier scenario's verschillen in verwachte temperatuurstijging (G = +1, W = +2 °C) en of de luchtcirculatiepatronen zullen veranderen (G⁺, W⁺). Als dat laatste wel het geval is, komen warme droge zomers en natte milde winters vaker voor. De ontwikkeling van het waterniveau per polder is hierna doorerekend totdat de polder compleet onder water gelopen is, een evenwicht is ontstaan of een maximum periode van 50 jaar is bereikt.

Omdat de verdamping van riet naar verwachting de grootste onzekerheid met zich mee brengt is tevens een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin de verdamping door riet en de maximale waterdiepte voor rietkolonisatie zijn aangepast. Voor details van de werkwijze wordt verwezen naar het volledige rapport (Vernooij, 2008).

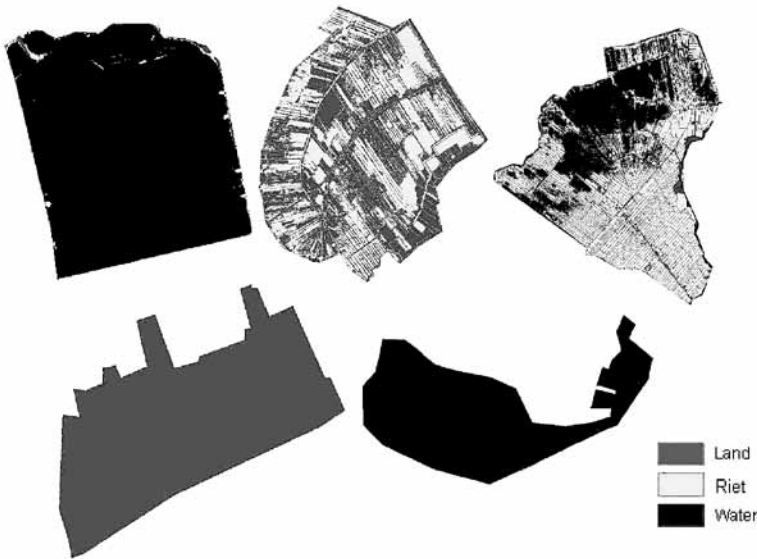
Verandering van land, riet en open water

De verschillen tussen de vijf polders zijn groot (figuur 1). Zowel de Vlietpolder als de Hilversumse Bovenmeent is na verloop van tijd volgelopen met water. De Rottige

Tabel 1 Gegevens per polder. Hoogteverschillen binnen de polders en het oppervlak zijn bepaald aan de hand van een digitaal hoogtebestand (Algemene Hoogtekaart Nederland) nadat het bestand bewerkt is.

Table 1 Polder data. Elevation differences within the polders and the polder surface have been derived from a digital elevation map (Algemene Hoogtekaart Nederland) after image preparation.

	Oppervlak (ha)	Gemiddelde hoogte (cm)	Hoogte verdeling (cm)	Variatie in hoogte (cm)	Hoogte omringend polderland (cm-NAP)	Kwel (mm/jaar)	Wegzijging (mm/jaar)	Landgebruik
Vlietpolder	199	-206	-256 ↔ -130	126	-60 ↔ -500	0	25	Landbouw
Groot Zegveld	2020	-216	-289 ↔ -149	140	-130 ↔ -210	0	95	Landbouw
Hilversumse Bovenmeent	185	-93	-178 ↔ 2	180	40 ↔ -100	182,5	0	Natuur
Rottige Meenthe	1132	-89	-128 ↔ -16	112	-20 ↔ -200	55	219	Natuur, landbouw
De Deelen	516	-74	-91 ↔ -27	64	-80 ↔ -300	0	281	Natuur



Figuur 1 Bovenste rij van links naar rechts: de Vlietpolder na 15 jaar, de Rottige Meenthe na 15 jaar en Groot Zegveld na 50 jaar; onderste rij links de Deelen na 10 jaar en rechts de Hilversumse Bovenmeent na 10 jaar, in (alle polders) het 0-scenario

Figure 1 Upper row from left to right: Vlietpolder after 15 year, Rottige Meenthe after 15 year and Groot Zegveld after 50 year; lower row left the Deelen after 10 year and right the Hilversumse Bovenmeent after 10 year, in (all polders) the 0-scenario

Meenthe bereikt een evenwicht na 15 jaar waarin de polder natter is dan in de beginsituatie. Het waterniveau in Groot Zegveld blijft langzaam stijgen en heeft de polder na 50 jaar in een groot moerasgebied veranderd. Er is dan echter nog geen evenwicht bereikt. In De Deelen zakt het waterpeil echter met een constante snelheid.

De verdeling en ontwikkeling van het oppervlak aan land, riet en open water blijken ook erg te verschillen, zowel tussen polders als scenario's. Als voorbeeld zijn hiervoor de Vlietpolder en de Rottige Meenthe genomen (figuur 2

en 3). In de Vlietpolder stijgt het waterniveau bij de meeste scenario's zo snel dat de groei van riet en het voorkomen van droog land in de polder niet of slechts zeer kort mogelijk zijn. Alleen bij het W⁺-scenario zorgt het verschil tussen verdamping en neerslag er voor dat de groei van riet en het voorkomen van droog land mogelijk blijven. In de Rottige Meenthe zijn de verschillen tussen de klimaat-scenario's veel groter. De o-, G-, en W-scenario's lijken nog steeds op elkaar, al varieert het totale oppervlak aan land, riet en open water aan het eind van de calculatie. Het

Land type	Beslisregel	Verdamping
Land	> 0 cm t.o.v. het waterpeil	Verdamping volgens Makkink (1957)
Riet	> -65 < 0 cm t.o.v. het waterpeil	1,32 x Makkink
Open water	< -66 cm t.o.v. het waterpeil	1,25 x Makkink

Tabel 2 Beslisregels voor de landtypen in de modelberekeningen en de gebruikte factoren voor de verdamping.

Table 2 Decision rules applied for the land types in the model and the corresponding evaporation factors per land type.

oppervlak aan land en riet in het G⁺-scenario schommelt tussen volledig droog en zo'n 40% rietland. In het W⁺-scenario zijn riet en open water vrijwel geheel afwezig.

Ontwikkeling van het waterpeil

Bij de ontwikkeling van het waterpeil zijn de verschillen tussen de klimaatscenario's en polders nog duidelijker (figuur 4). Het waterpeil in de Vlietpolder en de Hilversumse Bovenmeent stijgt snel en passeert al binnen enkele jaren de lijn die aangeeft dat 90% van het polderoppervlak is bedekt met open water. Dit gebeurt in alle scenario's met uitzondering van het W⁺-scenario in de Vlietpolder. In Groot Zegveld stijgt het waterpeil alleen in het G- en W-scenario tot boven de 90% lijn. In de andere sce-

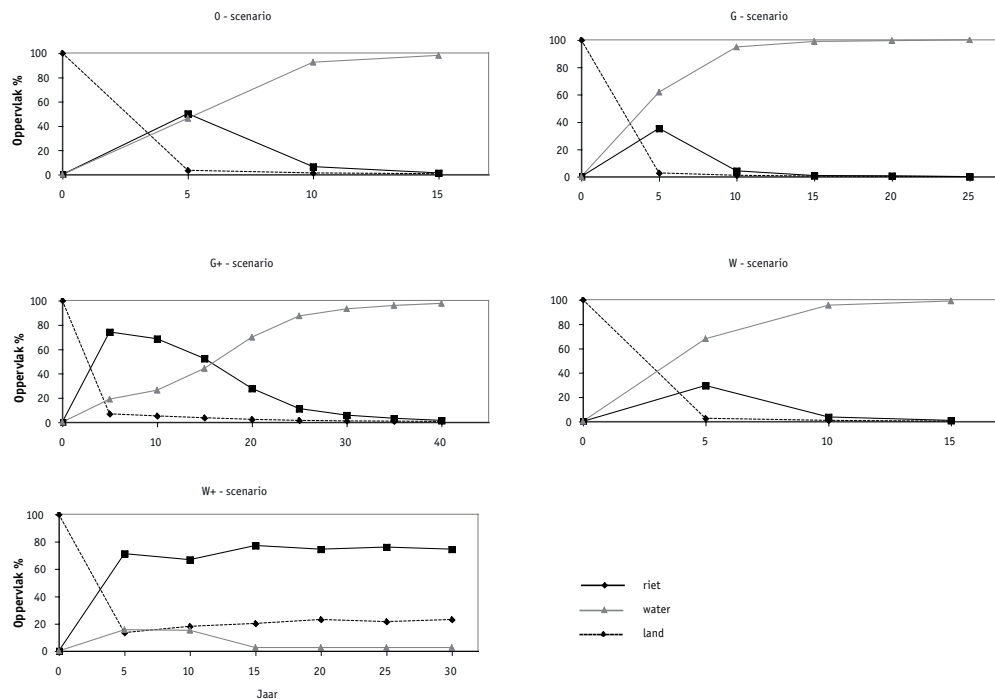
nario's wordt een evenwicht bereikt dat natter is dan de beginsituatie (G⁺- en W⁺-scenario) of het waterpeil blijft gestaag stijgen (o-scenario). In de Rottige Meenthe bereiken de o-, G- en W-scenario's een evenwicht dat natter is dan de beginsituatie maar wel onder de 90% lijn blijft. Het G⁺-scenario blijft vergelijkbaar met de beginsituatie en in het W⁺-scenario zakt het peil onder het originele waterpeil. In tegenstelling tot de andere polders komt het waterpeil in de Deelen in ieder scenario veel lager te staan dan in de beginsituatie.

Gevoeligheidsanalyse

De grootste verdamping vindt volgens onze berekeningen plaats in de gebieden die met riet bedekt zijn. Aan-

Figuur 2 De ontwikkeling van land, riet en open water in de Vlietpolder voor de verschillende klimaatscenario's. Een oppervlak van 100% komt overeen met 199 ha. De schaal van de x-as verschilt per scenario.

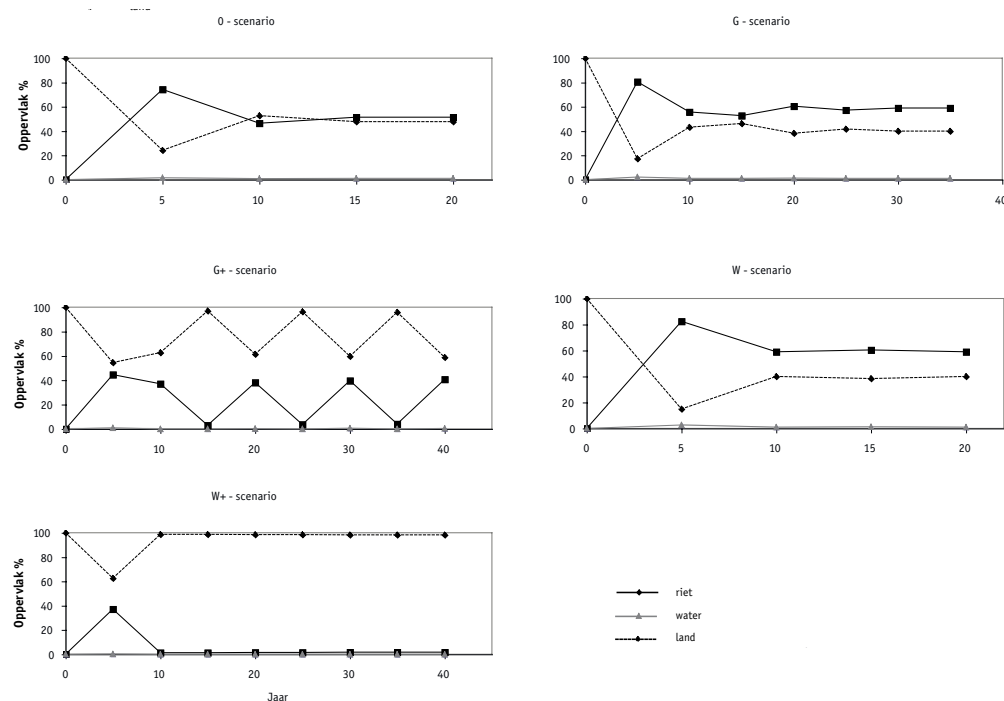
Figure 2 The development of land, reed and open water in the Vlietpolder for the different climate scenarios over time. A surface of 100% corresponds to 199 ha. The time scale of this figure varies per scenario.



names over de verdamping en groei van riet kunnen dus tot een grote onzekerheid leiden. In alle scenario's is de zogenaamde *crop factor* van 1,32 (Fermor et al., 2001) gebruikt om de verdamping van riet ten opzichte van de referentiegewasverdamping te berekenen. Er is voor deze *crop factor* gekozen vanwege de overeenkomsten tussen het gebied waarvoor deze is berekend en de Nederlandse polders, en omdat hij een redelijke mediaan is binnen de bekende range. Fermor et al. (2001) rapporteren immers voor riet *crop factors* die variëren tussen 0,8 en 2,5 bij waterverzadigde omstandigheden, maar onder verschillende microklimaat. Om de gevoeligheid voor deze *crop factor* te schatten is een hogere waarde van 1,83 gebruikt (Mueller et al., 2005) voor het meest natte, het meest droge en het

o-scenario van Groot Zegveld (figuur 5). Deze polder is gekozen omdat de verandering van het waterpeil als gevolg van een andere *crop factor* naar verwachting duidelijk zichtbaar zal zijn. De verschillen met het origineel (figuur 4) zijn erg groot. Met de originele, 'redelijke' *crop factor* in het W-scenario wordt binnen 40 jaar meer dan 90% van de polder bedekt met open water. Met een 'hoge' *crop factor* wordt minder dan de helft van deze stijging gehaald. In het W⁺-scenario betekent de keuze tussen deze twee *crop factors* het verschil tussen een stijging of een daling van het waterpeil ten opzichte van de beginsituatie. De keuze van de vermenigvuldigingsfactor om de verdamping van riet te bepalen blijkt dus belangrijk.

De keuze voor de maximale diepte waarop riet kan groei-

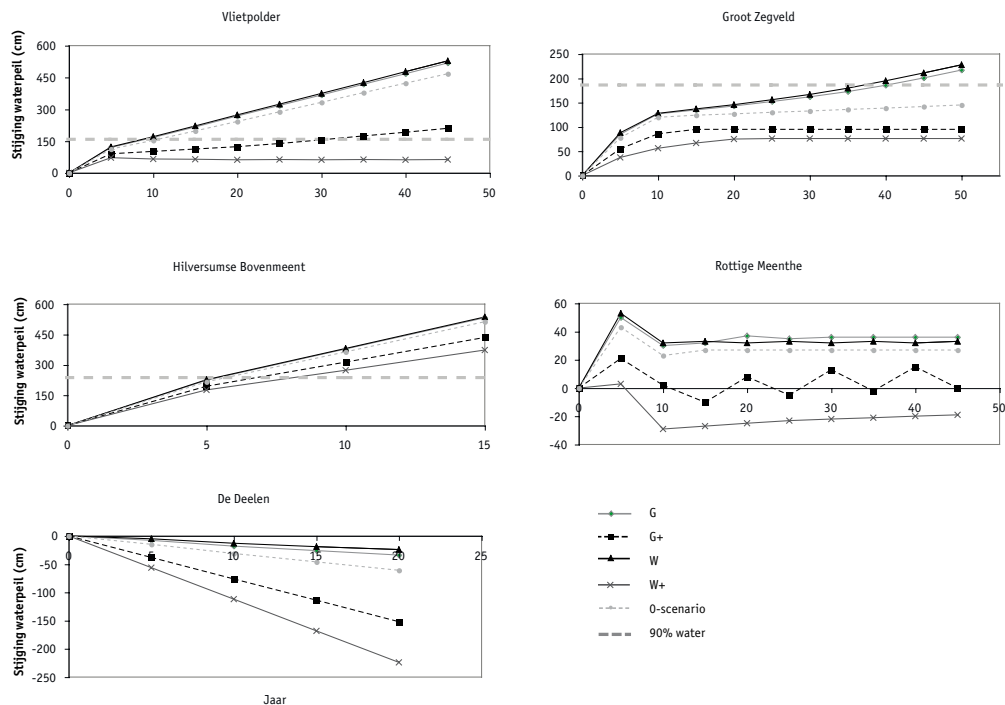


Figuur 3 De ontwikkeling van land, riet en open water in de Rottige Meenthe voor de verschillende klimaatscenario's. Een oppervlak van 100% komt overeen met 1132 ha. De schaal van de x-as verschilt per scenario.

Figure 3 The development of land, reed and open water in the Rottige Meenthe for the different climate scenarios over time. A surface of 100% corresponds to 1132 ha. The time scale of this figure varies per scenario.

Figuur 4 De ontwikkeling van het waterpeil in iedere polder voor de verschillende klimaatscenario's (de schaal van de x-as verschilt per scenario). De 90% water lijn geeft aan dat 90% van het polder oppervlak wordt bedekt door open water. Deze lijn is bepaald door interpolatie van de bedekking van ieder landtype en de stijging van het waterniveau, waarna het gemiddelde is genomen tussen de klimaatscenario's.

Figure 4 The development of the water table per polder for the different climate scenarios over time (the time scale of the figure varies per polder). The 90% water line indicates the loss of 90% of the polder surface to open water. It is determined by interpolation between the coverage percentages of the polder and the water level rise, after which the average value between the scenarios is determined per polder.

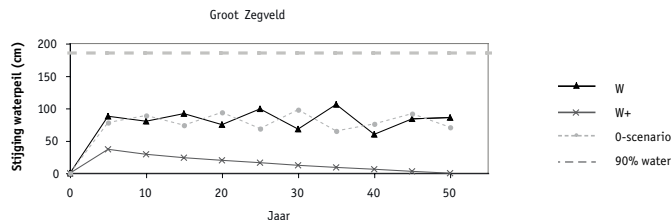


en heeft in deze analyse alleen effect op de gebieden waar het water langzaam genoeg stijgt om de kolonisatie van riet mogelijk te maken. Deze stijging is tevens afhankelijk van de hoogteverdeling van het landoppervlak binnen de polder. De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor de W^- en W^+ -scenario's in Groot Zegveld (figuur 6). Voor het W^- -scenario is het verschil in stijging van het wateroppervlak 40 cm tussen de maximale kolonisatiediepte voor riet van 65 en 10 cm. Dit verschil heeft invloed op het totale oppervlak dat door water is bedekt en dus op de chemie in de bodem van de polder en op de kansen voor vegetatie (Lamers *et al.*, 2002; Van Dijk, 2008). Daarnaast kan een dergelijk verschil invloed hebben op de groei van ondergedoken waterplanten wanneer het water troebel is

(Scheffer, 2004). De maximale kolonisatiediepte voor riet heeft echter geen effect op de stijging van het waterpeil in het W^+ -scenario. Het verschil in stijging tussen een maximale kolonisatiediepte van 65 en 10 cm is hier maar 3 cm.

Discussie

Het meest in het oog springende resultaat van dit onderzoek is het grote verschil in uitkomsten tussen de vijf doorgerekende polders. De variatie in polderpeilen is het gevolg van het verschil in de hoeveelheid kwelwater van en naar de polder. Ook is het grote verschil in de hoogteverdeling van het maaiveld tussen polders belangrijk. Deze hoogteverdeling binnen de polder bepaalt namelijk in onze benadering of de groei van riet mogelijk is. De



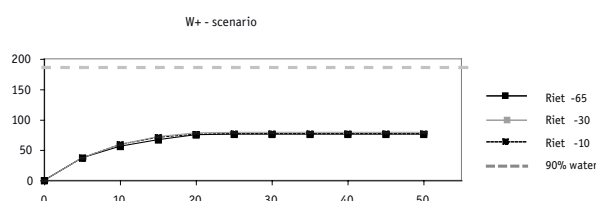
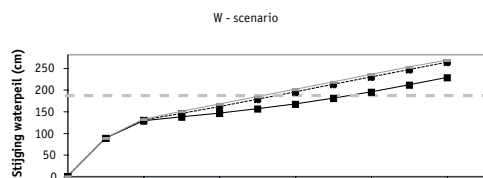
richting van de toekomstige klimaatverandering heeft een sterke invloed op de ontwikkeling van het waterpeil in de polders. De verschillen zijn vooral erg groot tussen de 'droge' (G+ en W+) en de 'natte' (G en W) scenario's. De ontwikkeling van het waterniveau creëert waarschijnlijk kansen voor de ontwikkeling van dynamische moerassen in enkele polders en bij enkele scenario's. In de Vlietpolder gebeurt dit bij het W+ scenario, in Groot Zegveld en de Rottige Meenthe is dit het geval bij 3 of 4 scenario's. Deze gebieden kunnen fungeren als habitat voor moerasvogels (vergelijk Vermaat *et al.*, 2008). Wel moet er rekening mee worden gehouden dat drie van de vijf polders al na een vijftiental jaren waarschijnlijk grotendeels onder water staan (figuur 4). Omdat de meeste veenweidenpolders in Nederland een intensief agrarisch gebruik kennen, is de nutriëntenbeschikbaarheid hoog en dus ontwikkeling van schraallanden met een hoge botanische waarde minder waarschijnlijk (Van Dijk, 2008). We hebben drie belangrijke aannames gedaan die de resultaten sterk kunnen beïnvloeden. De keuze van de crop factor voor het bepalen van

de verdamping van riet is erg belangrijk gebleken voor de ontwikkeling van het waterpeil. Aanpassingen aan deze factor blijken zelfs het verschil te kunnen betekenen tussen een nattere of compleet ondergelopen polder. De tweede aanname van belang is de berekening van kwel. Die is niet aangepast per tijdstap. Kwelwater is een belangrijke post in de waterbalans en kan het verschil bepalen tussen een stijgend of een dalend waterpeil. Het is niet waarschijnlijk dat de kweldruk hetzelfde blijft als door peilveranderingen de tegendruk in een vollopende polder of juist in de omgeving verandert (Janssen & Spiegeler, 2005). Hier hebben we dus geen rekening mee kunnen houden.

Ten slotte hebben we aangenomen dat moerasvegetatie in de ondergelopen gebieden compleet uit riet bestaat en dat er geen successie optreedt. Het is echter waarschijnlijk dat er na verloop van tijd ook andere soorten tussen het riet gaan groeien. Wanneer er niet gemaaid wordt zullen rietvelden zich in de loop van de jaren ontwikkelen in de richting van een broekbos (Klijn & Pen-

Figuur 5 De ontwikkeling van het waterpeil in Groot Zegveld voor 3 verschillende klimaatscenario's wanneer de factor om de evapotranspiratie van riet te berekenen is verhoogd van 1,32 naar 1,83 (vergelijk de resultaten met figuur 4).

Figure 5 The development of the water level in Groot Zegveld for 3 different climate scenarios over time when the evapotranspiration rate for reed is increased from 1.32 to 1.83 (compare with figure 4).



Figuur 6 De ontwikkeling van het waterpeil in Groot Zegveld in het natste en het droogste klimaatscenario wanneer riet een maximale diepte kan bereiken van 65, 30 en 10 cm onder het wateroppervlak.

Figure 6 The development of the water level in Groot Zegveld for different growth ranges of reed (a maximum of 65, 30 and 10 cm below the water level) for the wettest and the driest climate scenario.

ning, 2002; Lamers *et al.*, 2002). Het is zelfs waarschijnlijk dat deze verandering heeft plaatsgevonden tegen het eind van de totale modelberekening van 50 jaar (Bakker *et al.*, 1994). De verdamping van broekbos komt redelijk overeen met die van open water (Barendregt *et al.*, 2004; Tiemeyer *et al.*, 2006). Het effect van successie op de totale verdamping van de polder is dus vergelijkbaar met de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse waarin de maximale diepte voor rietgroei wordt verkleind: meer water is immers *grosso modo* vergelijkbaar met meer broekbos. De vermindering van het totale oppervlak aan riet ten gunste

van open water zorgde in het W-scenario voor een verschil in stijging van het waterpeil van 40 cm. Vermindering van de totale evapotranspiratie vanwege de successie van riet naar broekbos zal dus waarschijnlijk ook een dergelijk effect veroorzaken, waardoor het broekbos op termijn weer zou kunnen verdrinken. Hierdoor zou wellicht zelfs een parkachtig, dynamisch mozaïek van riet, moerasbos en open water kunnen ontstaan.

Summary

What happens if we stop pumping?

Martine Vernooij & Jan Vermaat

Climate change, polders, water management, reed, GIS

Water levels in Dutch polders are managed carefully and continuously to limit water level fluctuations as much as possible. However, consequences are far-reaching and range from eutrophication to peat mineralization and subsidence. Seasonal rewetting as well as incidental full flooding of polders are all considered as viable management options to cope with foreseen climate change effects. Using digital elevation models and water balances with 5 year time steps, we studied the development of the water level without active management in 5 polders with contrasting hydrology. We covered the uncertainty in foreseen climate change using four established scenarios of the Royal Netherlands Meteorological Service. In the polder simulations, water levels develop along widely different trajectories. This depends primarily on seepage strength, the absolute depth of the polder and the depth distribution within the polder. The latter

determines the area that will become available for reed colonization. Reed beds are found to be greatly affecting the water balance due to their high evapotranspiration rates (crop factor conservatively estimated at 1.3). Also the applied scenarios lead to widely contrasting outcomes, ranging between full inundation to 80% reed land or fully terrestrial to 50% reed land. A sensitivity analysis points to reed evapotranspiration as the most critical element in our model. We deduce from our modelling that wholesale polder inundation may well offer opportunities for marsh development, possibly leading to a mosaic of open water, reed beds and woodlands.

Literatuur

Bakker, S.A., N.J. van den Berg & B. Speleers, 1994. Vegetation transitions of floating wetlands in a complex of turbaries between 1937 and 1989 as determined from aerial photographs with GIS. *Vegetatio* 114: 161-167.

Barendregt, A., B. Beltman, E. Schouwenberg & G. Wirdum, 2004. Effectgerichte maatregelen tegen verdroging, verzuring en stikstofdepositie op trilvenen (Noord-Holland, Utrecht en Noordwest-Overijssel). Ede. Expertisecentrum LNV.

Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, 2000. Water beleid voor de 21e eeuw. Geef water de ruimte en de aandacht die het verdient. Den Haag.

Coops, H. & K. van Vliet, 2002. Hydrologische aspecten van peildynamic. In: H. Coops (red.). *Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht*. Lelystad. RIZA.

Dijk, J. van, 2008. Vernatting in het westelijk veenweidegebied. *Landschap* 25/1: 5-15

Fermor, P.M., P.D. Hedges, J.C. Gilbert & D.J.G. Gowing, 2001. Reedbed evapotranspiration rates in England. *Hydrological Processes* 15: 621-631.

Herwijnen, M. van, H.D. van Asselt, F.H. van Oosterhuis, J.E. Vermaat & H. Goosen, 2003. Succes- en faalfactoren van natuurontwikkeling in en langs het water. Amsterdam. IVM rapport R-03/12.

Jansen, P.C., E.P. Querner & C. Kwakernaak, 2007. Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden. Een strategiestudie in het gebied rond Zegveld. Wageningen. Alterra.

Janssen, M. & P. Spiegeler, 2005. Bufferzone De Zilk. Leiden. Stichting Duinbehoud.

Klijn, F. & E. Penning, 2002. Waterberging in natuurgebieden: Kom maar op? *H2O* 7:52-53.

KNMI, 2006. Klimaat in de 21^e eeuw, vier scenario's voor Nederland. De Bilt.

Lamers, L., M. Klinge & J. Verhoeven, 2001. OBN Preadvies Laagveenwateren. Wageningen. Expertisecentrum LNV.

Lamers, L.P.M., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs, 2002. The restoration of fens in the Netherlands. *Hydrobiologia* 487: 107-130.

Leeuw, C.C. de & E. Wymenga, 2004. Waterberging in de kop fan 'e Bloksleatpolder; Verslag van een praktijkproef in een natuurgebied. Veenwouden. Altenburg & Wymenga.

Makkink, G.F., 1957. Testing the Penman formula by means of lysimeters. *Journal Int. of Water England*, 11: 277-288.

Mueller, L., A. Behrendt, G. Schalitz & U. Schindler, 2005. Above ground biomass and water use efficiency of crops at shallow water tables in a temperate climate. *Agricultural Water Management* 75: 117-136.



Penning, E.W. & H. Duel, 2003. Water storage: New solutions for water surplus and shortage in a small engineered country? International conference "Towards natural flood reduction strategies". Warsaw. 6-13 September 2003.

Rienks, W.A., A.L. Gerritsen & W.J.H. Meulenkamp, 2002. Behoud veenweidegebied; Een ruimtelijke verkenning. Wageningen. Alterra Rapport 563.

Scheffer, M., 2004. Ecology of Shallow Lakes. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers.

Tiemeyer, B., B. Lennartz & K. Vegelin, 2006. Hydrological modeling of a re-wetted peatland on the basis of a limited dataset for water management. *Journal of Hydrology* 325: 376-389.

Vermaat J.E. & F. Hellmann, ingediend. Covariance in water- and nutrient budgets of Dutch peat polders: what governs nutrient retention? *Biogeochemistry*.

Vermaat, J.E., N. Vigneau & N. Omtzigt, 2008. Viability of meta-populations of wetland birds in a fragmented landscape: testing the key-patch approach. *Biodiversity and Conservation* 17: 2263-2273.

Vernooij, M.G.M., 2008. What happens if we stop pumping? Water level rise in 5 Dutch polders experiencing climate change. Wageningen. Master thesis Wageningen Universiteit.

Witteveen+Bos, 2006. Functiecombinatie Natuur en Water Groot Mijdrecht Noord; Deelonderzoek verkenning Groot Mijdrecht Noord. Deventer.

Foto Mark van Veen. De Deelen, Friesland