



## Hoog, droog en toch grondwateroverlast?

*Maarten Kuiper (Wareco Ingenieurs), John Lambert (Deltares), Loek Verkleij (gemeente Noordwijk), Mark Kramer (Hoogheemraadschap van Rijnland)*

**In tal van regio's bevindt het grondwater zich normaliter op een diepte van minstens enkele meters. Toch ontstaat in deze gebieden steeds vaker grondwateroverlast. Zo ook in het duindorp Noordwijk aan Zee. Onderzoek door Wareco in samenwerking met Deltares wijst uit dat in de badplaats een combinatie van factoren beetje bij beetje heeft geleid tot een stijging van de grondwaterstand, lokaal tot 1 meter. Daardoor is onverwacht overlast ontstaan en zijn plotseling (dure) maatregelen nodig. Om tijdig te kunnen anticiperen op veranderingen zijn, ook in ogenschijnlijk droge gebieden, een grondige grondwaterkennis, een grondwatermeetnet en een grondwatermodel essentieel.**

Noordwijk aan Zee ligt in de duinen, gewoonlijk een hoog en droog gebied. Kelders werden er niet altijd waterdicht uitgevoerd en de grondwaterstand werd er nauwelijks gemeten. Grondwater was er geen onderwerp van gesprek totdat bewoners en bedrijven begin 2013 melding maakten van wateroverlast in kelders. De gemeente bezocht de overlastlocaties en constateerde dat grote kelders, die bijvoorbeeld fungeerden als disco's, winkels, parkeergarages en opslagruimten, in hun gebruik werden beperkt. Veel gedupeerden gaven aan dat dit bij hun weten niet eerder was voorgekomen.

Het Hoogheemraadschap van Rijnland en de gemeente Noordwijk sloegen de handen ineen en schakelden gezamenlijk Wareco en Deltares in om dit te onderzoeken. Het onderzoeksdoel was om de oorzaken te achterhalen, te beoordelen of dit een eenmalige of permanente gebeurtenis betrof en welke oplossingsrichtingen mogelijk zijn om toekomstige wateroverlast te voorkomen.



*Afbeelding 1: schematische weergave van het grondwatersysteem in Noordwijk aan Zee*



### **Trechteren**

Het kustdorp en de omgeving zijn in ontwikkeling, waardoor zich legio potentiële oorzaken voordeden. Doordat het duinsysteem een complex grondwatersysteem is met een dikke onverzadigde zone, hebben veel ingrepen in het watersysteem een (vertraagde) uitwerking op de grondwaterstand. Hierdoor is het moeilijker om eenduidig het effect van een bepaalde activiteit vast te stellen. Lastig was ook dat er bij het begin van het onderzoek pas net was begonnen met het meten van de grondwaterstanden. Om niet alles in detail en met complexiteit te hoeven onderzoeken, is eerst onderzoek in de hele breedte uitgevoerd. Daarvoor zijn in eerste instantie veertien mogelijke oorzaken bestudeerd op basis van archiefonderzoek en is een numeriek grondwatermodel ontwikkeld.

In de eerste analyse konden negen mogelijke oorzaken worden uitgesloten. Verder is gebleken dat een slecht waterdoorlatende kleilaag (Oude Rijnklei) een grote rol speelt. De kleilaag belemmert het naar beneden wegstromen van water. Nieuw is deze laag natuurlijk niet, maar wel nieuw is de wetenschap dat deze laag aaneengesloten over een groot gebied onder Noordwijk aan Zee aanwezig is.

### **Samenloop oorzaken**

Uit de eerste onderzoeksfase bleek dat een samenloop van oorzaken nodig moet zijn geweest om de hoge grondwaterstand te verklaren. Ten eerste is er buitengewoon veel neerslag gevallen: over zes maanden in het najaar en de winter van 2013 circa 200 mm meer dan normaal. De grondwaterstand reageert hier vertraagd op, omdat de hoeveelheid neerslag eerst de droge grond (onverzadigde zone) moet passeren om daarna vertraagd weg te stromen. Dit wordt het geheugen van de duinen genoemd. Extreme neerslag kan zo gedurende enkele weken tot maanden na een neerslagperiode pas leiden tot een verhoogde grondwaterstand. Ten tweede zijn steeds meer ondergrondse constructies, zoals damwanden en kelders, aangelegd. In combinatie met de kleilaag blokkeert dit de grondwaterstroming en leidt het tot opstuwning. Ten derde is de kustlijn versterkt met een dijkconstructie in het duin en is de kustlijn door zandsuppletie zeewaarts verlegd. Dit leidt tot opstuwning van afstromend grondwater, een grotere drainageafstand tot zee en een tijdelijke druktoename door suppletiewater en het gewicht van het opgebrachte zand. Verder leiden lekke riolen boven de grondwaterstand en nieuwe infiltratievoorzieningen tot extra grondwateraanvulling.

**Meer de diepte in: veldproeven en dynamische grondwatermodellering** Om te kunnen bepalen tot welke stijging de afzonderlijke invloeden hebben geleid, is vervolgens detailonderzoek uitgevoerd. De nodige gedetailleerde veldgegevens en tijdreeksen zijn verzameld en het grondwatermodel is doorontwikkeld tot een dynamisch model. Wareco heeft diverse veldproeven uitgevoerd, zoals het onder water zetten en bemeten van infiltratievoorzieningen (ledigingsproeven). Ook zijn lekkende rioolstrengen geïsoleerd en onder water gezet, waarna de ledigingstijd is gemeten.

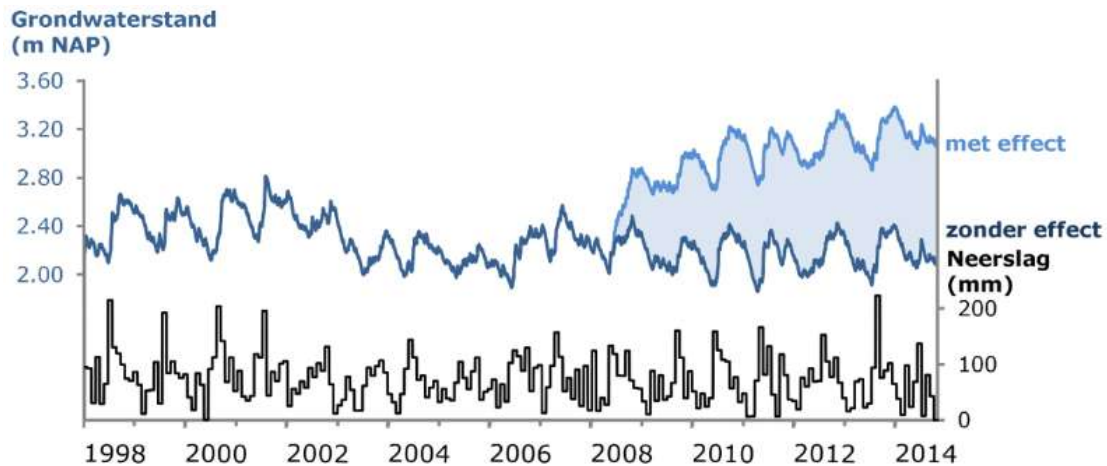


*Afbeelding 2: een ledigingsproef in uitvoering bij een infiltratievoorziening*

De afzonderlijke bijdrage van de oorzaken aan een hoge grondwaterstand is vervolgens berekend met een dynamisch grondwatermodel. Het model is gevoed met praktijkkennis en veldgegevens. Vooraf heeft Deltares onderzocht of voor dit doel ter plaatse gerekend mocht worden met constante dichtheid van het grondwater, waarbij het effect van de drijvende zoetwaterbel verdisconteerd wordt in de bodemweerstand. Het bleek dat dit goed toepasbaar is voor het ondiepe grondwater ter plaatse. Het grondwatermodel is vervolgens nauwkeurig gekalibreerd. De gemeten fluctuaties zijn met centimeters nauwkeurigheid nagebootst met het model. Steeds meer begrip van de fluctuaties door hoogfrequente metingen en ruimtelijke, in GIS vastgelegde (veld)gegevens maakten deze accurate kalibratie mogelijk.

Het verloop van de grondwaterstand is nagebootst voor de meetperiode tijdens het onderzoek. Daarna is met het model 'teruggekeken' in de tijd. Door de reconstructie van de grondwaterstand is beoordeeld of de grondwaterstand buitengewoon hoog is geweest. Ook is 'voortuitgekeken'. Door de toekomstverwachting is beoordeeld of de grondwaterstand nog

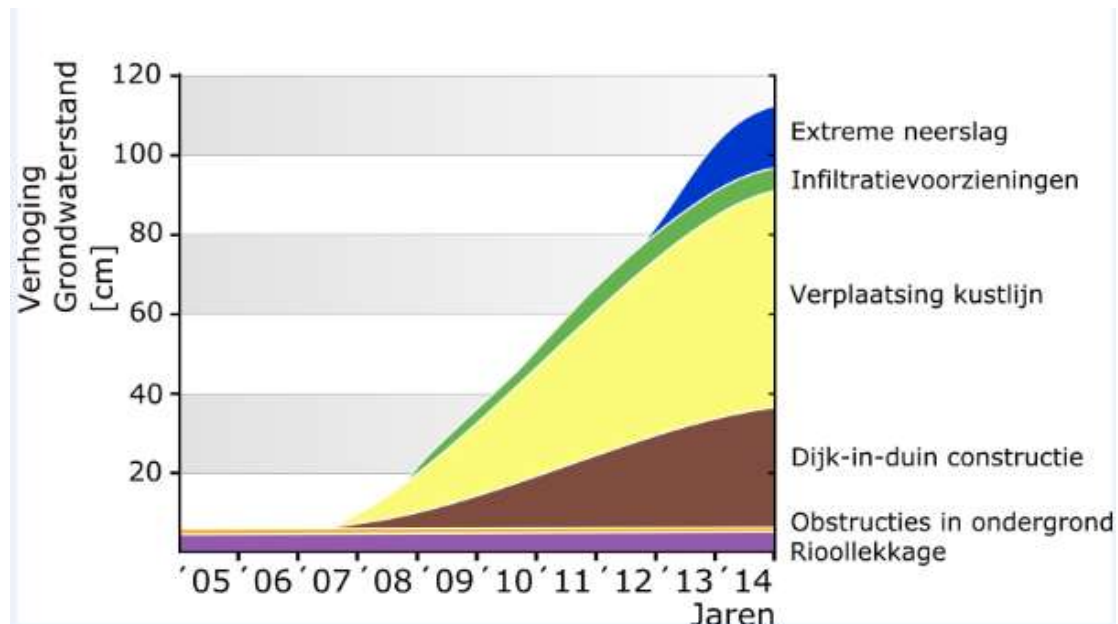
meer kan gaan stijgen door veranderingen sinds 2008. Ook is het model ingezet om het effect van mogelijke grondwatermaatregelen te berekenen.



Afbeelding 3: met het grondwatermodel gereconstrueerd verloop van de grondwaterstand, op basis van een korte meetperiode

### Stapeling van effecten

Gebleken is dat de grondwaterstand beetje bij beetje, tot plaatselijk wel 1 meter, is gestegen. Dit is veroorzaakt door een stapeling van ontwikkelingen. Ook is gebleken dat het meerdere jaren duurt voordat de effecten van ingrepen in de duinen zijn uitgewerkt, door het 'geheugen van de duinen'. De grootste stijging wordt veroorzaakt door de zeewaartse verplaatsing van de kustlijn door zandsuppletie. De nieuwe dijk-in-duin-constructie, nieuwe infiltratievoorzieningen en extreme neerslagperiodes zijn andere belangrijke factoren die ieder (plaatsafhankelijk) tot een stijging van decimeters hebben geleid. Daarnaast verhogen factoren als rioollekkages in de onverzadigde zone de grondwaterstand.



Afbeelding 4: met het grondwatermodel berekende effecten van de veranderingen in de loop van de tijd. Het effect verschilt van plaats tot plaats

Met de nieuwe kennis onder de arm beoordelen de gemeente en het waterschap nieuwe ontwikkelingen in een nieuw licht. Ook zoeken de overheden samen met gedupeerden en ontwikkelaars naar oplossingen, ieder vanuit zijn verantwoordelijkheden. Middels een doelmatigheidsafweging zal worden beoordeeld wat de beste oplossing is. De overheden zetten daarbij het ontwikkelde grondwatermodel in om tot effectieve maatregelen en verwachtingen over de effecten van klimaatverandering te komen.

### Lering trekken

Uit deze casus wordt duidelijk dat één ontwikkeling niet direct tot wateroverlast hoeft te leiden, maar een stapeling van ontwikkelingen op termijn wel overlast kan veroorzaken. Verschillende ontwikkelingen hebben beetje bij beetje de grondwaterstand verhoogd en daarmee een deel van de droge ruimte ingenomen. Zo is een moment gekomen dat de grondwaterstand is gestegen tot een kennelijk overlastniveau. Het is duidelijk geworden dat dit ook voor ogenschijnlijk droge gebieden geldt. Wij zien dan ook steeds vaker dat door klimaatverandering alleen (los van eventuele ingrepen) ook hoge en droge gebieden te maken kunnen krijgen met grondwateroverlast.

De omgeving wordt hierdoor verrast, waardoor ineens dure (bouwkundige) maatregelen nodig zijn. Ook beperkt de onvoorziene stijging van de grondwaterstand toekomstige ontwikkelingen. Er is dan weinig droge ruimte voor bijvoorbeeld infiltratievoorzieningen en ondergronds bouwen. Daarom is het essentieel om te kunnen anticiperen op veranderingen.



### **Anticiperen**

Het anticiperen op veranderingen kan alleen door het structureel verzamelen, beheren en integraal analyseren van bodem- en grondwaterinformatie en het vooraf zo goed mogelijk voorspellen van de toekomstige effecten zoals klimaatverandering en ruimtelijke ingrepen. Een grondwatermodel is daarbij essentieel. Een stijging (of daling) van de grondwaterstand kan dan tijdig worden gesignaleerd. Dit stelt overheden in staat om perceeleigenaren vooraf te informeren, zodat zij waar nodig vroegtijdig rekening kunnen houden met (toekomstige) bouwkundige maatregelen. Overheden kunnen het waterbeleid op verwachte stijging of daling afstemmen en mitigerende maatregelen in de openbare ruimte inpassen in de reguliere uitvoeringsprogramma's. Grondwaterkennis is nodig om dure maatregelen en onrust te voorkomen, kennelijk ook in ogenschijnlijk hoge en droge gebieden.