

Methode ter bepaling van de freatische verlaging pompstation Terwisscha

Prof.dr.ir.T.N.Olsthoorn, TU-Delft

Aanleiding

Na eerder telefonisch overleg met de heer Ir. Feike Bonnema van Vitens, is afgesproken dat ik nader zou kijken naar de door Prof. Dr.Ir. C. Van den Akker voorgestelde methode voor de berekening van de freatische lange-termijn verlaging van pompstation Terwisscha, teneinde de aangedragen complexe methode in perspectief te plaatsen.

De heer Bonnema heeft vervolgens een aantal stukken toegestuurd waarvan de belangrijkste de volgende zijn.

Verloop van de achtergrondverlaging in de tijd (Commissie Langman, Van den Akker, Maas)

Methode van vaststelling van verlagingen met behulp van grondwatertrappen (Prof. Dr.ir. Van den Akker, Oktober 2011)

Mijn bevindingen en conclusie zijn hieronder verwoord.

Verloop van de achtergrondverlaging in de tijd

Het eerste stuk, dat handelt over de zogenoemde achtergrondverlaging in het gebied rond Terwisscha, geeft een overtuigend beeld van de ontwikkeling van de daarvan in het gebied. De cumulatie van residuen om tot het cumulatieve verloop te komen heeft weliswaar het risico van cumulatie van toevallige afwijkingen die artefacten zijn van de residueeks (vergelijk de bekende cumulatieve verplaatsing van deeltjes onderworpen aan Brownse beweging hoewel de individuele stapje gemiddeld nul zijn). Echter, het gemiddelde verloop van de bundel van grafieken afkomstig van een flink aantal peilbuizen tot in de ruime omgeving van het pompstation kan wel als trend voor de achtergrondverlaging worden gehanteerd. De algehele trend van de rode lijn in de uit het stuk hier overgenomen grafiek is onmiskenbaar. Van groot belang voor de conclusies is, dat de achtergrondverlaging blijkbaar een doorgaand proces is, dat ook na de grote ruilverkavelingen uit de jaren zestig doorloopt, en algemeen is. Specifieke gebeurtenissen zijn er niet in te herkennen zodat het fenomeen als een algemeen achtergrondproces moet worden beschouwd, dat ongetwijfeld vele oorzaken heeft, maar zo diffuus zijn in tijd en ruimte, dat zij niet afzonderlijk gekwantificeerd kunnen worden. Het belangrijkste is de tijdreeksanalyse dit achtergrondproces geheel

van de verlaging door de grondwaterwinning heeft losgekoppeld, wat een essentiële voorwaarde is voor het bepalen van de invloed van de onttrekking op de freatische grondwaterstanden. Lof aan de auteur.

Methoden van vaststelling van verlagingen met behulp van grondwatertrappen

Van den Akker beroept zich op twee grondwatertrappenkaarten, die van 1971 en die van 2010/11. Los van nauwkeurigheidsvragen, geeft een grondwatertrap een traject aan waarbinnen de GHG (8 jaar gemiddeld hoogste grondwaterstand) zich bevindt en een traject waarbinnen de GLG (8 jaar gemiddeld laagste grondwaterstand) zich bevindt. Een verandering van de grondwatertrap op een locatie betekent dus een verandering van de GLG en/of de GHG.

Zoals Van den Akker aangeeft hangt de grondwatertrap van een groot aantal factoren af die mogelijk, of zelfs waarschijnlijk in de loop van de tijd veranderen of opzettelijke gewijzigd zijn omwille van landbouw zelf, zoals ruilverkaveling, dieper ploegen, drainage aanleggen, ander gewas. Ook andere factoren kunnen een rol spelen, zoals landgebruik, verstedelijking en grondwaterwinning. Zelfs de meteo heeft invloed, aangezien de GLG en de GHG over een reeks van 8 jaren wordt bepaald, en beide zodoende ook afhankelijk zijn van de gemiddelde meteorologische situatie in de 8 jaren voorafgaand aan de vaststelling van de Gt.

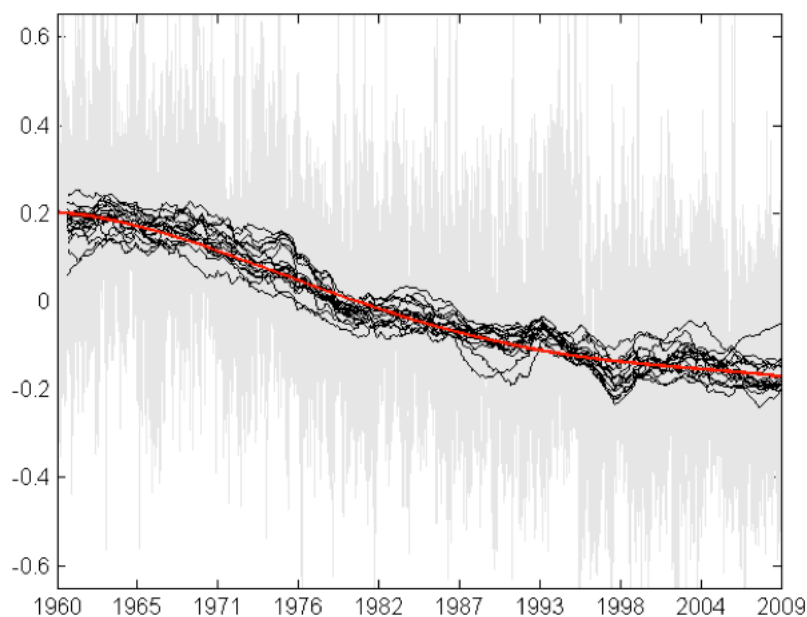
De aanname die Van den Akker doet is dat tussen 1971 en 2010 noch de meteo, noch de landbouw zelf, noch andere factoren buiten de waterwinning zijn gewijzigd, en dat dus de verandering van de GLG en de GHG, zoals die impliciet ligt besloten in het verschil tussen beide Gt-kaarten, geheel is toe te schrijven aan de toename van de waterwinning tussen deze twee jaren.

Opgemerkt zij dat de Gt-kaarten ook informatie bevatten over jaren voorafgaand aan de opname datum, aangezien de GxG over een periode van 8 jaar wordt bepaald. De Gt kaart uit 1971 kan dus informatie bevatten over een groot deel van het voorgaande decennium, dat zoals bekend een aantal zeer natte jaren bevatte. De Gt van 2010/11 bevat waarschijnlijk informatie over de GxG in een aantal jaren die aan 2011 voorafgingen die gemiddeld mogelijk een stuk droger waren dan die voor 1971. Hoewel dit een rol kan spelen, laten we dit verder buiten beschouwing. Wel is van belang dat de uitkomst van de tijdreeksanalyse wel gevrijwaard is van verschillen in weersomstandigheden.

Gegeven de GxG (hier verzamelnaam voor GHG en GLG) waarvan de Gt-kaarten de weergave zijn, is de kernvraag in hoeverre het verschil in Gt is toe te schrijven aan de grondwaterwinning? Hebben er zich daadwerkelijk geen andere relevante veranderingen voorgedaan in de veertigjarige periode tussen 1971 en 2010? Uitsluiten van zulke veranderingen veronderstelt bijvoorbeeld dat er in de betreffende periode een absolute stop is geweest op ontwikkelingen in de landbouw in dit gebied. Het verloop van de achtergrondverlaging wijst op het tegendeel; het is in feite de weerslag van grondwaterrelevante ontwikkelingen in dit gebied, ongeacht hun oorzaak.

Het valt in de grafiek op dat de achtergrondverlaging met name versneld optreedt vanaf ca. 1967, dus na afloop van de door Van den Akker genoemde grote ruilverkavelingen. Pas rond 1977 neemt de helling van de trendlijn van de achtergrondverlaging weer wat af. Het lijkt erop dat verlagingen die niet aan de

waterwinning gekoppeld zijn versterkt optraden tussen 1965 en 1975, maar daarna evengoed voortschreden.



Figuur 5: Benadering van het verloop van de achtergrondverdroging door een vierdegraads kromme.

Het memorandum “Het verloop van de achtergrondverlaging in de tijd Arbitragecommissie Terwisscha”, waaruit bovenstaande grafiek, geeft dus duidelijk aan dat de achtergrond verdroging tussen 1971 en 2010 is doorgegaan. Dit impliceert dat het uitgangspunt dat het verschil tussen de twee Gt-kaarten voor honderd procent kan worden toegeschreven aan de grondwateronttrekking niet op gaat.

Een mogelijke uitweg hieruit zou zijn om het verschil tussen de twee Gt-kaarten te verminderen met de achtergrondverdroging tussen 1971 en 2010 volgens bovenstaande figuur. Dit komt neer op vermindering met 30 cm. Het is daarbij nog wel de vraag in hoeverre de achtergrondverdroging verschilt in de verschillende gebieden, zoals die waar de potklei wel of niet aanwezig is. Het stuk vermeldt echter dat de achtergrondverlaging zich in gelijke mate voordoet in en buiten het gebied dat door de grondwaterwinning wordt beïnvloed.

Als we op de voorgaande wijze het verschil in Gt tussen 1971 en 2010 corrigeren voor alle factoren die niet het gevolg zijn van de grondwaterwinning, lijkt er geen principieel bezwaar tegen deze aanpak.

Er lijkt evenmin groot bezwaar tegen om de achtergrondverlaging zoals die in feite voor het diepe pakket is vastgesteld ook geldig te verklaren voor die van het freatische water, aangezien het freatische water de algemene stijghoogterandvoorwaarde is in dit gebied, waaraan alle overige stijghoogten zijn opgehangen.

Anders gezegd: In een regio die intensief door lokaal oppervlaktewater wordt gedraineerd of gevoed, zoals typisch voor laag Nederland, is het freatisch vlak de bovenrandvoorwaarde waaraan de stijghoogten in alle diepere pakketten zijn opgehangen. De verlaging door de winning wordt hier bij opgeteld. Als het freatisch vlak in de regio als geheel verandert, zoals aangeduid met achtergrondverlaging, verandert de stijghoogte in alle diepere aquifers met exact hetzelfde hoeveelheid.

Vooral de ruimtelijke schaal waarop de achtergrondverlaging zich voordoet is van belang voor de conclusie dat de achtergrondverlaging van het freatische grondwater gelijk mag worden gesteld aan die welke is afgeleid uit het langjarige verloop van de stijghoogte van het diepe grondwater.

Op grond van de cijfers lijkt de onderhavige regio hieraan in essentie te voldoen, immers, de tijdreeksanalyse uitgevoerd op alle langjarige diepe peilbuizen geeft praktisch dezelfde achtergrondverlaging, ongeacht de afstand tot het pompstation, zowel binnen als buiten diens invloedssfeer.

Hierbij zijn uiteraard kanttekeningen te plaatsen. Met name bestaat de mogelijkheid dat de grondwaterstijghoogte tot op grotere diepten wordt gedicteerd door oppervlaktewater van het boezemsysteem voor zover dat diep insnijdt zoals bij diepe kanalen of uitgestrekt is zoals bij meren. Deze boezemwateren hebben een peil dat ten opzichte van NAP niet met de jaren verandert. Zulk oppervlaktewater kan de diepe achtergrondverlaging verminderen ten opzichte van die van het freatische grondwater. De feitelijke, freatische achtergrondverlaging is dan groter dan de die welke is afgeleid uit peilbuizen in het diepe pakket. Een correctie van de freatische verlaging, zoals afgeleid uit de Gt-kaarten, met de achtergrondverdroging zoals die is vastgesteld voor het diepe pakket is dan te gering, wat in het voordeel uitvalt van de agrariërs. Mij lijkt dit effect in deze regio klein, zelfs verwaarloosbaar klein, gezien de overeenkomst tussen de achtergrondverlaging in alle langjarige peilbuizen verspreid over een zeer uitgebreid gebied rond het pompstation.

De uitgebreide uiteenzetting door Van den Akker van Gt's en GxG's is op grond van gecompliceerder dan nodig. Verderop wordt een eenvoudiger aanpak voorgesteld.

Doorwerking

De doorwerking van de verlaging door de grondwaterwinning vanuit het diepe naar het freatische pakket ligt, behoudens lokale bijzonderheden, tussen 0 en 1 en hangt af van de verhouding van de weerstand tussen oppervlaktepeil en het beschouwde freatische punt aan ene kant, en de weerstand tussen het freatische punt en het diepe pakket aan de andere. De formule die Van den Akker hiervoor terecht geeft is:

$$F = \frac{C_d}{C_d + C_{diep}}$$

Is de drainageweerstand, C_d , tussen sloot en freatisch grondwater klein ten opzichte die tussen het freatische water en het diepe pakket, C_{diep} , dan is de doorwerking F nagenoeg nul. Is het omgekeerde het geval, dan is de doorwerking nagenoeg 1. Bij een weerstand $C_{diep} = 900$ d dagen en een drainageweerstand $C_d = 100$ d dagen is de doorwerking 10%. Zijn diepe en ondiepe weerstand gelijk, dan is de doorwerking 50%. Zonder diepe weerstand is de doorwerking 100%. Volledige doorwerking treedt ook op indien het freatische water geen houvast heeft aan het oppervlaktewater. Dus indien er geen oppervlaktewater is, of wanneer dat oppervlaktewater ver van het beschouwde punt is, uitgedrukt in termen van de spreidingslengte $\lambda = \sqrt{kD C_{diep}}$ met kD het doorlaatvermogen van de deklaag. De doorwerking is dus groot indien de deklaag zelf matig of slecht doorlatend is en de weerstand met het diepe pakket beperkt.

Lokaal kande doorwerking best negatief zijn, bijvoorbeeld omdat de schaal van een lokale peilverandering kleiner is dan die van de diepe grondwaterverlaging. Maar dat zijn verbijzonderingen die hier op de schaal van de regio buiten beschouwing kunnen worden gelaten.

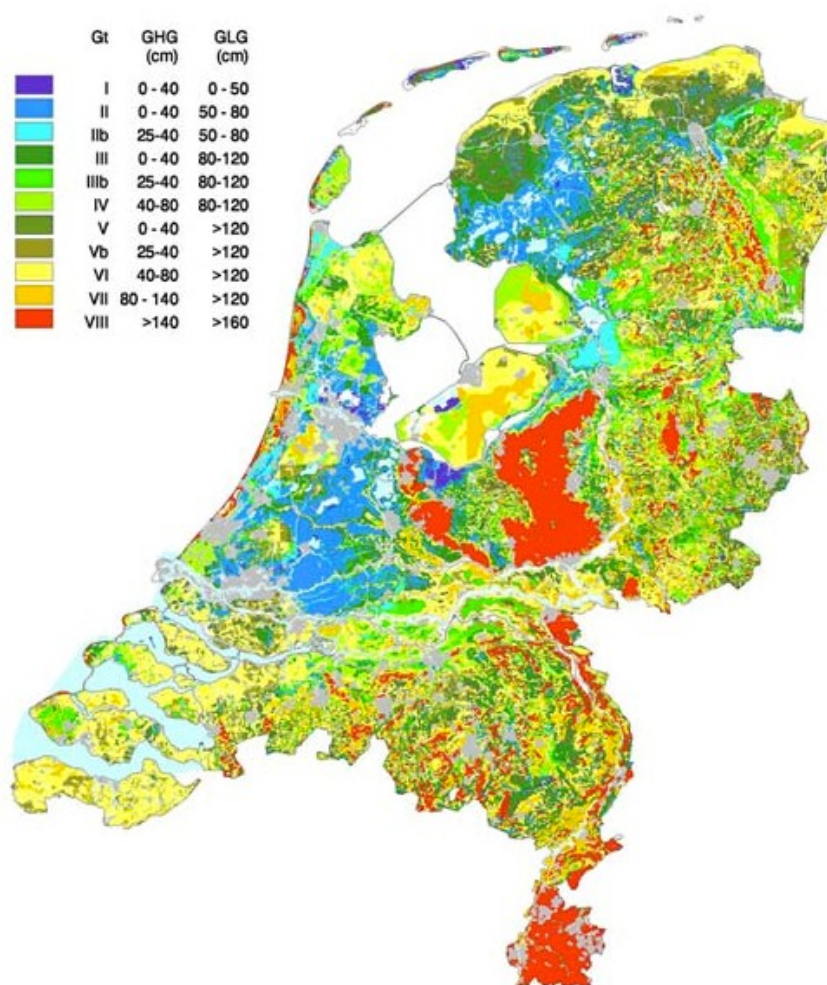


Figure 1: Grondwatertrappen in Nederland <http://www.grondwaterdynamiek.wur.nl>

Dynamiek van de verlaging in de zomer

Van den Akker gaat voorts in op de daling van de freatische waterstand nadat in juni de ondiepe drainage van greppels en drains is droog gevallen, waarna het grondwater verder daalt, totdat na september het toenemende neerslagoverschot ervoor zorgt dat de grondwaterstand weer gaat stijgen. In de zomer, vanaf het moment dat de secundaire drainage niet meer actief is, dus zeg vanaf juni, geldt gemiddeld de volgende differentiaalvergelijking

$$-\frac{h-p}{c_d} - \frac{h-\phi}{c_{diep}} + N = \mu \frac{dh}{dt}$$

Met p slootpeil h freatische grondwaterstand c_d weerstand tussen sloot en freatische grondwaterstand, c_{diep} de weerstand tussen het freatische en het diepe pakket, N het neerslagoverschot, μ de freatische bergingscoëfficiënt en t tijd. Bij constante onttrekking en verwaarloosbare bergingscoëfficiënt van het diepe pakket ten opzichte van die van de freatische laag is de lek naar het diepe pakket op de beschouwde locatie als gevolg van de onttrekking nagenoeg constant, zeg lokaal gelijk aan q behorend bij een constante onttrekking. Aldus krijgen we de volgende waterbalans:

$$-(h-p) + (N-q)c_d = \mu c_d \frac{d(h-p)}{dt}$$

die leidt tot de volgende vergelijking

$$\frac{d\{(h-p) - (N-q)c_d\}}{(h-p) - (N-q)c_d} = -\frac{dt}{\mu c_d}$$

met als oplossing, onder de voorwaarde van constant neerslagoverschot N , constante wegzijging q en constante slootpeilen p :

$$h = p + (h_0 - p) \exp\left(-\frac{(t-t_0)}{\mu c_d}\right) + (N-q)c_d \left(1 - \exp\left(-\frac{(t-t_0)}{\mu c_d}\right)\right)$$

De mate waarin de laagste grondwaterstand h , dat wil zeggen evenwicht, in de zomer wordt bereikt, wordt bepaald door het argument van de exponent. De weerstand van de scheidende laag speelt hierin geen rol anders dan via de wegzijging q die door de onttrekking wordt veroorzaakt.

In de stationaire eindsituatie geldt de oorspronkelijke ook door Van den Akker gegeven vuistregel voor de doorwerking, zoals blijkt uit omwerking van bovenstaande oplossing:

Neem voor $t \rightarrow \infty$ dan volgen de volgende betrekkingen die leiden tot de vuistregel.

$$h = p + (N-q)c_d$$

$$\frac{p-h}{c_d} + N = \frac{h-\phi}{c_{diep}}, \quad N=0$$

$$\frac{p-h}{h-\phi} = \frac{c_d}{c_{diep}}$$

$$\frac{p-h}{-p+h+p-\phi} = \frac{c_d}{c_{diep}}$$

$$\frac{-p+h+p-\phi}{p-h} = \frac{c_{diep}}{c_d}$$

$$\frac{p-\phi}{p-h} = \frac{c_{diep} + c_d}{c_d}$$

$$\frac{p-h}{p-\phi} = \frac{\Delta h}{\Delta \phi} = \frac{c_d}{c_{diep} + c_d}$$

De essentie is, dat deze afleiding of überhaupt het niet-stationaire gedrag van het grondwater in de redenering vanuit de grondwatertrappen, zoals Van den Akker die voorstelt, niet ter zake doet. Dit aangezien in het verschil tussen de grondwatertrappen in de kaarten van 1971 en 2010 al de feitelijke daling van het freatisch vlak bevat, inclusief het niet-stationaire karakter daarvan in de veldsituatie. De grondwatertrappen zijn immers gebaseerd op de gemiddeld hoogste en op de gemiddeld laagste grondwaterstand zoals die zich in de veldsituatie voordoen; de eventuele aanwezigheid van een slecht doorlatende laag is daar al in opgenomen en behoeft geen nadere analyse.

Bepaling verlaging op basis van Grondwatertrappenkaarten

De grondwatertrap geeft een beeld van de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstanden te plekke, bepaald uit het verloop van de grondwaterstand en op basis van veldkarakteristieken. Verandering van de grondwatertrap op een plek betekent dus een verandering van de daadwerkelijke gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstanden en dus van de grondwatersituatie zelf. Het verschil tussen twee Gt-kaarten die enkele tientallen jaren na elkaar zijn vervaardigd geeft de verandering weer van de grondwatersituatie die zich ter plaatste in die periode daadwerkelijk heeft voltrokken.

Deze verandering is in de situatie van Terwisscha het gevolg van de grondwaterwinning en van alle andere factoren die ook een rol hebben gespeeld in dezelfde periode. Het geheel van andere factoren vatten we samen als achtergrondverlaging, of, meer algemeen, achtergrondverandering. Met behulp van tijdreeksanalyse kon deze worden vastgesteld voor een groot alle langjarige reeksen in peilbuizen in het bebompte pakket in een uitgestrekt gebied rond de winning, zowel binnen als buiten diens invloedsfeer. De achtergrondverlaging blijkt in alle peilbuizen in essentie hetzelfde verloop te vertonen, zowel in relatieve als in absolute zin, onafhankelijk van de afstand tot het pompstation. Uit het onderzoek naar de achtergrondverlaging bleek dat deze een doorgaand verloop heeft, ook in de periode tussen de jaren waarvoor de Gt-kaarten zijn gemaakt. De grootschaligheid van de achtergrondverlaging die uit het onderzoek blijkt, maakt het verantwoord om de achtergrondverlaging die is vastgesteld voor de diepe peilbuizen, dus voor het diepe pakket, gelijk te stellen aan die in het freatische pakket. De totale verlaging in het freatische pakket is in zijn algemeenheid rechtstreeks te bepalen uit het verschil tussen de Gt-kaarten, in dit geval van die van 1971 en van 2010. Om de verlaging van het freatische grondwater te bepalen voor zover die het gevolg is van de grondwaterwinning, behoeft het verschil tussen de twee Gt-kaarten alleen te worden gecorrigeerd voor de achtergrondverlaging. Blijkens het tijdreeksonderzoek, hebben deze tussen 1971 en 2010 regionaal plaatsgevonden. In een laatste stap kan deze verlaging evenredig worden genomen met de grootte van de grondwateronttrekking, zodat uiteindelijk de verlaging als functie van de tijd gedurende de gehele te beschouwen periode berekend kan worden voor de gebieden waarvan de Gt in beide jaren bekend is. Uitzonderingen, zoals de invloed van diep insnijdend of uitgestrekt open water van het boezemsysteem, dat gedurende de gehele periode in absolute zin een vast peil had, zouden tot een overschatting van de verlaging door de grondwaterwinning kunnen leiden, aangezien deze de diepe verlaging beperken ten opzichte van de freatische achtergrondverlaging. Dit is dan in het voordeel van de agrariërs. Gezien de gebleken regionale uniformiteit van de achtergrondverlaging,

speelt dit “boezemeffect” in het gebied een onderschikte rol zodat het verder buiten beschouwing is gelaten.

Samenvatting

De methode Van den Akker de freatische verlaging door de grondwaterwinning te bepalen op basis van de Gt-kaarten van 1971 en 2010 lijkt een goede aanpak, vooropgesteld dat de achtergrondverlaging die onmiskenbaar in de tussengelegen periode is opgetreden wordt afgetrokken.

Theo Olsthoorn, Delft, 3 november 2011.