

Aardgetijden in grondwater: een voorbeeld uit Burkina Faso

Inleiding

Getijden in zee of in estuaria ver-
oorzaken in Nederland overeenkomstige
periodieke schommelingen in naburig
grondwater. Vele onderzoeken zijn
gewijd aan de voortplanting van getijden
in watervoerende pakketten: Steggewentz
[1929], Wesseling [1959], Van der Kamp
[1973], De Lange & Maas [1987],
Bauduin & Barends [1988].

Veel minder bekend is de directe invloed
van getijden in de aardkorst op het grond-



P. J. T. M. BLOEMEN
IWACO
Rotterdam



C. LEKKERKERKER
IWACO
Rotterdam



W. H. VAN DER MOLEN
Landbouwniversiteit
Wageningen

water. Bij ons weten is dit verschijnsel in
Nederland nooit gevonden. In Bohemen
zijn aardgetijden in grondwater reeds in
1980 beschreven en later zijn zij veel
gebruikt voor het bepalen van hydro-
logische parameters: Bredehoeft [1967],
Melchior [1978], Rhoads & Robinson,
[1979], Bower [1983], Van der Kamp &
Gale [1983], Morland & Donaldson
[1984].

Van Botswana zijn dergelijke getijden
beschreven en geanalyseerd door

Samenvatting

Aardgetijden in grondwater zijn in Nederland niet bekend, maar zijn elders ter
wereld vaak waargenomen. Bijgaand voorbeeld uit Burkina Faso betreft semi-
spanningswater in een gebroken gesteente, gelegen in een gebied op ongeveer
960 km uit zee en 330 m boven de zeespiegel. De amplitude van het dubbeldaags
getij bedraagt enkele centimeters. Springtij en doottij komen in de registratie
duidelijk naar voren; zij worden veroorzaakt door interferentie van het zons- en
het maansgetij. Fourier-analyse geeft twee frequenties te zien, die overeenkomen
met de perioden van zon en maan. Het dubbeldagse maansgetij M2, met periode
12,4 uur, is sterker dan het dubbeldagse zonsgetij S2, met periode 12,0 uur.

Gieske & De Vries [1985]. Hier werden in
spannings-grondwater, voorkomend in
gebroken kleischalies, zelfs amplituden tot
24 cm waargenomen.

Overeenkomstige getijden treden op
onder enigszins vergelijkbare omstandig-
heden in Burkina Faso, in semi-span-
ningsgrondwater dat aanwezig is in een
gebroken en weinig elastisch gesteente.

De waarnemingsput

De grondwatergetijden zijn gemeten in
een 67 m diepe boring, geïnstalleerd in
sterk verweerde precambrië schisten
(kleïge in-situ verweringslaag tot 37 m
diepte, onverweerd gesteente op 60 m).
Het filter staat deels in het verweerde,
deels in het onverweerde gesteente, op
een diepte van 42-65 m.

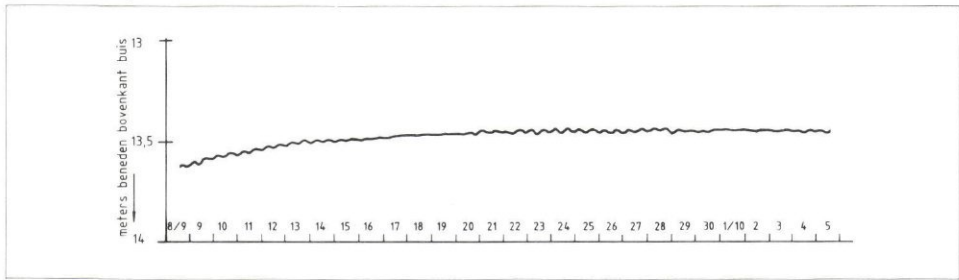
De boring ligt in de Provincie Yatenga,

Burkina Faso, op 330 m boven zee-niveau
en 960 km uit de kust. Het grondwater is
van het type Ca-Mg-Bicarbonaat en heeft
een geleidbaarheid van 320 micro-
Siemens/cm. Het exploiteerbaar debiet
van de boring is vrij hoog voor de
gecapteerde formatie en bedraagt 3 m³/h.
De registratie van de stijghoogten vond
plaats in sept./okt. 1988 met een SEBA-
peilschrijver.

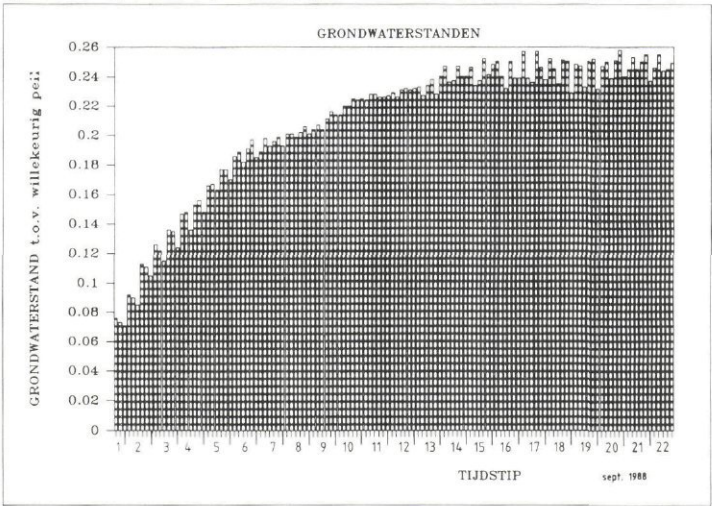
Waarnemingen

Uit de geregistreerde hoogte van het
grondwater (afb. 1) blijkt het volgende:
– de opname is geschied aan het einde
van de natte tijd; daardoor is er in het
grondwater een stijgende tendens aan-
wezig;
– rondom dit algemene verloop komen
periodieke schommelingen voor met een

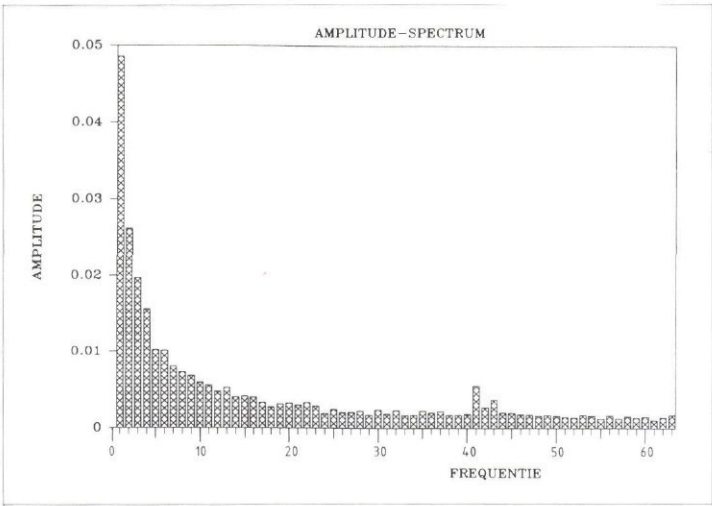
Afb. 1 - Verloop van het grondwaterpeil in Boring Tougou.

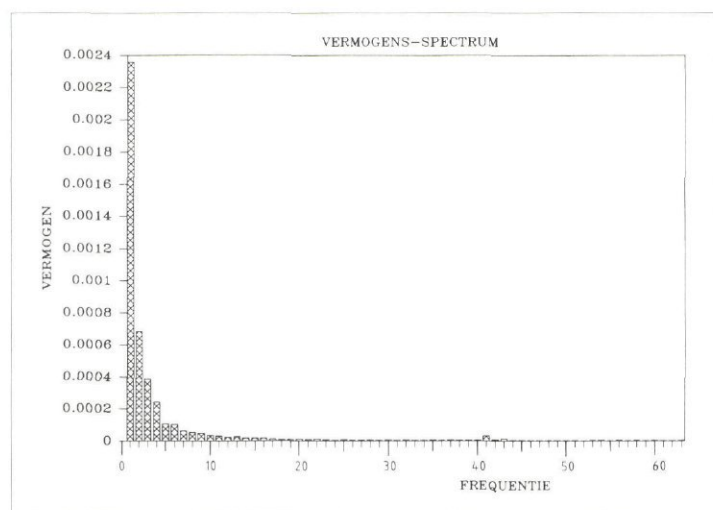


Afb. 2 - Gedigitaliseerd hydrogram, opgenomen met tussenpozen van 4 uur.

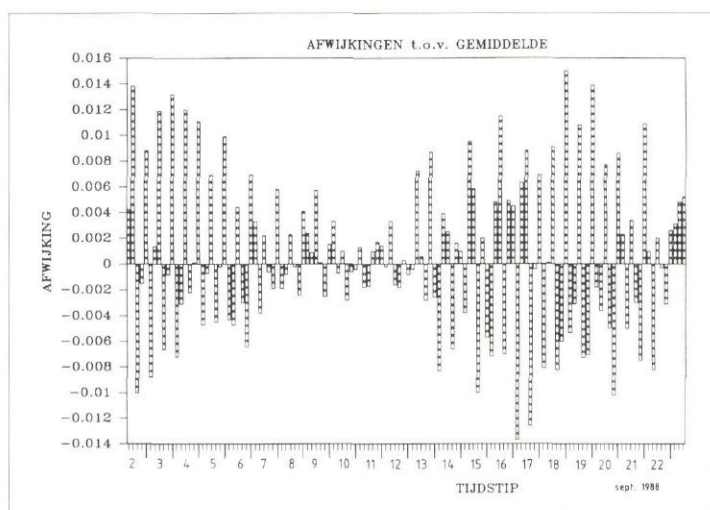


Afb. 3 - Amplitude-spectrum van afb. 2.

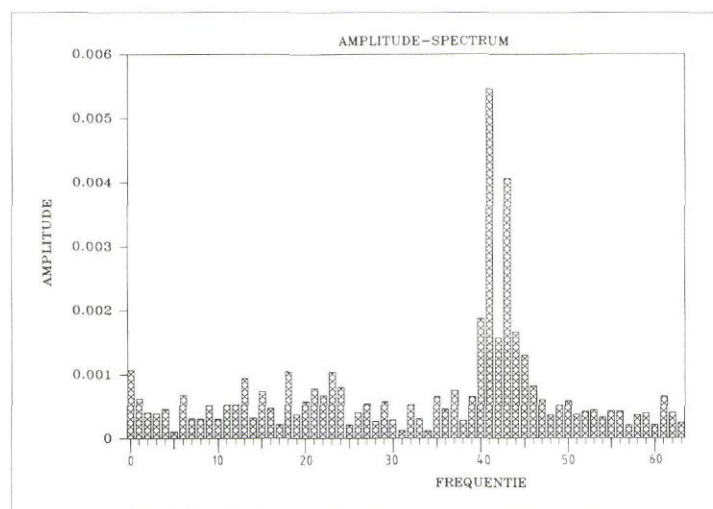




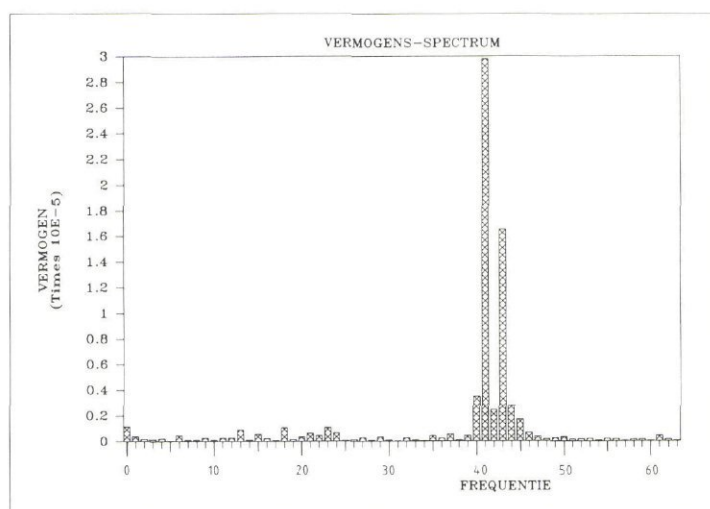
Afb. 4 - Vermogens-spectrum van afb. 2.



Afb. 5 - Afwijkingen ten opzichte van 40-uurs voortschrijdende gemiddelde.



Afb. 6 - Amplitude-spectrum van afb. 5.



Afb. 7 - Vermogens-spectrum van afb. d5.

frequentie van ongeveer tweemaal per dag;

- deze schommelingen verschuiven echter langzaam ten opzichte van middernacht;
- in de amplituden is een periodieke verandering te herkennen, met een periode van omstreeks 14 dagen.

Deze eigenschappen wijzen, met uitsluiting van alle andere mogelijkheden, op getijden. Omdat de zee ter plaatse geen invloed kan uitoefenen, zijn dit aard-getijden.

Fourier-analyse

Het signaal van de peilschrijver werd gedigitaliseerd, met opname om de 4 uur. In totaal werden gedurende 28 dagen 164 waarnemingen verkregen, waarvan 128 zijn gebruikt voor de Fourier-analyse. Het gedigitaliseerde signaal is weergegeven in afb. 2. Het materiaal werd onderworpen aan een snelle Fourier-

transformatie [Fast Fourier Transform, Brigham (1974)], waarvan de uitkomsten zijn vermeld in afb. 3 en 4. Het beeld blijkt sterk te worden overheerst door de lage frequenties, die afkomstig zijn van de geleidelijke stijging van het grondwater. In het amplitude-spectrum treden daarnaast enkele zwakke pieken op tussen de frequenties '40' en '45'; deze vertegenwoordigen de schommelingen in de waterstand.

Om de getijden duidelijker tot uiting te laten komen werd vervolgens het waarnemingsbestand omgezet tot verschillen met het 40-uurs voortschrijdende gemiddelde (voortschrijdend gemiddelde van 10 achtereenvolgende waarnemingen). Hierdoor werd de langzame stijging verwijderd (afb. 5). Een hernieuwde Fourier-transformatie levert nu het beeld van afb. 6 en 7, beide met twee duidelijke pieken bij de frequenties '41' en '43'.

De waarnemingsperiode omvat 128 perioden van 4 uur, dus in totaal 512 uren. De frequentie '41' komt dus overeen met een periode van $512:41 = 12,48$ uur, terwijl de frequentie '43' een periode vertegenwoordigt van $512:43 = 11,91$ uur. Beiden liggen dicht genoeg bij de perioden van zenith tot nadir van maan (12,41 uur) en zon (12,00 uur) om te worden toegeschreven aan de dubbeldagse getijden M2 en S2 van deze hemellichamen.

Overeenkomstig de verwachting is de amplitude van het zonsgetij S2 kleiner dan die van het maansgetij M2 en bedraagt omstreeks 7/10 daarvan, terwijl bij de energie (het kwadraat van de amplitude) de verhouding ongeveer 1:2 is. De interferentie van beide bestanddelen veroorzaakt de schommeling in amplitude tussen springtij en doodtij.

In tegenstelling tot de waarnemingen in Botswana van Gieske & De Vries [1985]

zijn de enkel-daagse componenten (met frequenties '20'-'22") niet duidelijk aanwezig.

Literatuur

- Bauduin, Chr. en Barends, F. (1988). *Getijde-respons in grondwater onder Nederlandse dijken*. H₂O (21), 1988, 2-5.
- Bower, D. R. (1983). *Bedrock Fracture Parameters from the Interpretation of Well Tides*. J. Geophys. Res., 88B, 5025-5035.
- Bredehoef, J. D. (1967). *Response of Well-Aquifer Systems to Earth Tides*. J. Geophys. Res., 72, 3075-3087.
- Brigham, E. O. (1974). *The Fast Fourier Transform*. Prentice hall, New Jersey.
- Gieske, A. and Vries, J. J. de (1985). *An analysis of earth tide induced groundwater flow in Eastern Botswana*. J. Hydrol. 82, 211-232.
- Kamp, G. S. J. P. van der (1973). *Periodic flow of groundwater*. Diss. VU Amsterdam.
- Kamp, G. and Gale, J. E. (1983). *Theory of Earth Tide and Barometric Effects in Porous Formations with Compressible Grains*. Water Resources Res., 19, 538-544.
- Lange, W. J. de en Maas, C. (1987). *Over het voorlopen van het grondwatergetij op de getijbeweging in de Hollandse IJssel bij Gouderak*. H₂O (19), 1987, 24-29.
- Melchior, P. (1978). *The Tides of the Planet Earth*. Pergamon, New York.
- Morland, L. W. and Donaldson, E. C. (1984). *Correlation of porosity and permeability of reservoirs with well oscillations induced by earth tides*. J. Geophys. Royal Astron. Soc., 79, 705-725.
- Rhoads, G. R. and Robinson, E. S. (1979). *Determination of Aquifer Parameters from Well Tides*. J. Geophys. Res. 84, 6071-6082.
- Steggewentz, J. H. (1929). *Bijdrage tot de kennis van den invloed van de getijbeweging op de stijghoogte van het grondwater*. Meded. RID. Nr. 9.
- Wesseling, J. (1959). *The transmission of tidal waves in elastic artesian basins*. Neth. J. of Agr. Sci. 7, 22-32.



Zuurstofvariatie

- *Vervolg van pagina 525*

beeld geven van de bruikbaarheid van het 10-percentiel op basis van de routine-metingen voor het toetsen aan de basiskwaliteitsnormen.

Overigens zal het toetsen aan een absolute zuurstofnorm op basis van laag frequent meetnetonderzoek in de toekomst onzes inziens achterwege kunnen blijven wanneer de basiskwaliteit met meer biologische normen wordt vastgelegd en kan worden getoetst aan de hand van de samenstelling van de levensgemeenschap. Immers het zuurstofgehalte is vooral een signalerende parameter en indicator voor veranderde of veranderende omstandigheden. Bij een gemiddelde basiskwaliteit lijkt er geen differentiërende invloed uit te gaan van het zuurstofgehalte en lijkt het zinvoller om de waterkwaliteit vast te stellen aan de hand van de levensgemeenschap dan op basis van het zuurstofgehalte of het 10-percentiel. De bruikbaarheid van het zuurstofgehalte ter signalering van te verbeteren situaties

en ter begeleiding van een saneringsproces wordt hiermee op geen enkele wijze verminderd.

Referenties

1. CUWVO-V. (1982). *Bemonsterings- en analyse-programma voor het landelijk waterkwaliteitsonderzoek*. Rapport Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, Werkgroep V.
2. CUWVO-V. (1984). *Aanbevelingen voor de opzet van het routinematig waterkwaliteitsonderzoek*. Rapport Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, Werkgroep V, september 1984, pp. 13.
3. *Besluit Kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren. Besluit van 3 november 1983, houdende regelen inzake kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren*. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 1983, no. 606, pp. 35.
4. Maenhout, A. M. A. T. (1985). *Continu zuurstofmetingen*. Rapport Provinciale Waterstaat Zuid-Holland, pp. 35.
5. Waterschap Zuiveringschap Limburg. (1985). *Basisonderzoek naar de kwaliteit van de oppervlaktewateren*. Rapport WZL, Roermond, pp. 43 + bijl. + Appendix pp. 168.
6. Waterschap Zuiveringschap Limburg. (1985). *Biologische waterbeoordeling op grond van macrofauna-onderzoek met behulp van diverse saprobiesystemen. De belangrijkste Limburgse waterlopen in 1984*. Rapport WZL, Roermond, pp. 81.
7. Gardeniers, J. J. P. en Tolkamp, H. H. (1976). *Hydrobiologische kartering, waardering en schade aan de beekfauna in Achterhoekse beken*. In: Th. v. d. Nes (red). *Modelonderzoek '71-74*. Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland: pp. 26-29, 106-114 en 294-296.
8. Waterschap Zuiveringschap Limburg. (1985). *Monitorenonderzoek 1984*. Rapport WZL, Roermond, pp. 74.
9. Vierrssen, W., van, Knoben, R. A. E. en Tolkamp, H. H. (1989). *Zuurstofvariatie in Nederlandse watertypen in relatie tot biologische waterkwaliteitscriteria. I. Doelstellingen en zuurstofmetingen*. H₂O (22) 1989, nr. 15, 465-469.
10. Vierrssen, W., van, Knoben, R. A. E. en Tolkamp, H. H. (1989). *Zuurstofvariatie in Nederlandse watertypen in relatie tot biologische waterkwaliteitscriteria. II. De biologische kwaliteitscriteria en hun relatie met het zuurstofgehalte*. H₂O (22) 1989, nr. 16, 493-497.
11. STORA. (1988). *Waterkwaliteitsbeoordeling van genormaliseerde beken met behulp van de macrofauna*. Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater, Den Haag, p. 89-03, pp. 56, 15 bijlagen en 2 diskettes.



Cursus Corrosiepraktijkmiddagen

De vereniging Krachtwerktuigen organiseert voor de 26e maal de cursus Corrosiepraktijkmiddagen te houden op 2, 9, 16, 23 en 30 november 1989 in Amersfoort. Aan deze cursus hebben de afgelopen zes jaar ruim 700 cursisten uit Nederland en België met groot enthousiasme deelgenomen. In deze praktijkcursus wordt aan de hand van een groot aantal schadegevallen informatie verstrekt over het herkennen en voorkomen van corrosie.

De cursus is bedoeld voor iedereen, die met corrosie te maken heeft. Dat kunnen medewerkers van technische diensten en van ontwerp- en ingenieursbureaus zijn, maar ook procesingenieurs en onderwijsgevend in het technisch onderwijs.

De cursus is gespreid over vijf middagen, waarbij elke middag een zelfstandig geheel vormt. Afhankelijk van de eigen belangstelling kan voor een of meerdere middagen worden ingeschreven.

De discussie wordt voor een groot deel gewijd aan het bespreken van corrosieproblemen van de cursisten.

Informatie over deze cursus kunt u aanvragen bij de vereniging Krachtwerktuigen te Amersfoort, ing. E. D. D. During, telefoon 033-602607.

Studiedag biologische stikstofverwijdering

Op 2 november wordt in het Congresgebouw IAC te Wageningen een studiedag gehouden over de vormen van belasting van het milieu door stikstof (zure regen, vermestingsproblematiek) en de mogelijkheden deze via biotechnologische methoden te verminderen.

De volgende onderwerpen komen aan de orde:

- milieuproblematiek met betrekking tot stikstofverbindingen en beleid overheid
- huidige praktijk met betrekking tot stikstofverwijdering op rioolwaterzuiveringsinstallaties, uit industrieel afvalwater, grondwater en lucht
- fundamentele aspecten/nieuwe technieken en processen.

De studiedag wordt georganiseerd door de Studiegroep Milieubiotechnologie van de Nederlandse Biotechnologische Vereniging. Kosten van deelname zijn f 25,- per persoon (inclusief lunch).

De deelname is beperkt tot 100 personen en vindt plaats op basis van volgorde van aanmelding.

Schriftelijke aanmeldingen aan Haskoning BV, ter attentie van P. van Iersel, Postbus 151, 6500 AD Nijmegen.