

Effecten van grondwaterwinningen op maaiveldzakkingen

Inleiding

Enkele eeuwen geleden, toen met de ontginning van West-Nederland werd begonnen, lag zowel het maaiveld- als het (grond)waterniveau op ongeveer NAP. Door de inpoldering en successievelijke aanpassingen van het polderpeil vond een aanzienlijke inklinking van de bodem plaats, waardoor het maaiveld en het grondwaterniveau geleidelijk steeds lager zijn komen te liggen [1]. Door de verlaging van de waterstand neemt de opwaartse kracht af wat leidt tot



IR. G. GRAKIST
NV Watermaatschappij
Zuid-Holland Oost (WZHO)



IR. M. TH. J. H. SMITS
Fugro Ingenieursbureau BV



IR. H. L. JANSEN
Fugro Ingenieursbureau BV

een toename van de contactspanningen tussen de korrels (de korrelspanningen). Hierdoor treedt samendrukking van het korrelskelet op, resulterend in zakking van het maaiveld.

Ook de verlaging van de stijghoogte, veroorzaakt door de drinkwaterwinning in een diep gelegen watervoerend pakket, leidt tot maaiveldzakking omdat deze verlaging zich uiteindelijk doorzet tot in de holocene deklaag, die in West-Nederland veelal bestaat uit sterk samendrukbare klei en veen. Bij de WZHO te Gouda behoren nauwkeurige berekeningen van de maaiveldzakking bij voorgenomen waterwinning tot de standaardprocedure omdat zakking kan leiden tot schade aan bebouwing en openbare voorzieningen. Tot dusverre werden de gevolgen van grondwaterwinningen op de maaiveldzakkingen berekend door eerst met een geohydrologisch model de stijghoogteverlaging in de diverse grondlagen te berekenen en vervolgens met behulp van de klassieke grondmechanicaformules de bijbehorende zakking.

In dit artikel zal worden aangetoond, dat deze aanpak niet correct is en leidt tot een sterke overschatting van maaiveldzakkingen. De stijghoogteverlagingen enerzijds en het consolidatieproces anderzijds

Samenvatting

Bij gebruik van de 'klassieke' berekeningsmethode worden maaiveldzakkingen als gevolg van grondwaterwinningen sterk overschat. Hierbij wordt de met een grondwaterstromingsmodel berekende verlaging van de freatische grondwaterstand als belasting ingevoerd. In dit artikel wordt een alternatieve berekeningsmethodiek voorgesteld, die rekening houdt met geleidelijke samendrukking van het onderste deel van de deklaag. Samendrukking van het bovenste deel, als gevolg van een verlaagde grondwaterstand, komt buitengewoon langzaam tot stand. Hiervoor zijn de volgende redenen aan te geven:

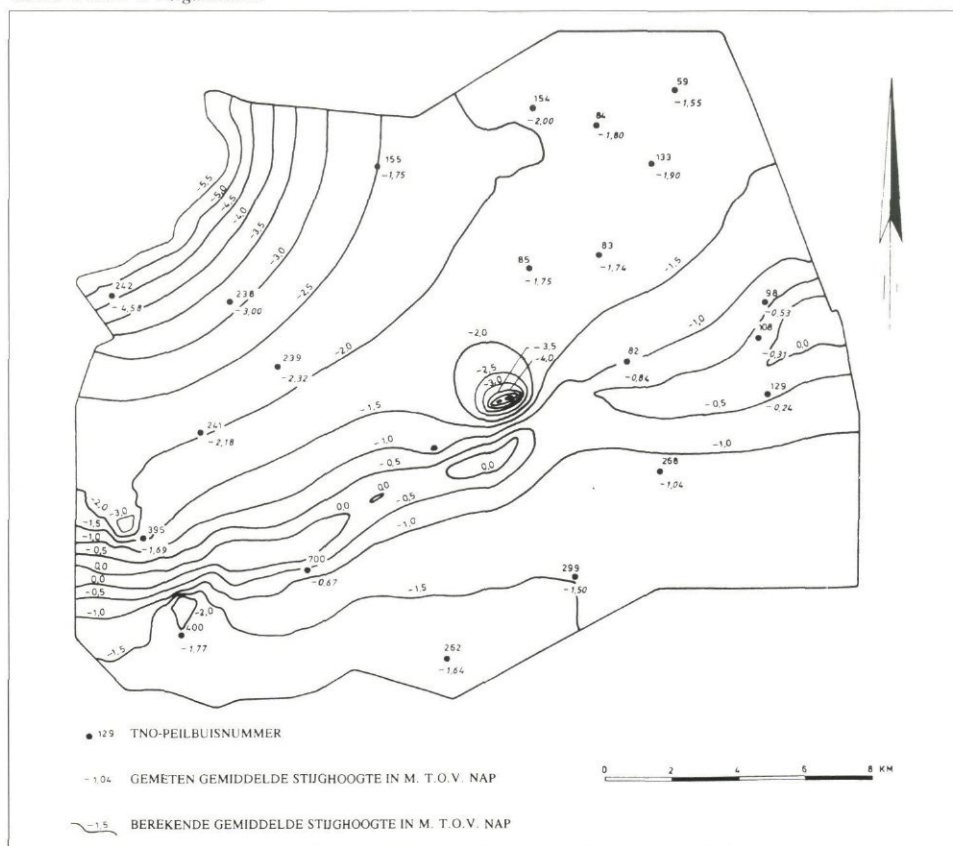
- De daling van de grondwaterspiegel in de holocene deklaag kan pas plaatsvinden nadat de waterdruk zich heeft aangepast aan de verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Dit laatste is bij holocene lagen van enige dikte, vanwege de consolidatie, een langdurig proces. Grondwaterstromingsmodellen houden geen rekening met dit consolidatieproces. Door de met een grondwaterstromingsmodel berekende freatische verlaging van de grondwaterstand als belasting in te voeren, worden oorzaak en gevolg als het ware omgedraaid.
- De plaatselijke doorlatendheid van sterk samendrukbare lagen is veel lager dan de effectieve doorlatendheid over het gehele beschouwde gebied. Relatief kleine lokale verstoringen, met een plaatselijk zeer geringe weerstand van de deklaag, beïnvloeden de effectieve doorlatendheid namelijk zeer sterk, maar zijn voor het consolidatieproces nauwelijks van belang.

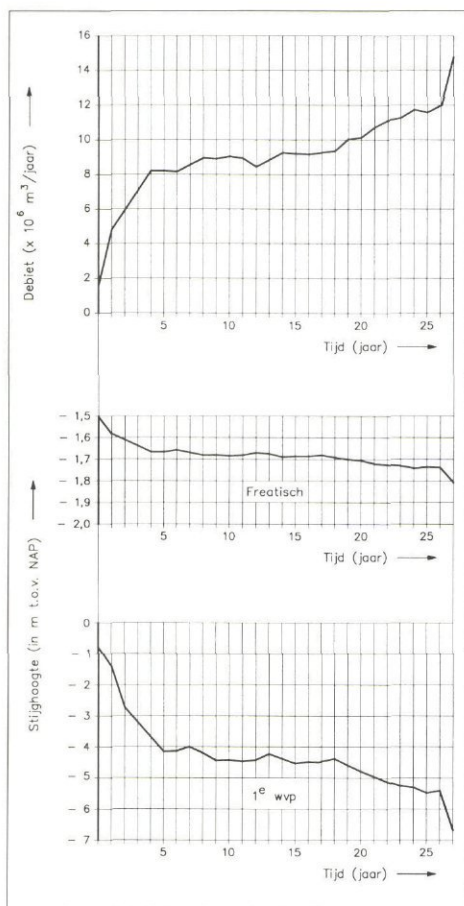
hebben namelijk een directe interactie met elkaar. Alleen een fundamentele aanpak, waarbij de geohydrologische en de geotechnische modellering worden geïntegreerd in één berekeningsgang, leidt tot realistische berekeningsresultaten van maaiveldzakkingen door grondwaterwinningen.

Berekening van de stijghoogte verlagingen

De berekening van de stijghoogteverlagingen door een onttrekking van grondwater vindt tegenwoordig veelal plaats met computerprogramma's, bijvoorbeeld gebaseerd op de eindige elementenmethode (afb. 1 en 2).

Afb. 1 - Voorbeeld van de berekening van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket nabij een grondwaterwinning van de WZHO te Bergambacht.



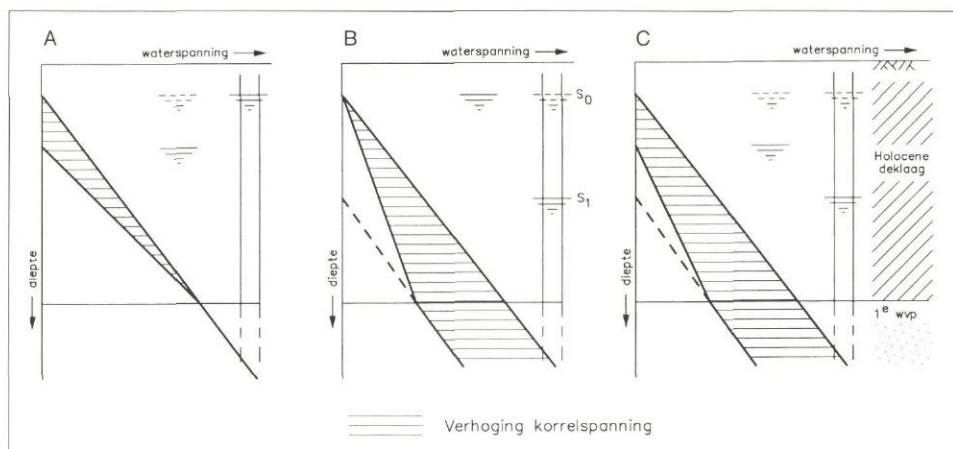


Afb. 2 - Voorbeeld van berekende verlagingen van stijgheghe als gevolg van een waterwinning.

Bij de ijking van het model moet rekening gehouden worden met het eventuele niet-stationaire karakter van de waterwinning. In het voorbeeld van afbeelding 1 worden de pompen 's nachts uitgezet, waardoor in de nacht een sterke toename van de stijgheghe optreedt. Als de stijgheghe handmatig wordt gemeten op vaste tijdstippen op de dag, wordt deze zeer sterke fluctuatie, in de orde van enkele meters waterkolom, geheel of gedeeltelijk gemist. Als vervolgens het geohydrologisch model op deze handmatige gegevens wordt geijkt, zullen verkeerde waarden voor de modelparameters kD en c worden afgeleid. Door gebruik te maken van niet-stationaire berekeningen en continue meetgegevens van automatisch registrerende meet-apparatuur, kunnen dergelijke fouten worden voorkomen.

Maaiveldzakkingen door stijghegheverlagingen

Wanneer de stijgheghe van het grondwater wordt verlaagd, neemt de waterdruk in de poriën af. Hierdoor nemen de contactspanningen tussen de vaste delen in de grond, de korrels, met eenzelfde bedrag toe. Deze toename van de korrelspanning leidt tot samendrukking van het korrel-



Afb. 3 - Verlaging van de waterspanning en verhoging van de korrelspanning.

Afb. 3a - Freatische verlaging.

Afb. 3b - Verlaging stijgheghe 1e wvp.

Afb. 3c - Combinatie.

skelet en tot zakking. De samendrukking neemt enige tijd in beslag, omdat deze pas tot stand kan komen nadat er water uit de poriën is weggestroomd. Dit verschijnsel wordt 'consolidatie' genoemd.

Na het bereiken van een nieuwe evenwichtstoestand komt aan de consolidatie een einde. Dan treden echter nog wel vervormingen op omdat het korrelskelet, zeker in het geval van klei en veen, aan kruip onderhevig is. De korrel- en waterspanningen veranderen hierbij niet meer. De zakkingen door consolidatie en kruip worden ook wel 'primaire zakking' en 'secundaire zakking' genoemd.

Bij slechtdoorlatende en dikke samendrukbare lagen kan het vele tientallen jaren, soms meer dan honderd jaar, duren voordat voldoende poriënwater is uitgestroomd en de consolidatie is beëindigd. Een periode van enkele decennia kan zodoende op de tijdschaal, waarbinnen samendrukking plaatsvindt, kortdurend zijn. Naast de hierboven genoemde zakking kan vooral in veen ook zakking plaatsvinden door natuurlijke processen als krimp en oxidatie. Deze zakking is gering, enkele millimeters per jaar.

Grootte van de zakking

Veelal wordt de samendrukking met de klassieke grondmechanicaformules berekend. Hierin wordt de stijghegheverlaging als belasting ingevoerd. Volgens de logaritmische samendrukkingswet van Terzaghi geldt:

$$\Delta w_i = H_i / C'_i \cdot \ln[(\sigma'_{vi} + \Delta \sigma'_v) / \sigma'_{vi}] \quad (1)$$

waarin:

Δw_i = samendrukking van laag i [m]
 σ'_{vi} = initiële verticale korrelspanning [kPa]
 $\Delta \sigma'_v$ = korrelspanningsverhoging [kPa]
 H_i = laagdikte [m]
 C'_i = samendrukkingsconstante van laag i [-]

Het sommeren van de samendrukking van de afzonderlijke lagen geeft de maaiveldzakking. In dit geval wordt de korrelspanningsverhoging $\Delta \sigma'_v$ veroorzaakt door de verlaging van de waterspanning.

Deze laatste bestaat uit een verlaging van de freatische grondwaterstand en een verlaging van de stijgheghe in het eerste watervoerend pakket (het gearceerde gedeelte in afb. 3).

Een eventuele vroegere voorbelasting of een extra belasting door bebouwing moet in rekening worden gebracht omdat de grond zich daardoor stijver gedraagt.

Verloop van de zakking in de tijd

In de formule van Koppejan wordt de zakking gesplitst in een primair en een secundair deel:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C'_p} + \frac{1}{C'_s} \cdot \log \frac{\Delta t}{\Delta t_d} \quad (2)$$

waarin

C'_p = primaire samendrukkingscoëfficiënt
 C'_s = secundaire samendrukkingscoëfficiënt

Δt = tijdsduur van de belasting (dagen)

$\Delta t_d = 1$ dag

Het verloop van de secundaire zakking met de tijd volgt direct uit formule (2).

Het verloop van de primaire zakking wordt volgens de eendimensionale consolidatietheorie van Terzaghi uitgedrukt met de consolidatiegraad $U(t)$, die is gedefinieerd als het quotiënt van de primaire zakking op tijdstip t en de primaire zakking bij 100% consolidatie (afb. 4). In formule (benadering):

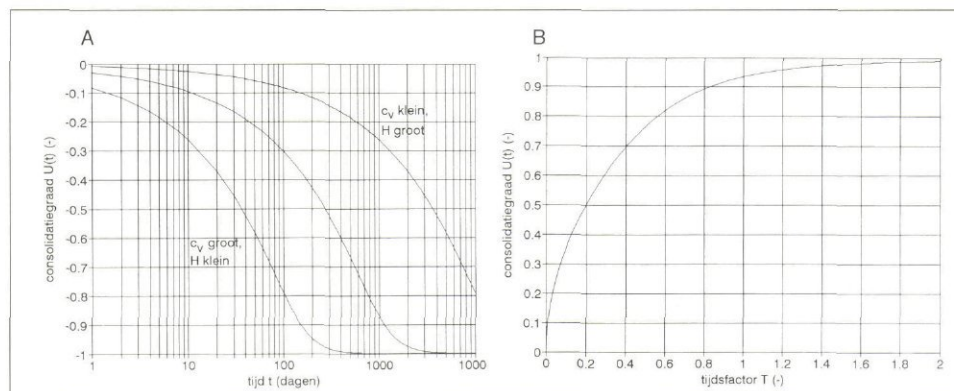
$$U(t) = [T^3 / (T^3 + 0,5)]^{1/6} \quad (3)$$

$$T = c_v \cdot \Delta t / (a \cdot H_i)^2 \quad (4)$$

waarin:

$U(t)$ = consolidatiegraad (-)

T = tijdfactor (-)



Afb. 4 - Verloop van de primaire zakkings.

Afb. 4a - Primaire zakkings versus de tijd.

c_v = consolidatiecoëfficiënt ($m^2/jaar$), waarin de doorlatendheid van de grond en de samendrukbaarheid van het korrelskelet zijn verwerkt
 a = factor, in dit geval 1,0 vanwege de eenzijdige afstroming
 Combinatie van de hierboven gegeven formules (2) t/m (4) geeft:

$$w = h \cdot \left[\frac{U(t)}{C_p} + \frac{1}{C_s} \cdot \log \frac{\Delta t}{\Delta t_d} \right] \cdot \ln \left[\frac{(\sigma'_{v,i} + \Delta \sigma'_v)}{\sigma'_{v,i}} \right] \quad (5)$$

Volgens formule (5), die in vele handboeken vermeld staat, vangt de secundaire zakkings (kruip) aan op het moment van belasten, onafhankelijk van de consolidatie. Dit is echter binnen het vakgebied van de grondmechanica een omstreden uitgangspunt. Sommige wetenschappers stellen, dat de kruipzakkingen pas kunnen optreden na enige consolidatie. Bij het hier beschouwde geval, waar de belasting wordt veroorzaakt door een verlaging van de waterspanning, is het dan ook realistischer de zakkings als volgt te berekenen:

$$w = h \cdot U(t) \cdot \left[\frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_s} \cdot \log \frac{\Delta t}{\Delta t_d} \right] \cdot \ln \left[\frac{(\sigma'_{v,i} + \Delta \sigma'_v)}{\sigma'_{v,i}} \right] \quad (6)$$

Nu is ook de secundaire zakkings afhankelijk van $U(t)$ en dus van de mate van aanpassing van de korrelspanningen. Deze formule wordt ook gehanteerd in [2].

Overschatting van de maaiveldzakking door de freatische verlaging

Zoals uit het voorgaande is gebleken, wordt een deel van de verhoging van de korrelspanning, en dus van de zakkings, veroorzaakt door de verlaging van de freatische grondwaterstand. Deze verlaging manifesteert zich vooral bovenin de deklaag. Doordat daar de initiële verticale korrelspanning $\Delta \sigma'_{v,i}$ laag is, ontstaat daar een substantieel deel van de zakkings (zie formule 1).

Volgens het grondwaterstromingsmodel treedt de freatische verlaging binnen enkele maanden na de start van de onttrekking

Afb. 4b - Primaire zakkings versus tijdfactor.

op. Nadere analyse van het zakkingsproces in de grond leert echter, dat hiervoor veel meer tijd nodig is. De freatische verlaging zal daarom pas na zeer lange tijd een zakkings van praktische betekenis geven. In het stromingsmodel wordt een veel te korte aanpassingstijd gevonden, omdat:

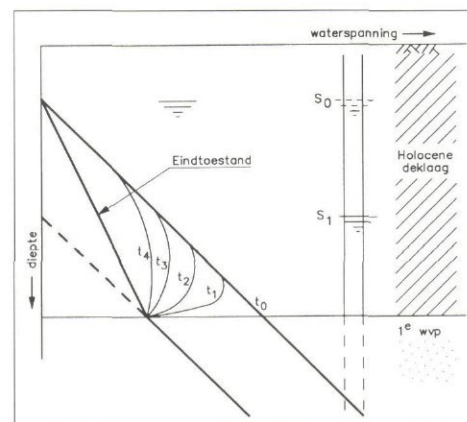
1. De deklaag wordt opgevat als 'filtersteen'.
2. Gerekend wordt met de 'effectieve' weerstand.

ad 1 Deklaag als 'filtersteen'

In het stromingsmodel wordt de stijghoogte berekend volgens de wet van Darcy. De grondlagen worden hierbij als het ware opgevat als 'filterstenen' waar het water doorheen stroomt, zonder rekening te houden met de samendrukking van het korrelskelet en de invloed daarvan op de waterspanning.

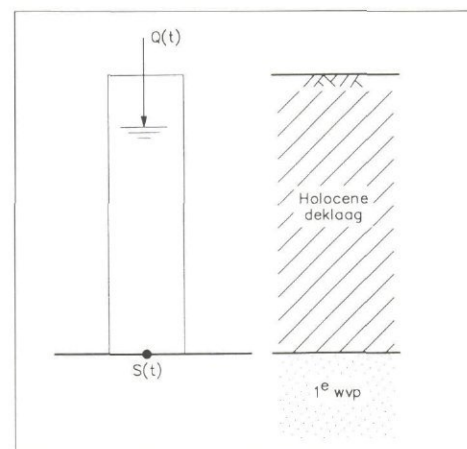
Stel dat de stijghoogte in het watervoerend pakket zeer snel wordt verlaagd (van s_0 naar s_1), dan ontstaat bij een vaste freatische lijn in de deklaag uiteindelijk de situatie van afbeelding 3b. Als geen rekening gehouden wordt met consolidatie, zal de situatie van afbeelding 3b in korte tijd optreden, bijvoorbeeld in enkele maanden (afhankelijk van de weerstand van de deklaag). Dit betekent, dat in enkele maanden tijd de korrelspanningen moeten zijn verhoogd met het gearceerd aangegeven gedeelte. Deze snelle verlaging van de waterspanning en gelijktijdige verhoging van de korrelspanning is echter in samendrukbare en slecht doorlatende grond onmogelijk. Een verhoging van de korrelspanning leidt namelijk onmiddellijk tot enige samendrukking van het korrelskelet, dat immers flexibel is. Door deze snelle samendrukking, waarbij het poriënwater geen tijd krijgt om af te stromen, ontstaat direct weer een verhoogde waterspanning, tot aan het oorspronkelijke niveau. Pas wanneer het poriënwater de tijd heeft gekregen om af te stromen kan de situatie van afbeelding 3b zich instellen. Dit uitstromen van

water uit de poriën door samendrukking van het korrelskelet kost veel tijd. Bij een dikte van de deklaag van 10 meter kan het, gezien de enkelzijdige afstroming, wel 100 jaar duren voordat de situatie van afbeelding 3b is bereikt in plaats van de eerder genoemde enkele maanden. De aanpassing van de korrel- en waterspanningen geschiedt hierbij geleidelijk, te beginnen aan de onderzijde van de laag (afb. 5).



Afb. 5 - Consolidatie van de deklaag.

Het verhang in het bovenste deel van de deklaag zal pas na lange tijd veranderen. De freatische waterspiegel zal daarom aanvankelijk niet zakken en de bijbehorende consolidatie zal dus aanvankelijk evenmin optreden. Daar komt nog bij dat een zakkings van de freatische lijn ten dele wordt verhinderd door voeding vanuit de poldersloten, zie de sterk geschematiseerde één-dimensionale voorstelling van de deklaag in afbeelding 6.



Afb. 6 - Randvoorwaarden aan weerszijden van het samendrukbare pakket.

Aan de onderzijde van de deklaag heerst een spanningsrandvoorwaarde: de stijghoogte wordt hier vanuit het watervoerend pakket voorgeschreven. Aan de bovenzijde is sprake van een variabel debiet, afhankelijk van de voeding. Er kan zelfs sprake

zijn van een negatief debiet als de verdamping groter is dan de voeding door de neerslag en vanuit de poldersloten.

Bij een polderpeilverlaging is ook aan de bovenzijde van de deklaag sprake van een spanningsrandvoorwaarde. In dat geval zal de waterspanning in de deklaag zich ook vanaf de bovenzijde aanpassen.

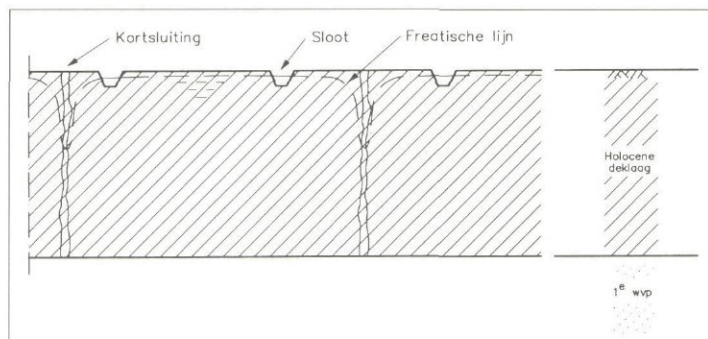
Mede omdat dan sprake is van tweezijdige afstroming, zal de aanpassing en daarmee de zakking veel sneller plaatsvinden dan wanneer alleen aan de onderzijde, in het watervoerend pakket, de stijghoogte verandert. Bovendien zal, door de lage initiële spanningen bovenin de deklaag, ook een kleine polderpeilverlaging resulteren in een aanzienlijke zakking. De zakking door de verlaging van de stijghoogte in het watervoerend pakket kan hierdoor worden overschaduwd.

ad 2 'Effectieve' weerstand deklaag

Door de natuurlijke heterogeniteit van de grond in horizontale richting is de weerstand van de deklaag als geheel veel kleiner dan de som van de weerstanden van de afzonderlijke grondlagen. Relatief kleine verstoringen met een zeer geringe weerstand, zoals stroomruggen, donken e.d. (afb. 7), hebben een grote invloed op de weerstand van de deklaag als geheel, zie o.a. [3].

In het grondwaterstromingsmodel wordt gerekend met de 'effectieve' weerstand die aanzienlijk lager is dan de lokale weerstand waardoor dit model een snelle aanpassing van de freatische grondwaterstand suggereert. Voor de zakkingsberekeningen is deze effectieve weerstand niet interessant: de grootste zakkings treden dáár op waar de weerstand groot is, en de doorlatendheid klein. Op deze

Afb. 7 - Gevolg van een niet-homogene doorlatendheid in de deklaag.



plaatsen neemt het zakkingsproces veel tijd in beslag.

Een uitzondering hierop vormt een slappe grondlaag, die direct grenst aan een zanderig holocene pakket (een donk).

Hier kan, door de zijdelingse afstroming, de consolidatie versneld optreden, vooral in een droge zomer. Dit blijft echter een lokaal effect: op afstanden van 50 meter of meer speelt zijdelingse afstroming geen rol van betekenis meer.

Opgemerkt wordt, dat de toplaag, waarin de freatische waterstand zich bevindt, veelal gescheurd en poreus is door bewerkingen (ploegen), vroegere droge perioden e.d. Hierdoor kan de waterstand zich snel aanpassen aan de omstandigheden (droge zomer, natte winter), onafhankelijk van de slecht doorlatende lagen waaruit het onderliggende deel van de holocene deklaag is opgebouwd.

De invloed van etmaal- en seizoen-variaties in de stijghoogte

Als niet gedurende de hele dag hetzelfde debiet wordt onttrokken, fluctueert de stijghoogte in het watervoerend pakket voortdurend (afb. 8). De verlaging bestaat uit een stationair en een fluctuerend deel.

De invloed van het fluctuerend deel op de waterspanning in de deklaag is gering; alleen in het onderste deel van de deklaag is de invloed merkbaar.

Dit probleem is analytisch oplosbaar met behulp van de Biot-theorie [4] (afb. 9). Duidelijk is te zien dat de fluctuaties slechts een zeer geringe indringdiepte hebben. Voor seizoensfluctuaties kan een analoge beschouwing worden gehouden.

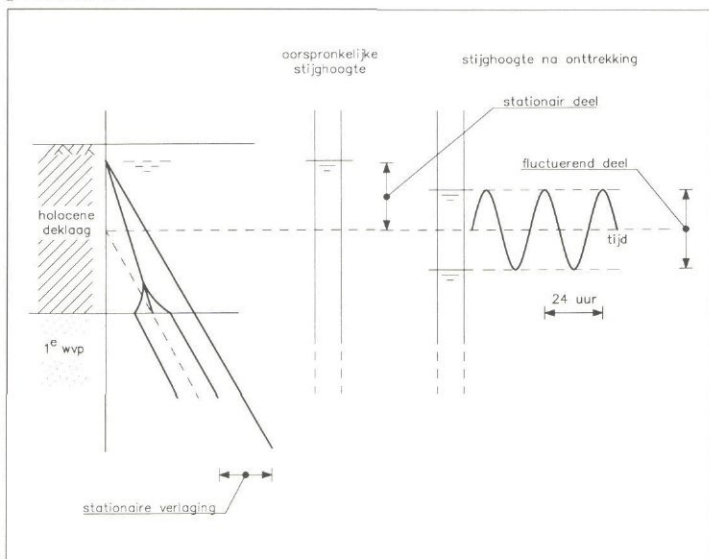
Conclusies

Maaiveldzakkingen door grondwaterwinningen worden overschat wanneer de met een grondwaterstromingsmodel berekende verlaging van de freatische grondwaterstand als belasting wordt ingevoerd.

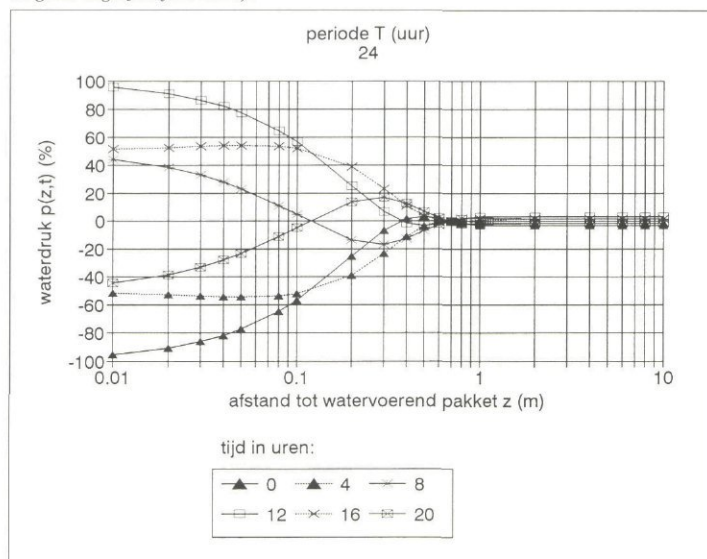
Er hoeft namelijk slechts rekening gehouden te worden met samendrukking van het onderste deel van de deklaag. Samendrukking van het bovenste deel komt dermate langzaam tot stand, dat deze veelal niet van praktische betekenis is. Hiervoor zijn de volgende redenen aan te geven:

– De daling van de grondwaterspiegel in de holocene deklaag kan pas plaatsvinden nadat de waterdruk zich heeft aangepast aan de verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Dit laatste is

Afb. 8 - Fluctuerende stijghoogte in het eerste watervoerend pakket bij constante freatische grondwaterstand.



Afb. 9 - Drukverloop in de holocene deklaag volgens Biot bij fluctuerende belasting (in dit geval dagelijkse fluctuaties).



bij holocene lagen van enige dikte, door de consolidatie, een langdurig proces. Grondwaterstromingsmodellen houden geen rekening met dit consolidatieproces. Door de met een grondwaterstromings-model berekende grondwaterstand-verlaging als belasting in te voeren, worden oorzaak en gevolg als het ware omgedraaid.

– De plaatselijke doorlatendheid van de deklaag is veel kleiner dan de effectieve doorlatendheid over het gehele gebied. Relatief kleine lokale verstoringen, met een zeer geringe weerstand, beïnvloeden de effectieve doorlatendheid sterk, maar zijn voor het consolidatieproces niet van belang.

Praktijkwaarnemingen bevestigen dit: enkele maanden of jaren na de start van een winning in het watervoerend pakket onder de holocene deklaag treedt er doorgaans nog geen uitdroging op, terwijl dit op basis van geohydrologische berekeningen wel zou worden verwacht. Een uitzondering hierop vormen plaatsen waar horizontale afstroming mogelijk is naar zanderige lagen.

Een aanpassing van het polderpeil, waarbij de waterspannings-randvoorwaarde aan de bovenzijde actief wordt gewijzigd, heeft uiteraard wel gevolgen voor het zakkingsproces. De maaiveld-zakking zal hierdoor sneller optreden en bovendien kan, door de lage initiële korrelspanning in de bovenste lagen, een relatief grote zakking ontstaan.

Dagelijkse of seizoensfluctuaties in de stijghoogte in het watervoerend pakket hebben slechts een geringe indringdiepte in de deklaag. Voor de berekening van maaiveldzakkingen kan derhalve worden uitgegaan van een equivalent stationair stijghoogteverloop in de deklaag.

De WZHO is voornemens om door een monitoringprogramma bij een drinkwaterwinning de bovenbeschreven effecten nader te kwantificeren. Daarbij zullen zowel zakkingen als waterspanningen langdurig worden gevolgd en getoetst aan de beschreven theorie.

Literatuur

1. Peters, J. H. 'Grondwateronttrekkingen en polderpeilverlagingen als oorzaken van bodemdaling in Hollandse veenweidegronden'. TH Delft, Afdeling Civiele Techniek, januari 1980.
2. 'Handleiding Wegenbouw. Ontwerp Onderbouw. Deel II Techniek', Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat, december 1991.
3. Bierkens, M. F. P. 'Blokdoorlatendheden; opschaling in de geohydrologie'. *H₂O* (27) 1994, nr. 23, pp. 673-684.
4. Yamamoto, T., Koning, H. L., Sellmeijer, H. and Huijij, E. van. 'On the response of a poro-elastic bed to water waves'. *J. Fluid Mechan.* (1978), vol. 87, part 1, pp. 193-206.

Internationale Fachmesse Wasser (IFW) '97 in Berlijn

Van 21 tot en met 25 april 1997 was Berlijn gastheer voor 5.000 bezoekers uit de internationale wereld van het water (50 verschillende landen). Bekende internationale sprekers refereerden over de Duitse en Europese richtlijnen, management, nieuwe ontwikkelingen, het milieu en de economische ontwikkelingen.

De Messe Berlin GmbH organiseerde daarnaast een beurs op het gebied van watervoorziening en een beurs op het gebied van gasvoorziening, die uitermate geschikt bleken om in Duitsland nieuwe zakelijke, contacten te leggen en/of bestaande contacten te intensiveren. Vooral ondernemers die op zoek waren naar nieuwe mogelijkheden in het oostelijke gedeelte van Duitsland en Oost-Europa, konden op deze beurzen belangrijke contacten leggen. De beurs van Berlijn is het trefpunt voor bedrijven uit deze regio's. En ook het steeds toenemende aantal deelnemers en bezoekers uit deze regio's is hiervan een duidelijk bewijs.

De vakbeurs voor watervoorziening, IFW '97 (Internationale Fachmesse Wasser), is een groeiende, internationale vakbeurs voor aanbieders. In 1993 waren het nog 532 exposanten uit 17 verschillende landen t.o.v. 586 exposanten uit 22 landen in 1997. Bedrijven presenteerden hun allernieuwste producten op het gebied van watervoorziening, oppervlaktewaterbescherming en afvalwaterverwerking.

De exposanten waren vanuit Egypte, België, Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Engeland, Israël, Italië, Luxemburg,

Nederland, Noorwegen, Oostenrijk, Polen, Rusland, Zwitserland, Singapore, Slowakije, Spanje, Tsjechië, Turkije en Amerika naar Berlijn gereisd om aan de IFW '97 deel te nemen.

Vanuit Nederland namen Polymarin b.v. uit Medemblik, Norit Membrane Technology uit Hengelo, X-Flow b.v. uit Almelo, Wigersma en Sikkema b.v. uit Doesburg, A. Hak Nederland b.v. uit Tricht, Van de Lande b.v. uit Raamsdonkveer, Cytac Industries b.v. uit Botlek Rotterdam en Huwa International Pipeline Products uit St. Oedenrode deel.

Aan de succesvolle première van de vakbeurs voor gasvoorziening, IFG '97, namen 83 exposanten uit Duitsland, Frankrijk, Engeland, Italië, Nederland, Polen en Rusland deel. Met deze beurs werd aan een grote behoefte vanuit de markt voldaan.

Onder de 25.000 vakbezoekers (25% uit het buitenland) waren vooral beslissers uit de industrie en het MKB. Volgens een onderzoek naar de bezoekersstructuur van de IFW in 1997 is de beurs voor de vele inkopers vooral een instrument om informatie over nieuwe producten en services te winnen en contacten met nieuwe leveranciers te leggen.

Het congres Wasser Berlin en de vakbeurzen IFW en IFG vinden van 23 tot en met 27 oktober in het jaar 2000 weer plaats. (Persbericht Nederlands-Duitse Kamer van Koophandel)

