

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

ONDERZOEK NAAR DE WEGZIJGING
IN HET DERDE PAND VAN HET
ORANJEKANAAL

Ing. B. van der Weerd

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. DE MEETAPPARATUUR	1
3. AARD VAN DE METINGEN	4
4. UITWERKING VAN DE MEETRESULTATEN	4
4.1 DE WEGZIJGING UIT HET KANAAL	4
4.2 DE VERDICHTING VAN DE KANAALBODEM	6
5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE	9
LITERATUUR	10

1. INLEIDING

Ten behoeve van de drinkwatervoorziening wordt in de omgeving van Emmen water aan de bodem onttrokken, waardoor ter plaatse het grondwaterniveau is verlaagd.

Een regionale werkgroep hydrologie, waarin de Cultuurtechnische Dienst, Provinciale Waterstaat, Rijks Waterstaat, Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening en de Watermij. Drenthe zitting hebben, onderzocht in dit verband onder andere de mogelijkheden van aanvulling van het grondwater door middel van infiltratie in het waterwin- gebied.

De aandacht richt zich hierbij vooral op het gedeelte van het Oranjekanaal nabij Emmen waar door het, ten opzichte van het grondwater ca. 4 meter hogere kanaalpeil, potentieel de mogelijkheden voor infiltratie aanwezig zijn. Gezien in dit licht werd het gewenst geacht een inzicht te hebben in de mate waarin onder de huidige omstandigheden inzijging plaats vindt en waardeze het grootst is. Hiertoe werd aan de Commissie Waterbeheersing en Ontziltling het verzoek gericht om met behulp van de z.g. kwel-wegzijgingsmeters een onderzoek daarnaar te verrichten. De bedoeling is

deze metingen in een later stadium te herhalen na opschoning van de bodem om op deze wijze het effect hiervan op de ondergrondse afstroming te kunnen bepalen.

2. DE MEETAPPARATUUR

Voor het doen van de metingen is gebruik gemaakt van de kwel-wegzijgingsmeter, een veranderde versie van de z.g. slootkwelmeter (van der Weerd, 1966) echter werkend volgens hetzelfde principe.

De meter bestaat uit een min of meer hoedvormig lichaam van metaal met een diameter van 0,50 m. De platte rand (zie fig. 1) bevindt zich enkele centimeters van de open scherp geslepen onderzijde. Boven in de zijwand is een doorstroomopening voor aansluiting van een slang door middel van een snelkoppeling aangebracht.



Fig. 2

Het naar de bodem laten zakken van de kwel-weg-zijngingsmeter.



Fig 1 .

De beschermkoker wordt aan de drijver gehangen.

De bovenkant van de "hoed" is voorzien van een kruisstuk met aangelaste ogen op de hoeken voor bevestiging van het touw dat nodig is om het apparaat tot op de kanaalbodem te laten zakken. In geval de bodem zich op geringe diepte beneden het waterniveau bevindt kan i.pl.v. het touw in het midden van het kruisstuk een verticale stang geschroefd worden, waarmee het apparaat tot aan de "hoedrand" in de bodem kan worden gedrukt. Bij grotere diepten wordt echter gebruik gemaakt van het touw. Bij gebruikmaking van het touw zal het apparaat t.g.v. zijn eigen gewicht (19,5 kg) tot aan de "hoedrand" in de bodem zakken. Aan de doorstroomopening wordt vervolgens een slang gekoppeld, waarvan de lengte is aangepast aan de diepte van het kanaal en het uiteinde is voorzien van een 3-wegkraan. Aan de 3-wegkraan wordt een zogeheten weerballon bevestigd, die gedeeltelijk met een bepaalde hoeveelheid water is gevuld. De 3-wegkraan wordt in een zodanige stand gezet dat de toegang tot de ballon is afgesloten, maar lucht en water uit het apparaat en de slang via de andere opening in de kraan kunnen ontsnappen. De 3-wegkraan met ballon worden met behulp van een drijver dicht onder de waterspiegel opgehangen, waardoor deze gemakkelijk bereikbaar blijft (fig.2). De ballon wordt meestal opgehangen in een geperforeerde beschermkoker. De drijver wordt op een zodanige manier verankerd dat bijvoorbeeld door wind of stroom de ballon via de slang niet aan de

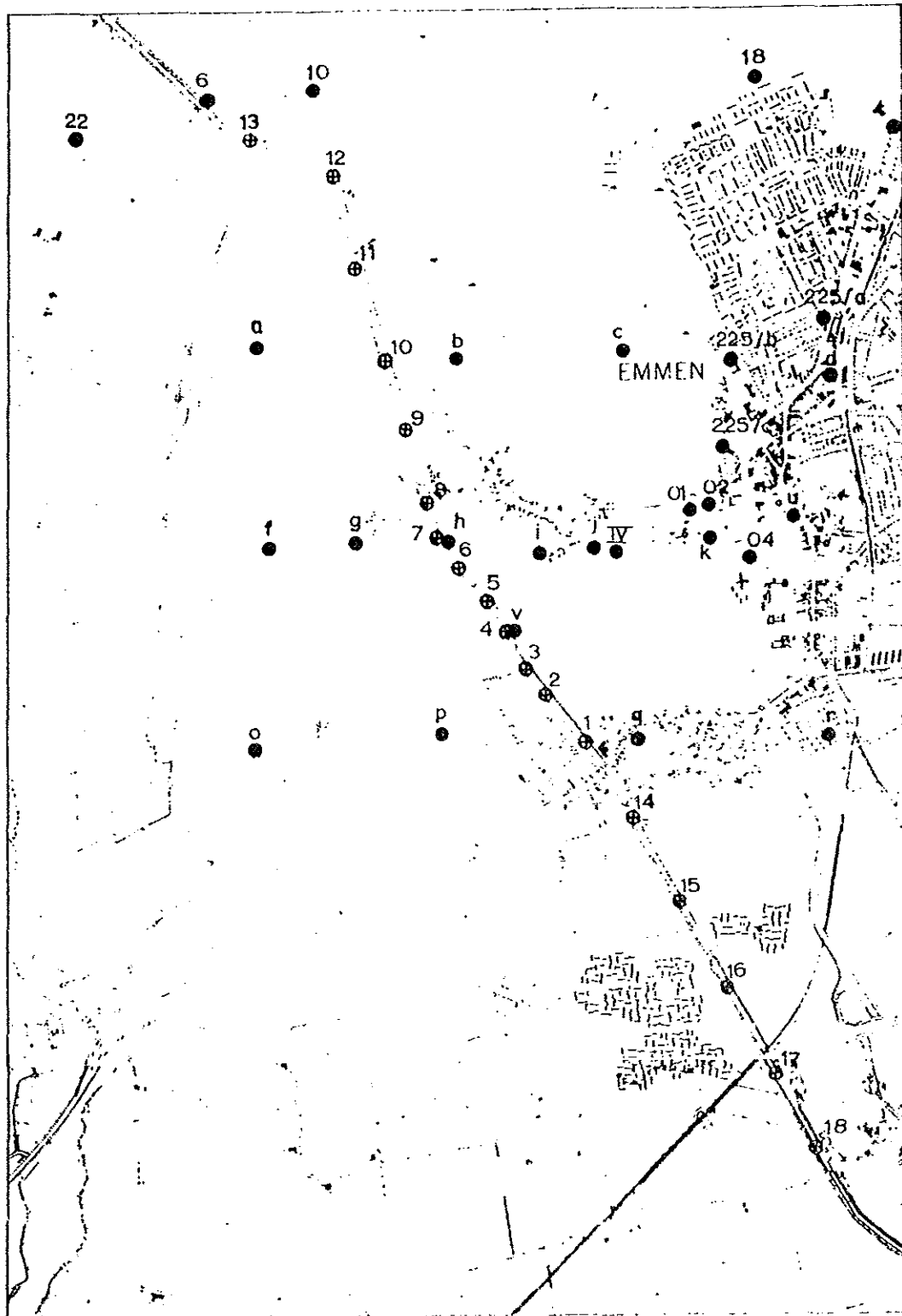


Fig. 3

0 500 1000 m

- f ● Diepe stijgbuis
- 3 ● Kwelmeetplaats

meter kan rukken, waardoor foutieve metingen zouden kunnen ontstaan. Na de plaatsing wordt het apparaat tijd gegeven zich te zetten. Vervolgens wordt met de 3-wegkraan de verbinding apparaat - ballon geopend en de opening naar het buitenwater gesloten. Heeft men te maken met wegzijging dan zal de hoeveelheid water in de ballon afnemen. Indien er sprake is van kwel dan neemt de hoeveelheid in de ballon toe. Aan de hand van de tijdsduur tussen het openen en weer sluiten van de kraan en de inhoudsverandering van de ballon kan door mede het meetoppervlak in de berekening te betrekken een inzicht worden verkregen over de intensiteit van de kwelstroming.

3. AARD VAN DE METINGEN

Gebruikmakend van de hier beschreven meetapparaten zijn in een gedeelte van het Oranjekanaal, westelijk van Emmen, over een lengte van ruim 6 km op 16 verschillende plaatsen metingen verricht. Een overzicht van deze meetpunten is weergegeven in figuur 3. De metingen zijn verricht van 27 t/m 29 mei 1974. De gemiddelde tijdsduur van een meting bedroeg 16 uur.

Gelijktijdig met de wegzijgingsmetingen is de stijghoogte van het grondwater in de diepe peilbuizen in de nabijheid van dit kanaalgedeelte, alsmede het kanaalpeil waargenomen.

4. UITWERKING VAN DE MEETRESULTATEN

4.1 DE WEGZIJGING UIT HET KANAAL

De resultaten van de wegzijgingsmetingen zijn in mm/etm weergegeven in figuur 4. In deze figuur zijn ook de gemeten grondwaterstanden in meters t.o.v. N.A.P. vermeld. Aan de hand van deze gegevens en de door de W.M.D. beschikbaar gestelde isohypsenkaart van 28-4-'71 is een aantal isohypsen getrokken. Er blijkt vanaf het noordwesten van het onderzoeksgebied naar het zuidoosten in de richting van het pompstation Emmen een verval in het diepe grondwater op te treden van meer dan 4 meter. In het noordwesten is het grondwaterpeil hoger dan 15.00 m + N.A.P. Meer zuidelijk langs het Oranjekanaal was de stijghoogte iets minder dan 12.00 m + N.A.P.

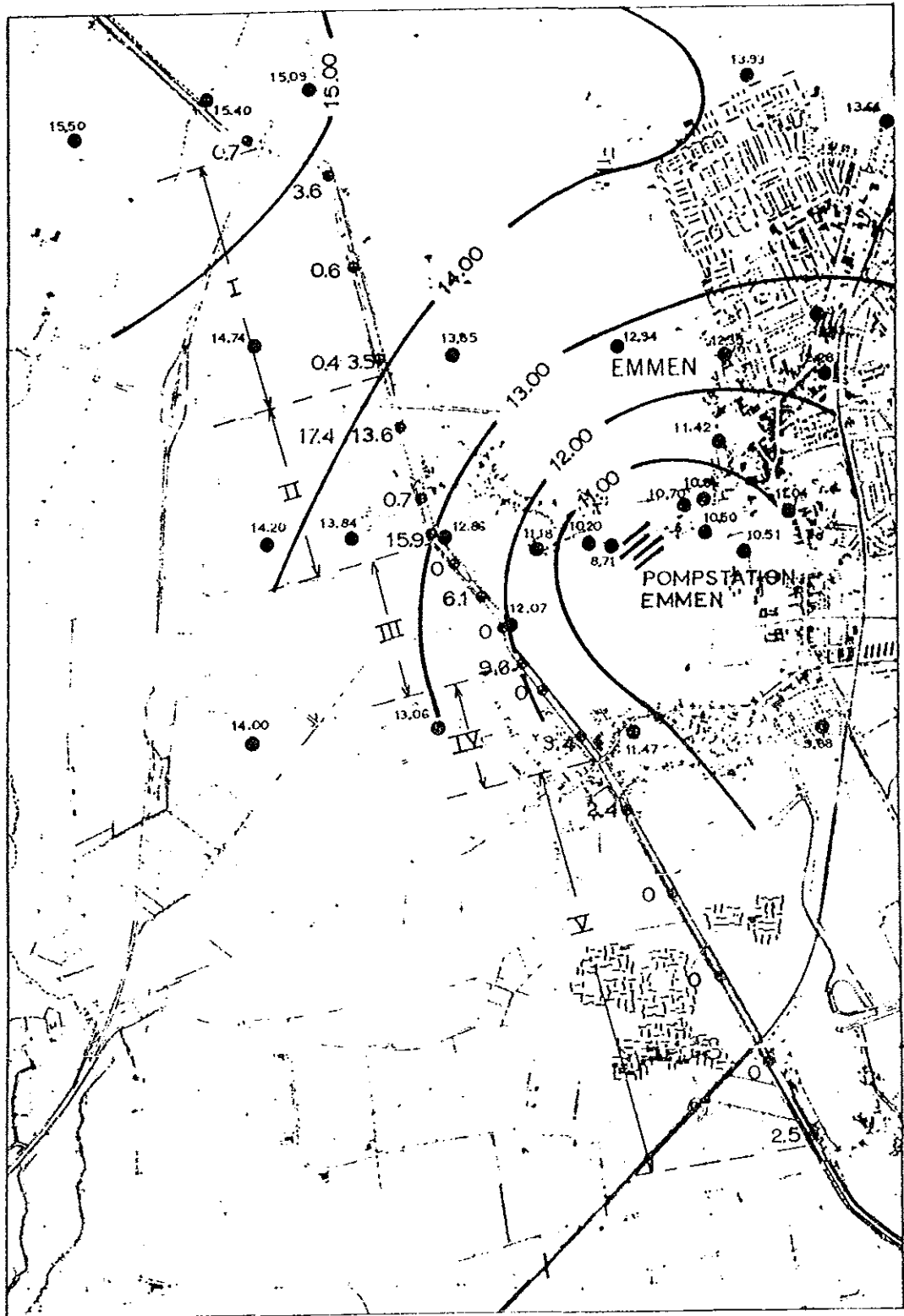


Fig. 4

0 500 1000 m

14.20 ● Stijghoogte diep grondwater in m. t.o.v. NAP.

3.6 ⊙ Kwelintensiteit in mm/etm.

— 14.00 — Isohypse v.h. diepe grondwater in m. t.o.v. NAP.

Het kanaalpeil was tijdens de metingen 16.70 m + N.A.P.

Het potentiaalverschil tussen het kanaal en het diepe grondwater varieerde derhalve van ca. 1.70 m in het noordwesten tot bijna 5 meter in het zuidelijk gedeelte van het onderzochte kanaalgedeelte. Ondanks deze relatief grote potentiaalverschillen is de gemeten wegzijging uit het kanaal uiterst gering.

De grootst gemeten intensiteit bedroeg 15,9 mm/etm.

Uitgaande van een natte bodemontrek van 20 meter betekent dit een wegzijging van

$$20 \times 0,0159 = 0,3 \text{ m}^3/\text{etm. per strekkende meter kanaal-}$$

bodem.

De gemiddelde wegzijging blijkt echter veel lager te zijn.

De intensiteit van afstroming varieert sterk van plaats tot plaats.

Op verschillende plaatsen werd geheel geen wegzijging gemeten. In het gedeelte zuidelijk van de brug bij meetpunt 1 zit de kanaalbodem vrijwel dicht. Gemiddeld is in dit traject dat tot punt 18 een lengte heeft van 2,3 km een wegzijging gemeten van 1 mm/etm.

Dit betekent dat op het tijdstip van de meting vanuit dit kanaalgedeelte slechts

$$20 \times 2,3 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-3} = 40 \text{ m}^3/\text{etm}$$

naar de ondergrond afstroomde.

In het noordelijk kanaalgedeelte, gerekend vanaf de brug bij meetpunt 1 tot meetpunt 13, is de wegzijging iets groter. De gemiddelde gemeten intensiteit bedroeg hier 4,4 mm/etm. Over een kanaallengte van 4 km betekent dit

$$4,4 \times 10^{-3} \times 20 \times 4 \times 10^3 = 350 \text{ m}^3/\text{etm.}$$

afstroming naar de ondergrond.

4.2 DE VERDICHTING VAN DE KANAALBODEM

De gevonden relatief kleine waarden voor de wegzijging tonen aan dat er onder het kanaal hoge verticale stromingsweerstand aanwezig moeten zijn. Het is bekend dat in kanalen waar ondergrondse afstroming plaatsvindt de kanaalbodem wordt verdicht door verstopping van de poriën in de grond en sedimentatie van slib op de bodem. Getracht is over de mate van verdichting een indruk te krijgen.

Voor het verkrijgen van een indicatie over de verticale stromingsweerstand terzijde van het kanaal is gebruik gemaakt van door de W.M.D. verstrekte gegevens over $k D$, $k D_c$ en de dikte van de watervoerende laag, die volgens genoemde informatiebron als een vrij homogeen pakket kan worden beschouwd.

De gegevens hebben betrekking op 2 meetplaatsen in de nabijheid van het Oranjekanaal

	$k D$	$\lambda = \sqrt{k D_c}$	D
I	2750 m ² /d	665 m	40 m
II	2300 m ² /d	315 m	40 m

Hierbij is:

- k = doorlatendheid watervoerend pakket
- D = dikte watervoerend pakket
- c = verticale stromingsweerstand van het afdekkend pakket

De doorlatendheid van het watervoerend pakket blijkt derhalve een orde van grootte te hebben van 60 à 70 m/dag

$$\text{Uit } c = \frac{\lambda^2}{kD} \text{ volgt: } c_I = \frac{665^2}{2750} = 160 \text{ dagen/m} \quad ?$$

$$c_{II} = \frac{315^2}{2300} = 43 \text{ dagen/m} \quad ?$$

De verticale weerstand onder het kanaal is berekend aan de hand van de gemeten wegzijging en de stijghoogte van het diepe grondwater onder het kanaal.

Daar de wegzijgingsmetingen ten opzichte van de plaats een vrij grote variatie vertonen, zijn de hierna volgende berekeningen uitgevoerd met een aantal gemiddelde waarden voor de wegzijging. Deze gemiddelden zijn bepaald voor de gedeelten van het Oranjekanaal liggend tussen twee isohypsen. Een uitzondering hierop vormt het kanaalgedeelte ten zuiden van de 12.00 m + N.A.P.-lijn, dat nog weer in tweeën is verdeeld. De aldus verkregen indeling is van noord naar zuid genummerd van I t/m VI en weergegeven in fig.4 . Voor de stijghoogte van het diepe grondwater onder het kanaal is bij de berekeningen de gemiddelde waarde aangehouden van de 2 isohypsen die een traject begrenzen.

De verticale weerstand van de kanaalbodem kan nu worden berekend met:

$$w_v = \frac{h_k - h_g}{q_{\text{vert}}} \quad (1)$$

Hierbij is:

- w_v = verticale weerstand onder kanaalbodem in dagen/meters
 q_{vert} = wegzijging uit kanaal in $\frac{\text{m}^3}{\text{m}^1/\text{dag}}$
 h_k = kanaalpeil in meters t.o.v. N.A.P.
 h_g = stijghoogte diepe grondwater onder kanaal in meters t.o.v. N.A.P.

Door voor de verdichte bodemlaag in het kanaal een bepaalde dikte aan te nemen kan de doorlatendheid van deze laag worden bepaald met

$$k_b = \frac{D}{w_v u} \quad (2)$$

- waarbij: k_b = doorlatendheid verdichte kanaalbodem
 D = laagdikte
 u = natte bodemontrek kanaal

De dikte van de verdichte bodemlaag is gesteld op 0,50 m.

Door substitutie van de gemiddelde gemeten waarden in de formules 1 en 2 zijn de uitkomsten verkregen die in de laatste 2 kolommen van de volgende tabel staan vermeld.

1 m' stukkende m kanaal

Traject	wegzijging		stijgh. diep grondwater onder kanaal m + N.A.P. h_g	vertik. weerstand verdichte kanaalbodem dagen/m' w_v	doorlatendheid verdichte kanaalbodem m/dag k_b
	mm/dag \bar{s}	$\frac{\text{m}^3}{\text{m}^1/\text{dag}}$ q_{vert}			
I	2,6	0,05	14,50	44	$6 \cdot 10^{-4}$
II	8,4	0,17	13,50	19	$1 \cdot 10^{-3}$
III	6,3	0,13	12,50	32	$8 \cdot 10^{-4}$
IV	4,3	0,09	11,80	54	$5 \cdot 10^{-4}$
V	1,0	0,02	11,80	245	$1 \cdot 10^{-4}$

De berekende doorlatendheden spreken een duidelijke taal inzake de verdichting van de kanaalbodem. Vooral als men deze waarden vergelijkt met de gevonden doorlatendheden van 60 en 70 m/dag ter zijde van het kanaal.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Onderzoek is verricht naar de mate waarin ondergrondse afstroming vanuit het derde pand van het Oranjekanaal plaats vindt. Hiertoe zijn op een 16-tal plaatsen, gelijkelijk verdeeld over de kanaallengte, metingen verricht met de kwel-wegzijgingsmeter. Het onderzoek strekte zich uit over ongeveer 6 km kanaallengte. De metingen zijn eind mei 1974 uitgevoerd. De resultaten hebben dan ook betrekking op de situatie op dat tijdstip. De wegzijging blijkt zeer gering te zijn. Ten zuiden van de zuivelfabriek bij meetpunt 1 werd over een lengte van 2,3 km een totale afstroming gemeten van 40 m³/dag. In noordelijke richting was de afstroming iets groter. Over een lengte van 4 km werd hier een totale afstroming gemeten van 350 m³/dag. Deze geringe afstroming, ondanks een potentiaalverschil tussen het kanaalpeil en het diepe grondwater van 2 - 5 meter, blijkt te worden veroorzaakt door een verdichting van de kanaalbodem. Berekeningen dienaangaande resulteren in uitkomsten voor de k-waarde $\leq 0,001$ m/d. Hierbij is er vanuit gegaan dat de verdichting zich tot 0,50 m beneden de kanaalbodem uitstrekt. De mening heerst over het algemeen dat deze verdichting over een veel geringere dikte plaats vindt. In dat geval zullen de werkelijke waarden van de doorlatendheid nog kleiner zijn dan de berekende. Vergelijkt men de berekende waarden echter met de doorlaatfactoren van 60 en 70 m/dag, die terzijde van het kanaal zijn gevonden, dan is het duidelijk dat de kanaalbodem van een sterk afsluitende laag is voorzien. Interessant is het in dit verband om in aansluiting op dit onderzoek eens na te gaan in hoeverre deze slecht doorlatende laag door opschonen van de kanaalbodem kan worden verwijderd. Herhaling van de wegzijgingsmetingen na opschoning zou hierover een inzicht kunnen verschaffen. Bij een systematische aanpak van de werkzaamheden zouden bovendien gegevens kunnen worden verzameld over de exacte dikte van de verdichte bodemlaag.

LITERATUUR

- Ernst, L.F. 1963 Grondwaterstromingen in de verzadigde zône en hun berekening bij aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen (Proefschrift Utrecht 1962) Verslag Landb. Onderz. (Pudoc Wageningen) nr. 67.15
- Weerd, B. van der 1965 Een apparaat voor het meten van slootkwel. Cultuurtechnisch Tijdschrift 4. 6.