

Bepaling van de hydrologische bodemconstanten uit de voort-
planting van de getijbewegingen in de polder "De Oude Korendijk"

K.E. Wit

Inleiding

Voor het bepalen van de hydrologische bodemconstanten kunnen verschillende wegen worden gevolgd. In bovengenoemde polder zijn diverse methoden naast elkaar toegepast.

In de Nota no's 189 en 190 zijn de resultaten vastgelegd, verkregen uit:

- . pompproeven
- . laboratoriummetingen in ongeroerde monsters
- . de granulaire analyse van kern- en pulsmonsters.

Het feit, dat het gebied grenst aan het Haringvliet en het Spui, die onder invloed van het getij staan, biedt de mogelijkheid uit de voortplanting van de getijbewegingen hydrologische constanten te bepalen.

De theoretische grondslagen

Een getijbeweging in het open water plant zich landinwaarts voort als een langzaam uitdempende golfbeweging.

De mate van damping en de fasevertraging of naefling van de golfbeweging is afhankelijk van de geo-hydrologische eigenschappen van de grond.

Wanneer de getijbewegingen in het open water wordt voorgesteld door de sinusfunctie:

$$\varphi = M + U \sin nt \quad (1)$$

dan geldt volgens STEGGEWENTZ (1933) voor de verandering van de stijghoogte in het watervoerende pakket

$$\varphi = M + Se^{-ax} \sin (nt + \gamma x) \quad (2)$$

waarin:

φ = de stijghoogte van het grondwater, gerekend vanaf de basis van het watervoerend pakket

M = de gemiddelde (halftij-)stand van het open water

U = de amplitude van de golfbeweging van het open water (halve ver-

schil tussen maximum en minimum)

n = de frequentie van de golfbeweging in radialen ($n = \frac{2\pi}{T}$, waarin T de trillingstijd)

t = de tijd

x = de afstand tot open water

a, f = constanten

Wordt de samendrukbaarheid van het watervoerende pakket en het zich daarin bevindende water verwaarloosd, dan is door STEGGENTZ de volgende betrekking gegeven tussen a en f enerzijds en de formatie-constanten anderzijds.

$$\frac{(a^2 + f^2)^2}{2 a f} = \frac{n \mu}{kD} \quad (3)$$

$$\frac{(a^2 - f^2)^2}{2 a f} = \mu c n \quad (4)$$

kD stelt het horizontaal geleidingsvermogen van de watervoerende laag voor, c de verticale weerstand en μ het bergend vermogen van het afdekkend pakket.

Indien de samendrukbaarheid van het watervoerende pakket en het zich daarin bevindende water in rekening wordt gebracht, geldt volgens BOSCH (1951)

$$a^2 - f^2 = \frac{1}{kDc} \quad (5)$$

$$2 a f = \frac{S n}{kD} \quad (6)$$

S is de bergingsfactor, afhankelijk van de dikte en aard van het watervoerende pakket en de dichtheid van het water en de elasticiteitsmoduli van water en grond.

Als voorwaarde geldt dat de stijghoogte van het grondwater in het afdekkend pakket constant is.

Door WESSELING (1958) zijn vergelijkingen gegeven, waarin rekening wordt gehouden met veranderingen in het afdekkend pakket. De hiermede verkregen resultaten verschillen slechts weinig met die, berekend volgens (5) en (6), vanwege de kleine veranderingen, die in het bovenpakket optreden.

Door ERNST (1962) is er op gewezen, dat eveneens rekening dient te worden gehouden met de samendrukbaarheid van het afdekkend pakket. Door laatstgenoemde zijn de volgende betrekkingen afgeleid:

$$\frac{k_1 T}{2\pi a^1} = \frac{k_2 D_2 T}{2\pi} (n^2 - s^2) \quad (7)$$

$$\frac{\rho g D_2}{\xi_2 E_2} = \frac{k_2 D_2 T}{2\pi} \left[+ 2 ns - (n^2 - s^2) \right] \quad (8)$$

$$a^1 = \sqrt{\frac{k_1 E_1 T}{\pi \rho g}} \quad (9)$$

$$\frac{S_2}{D_2} = \left(\frac{1}{E_2} + \frac{\beta_2}{E_w} \right) \rho g \delta h_2 = \frac{\rho g \delta h_2}{\xi E_2} \quad (10)$$

waarin:

- k_1 = de verticale doorlatendheid van het afdekkend pakket
- T = de trillingstijd
- k_2 = de horizontale doorlatendheid van de watervoerende laag
- D_2 = de dikte van de watervoerende laag
- n = de demping van de golfbeweging
- s = de naifling van de golfbeweging
- ρ = de dichtheid
- g = de versnelling
- E_2 = de elasticiteitsmodulus van het korrelskelet in de watervoeerende laag
- E_1 = de elasticiteitsmodulus van het korrelskelet in het afdekkend pakket
- S_2 = hoeveelheid water in de watervoerende laag gemeten als berging in cm
- β_2 = poriëngehalte in de watervoerende laag
- E_w = elasticiteitsmodulus van water
- δh_2 = absolute verandering in stijghoogte in de watervoerende laag.

Verder is afgeleid, dat de afstand, waarover de amplitude tot de helft teruggaat, gelijkgesteld kan worden aan $x = n^{-1} \ln_2 = 0,7/n$. De voortplantingssnelheid van de golf wordt voorgesteld door $2\pi/sT$.

In de Prunjepolder en de Tielerwaard zijn uit de voortplanting van de getijbewegingen waarden berekend voor het produkt $k_2 D_2 c_1$ volgens (2), (3), (4) en (2), (5), (6). Indien geen rekening wordt gehouden met de samendrukbaarheid van het watervoerende pakket en het zich daarin bevindende water, worden aanmerkelijk lagere waarden verkregen. De bij berekeningen volgens BOSCH verkregen waarden voor $k_2 D_2 c_1$ zijn echter nog een factor 3 tot 4 kleiner dan die berekend uit pompproeven.

In deze nota zullen de bodemconstanten eerst worden berekend volgens (2), (5) en (6), waarna de verkregen uitkomsten zullen worden vergeleken met de formatieconstanten verkregen uit pompproeven, laboratoriummetingen in ongeroerde monsters en uit de granulatie-analyse van kern- en pulsmonsters. Daarna zal door substitutie van de bekende grootheden in (7), (8), (9) en (10) E_1 en E_2 worden berekend.

Berekening van de formatieconstanten volgens BOSCH

Uit (2) volgt dat de fasevertraging ϕ bedraagt en dat de demping kan worden voorgesteld door een e-macht met negatieve exponent. De verhouding van de amplitude op een willekeurige afstand x , voorgesteld door U_x en die van het open water is dus volgens (1) en (2)

$$\ln \frac{U_x}{U} = -ax \quad (11)$$

Wanneer de natuurlijke logaritme van de amplitudeverhouding wordt uitgezet tegen de afstand x , dan zal een rechte moeten worden verkregen, die door de oorsprong gaat met een helling a . Indien de fasevertraging wordt uitgezet tegen de afstand tot open water zal een rechte moeten worden verkregen, die eveneens door de oorsprong gaat met een helling ϕ .

Voor het meten van de stijghoogten van het grondwater op verschillende diepten, zijn ruim 30 boringen uitgevoerd, waarin peilfilters zijn gesteld, figuur 1.

In de 3e week van juli 1962 zijn deze filters gedurende 40 uur ieder uur waargenomen. De gemeten stijghoogten zijn ten opzichte van N.A.P. tegen de tijd uitgezet, figuur 2. Uit de verkregen krommen is het maximum en minimum en het tijdstip van optreden zo goed mogelijk vastgelegd. Doordat de filters van H9 gedurende de peilingen verstopt waren, zijn uiteindelijk 3 raaien geschikt voor het uitvoeren van de boven omschreven methode, namelijk: raai I H16-H25, raai II H22-21 en raai III H 17-H15.

De filters zijn gesteld op een diepte van 20, 30, 40 à 50 m beneden maaiveld. Daar de filters op een diepte van 30 m veelal zijn opgesloten tussen kleilagen, zijn de fluctuaties gering. In het volgende worden de filters aangeduid met ondiep en diep, hetgeen betekent dat de ondiepe filters in de eerste watervoerende laag en de diepe in de tweede laag zijn gesteld.

Hydrologisch gezien, kunnen namelijk twee watervoerende lagen worden onderscheiden; de eerste laag bevindt zich op een diepte van 18 tot 25 m, de tweede op 35 tot 90 m. Beide lagen worden plaatselijk gescheiden door een enige meters dikke kleilaag.

In raai I ontbreekt genoemde kleilaag tussen H24 en H25, als gevolg waarvan de golfbeweging, die zich in de eerste laag sneller voortplant, tussen beide boringen vertraagd wordt door de golfbeweging in de tweede laag.

In raai II zijn bij H22 en H23 geen kleilagen aangetroffen; in deze boringen hebben de diepe en ondiepe filters dezelfde amplitude en treden maximum en minimum terzelfde tijd op. Bij H21 is als begrenzing tussen de twee watervoerende lagen een stugge kleilaag aangetroffen.

In raai III ontbreken in H17 de kleilagen; in deze boring is echter één peilfilter gesteld. Bij de overige boringen in deze raai komt genoemde kleilaag voor. Uit een uitgevoerde pompproef in deze raai blijkt dat de kleilagen geen aaneensluitend geheel vormen.

Uit de tijdstijghoogtelijnen zijn de hoogten en tijden van maxima en minima bepaald, waaruit de amplitude en fasevertraging zijn afgeleid. In de tabellen 1a, 1b, 2a, 2b, 3a en 3b zijn de verkregen gegevens samengevat voor respectievelijk raai I, II en III.

Uit figuur 2 volgt dat een uur ongeveer gelijk gesteld kan worden aan 0,5 radialen.

Tabel 1a

Hoogten van maxima en minima en de daaruit bepaalde amplitude voor de diepe en ondiepe filters in rasi I.

Int : Anahique

	Hoogten van max. en min.						2x amplitude <i>double</i>					
	H 16		H 24		H 25		H 16		H 24		H 25	
	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	diep
max.	+ 0,79 ✓	+ 0,495 ✓	+ 0,12 ✓	+ 0,16 ✓	- 0,055 ✓	- 0,074 ✓	-	-	-	-	-	-
min.	- 0,52 ✓	- 0,215 ✓	- 0,255 ✓	- 0,085 ✓	- 0,143 ✓	- 0,157 ✓	1,31 ✓	0,71 ✓	0,375 ✓	0,245 ✓	0,088 ✓	0,083 ✓
max.	+ 0,83 ✓	+ 0,51 ✓	+ 0,13 ✓	+ 0,165 ✓	+ 0,057 ✓	- 0,071 ✓	1,35 ✓	0,725 ✓	0,385 ✓	0,250 ✓	0,086 ✓	0,086 ✓
min.	- 0,50 ✓	- 0,20 ✓	- 0,245 ✓	- 0,085 ✓	- 0,143 ✓	- 0,159 ✓	1,33 ✓	0,71 ✓	0,375 ✓	0,250 ✓	0,086 ✓	0,088 ✓
max.	+ 0,79 ✓	+ 0,49 ✓	+ 0,105 ✓	+ 0,15 ✓	- 0,067 ✓	- 0,09 ✓	1,29 ✓	0,69 ✓	0,350 ✓	0,255 ✓	0,076 ✓	0,069 ✓
min.	- 0,60 ✓	- 0,27 ✓	- 0,295 ✓	- 0,115 ✓	- 0,161 ✓	- 0,175 ✓	1,39 ✓	0,76 ✓	0,400 ✓	0,265 ✓	0,094 ✓	0,085 ✓
max.	+ 0,82 ✓	+ 0,50 ✓	+ 0,09 ✓	+ 0,125 ✓	- 0,081 ✓	- 0,098 ✓	1,42 ✓	0,77 ✓	0,385 ✓	0,240 ✓	0,080 ✓	0,077 ✓
min.	- 0,55 ✓	- 0,24 ✓	- 0,275 ✓	- 0,10 ✓	- 0,167 ✓	- 0,179 ✓	1,37 ✓	0,74 ✓	0,365 ✓	0,225 ✓	0,086 ✓	0,081 ✓
max.	+ 0,74 ✓	+ 0,46 ✓	+ 0,07 ✓	+ 0,125 ✓	- 0,085 ✓	- 0,107 ✓	1,29 ✓	0,70 ✓	0,345 ✓	0,225 ✓	0,082 ✓	0,072 ✓
min.	- 0,72 ✓	- 0,32 ✓	- 0,345 ✓	- 0,155 ✓	- 0,189 ✓	- 0,198 ✓	1,46 ✓	0,78 ✓	0,415 ✓	0,200 ✓	0,104 ✓	0,091 ✓
max.	+ 0,71 ✓	+ 0,43 ✓	+ 0,05 ✓	+ 0,10 ✓	- 0,101 ✓	- 0,127 ✓	1,43 ✓	0,75 ✓	0,395 ✓	0,255 ✓	0,088 ✓	0,071 ✓
min.	- 0,72 ✓	- 0,33 ✓	- 0,365 ✓	- 0,16 ✓	- 0,193 ✓	- 0,203 ✓	1,43 ✓	0,76 ✓	0,415 ✓	0,260 ✓	0,092 ✓	0,076 ✓

Tabel 1b

Tijd van max. en min. en de daaruit bepaalde fasevertraging van de filters van H 24 en H 25 ten opzichte van H 16.

	Tijd van maximum of minimum						fasevertraging			
	H 16		H 24		H 25		H 24		H 25	
	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	diep
max.	15.48 ✓	15.48 ✓	17.18 ✓	18.15 ✓	18.45 ✓	19.--- ✓	1.30 ✓	2.27 ✓	2.57 ✓	3.12 ✓
min.	22.45 ✓	22.54 ✓	0.12 ✓	0.48 ✓	1.06 ✓	0.57 ✓	1.27 ✓	1.54 ✓	2.21 ✓	2.03 ✓
max.	4.06 ✓	3.54 ✓	5.27 ✓	6.39 ✓	7.36 ✓	7.06 ✓	1.21 ✓	2.45 ✓	3.30 ✓	3.12 ✓
min.	11.06 ✓	11.12 ✓	12.36 ✓	13.24 ✓	13.33 ✓	13.36 ✓	1.30 ✓	2.12 ✓	2.27 ✓	2.24 ✓
max.	16.30 ✓	16.30 ✓	17.54 ✓	19.06 ✓	19.42 ✓	19.18 ✓	1.24 ✓	2.36 ✓	3.12 ✓	2.48 ✓
min.	23.45 ✓	0.15 ✓	1.--- ✓	1.36 ✓	2.21 ✓	2.--- ✓	1.15 ✓	1.21 ✓	2.36 ✓	1.45 ✓
max.	4.48 ✓	4.51 ✓	6.09 ✓	7.15 ✓	7.36 ✓	7.42 ✓	1.21 ✓	2.24 ✓	2.48 ✓	2.51 ✓
min.	11.51 ✓	12.--- ✓	13.18 ✓	13.48 ✓	14.21 ✓	14.18 ✓	1.27 ✓	1.48 ✓	2.30 ✓	2.18 ✓
max.	17.12 ✓	17.--- ✓	18.36 ✓	19.30 ✓	20.15 ✓	19.51 ✓	1.24 ✓	2.30 ✓	3.03 ✓	2.51 ✓
min.	0.27 ✓	0.39 ✓	1.54 ✓	2.24 ✓	2.51 ✓	2.33 ✓	1.27 ✓	1.45 ✓	2.24 ✓	1.54 ✓
max.	5.36 ✓	5.33 ✓	7.06 ✓	7.54 ✓	8.42 ✓	8.12 ✓	1.30 ✓	2.21 ✓	3.06 ✓	2.39 ✓
min.	13.--- ✓	13.12 ✓	14.18 ✓	14.57 ✓	15.--- ✓	14.36 ✓	1.18 ✓	2.--- ✓		

Tabel 1c

Uit tabel 1a en 1b berekende amplitudeverhouding en fasevertraging

Amplitudeverhouding				Fasevertraging (rad.)			
H 24		H 25		H 24		H 25	
ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	diep
0,286 ✓	0,327-0,345	0,167 0,067	0,117 ✓	0,75 ✓	1,225 ✓	1,475 ✓	1,60 ✓
0,285 ✓	0,345 ✓	0,185 0,064	0,119 ✓	0,725 ✓		1,175 ✓	
0,282 ✓	0,352 ✓	0,188 0,065	0,124 ✓	0,675 ✓	0,95 ✓	1,75 ✓	1,025 ✓
0,271 ✓	0,341 ✓	0,182 0,058	0,10 ✓	0,75 ✓	1,375 ✓	1,225 ✓	1,60 ✓
0,288 ✓	0,349 ✓	0,19 0,068	0,112 ✓	0,70 ✓	1,10 ✓	1,60 ✓	1,20 ✓
0,271 ✓	0,312 ✓	0,169 0,056	0,10 ✓	0,625 ✓	1,30 ✓	1,30 ✓	1,40 ✓
0,266 ✓	0,304 ✓	0,164 0,063	0,109 ✓	0,675 ✓	0,675 ✓	1,40 ✓	0,875 ✓
0,267 ✓	0,322 0,321	0,174 0,064	0,103 ✓	0,725 ✓	1,20 ✓	1,25 ✓	1,425
0,284 ✓	0,359 ✓	0,192 0,071	0,117 ✓	0,70 ✓	0,90 ✓	1,525 ✓	1,15 ✓
0,276 ✓	0,34 ✓	0,178 0,062	0,095 ✓	0,725 ✓	1,25 ✓	1,20 ✓	1,425 ✓
0,29 ✓	0,342 ✓	0,182 0,064	0,10 ✓	0,75 ✓	0,875 ✓	1,55 ✓	0,95 ✓
				0,65 ✓	1,175 ✓	1, - ✓	1,325 ✓
Gem. 0,279 ✓	0,336 0,337	0,181 0,064	0,109 ✓	0,704 ✓	1,095 ✓	1,37 ✓	1,27 ✓

Tabel 2a

Hoogten van maxima en minima en de daaruit bepaalde amplitude voor de ondiepe filters in raai II

	Hoogten van max. en min.			2x amplitude		
	H 22	H 23	H 21	H 22	H 23	H 21
	ondiep	ondiep	ondiep	ondiep	ondiep	ondiep
max.	- 0,075 ✓	- 0,287 ✓	- 0,365 ✓	-	-	-
min.	- 0,518 ✓	- 0,48 ✓	- 0,421 ✓	0,443 ✓	0,195 ✓	0,056 ✓
max.	- 0,069 ✓	- 0,28 ✓	- 0,366 ✓	0,449 ✓	0,20 ✓	0,055 ✓
min.	- 0,523 ✓	- 0,485 ✓	- 0,428 ✓ 429	0,454 ✓	0,205 ✓	0,062 ✓ 063
max.	- 0,097 ✓	- 0,302 ✓ 300	- 0,375 ✓	0,426 ✓	0,183 ✓ 185	0,053 ✓ 054
min.	- 0,546 ✓	- 0,50 ✓	- 0,443 ✓	0,449 ✓	0,198 ✓ 200	0,068 ✓
max.	- 0,075 ✓	- 0,298 ✓ 300	- 0,386 ✓	0,471 ✓	0,202 ✓ 200	0,057 ✓

Tabel 2b

Tijd van max. en min. en de daaruit bepaalde fasevertraging van de filters van H 23 en H 21 ten opzichte van H 22.

	Tijd van maximum of minimum			Fasevertraging	
	H 22	H 23	H 21	H 23	H 21
	ondiep	ondiep	ondiep	ondiep	ondiep
max.	15.18 ✓	16.42 ✓	17.42 ✓	1.24 ✓	2.24 ✓
min.	22.06 ✓	23.36 ✓	^{0.30} - 0.24	1.30 ✓	- 2.18 ^{2.24}
max.	3.30 ✓	4.48 ✓	6.06 ✓	1.18 ✓	2.36 ✓
min.	10.42 ✓	12.- ✓	13.36 ✓	1.18 ✓	2.54 ✓
max.	16.06 ✓	17.24 ✓	18.06 ✓	1.18 ✓	2.- ✓
min.	23.06 ✓	0.30 ✓	1.36 ✓	1.24 ✓	2.30 ✓
max.	4.18 ✓	5.36 ✓	6.27 ✓	1.18 ✓	2.09 ✓

Tabel 2a.

Uit tabel 2a en 2b berekende amplitudeverhouding en fasevertraging

Amplitudeverhouding		Fasevertraging (rad.) ^{en 2 richts}	
H 23 ondiep	H 21 ondiep	H 23 ondiep	H 21 ondiep
0,435 ✓ ⁴³⁶	0,126 ✓	0,70 ✓	1,20 ✓
0,445 ✓	0,122 ✓	0,75 ✓	- 1,15 ^{1,30}
0,452 ✓	0,137 ⁴³⁹	0,65 ✓	1,30 ✓
0,43 ✓ ⁴³⁴	0,124 ⁴³²⁷	0,65 ✓	1,45 ✓
0,44 ✓ ⁴⁴⁵	0,139 ⁴¹⁵¹	0,65 ✓	1.- ✓
0,43 ✓ ⁴²⁵	0,121 ✓	0,70 ✓	1,25 ✓
		0,65 ✓	1,078 ^{1,075}
Gem. ^{0,440} 0,439 ✓	- 0,128 ^{0,131} ^{2,130}	0,679 ✓	- 1,204 ^{1,211}

Tabel 3a

Hoogten van max. en min. en de daaruit bepaalde amplitude van de diepe en ondiepe filters in reek III.

	Hoogten van max. en min.						2x amplitude					
	H 17	H 2	H 2	H 2b	H 15	H 15	H 17	H 2	H 2	H 2b	H 15	H 15
	ondiep	diep	ondiep	ondiep	diep	ondiep	ondiep	diep	ondiep	ondiep	diep	ondiep
max.	- 0,875 ✓	- 0,934 ✓	- 0,817 ✓	- 0,802 ✓	- 0,81 ✓	- 0,808 ✓	-	-	-	-	-	-
min.	- 1,08 ✓	- 1,00 ✓	- 0,845 ✓	- 0,828 ✓	- 0,841 ✓	- 0,836 ✓	0,205 ✓	0,066 ✓	0,028 ✓	0,026 ✓	0,031 ✓	0,028 ✓
max.	- 0,873 ✓	- 0,932 ✓	- 0,819 ✓	- 0,809 ✓	- 0,819 ✓	- 0,817 ✓	0,207 ✓	0,048 ✓	0,026 ✓	0,019 ✓	0,022 ✓	0,019 ✓
min.	- 1,079 ✓	- 1,01 ✓	- 0,854 ✓	- 0,834 ✓	- 0,849 ✓	- 0,843 ✓	0,206 ✓	0,058 ✓	0,035 ✓	0,025 ✓	0,03 ✓	0,026 ✓
max.	- 0,891 ✓	- 0,967 ✓	- 0,825 ✓	- 0,817 ✓	- 0,827 ✓	- 0,825 ✓	0,198 ✓	0,043 ✓	0,029 ✓	0,017 ✓	0,022 ✓	0,018 ✓
min.	- 1,099 ✓	- 1,019 ✓	- 0,857 ✓	- 0,844 ✓	- 0,855 ✓	- 0,856 ✓	0,208 ✓	0,052 ✓	0,032 ✓	0,027 ✓	0,028 ✓	0,031 ✓
max.	- 0,89 ✓	- 0,973 ✓	- 0,833 ✓	- 0,822 ✓	- 0,835 ✓	- 0,833 ✓	0,209 ✓	0,046 ✓	0,024 ✓	0,022 ✓	0,02 ✓	0,023 ✓

Tabel 3b

Tijd van max. en min. en de daaruit bepaalde fasevertraging van de filters van H2, H2b en H 15 ten opzichte van H 17.

	Tijd van max. of min.						fasevertraging				
	H 17	H 2	H 2	H 2b	H 15	H 15	H 2	H 2	H 2b	H 15	H 15
	ondiep	diep	ondiep	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	ondiep	diep	ondiep
max.	16.06 ✓	17.18 ✓	18.12 ✓	18.30 ✓	17.36 ✓	18.12 ✓	1.12 ✓	2.06 ✓	2.24 ✓	1.30 ✓	2.06 ✓
min.	23.18 ✓	0.36 ✓	1.- ✓	1.12 ✓	0.48 ✓	1.12 ✓	1.18 ✓	1.42 ✓	1.54 ✓	1.30 ✓	1.54 ✓
max.	4.24 ✓	6.42 ✓	6.42 ✓	6.48 ✓	6.36 ✓	6.36 2.18 ✓	2.18 ✓	2.18 ✓	2.24 ✓	2.12 ✓	2.12 ✓
min.	11.18 ✓	¹² 13.06 ✓	13.- ✓	13.30 ✓	13.06 ✓	13.36 ✓	1.48 1.54 ✓	1.42 ✓	2.12 ✓	1.48 ✓	2.18 ✓
max.	16.31 ✓	19.30 ✓	19.- ✓	19.30 ✓	18.48 ✓	18.36 ✓	2.39 ✓	2.09 ✓	2.39 ✓	1.57 ✓	1.45 ✓
min.	0.06 ✓	1.54 ✓	2.12 ✓	2.24 ✓	2.06 ✓	2.06 ✓	1.48 ✓	2.06 ✓	2.18 ✓	2.- ✓	2.- ✓
max.	5.15 ✓	7.48 ✓	7.30 ✓	7.54 ✓	7.30 ✓	7.30 ✓	2.33 ✓	2.15 ✓	2.39 ✓	2.15 ✓	2.15 ✓

35

Tabel 3c

Uit tabel 3a en 3b berekende amplitudeverhouding en fasevertraging

Amplitudeverhouding					Fasevertraging (rad.) en 3⁴ rad.				
H 2	H 2	H 2b	H 15	H 15	H 2	H 2	H 2b	H 15	H 15
diep	ondiep	ondiep	diep	ondiep	diep	ondiep	ondiep	diep	ondiep
0.322 ✓	0.137 ✓	0.127 ✓	0.151 ✓	0.137 ✓	0.60 ✓	1.05 ✓	1.20 ✓	0.75 ✓	1.05 ✓
0.232 ✓	0.126 ✓	0.092 ✓	0.106 ✓	0.092 ✓	0.65 ✓	0.85 ✓	0.95 ✓	0.75 ✓	0.95 ✓
0.282 ✓	0.17 ✓	0.121 ✓	0.146 ✓	0.126 ✓	1.15 ✓	1.15 ✓	1.20 ✓	1.10 ✓	1.10 ✓
0.229 ✓	0.154 ✓	0.090 ✓	0.117 ✓	0.096 ✓	0.90 0.98 ✓	0.85 ✓	1.10 ✓	0.90 ✓	1.15 ✓
0.25 ✓	0.154 ✓	0.130 ✓	0.135 ✓	0.149 ✓	1.325 ✓	1.075 ✓	1.325 ✓	0.975 ✓	0.875 ✓
0.22 ✓	0.115 ✓	0.105 ✓	0.096 ✓	0.118 0.110 ✓	0.90 ✓	1.05 ✓	1.15 ✓	1.- ✓	1.- ✓
					1.275 ✓	1.125 ✓	1.325 ✓	1.125 ✓	1.125
Gen. 0.256 ✓	0.145 ✓	0.118 0.111 ✓	0.125 ✓	0.12 0.118 ✓	0.971 0.978 ✓	1.021 ✓	1.179 ✓	0.943 ✓	1.036

Uit bovengenoemde tabellen is de amplitude-verhouding en de fasevertraging, uitgedrukt in radialen, berekend voor raai I, II en III, weergegeven in de tabellen 1c, 2c en 3c.

Daar geen exacte gegevensbeschikbaar zijn omtrent de getijbewegingen van het buitenwater, zijn de amplitudeverhouding en fasevertraging bepaald ten opzichte van de filters die op de kortste afstand tot de kustlijn zijn gesteld.

In figuur 3 is de natuurlijke logarithme van de gemiddelde amplitude uitgezet tegen de afstand tot open water voor het bepalen van a . Voor de bepaling van ϕ is de fasevertraging uitgezet tegen de afstand.

In tabel 4 zijn de verkregen waarden voor a en ϕ , alsmede de berekende hydrologische constanten door substitutie van a en ϕ in (5) en (6) weergegeven.

Tabel 4
De berekende hydrologische bodemconstanten

Raai	$a \cdot 10^3$	$\phi \cdot 10^3$	kDc	$\frac{S}{kD} \cdot 10^6$
I ondiep	3,06	1,76	160000	0,90
diep	2,37	1,89	488000	0,75
II diep en ondiep	2,90	1,67	178000	0,81
III diep en ondiep	6,14	3,0	37500	3,07

Uit pompproeven en laboratoriummetingen in ongeroerde monsters is als gemiddelde voor de gehele polder een kD-waarde van $900 \text{ m}^2/\text{dag}$ voor de beide watervoerende lagen en een c-waarde van 2500 dagen van het afdekkend pakket berekend. De met behulp van deze gegevens berekende kwel en het zoutbezwaar blijken goed overeen te stemmen ^{met} uitkomsten, verkregen volgens andere methoden, zie Nota no. 181. Hieruit zou mogen worden afgeleid dat deze bodemconstanten in grootteorde juist zijn.

In tabel 4 wordt voor het produkt kDc een waarde gevonden voor raai I en II, die gemiddeld 0,1 maal de waarde is, verkregen uit pompproeven. Voor raai III is deze factor nog kleiner. Uit dit verschil blijkt, dat een verwaarlozing van de samendrukbaarheid van het afdekkend pakket, een veel te lage waarde voor het produkt kDc oplevert.

Berekening van de elasticiteitsmoduli van het korrelskelet van de watervoerende laag en het afdekkend pakket.

De demping n en de nagging s volgen uit figuur 3. Voor $k_2 D_2$ is $900 \text{ m}^2/\text{dag}$ genomen, terwijl uit de dikte van het afdekkend pakket en de c -waarde voor k_1 als gemiddelde waarde $0,006 \text{ m/dag}$ wordt berekend. Daar de golfbeweging in verticale richting snel wordt uitgedempt, moet men voor k_1 de gemiddelde waarde nemen van de eerste meters van het afdekkend pakket vanaf de onderkant. Deze kan worden gesteld op $\approx 0,001 \text{ m/dag}$. De trillingstijd T is $\approx 0,5 \text{ dag}$, D_2 bedraagt ongeveer 75 m .

Substitutie van deze grootheden in (7), (8) en (9) levert ξE_2 en E_1 . E_2 kan worden berekend met behulp van (10), hierbij dient te worden vermeld dat voor β_2 $0,35$ en voor E_w $22 \cdot 10^3 \text{ kg/cm}^2$ kan worden genomen.

In tabel 5 zijn de resultaten van bovengenoemde berekeningen samengevat.

Tabel 5

De waarden voor E_1 en E_2 van de watervoerende laag en het afdekkend pakket.

Raai	n	s	$k_2 D_2$	k_1	T	a^1	D^2	ξE_2	E_1	β_2	E_w	E_2
I diep	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	900	0,001	0,5	0,1929	75	$2,1 \cdot 10^4$	23	0,35	$22 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^4$
ondiep	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$				0,4025		$1,4 \cdot 10^4$	102			$1,8 \cdot 10^4$
II diep en ondiep	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	900	0,001	0,5	0,3376	75	$1,4 \cdot 10^4$	72	0,35	$22 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^4$
III diep en ondiep	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	900	0,001	0,5	0,0462	75	$8,8 \cdot 10^3$	1	0,35	$22 \cdot 10^3$	10^4

Wanneer we raai III buiten beschouwing laten, vinden we voor:

$$E_1 = 23 \text{ tot } 102 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_2 = 1,8 \cdot 10^4 \text{ tot } 3,1 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

De lage waarde voor E_1 kan mogelijk worden verklaard door de aanwezigheid van een zeer slecht doorlatende veenlaag als grenslaag tussen de watervoerende laag en het afdekkend pakket.

De voor E_2 berekende waarden stemmen in grootte-orde overeen met die, berekend voor de Prunjepolder en de Tielerwaard.

Samenvatting

In de polder "De Oude Korendijk" zijn uit de voortplanting van de getijbewegingen geo-hydrologische constanten berekend.

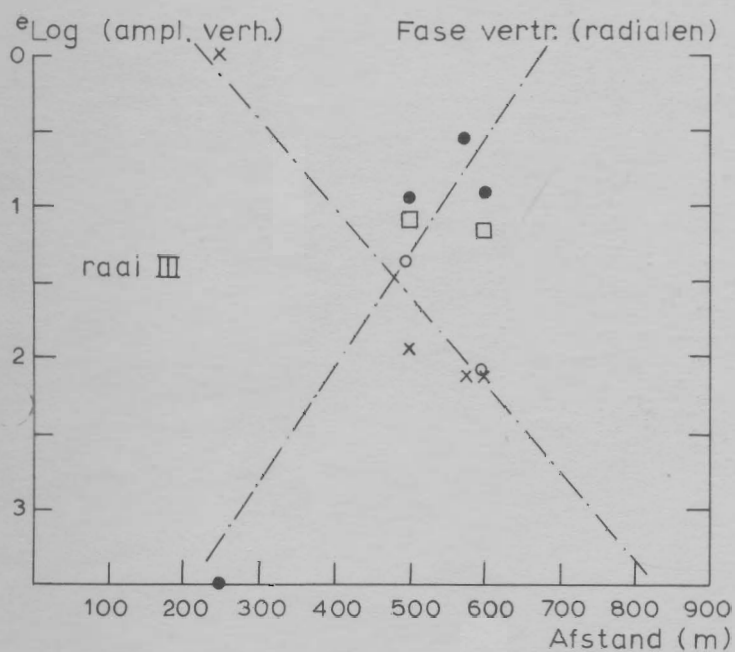
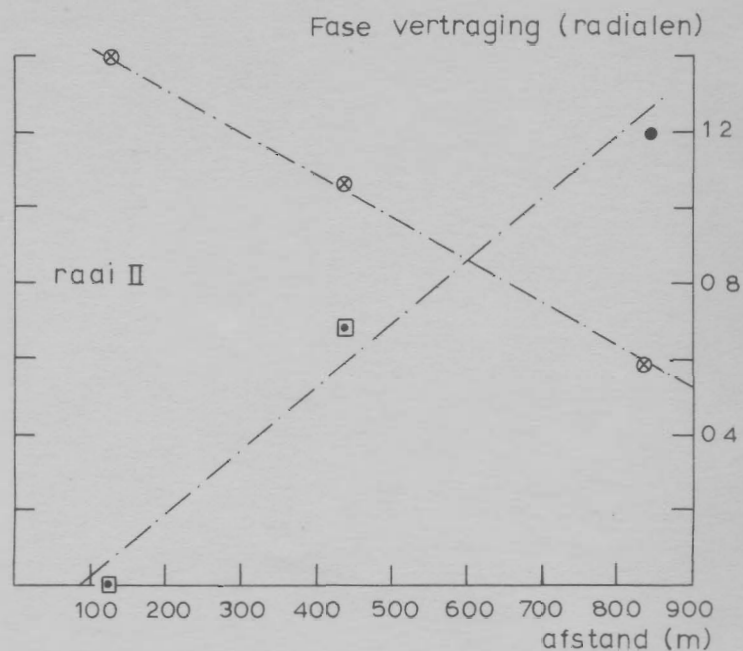
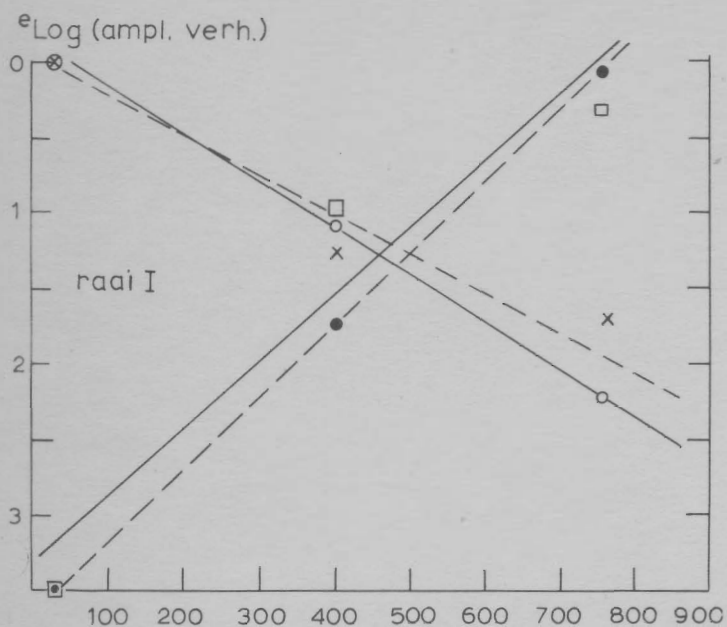
De volgens BOSCH berekende formatie-constanten zijn 0,1 maal de uitkomsten, verkregen uit pompproeven en laboratoriummetingen. Dit verschil ondersteunt de bewering van ERNST, dat de samendrukbaarheid van het afdekkend pakket bij dergelijke berekeningen niet verwaarloosd mag worden.

Door de bekende waarden in door ERNST afgeleide formules, te substitueren zijn uitkomsten verkregen omtrent de elasticiteitsmoduli van het korrelskelet van de watervoerende laag en het afdekkend pakket.

FIG.1
Locatie kaart



FIG.3 VEREFFENING VAN DE GEMIDDELDE WAARDEN VAN DE AMPLITUDE VERHOUDING EN FASE VERTRAGING



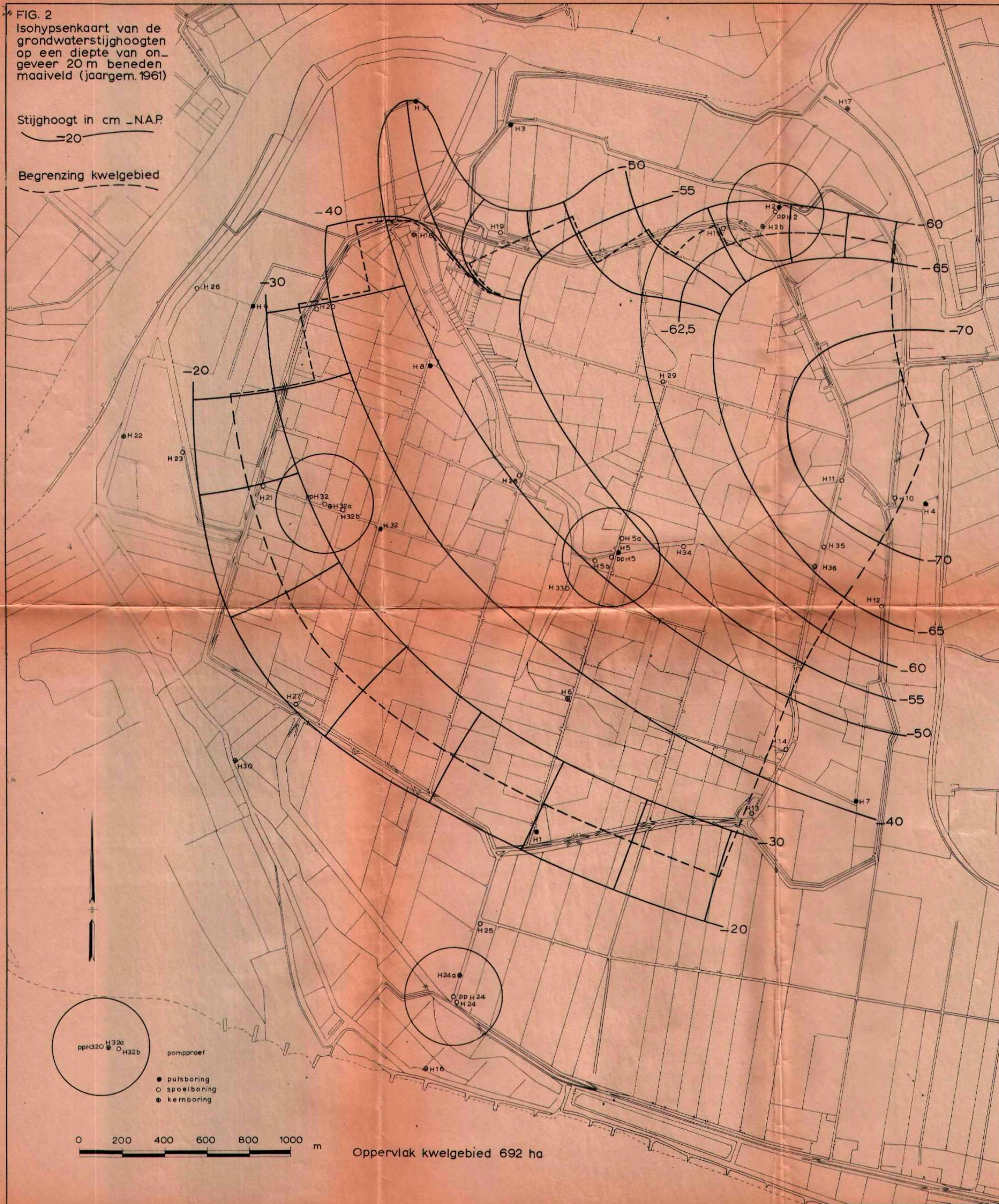
eLog (ampl. verhouding)	x-----x	ondiep
	o-----o	diep
	x-----x	diep en ondiep
Fase ver- traging	•-----•	ondiep
	□-----□	diep
	◻-----◻	diep en ondiep

FIG. 2
 Isohypsenaart van de
 grondwaterstijghoogten
 op een diepte van on-
 geveer 20 m beneden
 maaiveld (jaargem. 1961)

Stijghoogt in cm _N.A.P.

-20

Begrenzing kwelgebied



GRONDWATERSTAND IN M T.O.V N.A.P.

