

Massop

nota 792

maart 1974

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding Wageningen

**ALTERRA**

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

HYDROLOGISCH ONDERZOEK IN  
MIDDEN – WEST – NEDERLAND

ing. K.E. Wit



182 868

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

HYDROLOGISCH ONDERZOEK MIDDEN-WEST-NEDERLAND

ing. K.E. Wit

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-  
middelen, 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.
I. INLEIDING	1
II. BEGRENZING EN WATERSTAATKUNDIGE TOESTAND VAN HET GEBIED	2
III. PERIODE VAN ONDERZOEK	5
IV. DE GEOHYDROLOGISCHE GESTELDHEID	7
V. BESCHIKBARE GEGEVENS	8
1. Polderpeilen en grondwaterstanden	8
2. Stijghoogten van het grondwater in de eerste watervoerende laag	9
3. Stijghoogten van het grondwater in de tweede watervoerende laag	10
4. $kD$ -waarden van de eerste watervoerende laag	11
5. $kD$ -waarden van het gehele watervoerend pakket	11
6. $c$ -waarden van het afdekkend pakket	12
VI. TOEGEPASTE BEREKENINGSMETHODEN	12
VII. BEREKENING VAN $\sum k_2 D_2$ -WAARDEN EN TOETSING VAN DE KWEL-INFILTRATIEKAART	17
VIII. BEREKENING VAN HET ZOUTBEZWAAR	67
1. De $Cl$ -belasting tengevolge van kwel	67
2. De $Cl$ -belasting tengevolge van gasbronnen en wellen	72
3. De $Cl$ -belasting tengevolge van industrie	72
4. De $Cl$ -belasting tengevolge van bronneringen	73

## I N H O U D (vervolg)

		blz.
IX.	DE TOTALE CL-BELASTING IN RIJNLAND	74
	1. Cl-belasting door kwel	74
	2. Cl-belasting door gasbronnen	76
	3. Cl-belasting door de industrie	76
	4. Cl-belasting tengevolge van bronneringen	76
	5. Overige bronnen van verzilting	77
X.	DE TOTALE CL-BELASTING IN DELFLAND	88
	1. Cl-belasting door kwel en overige bronnen van verzilting	88
XI.	DE TOTALE CL-BELASTING IN SCHIELAND	91
	1. Cl-belasting door kwel	91
	2. Cl-belasting door gasbronnen	93
	3. Cl-belasting door industrie	94
	4. Overige bronnen van verzilting	95
XII.	DE CL-BELASTING VAN AMSTELLAND	97
	1. Cl-belasting door kwel	98
	2. Cl-belasting door gasbronnen	99
	3. Cl-belasting door de industrie	99
	4. Overige bronnen van verzilting	100
XIII.	SAMENVATTING	102
	1. De kD-waardenkaart van het bovenste water-voerend pakket	103
	2. De functie van de Formatie van Kedichem	103
	3. De $\sum k_2 D_2$ -waardenkaart	104
	4. De gecorrigeerde c-waardenkaart	105
	5. De gecorrigeerde kwel-infiltratiekaart	106
	6. De wegzijging c.q. drainage vanuit of door rivieren en kanalen	106

## I N H O U D (vervolg)

	blz.
7. De relatie tussen kwel, infiltratie en het Cl- gehalte van het grondwater	107
8. De Cl-belasting van het oppervlaktewater	108
XIV. SYMBOLENLIJST	111
XV. LITERATUUR	113

## I. INLEIDING

De waterstaatkundige toestand in Midden-West-Nederland wordt ondermeer gekenmerkt door grote verschillen in polderpeilen. Extreem lage peilen van 5 tot 6 m-NAP worden aangetroffen in twee aaneengesloten complexen van polders en droogmakerijen, gelegen ten zuiden en ten noorden van de Oude Rijn. Deze complexen worden in het westen en oosten begrensd door polders met peilen van 1 tot 2 m-NAP. In de langs de Noordzee gelegen duinen kunnen extreem hoge grondwaterstanden van 4 tot 5 m+NAP voorkomen. Bovengenoemde situatie resulteert in een diepe grondwaterstroming van de rand van het gebied naar de laaggelegen polders, waarbij wegzijging plaats heeft vanuit de duinen, de relatief hooggelegen polders en de in het gebied voorkomende plassen en meren.

De, als gevolg van de 'diepe' grondwaterstroming naar de lage polders, optredende kwel heeft, afhankelijk van het chloridegehalte van het grondwater, verzilting van het polderwater en in een later stadium van het boezemwater tot gevolg. Behalve de kwel kunnen wateronttrekking ten behoeve van de industrie en de plaatselijk talrijke gasbronnen een bijdrage tot de verzilting van het oppervlaktewater leveren.

Voor het vaststellen van de factoren tengevolge waarvan verzilting van het oppervlaktewater optreedt kunnen verschillende onderzoeksmethoden worden toegepast:

1. De waterbalans; indien voldoende gegevens beschikbaar zijn betreffende neerslag, verdamping, polderinlaat en -uitlaat kan de kwel uit de waterbalans worden berekend (COUWENHOVEN, TOUSSAINT, 1969). Omtrent de verdeling van de kwel en het proces van uitspoeling en verzilting wordt hierbij geen informatie verkregen.
2. Formatieconstanten en isohypsenkaarten van het 'diepe' grondwater en het freatisch vlak; hiervan uitgaande zijn, afhankelijk van de beschikbare gegevens verschillende oplossingen toe te

passen (ERNST, 1964). Een veelvuldig gebruikte methode voor het samenstellen van kwel- en infiltratiekaarten is gebaseerd op kD-waarden- en isohypsenkaarten (DE RIDDER en WIT, 1967; ERNST, DE RIDDER en DE VRIES, 1970; WESSELING en COLENBRANDER, 1972). De geohydrologische opbouw in Midden-West-Nederland wordt echter gekenmerkt door een watervoerend pakket van een gecompliceerde samenstelling, waarbij de ondoorlatende basis waarschijnlijk op ongeveer 160 m-NAP of dieper wordt aangetroffen, hetgeen impliceert dat het maken van een kD-waardenkaart van het gehele watervoerende pakket praktisch niet uitvoerbaar is. Om deze reden is thans een oplossing gekozen, waarbij gebruik wordt gemaakt van de verticale weerstand van het afdekkend pakket en de stijghoogten van het 'diepe' grondwater en het freatisch vlak.

In het volgende zal de gevolgde werkwijze nader worden toegelicht. Hierbij zal tevens in detail worden ingegaan op de huidige topografie van het grensvlak tussen zoet en zout water en de consequenties hiervan voor de verzilting van het oppervlaktewater.

## II. BEGRENZING EN WATERSTAATKUNDIGE TOESTAND VAN HET GEBIED

De begrenzing van het onderzoeksgebied wordt globaal gevormd door de Noordzee, het Noordzeekanaal, een denkbeeldige lijn van Amsterdam via Abcoude, Woerden naar Schoonhoven, de Lek, Nieuwe Maas, Scheur en de Nieuwe Waterweg (fig. 1).

Zoals in de inleiding reeds is gezegd, komen in Midden-West-Nederland grote verschillen in de polderpeilen voor: fig. 9b geeft hiervan een duidelijke illustratie. De huidige situatie is in de laatste drie eeuwen ontstaan, doordat plassen en meren, dikwijls voortgekomen uit vroegere vervening, zijn drooggemalen. De eerste droogmaking dateert uit 1616, de laatste uit 1926. Globaal kan worden gesteld dat de tijd vanaf droogmaking tot op heden gemiddeld 150 jaar bedraagt. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de polders ten noorden van de Oude Rijn over het algemeen van latere datum zijn dan die ten zuiden daarvan.

Uit fig. 10 blijkt dat de hoogste gradiënt van het 'diepe' grondwater vanaf de kust landinwaarts wordt aangetroffen naar de westzijde van de Haarlemmermeer en een complex van laaggelegen polders ten oosten van het Rijn-Schiekanaal. Als gemiddelde waarde voor  $\frac{\Delta h}{\Delta x}$  is daar  $4,3 \times 10^{-4}$  gevonden.

Volgens Darcy geldt:

$$v = k \frac{\Delta h}{\Delta x} \quad (1)$$

Wordt voor  $k$  32 m/dag genomen, gebaseerd op een  $kD$ -waarde van  $4500 \text{ m}^2/\text{dag}$  en een  $D$  van 140 m (ROEBERT, 1972) dan wordt voor de filtersnelheid gevonden:

$$v = 32 \times 4,3 \times 10^{-4} \quad \text{of} \quad v = 0,014 \text{ m/dag}$$

De gemiddelde werkelijke snelheid in de poriën is veel groter, afhankelijk van het poriënvolume en de structuur van de grond. Bij een poriënvolume van 35% is de werkelijke snelheid bij benadering een factor 3 hoger.

De afstand  $x$  waarover een denkbeeldig zoutfront zich vanaf de kust in de afgelopen 150 jaar landinwaarts heeft verplaatst, is:

$$x = 150 \times 365 \times 3 \times 0,014 \quad \text{of} \quad x = 2300 \text{ m}$$

Uit de hierboven uitgevoerde eenvoudige berekeningen kan worden afgeleid dat de ingrijpende veranderingen in de waterstaatkundige toestand van het gebied gedurende de laatste eeuwen betrekkelijk weinig invloed hebben gehad op het binnendringen van zout water vanuit zee. Het in de ondergrond van het gebied voorkomende zoute water zou dan ook voor een groot gedeelte kunnen worden beschouwd als 'fossiel' grondwater.

Voor de in het gebied voorkomende polders en plassen, grenzend aan polders met een lager peil geldt dezelfde theorie als ten aanzien van het ontstaan van zoet waterlenzen onder de duinen (BADON-GHYBEN, 1889, HERZBERG, 1901). Voor de laatste geldt dat



op een diepte van ongeveer  $\frac{h}{0,0238} = 42$  hm, (h is het peilverschil in meters tussen duinwater en zeeniveau bij een s.g. van 1,0238 voor zeewater), evenwicht bestaat tussen het zoute buitenwater en het zoete binnenwater. Dit geldt voor een homogeen profiel, terwijl er verder van is uitgegaan, dat de zout waterstroming gelijk nul is. In werkelijkheid is de situatie in het gebied gecompliceerder tengevolge van de droogmaking van de polders, de waterwinning uit het 'diepe' pakket en de in het profiel voorkomende slecht doorlatende lagen (BIEMOND, 1940; VENHUIZEN, 1958). In het onderzoeksgebied doen zich echter identieke hydrologische situaties voor, waarbij onder relatief hooggelegen polders en plassen zoet waterlenzen ontstaan. In de aangrenzende lageregelegen polders treedt kwel op, die al naar gelang het chloridegehalte van het grondwater, verzilting van het oppervlaktewater veroorzaakt. Vanaf het ontstaan van het peilverschil begint langs de grens een uitspoelingsproces, hetgeen resulteert in het voorkomen van betrekkelijk zoet grondwater onder van oorsprong zoute kwelpolders. Het is duidelijk dat formatieconstanten en polderpeilen hierbij beslissende factoren zijn.

De open leidingen, die in het gebied voorkomen, kunnen eveneens verantwoordelijk zijn voor de aanwezigheid van zoet grondwater. Dit doet zich voor wanneer in een infiltratiegebied een leiding het afdekkend pakket, met een hoge verticale weerstand, doorsnijdt. Een andere mogelijkheid is dat in een kwelgebied met een lage verticale weerstand vanuit open leidingen met een hoger peil wegzijging plaats heeft.

Naast de veranderde waterstaatkundige toestand, die hoofdzakelijk verantwoordelijk is voor de huidige topografie van het grensvlak tussen zoet en zout water dient de van meer recente datum zijnde wateronttrekking ten behoeve van industrie en drinkwater te worden genoemd. Zo is plaatselijk in het waterwin- gebied van de gemeente Amsterdam van 1903, het jaar waarin de onttrekking aan het watervoerend pakket is aangevangen, tot heden een stijging van de isochloor van 10 000 mg Cl<sup>-</sup>/l van ongeveer 40 m waargenomen (ROEBERT, 1972).

### III. PERIODE VAN ONDERZOEK

Het verrichte onderzoek is gebaseerd op gegevens over het jaar 1971. Dit jaar kan klimatologisch als een droog jaar worden beschouwd. De neerslag was bijna 200 mm minder dan in een normaal jaar als gevolg van een relatief droge tweede helft. Het is daarom gewenst na te gaan in hoeverre de resultaten van het onderzoek representatief geacht kunnen worden voor een gemiddelde toestand.

Een antwoord op deze vraag kan worden verkregen door de jaarlijkse fluctuatie van grondwaterstanden en stijghoogten van het 'diepe' grondwater na te gaan.

De neerslag over de periode 1960 tot en met 1971 is van 5 over het gehele gebied verspreide stations in fig. 2 weergegeven.

Van de waarnemingen in een aantal over het gehele gebied verspreide grondwaterstandsbuizen en diepe filters zijn tijdstijghoogtelijnen gemaakt. In fig. 3 zijn deze weergegeven voor de diepe filters. Daar de drie jaar, voorafgaande aan het jaar van onderzoek, wat de neerslag betreft bij benadering als normale jaren kunnen worden beschouwd, is de afwijking van de gemiddelde stijghoogte in 1971 ten opzichte van het gemiddelde over de periode 1968 tot en met 1970 bepaald. Voor de nummers 153, 86, 15, 33, 210 en 1 is deze te verwaarlozen, voor 85 en 235 bedraagt ze respectievelijk 7 en 20 cm. Wat de laatstgenoemde nummers betreft is waarschijnlijk een toename van de grondwateronttrekking de oorzaak, aangezien een dalende tendens aanwezig is. Dit komt het duidelijkst tot uiting bij nr 235. Deze put is gelegen op het terrein van het waterleidingbedrijf van IJmuiden en nr 85 op een afstand van ruim 4 km ten noorden van de pompstations langs de Lek tussen Schoonhoven en Amerstol. De tijdstijghoogtelijn van put nr 272, welke wordt beïnvloed door de industrie-onttrekking bij Delft, vertoont eveneens een dalende tendens en is wegens de grote jaarlijkse fluctuaties afgebeeld in fig. 4.

In fig. 5 zijn de ondiepe grondwaterstanden weergegeven; wanneer hier dezelfde procedure als voor de diepe filters wordt gevolgd dan

blijkt dat de gemiddelde grondwaterstand in 1971 0 tot 15 cm lager ligt dan in de voorafgaande drie jaren met als gemiddelde verschil 6 cm.

Voor put nr 180, gelegen in de Haarlemmermeer ten noorden van Hoofddorp, zijn stijghoogten van het 'diepe' en het ondiepe grondwater alsmede het verticaal drukverschil gegeven in fig. 6. Voor de verticale stroming in het afdekkend pakket geldt:

$$v_z = \frac{\Delta h_v}{c} \quad (2)$$

waarin:  $v_z$  = intensiteit van de verticale stroming in m/dag

$\Delta h_v$  = verticaal drukverschil tussen ondiep en diep grondwater in m

$c$  = verticale weerstand van het afdekkend pakket in dagen

Uit fig. 6 volgt dat  $\bar{\Delta h}_v$  in 1971 5 cm groter is dan de gemiddelde waarde van 14 cm over de jaren 1968 tot en met 1970. Deze waarde komt goed overeen met het gevonden gemiddelde verschil in stijghoogte van het ondiepe grondwater van 6 cm. De toename van  $\bar{\Delta h}_v$  met 5 cm heeft bij de genoemde waarde van 14 cm tot gevolg dat de verticale stroming 36% groter wordt. Teneinde hieromtrent meer informatie te verkrijgen zijn voor de Haarlemmermeer van het enigszins te natte jaar 1965 en het jaar 1971 de gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten bepaald van 14 grondwaterstandsbuizen en 4 peilfilters. Het noordoostelijk gedeelte van de polder is hierbij buiten beschouwing gelaten vanwege een bronbemaling in 1965. Als resultaat werd verkregen dat de gemiddelde grondwaterstand in 1971 21 cm en de gemiddelde stijghoogte van het diepe grondwater 16 cm lager waren dan in 1965. De droge herfst van 1971 heeft, wellicht dank zij een goede peilbeheersing, een beperkte invloed gehad op het verloop van het diepe en ondiepe grondwater, die zich bij de laatste iets duidelijker manifesteert.

Daar het gemiddeld drukverschil  $\Delta h_v$  tussen 'diep' en ondiep grondwater in de Haarlemmermeer in de orde van 1 m is, blijkt hieruit een toename van de verticale stroming met 5%. Bij kleinere waarden voor  $\Delta h_v$  kunnen belangrijker afwijkingen voorkomen, de invloed hiervan

op het gehele onderzoek wordt enerzijds echter beperkt door het kleine gedeelte van het gebied waar deze situatie zich voordoet, anderzijds omdat veelal bij kleine waarden voor  $\Delta h_v$  ook kleine waarden voor de verticale stroming worden gevonden.

#### IV. DE GEOHYDROLOGISCHE GESTELDHEID

De geohydrologische gesteldheid wordt gekenmerkt door een dik watervoerend pakket, dat in het noorden plaatselijk door sedimenten uit de Formatie van Drente en voor het overige deel van het gebied grotendeels door de kleiïg ontwikkelde bovenkant van de Formatie van Kedichem wordt gesplitst in een bovenste watervoerende laag en een complex van watervoerende lagen, gelegen onder de zo juist genoemde slecht doorlatende lagen. Als definitieve basis van het watervoerend pakket kunnen de klei-afzettingen van het Midden-Oligoceen (Septarien klei) op een diepte variërend van 400 m in het zuiden van het gebied tot 600 m in het noorden worden beschouwd; wellicht vormt het daarboven gelegen mariene icenien echter reeds de basis. De bovenste watervoerende laag wordt aan de top begrensd door veelal holocene afzettingen, samengesteld uit klei, leem, veen en zandlagen (VAN REES VELLINGA, 1972).

Vanwege een sterke versnijding van het oppervlak van de Formatie van Kedichem door geulen (POMPER, 1972) is soms een directe verbinding ontstaan tussen de bovenste en dieper gelegen watervoerende lagen, in welk geval er hydrologisch gezien sprake is van één watervoerende laag.

Gezien het bovenstaande kan een indeling betreffende de formatieconstanten worden gemaakt, zoals in fig. 7 is aangegeven. Het verschil is het al dan niet voorkomen van een scheidende laag tussen de watervoerende lagen. De verticale weerstand van het afdekkend pakket en van de scheidingslaag is aangegeven met  $c_1$  en  $c_2$ , het doorlatend vermogen van de bovenste watervoerende laag door  $k_1 D_1$ . Vanwege het feit dat in de tweede watervoerende laag kleilagen worden aangetroffen zou een opdeling in meer watervoerende lagen wenselijk zijn; als gevolg van het beperkte aantal gegevens is dit

echter op dit ogenblik niet te realiseren. Om deze reden is het doorlatend vermogen van de tweede watervoerende laag aangeduid met  $\sum k_2 D_2$ . In geval de scheidingslaag ontbreekt of althans in sterke mate is geperforeerd, zodat  $c_2 = 0$ , is het doorlatend vermogen van het gehele watervoerend pakket om dezelfde reden aangegeven met  $\sum kD$ .

## V. BESCHIKBARE GEGEVENS

Bij het berekenen van grondwaterstromingen zijn de volgende factoren van belang: polderpeilen en grondwaterstanden, stijghoogten van het 'diepe' grondwater,  $kD$ -waarden en  $c$ -waarden.

In het onderzoeksgebied zijn in meer of mindere mate gegevens beschikbaar betreffende:

- polderpeilen en grondwaterstanden
- stijghoogten van het grondwater in de eerste watervoerende laag
- stijghoogten van het grondwater in de tweede watervoerende laag
- $kD$ -waarden van de eerste watervoerende laag
- $kD$ -waarden van het gehele watervoerend pakket
- $c$ -waarden van het afdekkend pakket

### 1. P o l d e r p e i l e n e n g r o n d w a t e r s t a n d e n

Om een gemiddelde hoogte van het freatisch vlak per polder alsmede het gemiddelde peil van de in het gebied voorkomende plassen en meren te krijgen is gebruik gemaakt van waterstaatskaarten, slootpeilen en grondwaterstandsbuizen. Het gemiddeld slootpeil over 1971 van ongeveer 90 meetpunten, representatief verdeeld over het gehele gebied, werd daartoe uitgezet tegen het gemiddelde polderpeil, aangegeven op de waterstaatskaarten, zie (fig. 8). Er blijkt een goede correlatie te bestaan tussen de gemeten slootpeilen en de polderpeilen, zodat de waterstaatskaarten voor het bepalen van de hoogte van het freatisch vlak mede kunnen worden gebruikt. In het algemeen blijkt de gemiddelde grondwaterstand weinig te verschillen van polderpeilen. Voor uitgesproken kwel- en infiltratiegebieden blijkt de grondwaterstand respectievelijk hoger, lager te liggen dan het polderpeil. De verschillen zijn echter zodanig klein in

vergelijking met die tussen de stijghoogten van 'diep' en freatisch water, dat de fout die hierbij zal optreden bij de verdere berekeningen te verwaarlozen is. In enkele grote polders zoals bijvoorbeeld Haarlemmermeer is, omdat beschikt kon worden over een groter aantal grondwaterstandsgegevens, een nadere indeling gegeven. De verkregen waarden voor de gemiddelde grondwaterstand en de peilen van plassen en meren is weergegeven in fig. 9a. Door in deze figuur intervallen van 1 m te onderscheiden is fig. 9b verkregen.

## 2. Stijghoogten van het grondwater in de eerste watervoerende laag

Voor de samenstelling van de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag is uitgegaan van gegevens, afkomstig van het Archief van Grondwaterstanden TNO, Dienst der Zuiderzeewerken, Gemeentewaterleiding Amsterdam en van door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding ingerichte meetpunten.

Vanwege de grote verschillen in het chloridegehalte van het diepe grondwater en de daarmee samenhangende verschillen in soortelijk gewicht zijn de gemeten stijghoogten gecorrigeerd op s.g. = 1 met de volgende formule:

$$h_{\gamma_0} = z - (z - h_{\gamma_1}) \gamma_1 \quad (3)$$

waarin  $h_{\gamma_0}$  = stijghoogte ten opzichte van NAP in m bij s.g. = 1

$z$  = hartfilter ten opzichte van NAP in m

$h_{\gamma_1}$  = gemeten stijghoogte ten opzichte van NAP in m

$\gamma_1$  = s.g. van een aan het peilfilter onttrokken watermonster

Voor de meetpunten waarvan geen analyseresultaten beschikbaar waren, is gebruik gemaakt van isohalinen kaarten (VAN REES VELLINGA, TOUSSAINT en VAN GILS, 1972).

In fig. 10 zijn de gecorrigeerde stijghoogten van de eerste watervoerende laag voor 1971 weergegeven. Behalve voor dit jaar is ook een isohypsenkaart vervaardigd voor 1965 (fig. 11). Als

gevolg van het geringere aantal waarnemingspunten is deze kaart echter minder gedetailleerd. Uitgezonderd het potentiaalveld ten oosten van Hoofddorp in het Haarlemmermeer en bij Amstelveen, vertonen beide kaarten globaal gezien een redelijke overeenstemming. De afwijking is toe te schrijven aan de invloed van een bronbemaling ten behoeve van het nieuwe Schiphol en de nieuwe autoweg bij Amstelveen.

De isohypsenkaart van 1971 zal bij de behandeling van de subgebieden nader worden toegelicht.

### 3. Stijghoogten van het grondwater in de tweede watervoerende laag

De grote diepte van de tweede watervoerende laag, plaatselijk meer dan 100 m, is er mede de oorzaak van dat tot dusver slechts een beperkt aantal filters in deze laag is gesteld. Een uitzondering vormen de infiltratiegebieden in de duinen. De gemeten stijghoogten zijn eveneens voor soortelijkgewicht gecorrigeerd, waarbij vanwege het hoge chloridegehalte en grote waarden voor  $z$  correcties van meer dan 2 m voorkwamen.

Door extrapolatie en toepassing van gegevens uit de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag en geologische profielen (VAN REES VELLINGA, 1972) is getracht een aanvaardbare kaart te construeren, (fig. 12). Vergelijken we de verkregen isohypsenkaart met die voor de eerste watervoerende laag dan worden verticale stijghoogteverschillen van meer dan 1 m aangetroffen in het noordwestelijk gedeelte van de Haarlemmermeer en bij Delft. In het eerstgenoemde gebied komen relatief hoge verticale weerstanden in de kleiige afzettingen van de Eemformatie en de glaciële afzettingen voor en een lage  $c$ -waarde in het afdekkend pakket. Bij Delft, waar wateronttrekking aan de eerste watervoerende laag plaats vindt, treden hoge  $c$ -waarden op, zowel in de Kedichemformatie als in het afdekkend pakket. Voor het overige deel van het gebied varieert het stijghoogteverschil van 0 tot + 1 m waar kwel of wateronttrekking aan de eerste watervoerende laag voorkomt en van 0 tot - 1 m waar infiltratie optreedt.

In het algemeen kan worden gesteld dat de gradiënten in de tweede watervoerende laag kleiner zijn dan in de eerste watervoerende laag. Grote gradiënten in de laatstgenoemde manifesteren zich tengevolge van hoge verticale weerstanden van de scheidingslaag niet in de tweede watervoerende laag.

#### 4. kD-w a a r d e n v a n d e e e r s t e w a t e r v o e r e n d e l a a g

Uit pompproeven en taxaties van de korrelgrootte uit boorbeschrijvingen is voor Midden-West-Nederland een kD-waardenkaart voor het bovenste watervoerende pakket samengesteld door WITT en VAN REES VELLINGA (1970) (fig. 13). In deze kaart wordt, indien de kleiïge afzettingen van de Formatie van Kedichem ontbreken, geen onderscheid gemaakt tussen eerste en tweede watervoerende laag, zodat de opgegeven kD-waarden zowel betrekking kunnen hebben op de eerste watervoerende laag als op het gehele watervoerend pakket. In geval de kD-waarde groter is dan  $3000 \text{ m}^2/\text{dag}$  mag men aannemen dat de kD-waardenkaart bij benadering de kD-waarde aangeeft van het gehele watervoerend pakket.

#### 5. kD-w a a r d e n v a n h e t g e h e l e w a t e r v o e r e n d p a k k e t

Gegevens betreffende de kD-waarde van het gehele watervoerend pakket werden verkregen uit een gering aantal pompproeven die waren uitgevoerd in gebieden waar de slecht doorlatende scheidingslaag tussen beide watervoerende lagen ontbreekt ofwel een zeer geringe verticale weerstand heeft. Ze zijn terug te vinden in de eerdergenoemde kD-waardenkaart waar de kD-waarde groter is dan  $3000 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

Uit een onderzoek naar de waterbalans van de duinwaterwinplaats der gemeente Amsterdam volgde een kD-waarde van 500 tot  $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$  voor de eerste laag en een kD-waarde van 3000 tot  $4000 \text{ m}^2/\text{dag}$  voor de tweede watervoerende laag (HUISMAN, 1954). Op grond van deze gegevens en de kD-waardenkaart kan worden geconcludeerd dat een kD-waarde van 3000 tot  $5500 \text{ m}^2/\text{dag}$  voor het gehele watervoerend pakket in het onderzoeksgebied niet onredelijk lijkt.



## 6. c-w a a r d e n v a n h e t a f d e k k e n d p a k k e t

De c-waardenkaart van het afdekkend pakket (fig. 14) is gebaseerd op gegevens afkomstig van pompproeven, waterbalansen, isohypsenkaart en kD-waarden, stijghoogte-verschillenkaart en isohalinenkaarten en een methode welke neerkomt op een combinatie van de verticale doorlatendheid van ongeroerde monsters en meting van verticale gradiënten in het veld (WIT, 1974).

De in genoemde kaart gehanteerde intervallen impliceren, afhankelijk van het traject, een afwijking met een factor 1,5 tot 2 van de aangegeven gemiddelde c-waarde.

In het volgende zal de c-waardenkaart ondermeer als uitgangspunt dienen bij het berekenen van de intensiteit van de verticale stroming in het afdekkend pakket en zullen de gemiddelde c-waarden worden getoetst en eventueel gecorrigeerd.

## VI. TOEGEPASTE BEREKENINGSMETHODEN

Uit het voorgaande volgt dat voor het gehele gebied gegevens betreffende de stijghoogten van het 'diep' en freatisch grondwater alsmede c-waarden van het afdekkend pakket zijn vastgesteld. De kD-waarden hebben voor een groot deel betrekking op de eerste watervoerende laag. Plaatselijk zijn kD-waarden van het gehele watervoerende pakket bekend.

Tussen de drie eerstgenoemde grootheden geldt de volgende betrekking:

$$v_z = \frac{h'' - h'}{c} \quad (4)$$

waarin:  $v_z$  = intensiteit van de verticale stroming in m/dag  
 $h''$  = stijghoogte van het 'diepe' grondwater ten opzichte van NAP in m  
 $h'$  = hoogte freatisch vlak ten opzichte van NAP in m  
 $c$  = verticale weerstand van het afdekkend pakket in dagen

Door gebruik te maken van (4) kan uit de beschikbare gegevens de verticale stroming in het afdekkend pakket worden berekend. Hier toe is allereerst een kaart met verschillen in stijghoogte tussen 'diep' en freatisch water afgeleid uit de fig. 9a en 10 (fig. 15). Positieve getallen duiden op kwel, negatieve op infiltratie. In enkele gevallen is niet altijd even duidelijk vast te stellen of er sprake is van kwel of infiltratie, omdat afhankelijk van de grootte van de overtollige neerslag afwisselend kwel of infiltratie voorkomt. Dit is voornamelijk het geval voor die polders waar de drukverschillen slechts enkele centimeters bedragen. Tevens komt het voor dat polders in een overgangsgebied liggen, hetgeen inhoudt dat zowel kwel als infiltratie optreedt. Een voorbeeld hiervan is de Mijdrechtse Droogmakerij.

Met behulp van fig. 15 en de c-waardenkaart wordt door toepassing van (4) een kwel-infiltratiekaart verkregen. Omdat de grenzen van de klassen in de c-waardenkaart geheel losstaan van de onderscheiden grenzen in de stijghoogte-verschillenkaart geeft combinatie van beide kaarten een zeer gedetailleerde indeling van het gebied. Om tegemoet te komen aan tekentechnische eisen zijn daarom de gevonden kwel- en infiltratie-intensiteit weer ingedeeld in een beperkt aantal klassen, zoals in fig. 16 is aangegeven. De aldus verkregen kaart zal in het vervolg worden aangeduid met de benaming 'Voorlopige kwel-infiltratiekaart' omdat bij een latere toetsing van deze kaart bepaalde correcties volgen.

In principe is het water, dat in een bepaald gebied verticaal opstijgt door de afdekkende laag, het gevolg van een verandering van de stroming in het watervoerend pakket in de ondergrond van dat gebied. Om dezelfde reden zal water dat door infiltratie uit een gebied verdwijnt, een stromingsverandering in de grond teweeg brengen. Teneinde nu in staat te zijn de stroming in de ondergrond te bepalen, is het gebied ingedeeld in 13 subgebieden (fig. 17). De begrenzing van deze subgebieden is vastgesteld aan de hand van de voorlopige kwel-infiltratiekaart, de isohypsenkaarten en de waterstaatskaart. De 13 subgebieden werden vervolgens op grond van de voorlopige kwel-infiltratiekaart weer opgesplitst in eenheden waarvoor de gemiddelde kwel of infiltratie kon worden aangegeven.

Voor elk subgebied kan nu een waterbalans van de ondergrond worden opgesteld, daar voor elk subgebied geldt:

$$Q_i - Q_u = 10 \sum_{k=1}^n F_k v_{z_k} - 10 \sum_{i=1}^m F_i v_{z_i} + G + I + 10 \left( \sum_{k=1}^n F_k + \sum_{i=1}^m F_i \right) \frac{\Delta h_t}{365} \cdot S \quad (5)$$

waarin:  $Q_i$  = stroming door de ondergrond naar het subgebied in  $m^3/\text{dag}$   
 $Q_u$  = stroming door de ondergrond uit het subgebied in  $m^3/\text{dag}$   
 $F_k$  = oppervlakte van de kweleenheid  $k$  in ha  
 $v_{z_k}$  = intensiteit van de kwel in eenheid  $k$  in  $\text{mm}/\text{dag}$   
 $F_i$  = oppervlakte van de infiltratie-eenheid  $i$  in ha  
 $v_{z_i}$  = intensiteit van de infiltratie in eenheid  $i$  in  $\text{mm}/\text{dag}$   
 $G$  = totaal debiet van gasbronnen en wellen in  $m^3/\text{dag}$   
 $I$  = wateronttrekking aan de ondergrond in  $m^3/\text{dag}$   
 $\Delta h_t$  = gemiddelde verandering van de stijghoogte van het 'diepe' grondwater in  $\text{mm}/\text{jaar}$   
 $S$  = uitleveringsfactor

Omdat in fig. 17 elke eenheid zodanig is gekozen dat uit de voorlopige kwel-infiltratiekaart er een bepaalde intensiteit voor de kwel of infiltratie aan kon worden toegekend, kan de totale kwel en/of infiltratie per subgebied worden berekend.

Naar de opbrengsten van gasbronnen en wellen is in 1942 een onderzoek ingesteld door de Ned. Vereniging tegen water-, bodem- en luchtverontreiniging in Noord- en Zuid-Holland. Uit lokaal uitgevoerde recente metingen blijkt dat in de afgelopen 30 jaar een groot aantal gasbronnen is gedicht; zo is in Delfland momenteel nog één gasbron in bedrijf. Voor het overige blijkt de tendens aanwezig dat het waterbezwaar tengevolge van gasbronnen en wellen tot de helft is teruggelopen. Bij de hier uitgevoerde berekeningen is daarom, in geval geen recente gegevens beschikbaar waren, de helft genomen van de meetresultaten uit 1942.

Gegevens omtrent de wateronttrekking door industrie en waterleidingbedrijven, opgegeven door de Provinciale Waterstaten van Noord- en Zuid-Holland, zijn weergegeven in fig. 18. De wateronttrekking zal in werkelijkheid groter zijn, daar over onttrekkingen

met een geringe capaciteit exacte cijfers ontbreken.

De laatste term van (5) heeft betrekking op de bergingsverandering in de ondergrond. Uit tijdstijghoogtelijnen is voor 1971 een waarde voor  $\Delta h_t$  van - 150 mm verkregen. KRUSEMAN en DE RIDDER (1970) vonden uit pompproeven in de Hoekse Waard voor S een waarde van  $2,0 \times 10^{-4}$ , welke waarde hier verder zal worden aangehouden, zodat  $\frac{\Delta h}{365} \times S$  in orde van grootte van  $- 8,2 \times 10^{-5}$  is. Aangezien  $v_z$  vele malen groter is (laagste waarde in fig. 17 is -0,04 mm/dag), kan de bergingsverandering genoeglijk worden verwaarloosd.

Alle termen in het rechterlid van (5) zijn bekend, zodat het verschil tussen toe- en afstroming door de ondergrond  $Q_i - Q_u$  kan worden berekend. Beschouwen we twee opeenvolgende equipotentiaal-lijnen aan weerszijden van de begrenzing van het subgebied waardoor toestroming door de ondergrond plaats vindt en verdelen de tussenliggende strook in vierkantjes, dan geldt voor de toestroming in de eerste watervoerende laag (DE RIDDER en WIT, 1967):

$$Q_{i_1} = n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 \quad (6)$$

Evenzo geldt voor de toestroming in de tweede watervoerende laag:

$$Q_{i_2} = n_2 \Delta h_2 k_2 D_2 \quad (7)$$

Voorts geldt voor de totale toestroming door de ondergrond:

$$Q_i = Q_{i_1} + Q_{i_2} \quad (8)$$

waarin  $Q_{i_1}$  = ondergrondse toestroming naar het subgebied door de eerste watervoerende laag in  $m^3/dag$

$n_1$  = het aantal 'vierkantjes' voor de eerste watervoerende laag

$\Delta h_1$  = interval tussen de beschouwde equipotentiaal-lijnen van de eerste watervoerende laag in m

$Q_{i_2}$  = ondergrondse toestroming naar het subgebied door de tweede watervoerende laag in  $m^3/\text{dag}$

$n_2$  = het aantal vierkantjes voor de tweede watervoerende laag

$\Delta h_2$  = interval tussen de beschouwde equipotentiaallijnen van de tweede watervoerende laag in m

$k_1 D_1$  = kD-waarde van de eerste watervoerende laag in  $m^2/\text{dag}$

$\sum k_2 D_2$  = kD-waarde van de tweede watervoerende laag in  $m^2/\text{dag}$

Omtrent de afstroming door de ondergrond uit het subgebied  $Q_u$  kan worden opgemerkt dat de begrenzing van de subgebieden zo is gekozen dat deze nul of althans veel kleiner is dan de toestroming. In geval ondergrondse afstroming plaats vindt kan deze op dezelfde wijze worden berekend als de toestroming met (6), (7) en (8) of indien de isohypsenkaarten niet de mogelijkheid bieden om een tussen twee equipotentiaallijnen liggende strook op te delen in 'vierkantjes' met:

$$Q_u = B \cdot \sum kD \frac{\Delta h}{\Delta x} \quad (9)$$

waarin: B = lengte van de begrenzing waardoor ondergrondse afstroming plaats vindt in m

$\sum kD$  = kD-waarde van het gehele watervoerende pakket in  $m^2/\text{dag}$

$\frac{\Delta h}{\Delta x}$  = gradiënt van het 'diepe' grondwater

Combinatie van (5), (6), (7) en (8) geeft bij verwaarlozing van de bergingsverandering:

$$n_1 \Delta h_1 \sum k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 - Q_u = 10 \sum_{k=1}^n F_k v_{2k} - 10 \sum_{i=1}^m F_i v_{zi} + G + I \quad (10)$$

Voor de uitvoering van de berekeningen zijn allereerst de grenzen van de subgebieden overgebracht op de isohypsenkaarten van de eerste en tweede watervoerende laag. Hierbij is plaatselijk een geringe wijziging uitgevoerd om de strook tussen twee opeenvolgende equipotentiaallijnen aan weerszijden van de begrenzing te kunnen opdelen in 'vierkantjes' (fig. 19 en 20).

Langs de begrenzing van het subgebied zijn 'vierkantjes' getekend, met behulp van de  $k_1 D_1$ -waarde, ontleend aan de  $kD$ -waardenkaart kan de ondergrondse toe- en afstroming in de eerste watervoerende laag worden berekend. Door deze waarde af te trekken van het rechterlid kan  $\sum k_2 D_2$  als enige onbekende worden berekend.

Met de verkregen  $\sum k_2 D_2$  en isohypsenkaart van de tweede watervoerende laag is nu een controle berekening uitgevoerd voor aparte eenheden of combinaties van een aantal eenheden binnen het subgebied. In gevallen waar de waterbalans niet sluitend was werd een correctie aangebracht op de  $c$ -waarde. Hierna werd de berekening voor het gehele subgebied herhaald. Deze iteratieve procedure werd herhaald tot de balansen voor het subgebied en voor de eenheden sluitend was binnen een marge van 20%. Doorgaans kon worden volstaan met 2 berekeningen en een enkele keer moest de berekening 3 keer worden herhaald.

De aangepaste waarden voor de verticale stroming zijn in fig. 17 weergegeven, verwerking hiervan in fig. 16 hebben geleid tot een gecorrigeerde kwel-infiltratiekaart (fig. 27). De gewijzigde  $c$ -waarden zijn weergegeven in fig. 28.

## VII. BEREKENING VAN $\sum k_2 D_2$ -WAARDEN EN TOETSING VAN DE KWEL-INFILTRATIE-KAART

### Subgebied F1

Dit subgebied omvat de Haarlemmermeer, enkele aangrenzende kleine polders en een gedeelte van de Kager- en Westeinder Plassen. Vanwege de lage ligging van de Haarlemmermeer ten opzichte van de omgeving treedt kwel op naar deze polder met uitzondering van een smalle strook, voornamelijk ten westen van Hoofddorp waar infiltratie voorkomt (fig. 16). Alvorens in te gaan op de eigenlijke berekening zal eerst worden ingegaan op de stromingssituatie in deze infiltratie-eenheid. De isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag geeft in Hoofddorp de laagste potentiaal aan. De wateronttrekking door de industrie, die in de omgeving ongeveer  $1000 \text{ m}^3/\text{dag}$  bedraagt, is niet hoog genoeg om het potentiaalveld te kunnen verklaren.

Beschouwen we de isohalinen kaarten op een diepte van 20, 30 en 40 m-NAP (VAN REES VELLINGA, TOUSSAINT en VAN GILS, 1972), dan blijkt dat van de Haarlemmermeer, ter plaatse van De Glip, in de richting van Hoofddorp een relatief zoete watertong wordt aangetroffen. In oostelijke richting wordt de diepte geringer, waarbij in de omgeving van hoofddorp de zoet-zoutgrens steil omhoog komt (POMPER, 1972). Deze situatie kan alleen worden verklaard door factoren, welke de 'diepe' grondwaterstroming vanaf het ontstaan van de Haarlemmermeerpolder hebben beïnvloed. Uit de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag blijkt dat nabij Cruquius een sterke stroming vanuit het randgebied naar deze polder optreedt. Hierdoor is de kwel in F1,22 zeer hoog. Een tweede factor is gelegen in de infiltratie van zoet water als gevolg van de drainerende werking van de Hoofdvaart, die vooral optreedt nabij Hoofddorp waar de c-waarde laag is. Dientengevolge is daar een geringe stromingsweerstand tussen kanaalbodem en het watervoerend pakket. Om de drainage van de Hoofdvaart bij Hoofddorp te berekenen is de infiltratie-eenheid F1,20 gecombineerd met de onderdelen F'1,15 en F'1,19 van de kweleenheden F1,15 en F1,19 (fig. 21). Voor dit gedeelte van het subgebied is nu een aparte waterbalans opgesteld. Omdat de isohypsen van de tweede watervoerende laag een hogere waarde aangeven dan die van de eerste mag worden verwacht dat er een toestroming optreedt vanuit de tweede watervoerende laag naar de eerste. Daar  $\int k_2 D_2$  niet bekend is, is deze stroming voor het beschouwde gebied gesteld op  $v'_2$ . Stellen we de totale drainage door de Hoofdvaart bij Hoofddorp op  $Q_d$ , dan geldt voor de waterbalans:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + 10(F'1,15 + F'1,19 + F1,20) \times v'_2 = 10 \times (F'1,15 \times v_2(k) +$$

$$F'1,19 \times v_2(k)) - 10 \times F1,20 \times v_2(i) + I + Q_d \quad (11)$$

De waarde voor  $n_1$ , het aantal 'vierkantjes' tussen de 5,0 en 5,5 m potentiaallijn, en voor  $\Delta h_1$  volgt uit fig. 21; voor  $k_1 D_1$  is  $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$  genomen, ontleend aan de  $kD$ -waardenkaart. De oppervlakte van de kwelonderdelen F'1,15 en F'1,19 en de infiltratie-eenheid

F1,20 volgt door planimetreren uit fig. 21 evenals de waarden voor  $v_z$ . De industrie-onttrekking I bedraagt  $1000 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

Substitutie van de bekende waarden in (11) geeft:

$$10 \times 0,5 \times 1500 + 10 \times 2840 \times v_z' = 10 \times (860 \times 0,37 + 1280 \times 0,11) - 10 \times 700 \times 0,58 + 1000 + Q_d$$

$$Q_d = (5970 + 28\,400 v_z') \text{ m}^3/\text{dag}$$

Aangezien de infiltratie-eenheid F1,20  $4060 \text{ m}^3/\text{dag}$  levert, wordt door de Hoofdvaart in de omgeving van Hoofddorp uit de ondergrondse stroming een hoeveelheid van  $(1910 + 28\,400 v_z') \text{ m}^3/\text{dag}$  opgenomen.

Door planimetreren van de kweleenheden in de Haarlemmermeer (fig. 17) en vervolgens de verkregen oppervlakken te vermenigvuldigen met de aangegeven kwelintensiteit, wordt een totale kwel van  $83\,066 \text{ m}^3/\text{dag}$  over  $17\,400 \text{ ha}$  verkregen.

Een in 1922 verricht onderzoek naar de opbrengst van gasbronnen en wellen in de Haarlemmermeer (Bijl. 1922; DE GRUYTER en MOLT, 1950), gaf een totale opbrengst van  $22\,000 \text{ m}^3/\text{dag}$ . Uit in de jaren 1966/'67 verrichte metingen volgde voor het waterbezwaar als gevolg van gasbronnen en wellen  $0,07 \text{ mm}/\text{dag}$  of  $12\,500 \text{ m}^3/\text{dag}$  (Technisch Bureau van de Unie van Waterschapsbonden N.V.). Wanneer we de laatste waarde aanhouden wordt de totale ondergrondse toestroming naar de gehele Haarlemmermeer:

$$83\,066 + 1910 + 28\,400 v_z' + 12\,500 + 1500 = (98\,976 + 28\,400 v_z') \text{ m}^3/\text{dag}$$

waarin de totale onttrekking door de industrie gesteld is op  $1500 \text{ m}^3/\text{dag}$ . Daar  $28\,400 v_z'$  klein zal zijn ten opzichte van  $98\,976$ , kan de ondergrondse toestroming in eerste instantie worden gesteld op  $98\,976 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

Uit beide isohypsenkaarten volgt dat de ondergrondse afstroming uit het subgebied in oostelijke richting is te verwaarlozen. Daar de omtrek van de Haarlemmermeer niet samenvalt met de grens van het subgebied, dient de ondergrondse toestroming nog te worden vermeerderd of verminderd met een bepaald bedrag al naar gelang er kwel of infiltratie plaats heeft tussen de grens van het subgebied en de



omtrek van de Haarlemmermeer. De waterbalans van de Haarlemmermeer zelf wordt:

$$\begin{aligned}
 n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 = & 98\,976 - 10 \times F_{1,4} v_z(i) - 10 \times F_{1,5} v_z(i) + 10 \times F_{1,6} v_z(k) \\
 & - 10 \times F_{1,7} v_z(k) - 10 \times F_{1,8} v_z(i) - 10 \times F_{1,9} v_z(i) + 10 \times F_{1,10} v_z(k) - 10 \times F_{1,11} v_z(i) \\
 & + 10 \times F_{1,12} v_z(k) - 10 \times F_{1,13} v_z(i) + 10 \times F_{1,14} v_z(k) \quad (12)
 \end{aligned}$$

Voor  $n_1$  en  $\Delta h_1$  volgt uit fig. 19 respectievelijk 64, 75 en 0,5, terwijl uit fig. 20 volgt dat  $n_2 = 9,6$  en  $\Delta h_2 = 1,0$ . Als gewogen gemiddelde voor  $k_1 D_1$  is uit de  $kD$ -waardenkaart  $1600 \text{ m}^2/\text{dag}$  afgeleid.

Substitutie van deze waarden alsmede de oppervlakken en corresponderende waarden voor  $v_z$  van de beschouwde eenheden in (12) geeft:

$$\begin{aligned}
 64,75 \times 0,5 \times 1600 + 9,6 \times 1,0 \times \sum k_2 D_2 = & 98\,976 - 10 \times 750 \times 2,1 - 10 \times 1140 \times 0,6 + 10 \times 490 \times 0,27 - \\
 & - 10 \times 255 \times 0,4 - 10 \times 365 \times 0,22 - 10 \times 145 \times 0,87 + 10 \times 85 \times 0,09 - 10 \times 420 \times 0,5 + 10 \times 260 \times 0,12 - \\
 & - 10 \times 440 \times 0,1 + 10 \times 400 \times 0,08 = 72\,793 \text{ m}^3/\text{dag}
 \end{aligned}$$

$$9,6 \sum k_2 D_2 = 20\,933 \text{ m}^2/\text{dag}$$

In bovenstaande berekening heeft de toestroming vanuit de Westeinder Plassen (F1,4) en de noordoostelijk hooggelegen polders (F1,5) de grootste invloed. Daarom is voor de eenheid F1,4 een aparte controleberekening uitgevoerd.

In de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag zijn ten westen van de Westeinder Plassen in fig. 19 tussen de equipotentiaal-lijnen van 4,75 en 5 m-NAP 8 'vierkantjes' getekend. Bij een  $\sum kD$ -waarde van  $3300 \text{ m}^2/\text{dag}$ , gebaseerd op de resultaten van pompproef nr 43 en de  $kD$ -waardenkaart, bedraagt de intensiteit van de 'diepe' grondwaterstroming loodrecht op de onderbroken lijn:  $8 \times 0,25 \times 3300 = 6600 \text{ m}^3/\text{dag}$ . Aan dit bedrag dient nog globaal  $1000 \text{ m}^3/\text{dag}$  te worden toegevoegd, afgeleid uit fig. 17, voor de kwel in de strook tussen

de onderbroken lijn en de oostelijke rand van de Haarlemmermeer. Voor de wegzijging vanuit de Westeinder Plassen naar de Haarlemmermeer wordt dan  $7600 \text{ m}^3/\text{dag}$  gevonden. De oorspronkelijke waarde van de infiltratie in de eenheid F1,4 was  $15\,750 \text{ m}^3/\text{dag}$ . De infiltratie-intensiteit was dus een factor 2 te hoog, hetgeen impliceert dat de c-waarde een factor 2 te laag is genomen. (fig.28). Na correctie van de infiltratie voor de eenheid F1,4 in (12) wordt het resultaat:

$$9,6 \sum k_2 D_2 = 29\,143 \text{ m}^2/\text{dag}$$

of

$$\sum k_2 D_2 = 3\,000 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Voor de eenheid F1,5 is op deze manier geen controle uit te voeren vanwege de grote variatie in kD-waarden.

Uitgaande van deze waarde kan nu de eerder gestelde waarde  $v'_z$  in (11) voor de toestroming vanuit de tweede watervoerende laag naar de eerste worden berekend. Voor de oppervlakte AA'BB' ter grootte van 3790 ha (fig. 20) geldt als waterbalsns:

$$n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 - n'_2 \Delta h'_2 \sum k_2 D_2 = 10 \times F \times v'_z \quad (13)$$

De waarden voor  $n_2$ ,  $\Delta h_2$ ,  $n'_2$  en  $\Delta h'_2$  volgen uit fig. 20. Substitutie van de bekende grootheden in (13) en uitwerking geeft voor  $v'_z$  een waarde van  $0,08 \text{ mm}/\text{dag}$ . Invullen van deze waarde in (11) geeft voor de totale drainage door de Hoofdvaart bij Hoofddorp  $8242 \text{ m}^3/\text{dag}$ , waarvan  $4182 \text{ m}^3/\text{dag}$  afkomstig is van de ondergrondse stroming. Substitutie van de gevonden waarde voor  $v'_z$  in  $(98\,976 + 28\,400 v'_z)$  geeft uiteindelijk voor de totale ondergrondse toestroming naar de Haarlemmermeer  $101\,248 \text{ m}^3/\text{dag}$ . Herberekening van formule (12) geeft dan  $\sum k_2 D_2 = 3300 \text{ m}^2/\text{dag}$  in plaats van  $3000 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

Vermindering van de totale ondergrondse toestroming met  $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$  voor industrie-onttrekking en  $12\,500 \text{ m}^3/\text{dag}$  voor de opbrengst van gasbronnen en wellen geeft  $87\,248 \text{ m}^3/\text{dag}$  voor de kwel en de drainage van de Hoofdvaart. Dit komt neer op een gemiddelde waarde voor de kwel over de gehele Haarlemmermeer van  $0,48 \text{ mm}/\text{dag}$ .

Met de aldus gecorrigeerde waarde voor  $\sum k_2 D_2$ , de reeds bekende  $k_1 D_1$ -waarde en de isohypsenkaarten zijn voor een aantal eenheden controle-berekeningen uitgevoerd:

- a. Het zuidelijk gedeelte van het subgebied, dat de eenheden Fl,23, Fl,24 en een daar tussenliggende strook van eenheid Fl,21 omvat, heeft een oppervlakte van 6660 ha. Uit fig. 17 volgt als kwel voor deze oppervlakte  $26\ 000\ m^3/dag$ . Het waterbezwaar tengevolge van gasbronnen en wellen is op grond van de in 1966/'67 uitgevoerde metingen gesteld op  $0,17\ mm/dag$ , wat neerkomt op ongeveer  $11\ 000\ m^3/dag$ . We krijgen dus als totaal voor de ondergrondse toestroming  $37\ 000\ m^3/dag$ . Met een  $k_1 D_1$ -waarde van  $1600\ m^2/dag$ , een  $\sum k_2 D_2$  van  $3300\ m^2/dag$  volgt uit fig. 19 en 20 voor de toestroming in de eerste watervoerende laag  $7200\ m^3/dag$  en in de tweede  $(16\ 500 + 3300)\ m^3/dag$ . De toestroming vanuit de Westeinder Plassen bedraagt in grootteorde  $5700\ m^3/dag$ . De controleberekening levert in totaal ongeveer  $33\ 000\ m^3/dag$  op.

Het verschil in kwelintensiteit zoals dat in fig. 17 is weergegeven is gecontroleerd voor de eenheid Fl,24, waarvan het waterbezwaar  $11\ 400\ m^3/dag$  bedraagt, gebaseerd op  $5700\ m^3/dag$  uit de kwel-infiltratiekaart en  $5700\ m^3/dag$  tengevolge van gasbronnen en wellen. Uit fig. 19 en 20 volgt voor het verschil tussen toe- en afstroming in de eerste watervoerende laag  $3600\ m^3/dag$  en voor de tweede watervoerende laag  $10\ 700\ m^3/dag$ , in totaal  $14\ 300\ m^3/dag$ .

- b. Een smalle strook langs de Ringvaart van Zwaanshoek tot Nieuwebrug, in fig. 17 aangegeven door Fl,17, Fl,16 en Fl,22 heeft een gezamenlijke oppervlakte van 1335 ha met een gemiddelde kwel van  $2,1\ mm/dag$ . Een berekening, uitgevoerd voor het verschil tussen toe- en afstroming voor de eerste watervoerende laag geeft als uitkomst  $29\ 000\ m^3/dag$ , hetgeen neerkomt op  $2,2\ mm/dag$ . Vanwege de geringe voeding vanuit de tweede watervoerende laag is deze buiten beschouwing gelaten.
- c. Het noordelijke gedeelte van de Haarlemmermeer, bestaande uit de eenheden Fl,15 en Fl,18 heeft een oppervlakte van 5500 ha.

Uit fig. 17 volgt voor de totale kwel  $21\ 000\ \text{m}^3/\text{dag}$ . De berekening voor de ondergrondse toestroming door de eerste en tweede water-voerende laag geeft  $12\ 500\ \text{m}^3/\text{dag}$  (fig. 19 en 20). Aan dit bedrag dient  $5500\ \text{m}^3/\text{dag}$  te worden toegevoegd als infiltratie-overschot van de eenheden F1,5 en F1,6 zodat er voor de totale ondergrondse toestroming  $18\ 000\ \text{m}^3/\text{dag}$  wordt verkregen.

De voor de Haarlemmermeer gevonden resultaten komen in het kort op het volgende neer:

- a. de kwel bedraagt  $\approx 0,5\ \text{mm}/\text{dag}$ , welke waarde in grootte-orde overeenkomt met die van eerder verrichte onderzoeken (DE GRUYTER, 1957);
- b. uitgaande van een  $k_1 D_1$ -waarde van  $1600\ \text{m}^2/\text{dag}$  uit de  $kD$ -waardenkaart is voor  $\sum k_2 D_2$   $3300\ \text{m}^2/\text{dag}$  gevonden, welke waarde goed aansluit bij gevonden waarden voor het duingebied (ROEBERT, 1972);
- c. vanuit de Ringvaart en het westelijk hiervan gelegen gebied tussen Heemstede en Bennebroek, de Westeinder Plassen en de relatief hooggelegen polders ten noordoosten van de Haarlemmermeer heeft een belangrijke wegzijging plaats naar de Haarlemmermeer;
- d. de Eemformatie en de glaciale afzettingen hebben in het noordwesten van de Haarlemmermeer een hoge verticale weerstand;
- e. in het oostelijk gedeelte van de Haarlemmermeer is er sprake van één watervoerende laag;
- f. de Hoofdvaart heeft in de omgeving van Hoofddorp een grote drainerende werking; de mogelijkheid is niet uitgesloten dat dit eveneens op andere plaatsen het geval is.

#### Subgebied F2

Dit subgebied, globaal gelegen tussen de Haarlemmermeer en de Oude Rijn, wordt in het westen begrensd door de Zijl en in het oosten door de Langeraarse Plassen. Uit fig. 17 volgt in totaal voor de kwel en infiltratie respectievelijk  $7640$  en  $4899\ \text{m}^3/\text{dag}$ . Voor de opbrengst van gasbronnen en wellen is bij het reeds genoemde onderzoek van de Ned. Ver. tegen waterbodemp- en luchtverontreiniging in 1942  $7140\ \text{m}^3/\text{dag}$  gevonden, waarvan door de Wassenaarse polder en de Vierambachtspolder  $3000$  en  $2520\ \text{m}^3/\text{dag}$  is geleverd.

Nemen we om reeds eerder genoemde redenen van deze bedragen de helft, dan krijgen we 3570 m<sup>3</sup>/dag voor het gehele gebied en voor de twee genoemde polders 1500 en 1260 m<sup>3</sup>/dag of 0,15 en 0,07 mm/dag.

Daar de wateronttrekking ten behoeve van de industrie niet voorkomt resteert nog het vaststellen van de ondergrondse afvoer  $Q_u$  langs de oostelijke begrenzing. Deze is berekend volgens:

$$Q_u = B \times \sum kD \times \frac{\Delta h}{\Delta x} \quad (14)$$

waarin B = breedte van de oostelijke begrenzing van subgebied F2 in m, waardoor ondergrondse afstroming plaats heeft.

Uit fig. 19 volgt voor B 5700 m; daar uit de kD-waardenkaart blijkt dat langs de oostgrens van subgebied F2 in de Formatie van Kedichem geen slecht doorlatende lagen worden aangetroffen is  $\sum kD$  gesteld op 3200 m<sup>2</sup>/dag. Uit beide isohypsenkaarten volgde bij benadering voor  $\frac{\Delta h}{\Delta x}$  een waarde van  $6 \cdot 10^{-5}$ .

De ondergrondse afvoer door het gehele watervoerend pakket wordt:

$$Q_u = 5700 \times 3200 \times 6 \cdot 10^{-5} = 1094 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Substitutie van de verkregen gegevens in (10) geeft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 k_2 D_2 - 1094 = 7640 - 4899 + 3570 = 6311 \text{ m}^3/\text{dag} \quad (15)$$

Uit fig. 19 volgt voor  $n_1$  6,0, hetgeen wellicht enige toelichting nodig heeft. Vanaf de Kager Plassen tussen de potentiaallijnen van 2,0 en 2,5 - NAP kunnen de eerste twee 'vierkantjes' grotendeels worden gerekend tot de stroming vanaf de Noordzee, de volgende twee hebben betrekking op wegzijging uit de Oude Rijn vanaf de westkant van Leiden tot Achthoven evenals een half 'vierkantje' ten westen van Alphen. Vanuit het Aarkanaal vindt een toestroming plaats van 1,5 'vierkantje'.

De waarde voor  $k_1 D_1$  is gesteld op 1600 m<sup>2</sup>/dag.

Uit fig. 20 blijkt dat langs de westelijke begrenzing een toestroming plaats heeft van 1,4 'vierkantje', waarvan 0,2 kan worden

gerekend tot de stroming naar het subgebied F9, gelegen aan weers-  
zijden van de Oude Rijn.

Uit fig. 19 en 20 volgt voor  $\Delta h_1$  en  $\Delta h_2$  respectievelijk 0,5 en  
1,0 m; substitutie van de bekende grootheden in 15 geeft:

$$6 \times 0,5 \times 1600 \times 1,2 \times 1,0 \times \sum k_2 D_2 = 7405$$

$$\sum k_2 D_2 = 2200 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Het doorlatend vermogen van het gehele watervoerend pakket wordt  
3800 m<sup>2</sup>/dag.

Controle van de kwel-infiltratiekaart met de verkregen  $\sum k_2 D_2$ -  
waarde, zoals dat voor subgebied F2 is gedaan, is hier niet mogelijk.  
Daar de gradiënt van het 'diepe' grondwater tussen de isohypsen van  
2 tot 4 m - NAP slechts weinig verandert, zal de stromingsverandering  
in de ondergrond klein zijn en dientengevolge een geringe verticale  
stroming door het afdekkend pakket. De kwel-infiltratiekaart voldoet  
hieraan.

Voor de ondergrondse toestroming naar het gebied vanuit de  
Oude Rijn en het Aarkanaal is 2000 en 1200 m<sup>3</sup>/dag berekend. De  
grote wegzijging uit genoemde leidingen valt wellicht te verklaren  
door de doorsnijding van het afdekkend pakket, dat ter plaatse een  
hoge verticale weerstand heeft.

De verkregen resultaten alsmede conclusies van subgebied F2 zijn:

- a. er komt zowel kwel als infiltratie voor met geringe waarden voor  
de verticale stroming, 0,06 tot 0,25 mm/dag, tengevolge van hoge  
c-waarden;
- b. uitgaande van een  $k_1 D_1$ -waarde van 1600 m<sup>2</sup>/dag uit de kD-waarden-  
kaart bedraagt  $\sum k_2 D_2$  2200 m<sup>2</sup>/dag;
- c. vanuit de Oude Rijn en het Aarkanaal heeft een belangrijke weg-  
zijging plaats naar het subgebied;
- d. vanwege grote verticale drukverschillen, gemiddeld 1 m en als  
extreme waarde 3,4 m voor de Braasemer Meer, dient men vanwege  
het hoge chloridegehalte van het 'diepe' grondwater doorsnijding  
van het afdekkend pakket te voorkomen;

- e. uit beide isohypsenkaarten wordt de indruk verkregen dat de  
kleinige afzettingen van de Formatie van Kedichem geen ondoorlatende  
basis zijn voor de eerste watervoerende laag.

### Subgebied F3

Dit subgebied is gelegen tussen de Haarlemmermeer, de Drecht en de Amstel. Het wordt gekenmerkt door kwel in het centrum en infiltratie in een betrekkelijk smalle strook langs de rand. Uit fig. 17 is voor de kwel 11 690 m<sup>3</sup>/dag en voor de infiltratie 22 043 m<sup>3</sup>/dag berekend.

De in het subgebied voorkomende gasbronnen zijn gering in aantal. Uit de summier gegevens lijkt een opbrengst van 2000 m<sup>3</sup>/dag ofwel 0,04 mm/dag voor de 5140 ha grote kweleenheden acceptabel.

De industrie-onttrekking, voornamelijk bij Amstelveen, bedraagt 600 m<sup>3</sup>/dag. De ondergrondse afvoer van het subgebied bij Uithoorn is berekend op 5500 m<sup>3</sup>/dag, gesplitst in 3900 m<sup>3</sup>/dag voor de eerste en 1600 m<sup>3</sup>/dag voor de tweede watervoerende laag. Deze waarden zijn verkregen uit beide isohypsenkaarten bij een  $k_1 D_1$ -waarde van 1600 m<sup>2</sup>/dag en een aangenomen  $\sum k_2 D_2$ -waarde van 2400 m<sup>2</sup>/dag, gebaseerd op een  $\sum kD$ -waarde van 4000 m<sup>2</sup>/dag die het onderzoek voor de subgebieden F1 en F2 alsmede de  $kD$ -waardenkaart tot dusver heeft opgeleverd en de infiltratie-eenheid F3,9, zie fig. 19 en 20.

Substitutie van de nu bekende grootheden in (10) geeft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 - 5500 = 11\,690 - 22\,043 + 2000 + 600 = -7753 \text{ m}^3/\text{dag} \quad (16)$$

De negatieve uitkomst van (16) betekent dat de kwel te laag of de infiltratie te hoog is berekend. Daar de infiltratie langs de rand van het subgebied plaats vindt is hierop allereerst een controleberekening toegepast.

- a. Eenheid F3,7; hiervoor is als infiltratie 6300 m<sup>3</sup>/dag gevonden. Uit de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag met een  $\sum kD$ -waarde van 3500 m<sup>2</sup>/dag uit de  $kD$ -waardenkaart is 3000 m<sup>3</sup>/dag berekend, hetgeen betekent dat de voor dit gebied aangenomen

c-waarde van 1900 dagen te laag is. Uitgaande van de gecorrigeerde infiltratie van 1,0 mm/dag wordt de c-waarde 4000 dagen (fig. 27 en 28).

- b. Eenheid F3,6; de berekende infiltratie is hier 2720 m<sup>3</sup>/dag. Herhaling van de hierboven gevolgde procedure waarbij rekening is gehouden met de kwel in F3,8 en 0,04 mm/dag voor de opbrengst van gasbronnen leidt tot een gecorrigeerde infiltratie van 1400 m<sup>3</sup>/dag ofwel bij een oppervlakte van 170 ha tot een verticale stroming van 0,8 mm/dag. De gecorrigeerde c-waarde wordt 5000 dagen (fig. 27 en 28).
- c. Eenheid F3,10; voor deze eenheid bedraagt de infiltratie 5670 m<sup>3</sup>/dag. We schematiseren deze eenheid tot een rechthoek, breedte 1350 m en lengte 4000 m, waarbij de langste zijde samenvalt met de begrenzing van het subgebied. Uit de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag volgt dat de ondergrondse toestroming uit oostelijke richting is te verwaarlozen. Stellen we langs de begrenzing  $\phi = 0$  dan geldt bij een gemiddelde infiltratie  $v_z(i)$  voor  $\phi(x)$  op een afstand  $x$  van de begrenzing:

$$\phi(x) = \frac{v_z(i) x^2}{2kD} \quad (17)$$

Uit de isohypsenkaart volgt bij  $x = 1350$  m voor  $\phi = 0,30$  m; verder is  $k_1 D_1$  gesteld op 1000 m<sup>2</sup>/dag. Uitwerking van (17) geeft:

$$v_z(i) = \frac{0,30 \times 2 \times 1000}{1350^2} = 0,00033 \text{ m/dag of } 0,33 \text{ mm/dag}$$

Gebaseerd op de nu verkregen waarde voor  $v_z(i)$  wordt 1782 m<sup>3</sup>/dag berekend voor de infiltratie, terwijl de gemiddelde c-waarde 5400 dagen wordt (fig. 28).

Daar voor de resterende infiltratie-eenheden correctieberekeningen minder eenvoudig zijn uit te voeren wordt de c-waardekaart aangepast aan de gewijzigde c-waarden. De hieruit voortvloeiende consequentie is dat de kwel in de eenheid F3,3 ongeveer 50% kleiner wordt en de infiltratie respectievelijk kwel in de eenheden F3,1 en F3,8



in geringe mate afneemt.

Aanpassing van (16) met de gecorrigeerde waarden geeft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 - 5500 = 7282 - 13\ 139 + 2000 + 600 = \\ - 3257 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Daar de ondergrondse toestroming door de eerste watervoerende laag is te verwaarlozen, vinden we bij  $n_2 = 1,5$  en  $\Delta h_2 = 1$  m voor  $\sum k_2 D_2 = 1500 \text{ m}^2/\text{dag}$  (fig. 20). Daar het product  $n_2 \Delta h_2$  wellicht kleiner is dan 1,5 als gevolg van de kwel in de Holendrecht en Bullewijker polder kan worden gesteld dat  $\sum k_2 D_2 > 1500 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

Voor het subgebied F3 heeft het onderzoek de volgende gegevens opgeleverd:

- a. de  $\sum k_2 D_2$  is berekend op  $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$ ; vanwege het beperkt aantal gegevens dient deze waarde met enige reserve te worden gehanteerd;
- b. een c-waarde van 4000 tot 5000 dagen lijkt voor het gehele subgebied aanvaardbaar. De grote invloedssfeer die een bronbemaling in 1965 te Amstelveen heeft gehad - in de eenheid F3,8 zijn dalingen geconstateerd van 30 tot 50 cm - wijst eveneens in deze richting. De hoge c-waarde en de betrekkelijk geringe verticale drukverschillen resulteren in een lage verticale stroming; voor de kweleenheden 0,10 tot 0,25 mm/dag en voor de infiltratie-eenheden 0,3 tot 1 mm /dag;
- c. daar de gesommeerde infiltratie de totale kwel overtreft en bovendien het 'diepe' grondwater dat het subgebied binnenstroomt voor een belangrijk deel afkomstig is van infiltratiepolders, heeft een sterke verzoeting van het 'diepe' grondwater plaats gehad. Uit de isohalinenkaarten op de diverse niveaus komt dit duidelijk tot uiting, evenals de invloed van de onderscheiden infiltratie-eenheden op het verloop van de isochloren. De rug van brak water, welke op het niveau van 35 tot 45 m-NAP wordt aangetroffen, vormt de begrenzing tussen de zoete grondwaterstroming vanuit de Westeinder Plassen en de noordelijk daarvan gelegen hoge gronden in zuidoostelijke richting en de grondwaterstroming vanuit de noordelijk gelegen infiltratie-eenheden.

#### Subgebied F4

Dit subgebied is gelegen ten oosten van de Kromme Mijdrecht en de Amstel. Tengevolge van verschillen in polderpeilen van 3,5 tot 4,5 m gecombineerd met lage c-waarden zijn hoge waarden voor zowel de infiltratie als de kwel berekend. In de polder Groot Mijdrecht en de polder Wilnis Veldzijde bedraagt de intensiteit van de kwel 5 mm/dag terwijl voor de aan genoemde polder grenzende Vinkeveensche Plassen een wegzijging van gemiddeld 2,6 mm/dag is gevonden. De infiltratie is voor het gehele subgebied uit fig. 17 berekend op  $97\ 173\ \text{m}^3/\text{dag}$  en de kwel op  $130\ 976\ \text{m}^3/\text{dag}$ .

Voor de opbrengst van gasbronnen en wellen in de eenheden F4,11; F4,12 en F4,13 geeft het onderzoek in 1942  $2880\ \text{m}^3/\text{dag}$ ; hieruit is de huidige opbrengst gesteld op  $1440\ \text{m}^3/\text{dag}$ .

Het voorkomen van gasbronnen in de infiltratie-eenheid F4,11 is te verklaren doordat er zowel kwel als infiltratie voorkomt, waarbij infiltratie overheerst. De gasbronnen zijn gesitueerd in het westelijk gedeelte met kwel.

De wateronttrekking door de industrie bij Uithoorn bedraagt  $7945\ \text{m}^3/\text{dag}$ . Uit beide isohypsenkaarten volgt dat het subgebied geen afvoer heeft (fig. 10 en 12). Voor de ondergrondse toestroming uit subgebied F3 bij Uithoorn is in het voorgaande  $5500\ \text{m}^3/\text{dag}$  berekend, zodat substitutie van de bekende factoren in (10) geeft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 + 5500 = 130\ 976 - 97\ 173 + 1440 + 7945 = 43\ 188\ \text{m}^3/\text{dag} \quad (18)$$

Aangezien de oostelijke begrenzing niet parallel verloopt aan de isohypsen van de eerste watervoerende laag wordt de eerste term van het linkerlid van (18) als volgt berekend, zie fig. 19.

$$Q_{i1} = \{9 \times 0,3 + 3,5 \times 0,4 + 0,75 \times 0,5\} \times k_1 D_1 = 4,48 k_1 D_1 \quad (19)$$

De  $kD$ -waardenkaart verschaft ter plaatse van de oostelijke begrenzing geen directe informatie. Naderhand zijn uit boring L69 en

L70, gelegen langs bovengenoemde begrenzing, voor de eerste water-voerende laag  $k_1 D_1$ -waarden getaxeerd van 1250 en 850  $m^2/dag$ , op grond waarvan voor  $k_1 D_1$  1000  $m^2/dag$  is genomen. Uit fig. 20 volgt voor  $n_2$  12,5 en voor  $\Delta h_2$  1 m. Uitwerking van (18) en (19) geeft:

$$12,5 \sum k_2 D_2 = 33\ 208\ m^3/dag \rightarrow k_2 D_2 = 2650\ m^2/dag$$

Uit de isohypsenkaarten en fig. 17 blijkt dat de infiltratie-eenheden F4,1 tot en met F4,8 en het kwelgebied F4,13 een hydrologische eenheid vormen. De intensiteit van de 'diepe' grondwaterstroming bij de oostelijke begrenzing vermeerderd met de wegzijging uit de genoemde infiltratie-eenheden is praktisch gelijk aan de kwel in eenheid F4,13. De berekende  $\sum k_2 D_2$ -waarde is grotendeels op deze vergelijking gebaseerd.

De sterk toenemende gradiënt in de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag vanaf de oostelijke begrenzing naar de kwel-eenheid F4,13 duidt op een belangrijke wegzijging vanuit de Vinkeveense Plassen en de zuidelijk daarvan gelegen eenheid F4,8. Uit de kwel-infiltratiekaart volgt als gemiddelde waarde voor  $v_z(i)$  voor de Vinkeveense Plassen en F4,8 respectievelijk 2,6 en 0,86 mm/dag. Daar de breedte van F4,8 ongeveer een factor 1,5 groter is wordt als vergelijkbare waarde 1,3 mm/dag verkregen. Het verschil in toestroming alsmede de enigszins cirkelvormige begrenzing tussen F4,8 en F4,13 in achtgenomen, kan worden gesteld dat op de grens van de kweleenheid met de Vinkeveense Plassen de intensiteit van de 'diepe' grondwaterstroming bij benadering twee keer zo groot is als op de grens met eenheid F4,8. Deze veronderstelling wordt door beide isohypsenkaarten bevestigd.

Voor de eenheid F4,1 is als infiltratie 13 356  $m^3/dag$  berekend; uit beide isohypsenkaarten gecombineerd met  $k_1 D_1 = 1000\ m^2/dag$  en  $\sum k_2 D_2 = 2650\ m^2/dag$  volgt een infiltratie van  $\approx 2100\ m^3/dag$ . Het verschil kan worden verklaard doordat enerzijds het verloop van de isohypsen niet geheel juist is, anderzijds doordat de voor de eenheid aangenomen c-waarde te laag is. Veronderstellen we dat de gradiënt in de eerste watervoerende laag op de grens van F4,1 en F4,13 gelijk is aan die van F4,3 en F4,13, dan wordt de intensiteit

van de 'diepe' grondwaterstroming op de grens tussen F4,1 en F4,13 in de eerste watervoerende laag  $7500 \text{ m}^3/\text{dag}$  en in de tweede  $2400 \text{ m}^3/\text{dag}$ , in totaal  $9900 \text{ m}^3/\text{dag}$ . Dit bedrag dient te worden verminderd met globaal  $2300 \text{ m}^3/\text{dag}$  voor de ondergrondse toestroming door beide watervoerende lagen naar F4,1; voor de infiltratie in F4,1 wordt nu  $\approx 7600 \text{ m}^3/\text{dag}$  verkregen. Als gevolg van de verandering van de isohypsen is het gemiddelde verticale drukverschil groter geworden, hetgeen resulteert in een infiltratie, die  $> 13\,356 \text{ m}^3/\text{dag}$  is.

Uit het vorige komt duidelijk naar voren dat de aangenomen c-waarde te laag is. In hoeverre het verloop van de isohypsen gewijzigd dient te worden is niet met zekerheid vast te stellen; in de hierboven uitgevoerde berekeningen varieert de infiltratie berekend uit isohypsenkaarten en kD-waarden van  $2100$  tot  $7600 \text{ m}^3/\text{dag}$  voor de eenheid F4,1, waarbij op grond van de isohypsenkaart in fig. 10 mag worden verwacht dat de eerstgenoemde waarde de werkelijkheid het dichtst benadert. Bij een infiltratie van  $2100 \text{ m}^3/\text{dag}$  wordt de c-waarde hoger dan  $5000$  dagen (fig. 28); aanpassing van de c-waardekaart heeft tot gevolg dat  $v_2(i)$   $0,4 \text{ mm/dag}$  wordt (fig. 17 en 27) en de totale infiltratie voor eenheid F4,1  $4240 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

Verwerking van de correctie voor F4,1 in (18) geeft als uiteindelijke  $\sum k_2 D_2$ -waarde  $3400 \text{ m}^2/\text{dag}$  hetgeen bij een  $k_1 D_1$  van  $1000 \text{ m}^2/\text{dag}$  neerkomt op een  $\sum kD$ -waarde van  $4400 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

De in de eenheid F4,10 voorkomende wateronttrekking van gemiddeld  $7945 \text{ m}^3/\text{dag}$  wordt gecompenseerd door een 'diepe' toestroming van  $5500 \text{ m}^3/\text{dag}$  vanuit subgebied F3 vermeerderd met een infiltratie van  $1848 \text{ m}^3/\text{dag}$  in de eenheid zelf alsmede  $400 \text{ m}^3/\text{dag}$  afkomstig uit het noordelijk gedeelte van F4,9 en ongeveer  $200 \text{ m}^3/\text{dag}$  uit de eenheid F4,11.

De totale kwel in de eenheid F4,12 van  $2976 \text{ m}^3/\text{dag}$  is gelijk aan de infiltratie van  $3373 \text{ m}^3/\text{dag}$  in de eenheid F4,9 verminderd met het hierboven genoemde bedrag van  $400 \text{ m}^3/\text{dag}$  voor F4,10.

Samenvatting van het verrichte onderzoek in subgebied F4:

- a. in het subgebied zijn hoge kwel- en infiltratie-intensiteiten gevonden;

in de polders Groot Mijdrecht en Wilnis Veldzijde is voor  $v_z(k)$  5 mm/dag berekend, terwijl de wegzijging vanuit de Vinkeveense Plassen is gesteld op gemiddeld 2,6 mm/dag. Uit maalcijfers is voor de polder Groot Mijdrecht als gemiddeld waterbezwaar tengevolge van de kwel 5,7 mm/dag afgeleid (MONHEMIUS en VLIAGER, 1963). Bewerking van recente afvoergegevens van de twee genoemde polders leverde als waarde voor de kwel respectievelijk 5,9 en 5,4 mm/dag. Rekening houdende met het verschil in oppervlakte van de twee polders vinden we voor de eenheid F4,13 als gemiddelde waarde voor de kwel 5,6 mm/dag.

De uit de waterbalans berekende waarde voor de kwel is globaal 10% groter dan die uit de kwel-infiltratiekaart. Hoewel de toegepaste methode van onderzoek een dergelijke afwijking tolereert is de mogelijkheid niet uitgesloten dat evenals in de Haarlemmermeer het Hoofdkanaal een drainerende werking heeft.

- b. de hoge kwelintensiteit in F4,13, de sterke wegzijging vanuit de Vinkeveense Plassen en de relatief lage verticale stromingen in de eenheden F4,11 en F4,12 hebben een duidelijke invloed gehad op de topografie van de zoet-zout-watergrens. Het reliëf hiervan wordt gekenmerkt door een rug van betrekkelijk zout water op een diepte van minder dan 10 m beneden maaiveld in de eerstgenoemde eenheid. De helling van het zoutfront heeft in oostelijke richting een sterke en in westelijke richting een zwakke helling.

Het verloop van de noordelijke begrenzing van het subgebied is praktisch gelijk aan dat van de isochloor van 500 mgr.  $C1^{-1}$  op het niveau van 15-25 m - NAP doordat de ten noorden van F4,1 en F4,2 gelegen Holendrecht en Bullewijker polder een hoge kwel hebben, hetgeen in de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag is waar te nemen.

- c. bij een  $k_1 D_1$ -waarde van  $1000 \text{ m}^2/\text{dag}$  is voor  $\sum k_2 D_2$   $3400 \text{ m}^2/\text{dag}$  berekend.

De hoge kwel in de eenheid F4,13 alsmede de uit pompproef nr 38 berekende  $kD$ -waarde van  $3250 \text{ m}^2/\text{dag}$ , welke is uitgevoerd langs

de oostzijde van de polder Groot Mijdrecht, duiden op een hoge  $\sum kD$ -waarde. Voor een groot gedeelte van het subgebied lijkt de verticale weerstand van de Formatie van Kedichem van weinig betekenis.

#### Subgebied F5

Dit subgebied is voornamelijk gelegen tussen de Oude Rijn, het Aarkanaal, de Drecht en de Kromme Mijdrecht. Er is een zekere mate van overeenstemming met subgebied F4; evenals in dat subgebied wordt F5 gekenmerkt door een aaneengesloten complex van laaggelegen polders, dat langs de rand wordt begrensd door relatief hooggelegen gronden en plassen waarvan het peil enkele meters hoger is.

Uit fig. 17 is de totale kwel en infiltratie berekend op respectievelijk 46 950 en 34 866 m<sup>3</sup>/dag.

Voor de opbrengst van gasbronnen en wellen is 3660 m<sup>3</sup>/dag genomen (was 7330 m<sup>3</sup>/dag in 1942).

Wateronttrekking ten behoeve van de industrie wordt in het subgebied niet aangetroffen; uit de isohypsenkaarten volgt dat er geen ondergrondse afstroming plaatsvindt, verder is voor de ondergrondse toestroming vanuit subgebied F2 1100 m<sup>3</sup>/dag gevonden, zodat substitutie van de bekende grootheden in (10) geeft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 + 1100 = 46\,950 - 34\,866 + 3660 \quad (20)$$

De eerste term van het linkerlid van (20) heeft betrekking op de wegzijging vanuit de Oude Rijn en het Aarkanaal en de ondergrondse toestroming door de eerste watervoerende laag langs de oostelijke begrenzing. De wegzijging  $Q'_{i_1}$  vanuit de Oude Rijn en het Aarkanaal (zie fig. 19 en 20) is:

$$Q'_{i_1} = n'_1 \times \Delta h_1 \times k_1 D_1 - 10 \times F'_{5,4} \times v_2(i) \quad (21)$$

$n'_1 = 8$ ;  $\Delta h_1 = 0,5$  m;  $k_1 D_1$  is uit de  $kD$ -waardenkaart gesteld op 1300 m<sup>2</sup>/dag;  $F'_{5,4}$  is een onderdeel van de eenheid F5,4 en heeft een oppervlakte van 920 ha;  $v_2(i) = 0,15$  mm/dag.

Uitwerking van (21) geeft:

$$Q'_{i_1} = 8 \times 0,5 \times 1300 - 10 \times 920 \times 0,15 = 3820 \text{ m}^3/\text{dag} \quad (21)$$

De ondergrondse toestroming door de eerste watervoerende laag langs de oostelijke begrenzing volgt uit fig. 19. Het aantal 'vierkantjes' bedraagt 1,8.  $\Delta h_1 = 0,5$  m en  $k_1 D_1$  is  $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

We krijgen nu:

$$Q''_{i_1} = n_1'' \times \Delta h \times k_1 D_1 = 1,8 \times 0,5 \times 1500 = 1350 \text{ m}^3/\text{dag} \quad (22)$$

Voor de toestroming door de eerste watervoerende laag inclusief de wegzijging vanuit de Oude Rijn in het Aarkanaal vinden we  $5170 \text{ m}^3/\text{dag}$ . Substitutie hiervan alsmede 3,5 voor  $n_2$  en 1 m voor  $\Delta h_2$  in (20) geeft:

$$3,5 \sum k_2 D_2 = 9474 \rightarrow \sum k_2 D_2 = 2700 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Als controle op de kwel-infiltratiekaart en de verkregen  $\sum k_2 D_2$ -waarde is voor een gedeelte van het subgebied aan de hand van fig. 17, 19 en 20 de volgende vergelijking samen te stellen:

$$\begin{aligned} 10 \times F_{5,6} \times v_z(k) + 10 \times F_{5,8} \times v_z(k) + G &= 10 \times F_{5,1} \times v_z(i) - \\ - 10 \times F_{5,2} \times v_z(k) + 10 \times F'_{5,3} \times v_z(i) + \frac{1}{2} A, F_2 &+ 10 \times F_{5,7} \times \\ \times v_z(i) + 10 \times F'_{5,12} \times v_z(i) - 10 \times F'_{5,10} \times v_z(k) &+ n_1^0 \times \Delta h_1 \times \\ \times k_1 D_1 + n_2^0 \times \Delta h_2 \times \sum k_2 D_2 & \end{aligned} \quad (23)$$

De oppervlakken  $F_{5,n}$  kunnen door planimetreren worden bepaald uit fig. 17, de waarden voor  $v_z$  volgen uit dezelfde figuur, de opbrengst  $G$  van gasbronnen voor de eenheden  $F_{5,6}$  en  $F_{5,8}$  is gesteld op  $1260 \text{ m}^3/\text{dag}$ ,  $\frac{1}{2} A, F_2$  is de helft van de ondergrondse afstroming van subgebied  $F_2$  en bedraagt  $550 \text{ m}^3/\text{dag}$ , de waarden voor  $n_1^0, n_2^0, \Delta h_2$  volgen uit

fig. 19 en 20 terwijl voor  $k_1 D_1$  en  $\sum k_2 D_2$  respectievelijk waarden zijn aangehouden van 1000 en 2700 m<sup>2</sup>/dag. Substitutie van de grootheden in (23) en uitwerking geeft:

$$16\ 610 + 252 + 1260 = 3750 - 684 + 1377 + 550 + 3600 + 7050 - 967 + \\ + 450 + 3000 \\ 18\ 122 \approx 18\ 126$$

Uit het bovenstaande volgt dat de termen aan weerszijden van het gelijkteken in (23) praktisch aan elkaar gelijk zijn, hetgeen een bevestiging inhoudt van de juistheid van de kwel-infiltratiekaart en de gevonden kD-waarden.

De eenheden F5,9 en F5,10 vormen tezamen de polder Nieuwkoop. Uit de kwel-infiltratiekaart volgt voor de kwel 27 544 m<sup>3</sup>/dag, de opbrengst van gasbronnen en wellen ter grootte van 2400 m<sup>3</sup>/dag meegerekend, brengt het totale waterbezwaar als gevolg van de ondergrondse toestroming op 29 944 m<sup>3</sup>/dag. Bij een oppervlakte van 2680 ha volgt voor de gemiddelde kwel 1,0mm/dag, welke waarde een redelijke overeenstemming vertoont met de uit de waterbalans verkregen waarde (COUWENHOVEN, TOUSSAINT; 1969).

De belangrijkste punten betreffende het subgebied F5 zijn:

- a. voor  $\sum k_2 D_2$  is 2700 m<sup>2</sup>/dag berekend, hetgeen bij een  $k_1 D_1$ -waarde van 1000 tot 1500 m<sup>2</sup>/dag neerkomt op een  $\sum kD$ -waarde van 3700 tot 4200 m<sup>2</sup>/dag.
- b. in de isohalinenkaarten op het niveau 15-25; 25-35; 35-45 m - NAP (VAN REES VELLINGA, TOUSSAINT en VAN GILS, 1972) komt duidelijk de invloed van de infiltratie- en kweleenheden naar voren. De mogelijkheid is niet uitgesloten dat in de isohalinenkaart op het niveau 35-45 m-NAP aan weerszijden van de Oude Rijn tussen Bodegraven en Alphen het chloride-gehalte lager moet zijn dan 500 mg/l en dat de verbreiding van de 500 en 1000 mg/l lijn ten oosten van de lijn Bodegraven - Zevenhoven geringer is. In de kaart op het niveau 45-55 m - NAP komen chloride gehalten groter dan 1000 mg/l niet voor; in aansluiting op het niveau 35-45 m-NAP is er alle reden om aan te nemen dat deze wel



aanwezig zijn.

Bij een vergelijking van de kweleenheden van subgebied F5 (polder Nieuwkoop en polder Zevenhoven) met die van subgebied F4 (polder Groot Mijdrecht en polder Wilnis Veldzijde) komt in de isohalinenkaarten naar voren dat de zoet-zout-watergrens in de eerstgenoemde polders veel dieper beneden NAP ligt. De oorzaak hiervan is de veel hogere verticale weerstand van het afdekkend pakket in de polders van F5 ten opzichte van die in F4.

- c. uit beide isohypsenkaarten wordt de indruk verkregen dat de kleiïge afzettingen van de Formatie van Kedichem in het westelijk gedeelte van de eenheid F5,12; in F5,4 en F5,11 een tamelijk afsluitende basis vormen van de eerste watervoerende laag; voor de eenheid F5,9 en F5,6 is de verticale weerstand van deze afzettingen gering.
- d. de wegzijging vanuit de Oude Rijn en het Aarkanaal naar de in het subgebied gelegen kwel-eenheden bedraagt ruim  $6500 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

#### Subgebied F6

Dit subgebied, gelegen aan weerszijden van de Oude Rijn rondom Bodegraven, heeft een oppervlakte van 1530 ha.

Uit de kwel-infiltratiekaart blijkt dat er alleen infiltratie voorkomt, in totaal  $4131 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

De wateronttrekking ten behoeve van de industrie en drinkwaterleidingbedrijven is gemiddeld  $3660 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

Daar er kenmerkende verschillen aanwezig zijn tussen het verloop van de isohypsen van beide watervoerende lagen, is aangenomen dat de kleiïge afzettingen van de Formatie van Kedichem de invloed van de tweede watervoerende laag hebben beperkt. Voor de toestroming is derhalve alleen rekening gehouden met de eerste watervoerende laag. Toepassing van (10) geeft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 - Q_u = - 4131 + 3660 \quad (24)$$

Uit fig. 19 volgt  $n_1$  en  $\Delta h_1$  respectievelijk 0,3 en 0,40 m.  $k_1 D_1$  is gesteld  $1200 \text{ m}^2/\text{dag}$ ; de verbrediging van het gebied in de kD-waardenkaart met een kD-waarde  $> 3000 \text{ m}^2/\text{dag}$  is langs de Oude Rijn

vanaf de rechterkant van de kaart wellicht minder uitgestrekt. Uitwerking van (24) na substitutie van de bekende waarden geeft voor  $Q_u$   $615 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

#### Subgebied F7

Dit subgebied is globaal gelegen ten zuiden van de Oude Rijn en ten oosten van de Gouwe.

Uit fig. 17 is voor de kwel  $11\,500 \text{ m}^3/\text{dag}$  en voor de infiltratie  $16\,246 \text{ m}^3/\text{dag}$  berekend.

De wateronttrekking ten behoeve van de industrie bedraagt  $562 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

Uit fig. 20 volgt dat de ondergrondse toe- en afstroming door de tweede watervoerende laag praktisch aan elkaar gelijk zijn, namelijk respectievelijk  $1,3$  en  $1,25 \Delta h_2 \sum k_2 D_2$ ; de tweede watervoerende laag kan dus buiten beschouwing worden gelaten. Wat de eerste watervoerende laag betreft, de begrenzing van het subgebied is zodanig gekozen dat de ondergrondse afstroming  $Q_u$  nul is.

Substitutie van de bekende waarden in (10) waarbij de ondergrondse toestroming vanuit subgebied F6  $615 \text{ m}^3/\text{dag}$  is, geeft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + 615 = 11\,500 - 16\,246 + 562 \quad (25)$$

Het linkerlid van (25) heeft ondermeer betrekking op wegzijging vanuit de Oude Rijn en de ondergrondse toestroming door de eerste watervoerende laag langs de oostelijke begrenzing. De wegzijging  $Q'_{i_1}$  van de Oude Rijn (zie fig. 19), is:

$$Q'_{i_1} = B \times k_1 D_1 \times \frac{\Delta h}{\Delta x} - 10 \times F'_{7,1} \times v_z(i) \quad (26)$$

$B = 3000 \text{ m}$ ;  $k_1 D_1 = 1200 \text{ m}^2/\text{dag}$ ; de gemiddelde waarde voor  $\frac{\Delta h}{\Delta x} = 0,00022$ ;  $F'_{7,1} = 210 \text{ ha}$  en  $v_z(i) = 0,15 \text{ mm}/\text{dag}$ . Substitutie hiervan in (26) en vervolgens uitwerking hiervan geeft:

$$Q'_{i_1} = 3000 \times 1200 \times 0,00022 - 10 \times 210 \times 0,15 = 477 \text{ m}^3/\text{dag}$$

De ondergrondse toestroming door de eerste watervoerende laag vanaf de oostelijke begrenzing volgt uit fig. 13 en 19. Het aantal 'vierkantjes' bedraagt 3,25,  $\Delta h_1 = 0,50$  m en  $k_1 D_1$  is  $900 \text{ m}^2/\text{dag}$ . Voor de toestroming vinden we:

$$Q''_{i_1} = n''_1 \times \Delta h_1 \times k_1 D_1 = 3,25 \times 0,50 \times 900 = 1463 \text{ m}^3/\text{dag} \quad (27)$$

De toestroming door de eerste watervoerende laag inclusief de wegzijging vanuit de Oude Rijn wordt  $1940 \text{ m}^3/\text{dag}$ . Uit substitutie hiervan in (25) volgt dat de kwel te laag of de infiltratie te hoog is berekend. Daar de kwel is gebaseerd op de waterbalans van de Middelburg polder, waarvan mag worden aangenomen dat deze in grootte-orde juist is, lijkt een te hoog berekende infiltratie het meest waarschijnlijk. Daar verandering van de c-waarde van de eenheden F7,1 en F7,6 op grond van verkregen gegevens niet zinvol lijkt, resteren de eenheden F7,2; F7,4 en F7,5. Voor de infiltratie van deze eenheden is  $10\ 303 \text{ m}^3/\text{dag}$  berekend, om beide leden van (25) aan elkaar gelijk te krijgen dient de infiltratie  $3564 \text{ m}^3/\text{dag}$  te worden. Dit kan worden bereikt door de c-waarde een factor 2,9 groter te nemen, deze wordt dan  $\approx 11\ 000$  dagen (fig. 28). Uitgaande van de gecorrigeerde c-waarde zijn voor de eenheden F7,2; F7,4 en F7,5 nieuwe waarden voor  $v_2(i)$  berekend, welke in fig. 17 zijn aangegeven.

De voor subgebied F7 verkregen resultaten komen op het volgende neer:

- a. de invloed van de tweede watervoerende laag is beperkt, hetgeen zou kunnen wijzen op een afsluitende functie van de kleiïge afzettingen van de Formatie van Kedichem;
- b. als gevolg van het feit dat de polder Broekvelden en Vettenbroek, gelegen in eenheid F7,6, gelegen ten noorden van de Reeuwijkse Plassen met oorspronkelijk een polderpeil van 6,30 m - NAP, halverwege 1971 onder water is gezet, is de Middelburgpolder momenteel de enige kweleenheid van het subgebied. Het onder water zetten van eerstgenoemde polder en de later aangevangen zandwinning, waardoor de afsluitende werking van het afdekkend

pakket is verdwenen, hebben een stijging van het 'diepe' grondwater veroorzaakt. In fig. 22 is dit weergegeven voor put nr 27, gelegen op een afstand van ongeveer 3,5 km van de onder water gezette polder. Het is duidelijk dat de verandering van de kwelpolder Broekvelden en Vettenbroek met een hoge kwel - afgeleid uit de isohypsenkaart over het jaar 1965, fig. 11 - in een infiltratiegebied, de kwel in de Middelburgpolder zal doen toenemen;

c. de wegzijging vanuit de Oude Rijn naar het subgebied is berekend op  $480 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

#### Subgebied F8

Dit subgebied is gelegen ten zuiden van de Oude Rijn en grotendeels ten westen van de Gouwe.

De verandering van de c-waarde voor het subgebied F7 en in het bijzonder van de eenheid F7,2 heeft tot gevolg gehad dat de lijn, aangevende een weerstand van 5000 dagen, is getrokken langs de grens van de eenheden F8,2 en F8,3 (fig. 28). De infiltratie uit de eenheid F8,2 is hierdoor afgenomen van 0,66 tot 0,21 mm/dag. Uitgaande van de laatste waarde is de infiltratie totaal berekend op  $5618 \text{ m}^3/\text{dag}$  en de kwel op  $11\,568 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

De opbrengst aan gasbronnen is gesteld op  $660 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

De ondergrondse afstroming door de eerste watervoerende laag is nul, die van de tweede watervoerende laag  $0,5 \sum k_2 D_2$ , zie fig. 23b.

Toepassing van (10) geeft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 - 0,5 \sum k_2 D_2 = 11\,568 - 5618 + 660 \quad (28)$$

De eerste term van het linkerlid van (28) heeft mede betrekking op de wegzijging vanuit de Oude Rijn.

Uit fig. 17 en 19 volgt voor de wegzijging  $Q_{i_1}$  uit de Oude Rijn

$$Q_{i_1} = n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 - 10 \times F'8,1 \times v_2(i) \quad (29)$$

$n_1 = 4$ ;  $\Delta h_1 = 0,5$  m;  $k_1 D_1$  is uit de kD-waardenkaart gesteld op  $1200 \text{ m}^2/\text{dag}$ , de oppervlakte van F'8,1 bedraagt 880 ha en  $v_z(i) = 0,15$  mm/dag. Substitutie van bovengenoemde grootheden in (29) en vervolgens uitwerken geeft voor  $Q_1$   $1080 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

De ondergrondse toestroming door<sup>1</sup>de tweede watervoerende laag is samengesteld uit  $1,25 \sum k_2 D_2$  vanaf de begrenzing met subgebied F7 en uit  $3 \times 0,5 \times \sum k_2 D_2$  vanuit de Oude Rijn, zie fig. 20. Substitutie van de nu bekende factoren in (28) geeft:

$$1080 + 2,25 \sum k_2 D_2 = 11\ 568 - 5618 + 660$$

$$\sum k_2 D_2 \approx 2500 \text{ m}^2/\text{dag}$$

De verkregen resultaten van het subgebied F8 zijn:

- a. bij een  $k_1 D_1$ -waarde van  $1200 \text{ m}^2/\text{dag}$  is  $\sum k_2 D_2$  berekend op  $2500 \text{ m}^2/\text{dag}$ .
- b. de wegzijging vanuit de Oude Rijn bedraagt  $4830 \text{ m}^3/\text{dag}$ , het gevolg hiervan wordt duidelijk geïllustreerd in de isohalinenkaarten op de niveaus 35-45 en 45-55 m-NAP door het voorkomen van een zoet waterzak ten zuiden van Alphen. Dat deze zoet watervoorraad voornamelijk is gevormd door wegzijging vanuit de Oude Rijn en niet door infiltratie in de eenheid F8,1 kan worden afgeleid uit de isohalinenkaart op het niveau 8-12 m-NAP (WIJNSMA; 1972) deze kaart toont, dat het grondwater ten zuiden van Alphen 200-1000 mg  $\text{Cl}^-/1$  bevat.

#### Subgebied F9

Dit subgebied strekt zich uit van Leiderdorp tot voorbij Alphen aan weerszijden van de Oude Rijn.

Daar de variatie in de waarden  $v_z$  gering is en er alleen infiltratie plaats heeft is geen indeling in eenheden toegepast. De oppervlakte van het subgebied bedraagt 2090 ha, hetgeen bij een waarde van  $v_z(i) = 0,13$  mm/dag leidt tot een infiltratie van  $2717 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

Voor de wateronttrekking volgt uit fig. 18 gemiddeld  $14\ 000\ \text{m}^3/\text{dag}$ .

Uit fig. 19 blijkt dat de ondergrondse toestroming door de eerste watervoerende laag praktisch nihil is en de afstroming  $1500\ \text{m}^3/\text{dag}$  bedraagt. Voor de tweede watervoerende laag volgt uit fig. 20 voor de ondergrondse toe- en afstroming respectievelijk 400 en  $2875\ \text{m}^3/\text{dag}$ . De netto afstroming bedraagt dus  $3975\ \text{m}^3/\text{dag}$ .

Voor de wegzijging vanuit de Oude Rijn vinden we  $14\ 000 + 3975 - 2717 = 15\ 208\ \text{m}^3/\text{dag}$ . Evenals voor subgebied F8 vinden we ook hier een belangrijke invloed van de Oude Rijn op het chloridegehalte van het 'diepe' grondwater, hetgeen tot uiting komt in de isohalinenkaarten op de diverse niveaus.

#### Subgebied F10

Dit gebied is gelegen tussen Leiden, Den Haag, Pijnacker en Hazerswoude. Vanuit de in het noordwestelijk gedeelte relatief hooggelegen polders, een smalle strook ten westen van Zoetermeer alsmede enkele langs de zuidelijke begrenzing gesitueerde polders vindt wegzijging plaats naar de laaggelegen polders. De infiltratie is uit fig. 17 berekend op  $31\ 696\ \text{m}^3/\text{dag}$  en de kwel op  $55\ 243\ \text{m}^3/\text{dag}$ . Daar in de kwelpolders open leidingen met boezempeil voorkomen, waaruit wegzijging optreedt, is de totale kwel slechts gedeeltelijk afkomstig van ondergrondse toestroming. Het hierboven genoemde bedrag voor de kwel zou dus moeten worden verminderd met de wegzijging bij toepassing van (10) voor het berekenen van  $kD$ -waarden. Vanwege het ontbreken van gegevens omtrent de wegzijging, die bovendien wellicht gering is ten opzichte van de ondergrondse aanvoer, is dit allereerst achterwege gelaten. Naderhand zal een globale berekening worden uitgevoerd ten aanzien van de invloed van deze grootheid op de waarde van  $v_2(k)$  en de daaruit voortvloeiende consequenties voor de  $c$ -waardenkaart.

De opbrengst van gasbronnen en wellen was in 1942 gesteld op  $4980\ \text{m}^3/\text{dag}$ , waarbij de in Delfland gelegen gasbronnen buiten beschouwing zijn gelaten daar deze praktisch allemaal zijn gedicht. Voor de huidige opbrengst is om reeds genoemde redenen  $2500\ \text{m}^3/\text{dag}$  genomen.

Bij Zoetermeer wordt de grootste industrie-onttrekking van gemiddeld 2548 m<sup>3</sup>/dag aangetroffen, verder is bij Voorschoten een onttrekking van 137 m<sup>3</sup>/dag, terwijl van de onttrekking bij Leidschendam ter grootte van 712 m<sup>3</sup>/dag de helft is genomen omdat deze op de zuidwestelijke begrenzing ligt. In totaal bedraagt de industrie-onttrekking 3041 m<sup>3</sup>/dag.

Daar de gradiënt in de eerste watervoerende laag langs de zuidelijke begrenzing praktisch nul is, is de afstroming door deze laag verwaarloosd; voor de tweede watervoerende laag is de ondergrondse afstroming naar subgebied F12 van 0,5  $\sum k_2 D_2$  gelijk gesteld aan de toestroming van 0,5  $\sum k_2 D_2$  van subgebied F8, zie fig. 20 en 23b.

Substitutie van de grootheden in (10) geeft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 = 55\,243 - 31\,696 + 2500 + 3041 \quad (30)$$

Vanwege het feit dat de toestroming door de eerste watervoerende laag zowel plaats vindt langs de noordwestelijke begrenzing als vanuit de Oude Rijn is de eerste term van het linkerlid van (30) gesplitst in:

$$Q_{i_1} = n_1' \Delta h_1' k_1 D_1' + n_1'' \Delta h_1'' k_1 D_1'' - 10 \times F'10,1 \times v_2(i) \quad (31)$$

Uit fig. 19 en 23a volgt voor  $n_1'$  en  $n_1''$  respectievelijk 7,2 en 2,0;  $\Delta h_1'$  en  $\Delta h_1''$  zijn 0,5 m; uit de  $kD$ -waarden is voor  $k_1 D_1'$  2000 m<sup>2</sup>/dag en voor  $k_1 D_1''$  1900 m<sup>2</sup>/dag afgeleid;  $F'10,1$  is een onderdeel van de eenheid F10,1 en heeft een oppervlakte van 470 ha terwijl  $v_2(i) = 0,09$  mm/dag uit fig. 17 volgt. Uitwerking van (31) geeft:

$$Q_{i_1} = 7,2 \times 0,5 \times 2000 + 2 \times 0,5 \times 1900 - 10 \times 470 \times 0,09 = 8677 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Substitutie van  $Q_{i_1}$  in (30) geeft:

$$n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 = 20\,411$$

Uit fig. 20 en 23b volgt dat de ondergrondse toestroming door de tweede watervoerende laag vanaf de duinen 3,5 'vierkantje' bedraagt; de toename van het produkt  $(n_2 \Delta h_2) = (0,09)$  tot  $(0,12)$  langs de noordwestelijke begrenzing in fig. 23b is verwaarloosd. Daar  $\Delta h_2 = 1$  m krijgen we:

$$3,5 \sum k_2 D_2 = 20\,411 \text{ m}^3/\text{dag} \rightarrow \sum k_2 D_2 = 5800 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Bij een  $k_1 D_1$ -waarde van  $2000 \text{ m}^2/\text{dag}$  wordt  $\sum k D$   $7800 \text{ m}^2/\text{dag}$ . Deze onwaarschijnlijk hoge waarde is mogelijk het gevolg van een onjuiste interpretatie van de c-waardenkaart voor een deel van het subgebied. Een nadere beschouwing van die eenheden, waarvan mede op grond van andere gegevens zoals de isohalinenkaarten mag worden aangenomen dat de c-waarde goed is en/of de invloed van de tweede watervoerende laag gering is, kan wellicht meer exacte gegevens opleveren. Hiervoor is het subgebied in fig. 23a en b respectievelijk voor de eerste en tweede watervoerende laag weer-gegeven met een vereenvoudigde opdeling in eenheden. Afhankelijk van de richting van de grondwaterstroming zijn langs de begrenzing van elke eenheid 'vierkantjes' getekend. Daar  $\Delta h_1$  en  $\Delta h_2$  geen constante waarde hebben, zijn voor het verkrijgen van een meer directe indruk omtrent ondergrondse toe- en afstroming van de eenheden tussen haakjes de produkten  $n_1 \Delta h_1$  en  $n_2 \Delta h_2$  gegeven. De waarden voor  $v_2$  zijn verkregen uit fig. 17.

Voor de eenheden  $F^{010,1}$  en  $F^{010,2}$  is de volgende vergelijking op te stellen:

$$(0,65) k_1 D_1 + (1,0) k_1 D_1 + (0,94) \sum k_2 D_2 + 10 \times F^{010,2} \times 0,12 = (2,25) k_1 D_1 + (1,64) \sum k_2 D_2 \quad (32)$$

De  $k_1 D_1$ -waarden voor de desbetreffende begrenzingen volgen uit de  $kD$ -waardenkaart, terwijl de oppervlakte van  $F^{010,2}$  1785 ha bedraagt.



Uitwerking van (32) geeft:

$$(0,65) \times 2000 + (1,0) \times 1900 + (0,94) \sum k_2 D_2 + 2142 = (2,25) \times 1800 + \\ + (1,64) \sum k_2 D_2 \quad 0,7 \sum k_2 D_2 = 1292 \rightarrow \sum k_2 D_2 = 1850 \text{ m}^2/\text{dag}$$

De nu verkregen  $\sum k_2 D_2$ , welke ongeveer een factor 3 kleiner is dan de eerder berekende, sluit beter aan bij de voor de aangrenzende subgebieden verkregen uitkomsten. Hierbij dient te worden opgemerkt dat een geringe wijziging in de  $kD$ -waarden, de produkten  $(n_1 \Delta h_1)$ ,  $(n_2 \Delta h_2)$  en  $v_z(i)$  in (32) een grote procentuele afwijking van  $\sum k_2 D_2$  kan geven. Om deze reden zullen twee waarden voor  $\sum k_2 D_2$  worden gehanteerd, namelijk 1850 en 5800  $\text{m}^2/\text{dag}$  waarbij naderhand de meest aannemelijke waarde zal worden gegeven.

Voor de eenheid  $F^{\circ}10,3$  geldt: ...

$$(2,2) k_1 D_1 + (1,88) \sum k_2 D_2 + 10 \times F^{\circ}10,3 \times v_z(i) = (2,88) k_1 D_1 + \\ + (2,35) \sum k_2 D_2 + I \quad (33)$$

Substitutie van  $k_1 D_1$ -waarden uit de  $kD$ -waardenkaart, 1440 ha voor  $F^{\circ}10,3$ ; 356  $\text{m}^3/\text{dag}$  als industrie-onttrekking voor  $I$  en de genoemde waarden voor  $\sum k_2 D_2$  geeft:

$$(2,2) \times 2000 + 10 \times 1440 \times v_z(i) = (2,88) \times 1900 + (0,47) \times \\ \times (1850 \rightarrow 5800) + 356 \rightarrow v_z(i) = 0,16 \text{ tot } 0,29 \text{ mm/dag}$$

Uit de verkregen waarde van  $v_z(i)$  blijkt dat de oorspronkelijke waarde van  $v_z(i) = 1,5 \text{ mm/dag}$  in fig. 17 te hoog is; de  $c$ -waarde zal globaal een factor 7 hoger zijn (fig. 28). Met de nieuw verkregen waarden voor  $v_z(i)$  van de eenheid  $F^{\circ}10,3$  is nu voor de eenheid  $F^{\circ}10,5$  de volgende vergelijking op te stellen, waarbij de gasbronnen en wellen vanwege hun geringe aantal zijn verwaarloosd:

$$(2,95) k_1 D_1 + (2,47) \sum k_2 D_2 + 10 \times F^{\circ} 10,3 \times v_z(i) - I + 10 \times$$

$$\times F^{\circ} 10,4 \times v_z(i) = (2,5) k_1 D_1 + (2,64) \sum k_2 D_2 + 10 \times F^{\circ} 10,5 \times v_z(k) \quad (34)$$

De  $k_1 D_1$ -waarden volgen uit de  $kD$ -waardenkaart, de oppervlakte van  $F^{\circ} 10,4$  en  $F^{\circ} 10,5$  bedraagt 1140 en 1905 ha, uit (33) kan worden afgeleid dat  $10 \times F^{\circ} 10,3 \times v_z(i) - I = 1072 + (0,47) \sum k_2 D_2$ , terwijl de waarde voor  $v_z(i)$  van de eenheid  $F^{\circ} 10,4$  volgt uit fig. 23a.

Uitwerking van (34) geeft:

$$(2,95) \times 1900 + (2,47) \sum k_2 D_2 + 1072 + (0,47) \sum k_2 D_2 + 10 \times 1140 \times$$

$$0,17 = (2,5) \times 1800 + (2,64) \sum k_2 D_2 + 10 \times 1905 \times v_z(k)$$

$$4115 + 0,3 (1850 + 5800) = 10 \times 1905 \times v_z(k)$$

$$v_z(k) = 0,25 \text{ tot } 0,31 \text{ mm/dag}$$

De uit (34) berekende waarde voor  $v_z(k)$  voor de eenheid  $F^{\circ} 10,5$  is globaal een factor 4 lager dan die, welke is aangegeven in fig. 23a; de  $c$ -waarde is voor deze eenheid dus te laag genomen.

Voor de eenheid  $F^{\circ} 10,6$  wordt de vergelijking:

$$(2,25) k_1 D_1 + (2,26) \sum k_2 D_2 + 10 \times F^{\circ} 10,7 \times v_x(i) = 10 \times F^{\circ} 10,6 \times$$

$$\times v_z(k) + G \quad (35)$$

Voor  $k_1 D_1$  is  $1800 \text{ m}^2/\text{dag}$  genomen,  $F^{\circ} 10,7$  heeft een oppervlakte van 745 ha met als waarde voor  $v_z(i)$ :  $0,28 \text{ mm/dag}$ , de oppervlakte van  $F^{\circ} 10,6$  bedraagt 4025 ha terwijl de opbrengst van gasbronnen is gesteld op  $1200 \text{ m}^3/\text{dag}$ .

Uitwerking van (35) geeft:

$$v_z(k) = \frac{(2,25) \times 1800 + (2,26)(1850 + 5800) + 10 \times 745 \times 0,28 - 1200}{10 \times 4025} =$$

$$= 0,23 \text{ tot } 0,45 \text{ mm/dag}$$

De oorspronkelijk gevonden waarden voor  $v_z(k)$  voor de eenheden F10,6; F10,8 en F10,9; welke gedeeltelijk een onderdeel zijn van  $F^{010,6}$ , vertonen uitgezonderd die van F10,6 een redelijke overeenkomst met de hierboven berekende waarden. Teneinde meer informatie omtrent de afwijkende waarde van  $v_z(k)$  voor F10,6 alsmede de kwelverdeling in  $F^{010,6}$  te verkrijgen is de intensiteit van de 'diepe' grondwaterstroming vanaf  $F^{010,2}$  in de richting van de zuidelijke begrenzing van het subgebied bepaald. Hiervoor is de 'vierkantjesmethode' toegepast in fig. 10 en 12, waarbij voor de tweede watervoerende laag rekening is gehouden met voeding langs de rand, zie fig. 23b. De  $k_1 D_1$ -waarde is uit de  $kD$ -waardenkaart gesteld op  $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$ , terwijl verder is aangenomen dat  $\sum k_2 D_2 = 2 k_1 D_1$ , gebaseerd op de verkregen resultaten van de aangrenzende subgebieden. In fig. 24 is de intensiteit van de 'diepe' grondwaterstroming in de eerste en tweede watervoerende laag alsmede in het gehele watervoerend pakket weergegeven waarbij  $x = 0$  samenvalt met de grens tussen  $F^{010,2}$  en  $F^{010,6}$ . De relatie tussen de 'diepe' grondwaterstroming in het gehele watervoerend pakket en de afstand tot  $F^{010,2}$  kan worden weergegeven door een rechte lijn. Uit de richtingscoëfficiënt van deze lijn en de breedte  $B$  van  $F^{010,6}$  kan  $v_z(k)$  worden berekend volgens:

$$\frac{dQ}{dx} = -\frac{v_z(k)}{B} \times 1000 \quad (36)$$

$\frac{dQ}{dx} = -1,2$ ;  $B = 5000 \text{ m}$ . Substitutie hiervan in (36) geeft  $v_z(k) = 0,24 \text{ mm/dag}$ . In aansluiting met deze berekende waarde geeft de uitkomst van (35) voor F10,6 een acceptabele waarde van 0,25 tot 0,45 mm/dag.

Aanpassing van (30) aan de gecorrigeerde waarden voor F10,2; F10,4 en F10,6 geeft als gemiddelde  $\sum k_2 D_2$ -waarde  $3600 \text{ m}^2/\text{dag}$ . Toepassing van deze waarden in (33), (34) en (35) resulteert in  $v_z(i) = 0,22 \text{ mm/dag}$  voor F10,2,  $v_z(k) = 0,27 \text{ mm/dag}$  voor F10,4 en  $v_z(k) = 0,32 \text{ mm/dag}$  voor F10,6. De nieuwe waarden  $v_z$  zijn in fig. 17 aangegeven.

De wegzijging vanuit open leidingen met boezempeil in de kwelpolders is reeds eerder genoemd. Voor het uitvoeren van een globale berekening is van het noordwestelijk gedeelte van het subgebied een gedetailleerde isohypsenkaart gemaakt, fig. 25. Langs een gedeelte van de Stompwijkse Vaart en de Ringsloot Zoetermeerse Meerpolder alsmede op enige afstand van genoemde leidingen zijn 'vierkantjes' getekend.

De wegzijging vanuit de openleidingen is berekend volgens:

$$q = \frac{(n_1' - n_1) \times \Delta h_1 \times k_1 D_1}{L} \quad (37)$$

waarin  $q$  = wegzijging in  $m^2$ /dag

$L$  = lengte van de leiding in  $m$

De waarden van  $n_1'$ ,  $n_1$ ,  $\Delta h_1$  en  $L$  volgen uit fig. 25, voor  $k_1 D_1$ -waarde is uit de  $kD$ -waardenkaart  $1800 m^2$ /dag genomen. Substitutie van de aangegeven waarden voor de leidingvakken AA', BB' en CC' levert als uitkomst voor  $q$ : 0,32; 0,42 en  $0,36 m^2$ /dag. Als gemiddelde wordt  $0,37 m^2$ /dag verkregen. De lengte van open leidingen met boezempeil in de kwelpolders bedraagt ongeveer 35 km, wat neerkomt op een totale wegzijging van  $\approx 13\ 000 m^3$ /dag. Daar in het noordwestelijk gedeelte van de kwelpolders relatief meer leidingen met boezempeil voorkomen, is tevens de wegzijging per eenheid berekend in  $m^3$ /dag. Door vervolgens te delen door de oppervlakte wordt een waarde  $v_z(w)$  verkregen, die toegevoegd aan de al dan niet gewijzigde waarden voor  $v_z(k)$  de uiteindelijke component voor de verticale stroming geeft. In tabel 1 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.

Tabel 1. Wegzijing, oppervlakte alsmede  $v_z(w)$  en  $v_z(k)$  van enige eenheden

Eenheid	Wegzijing ( $m^3/dag$ )	Oppervlakte (ha)	$v_z(w)$ ( $mm^2/dag$ )	$v_z(k)$ ( $mm^2/dag$ )	$v_z(w)+v_z(k)$ ( $mm^2/dag$ )
F10,4	4800	1550	0,31	0,27	0,58
F10,6	4520	2685	0,17	0,32	0,49
F10,7	980	455	0,22	0,21	0,43
F10,8	1930	2415	0,08	0,37	0,45
F10,9	850	835	0,10	0,18	0,28

Met de uiteindelijk verkregen waarden voor  $v_z$  en de stijghoogteverschillenkaart is de c-waarde opnieuw berekend voor die eenheden waar  $v_z$  is veranderd. De c-waardenkaart is vervolgens aan de nieuw verkregen waarden aangepast, (fig. 28). In de eenheid F10,2 gelegen ten westen van het Rijn-Schiekanaal is de c-waarde aanmerkelijk hoger geworden. De bij boring hd63, fig. 14, bepaalde c-waarde van 560 dagen, welke belangrijk lager is dan de gemiddelde waarde, zou er op kunnen wijzen dat de c-waarde plaatselijk grote verschillen vertoont. Voor het overige zijn de wijzigingen gering, het traject 1000 tot 2500 dagen met oorspronkelijk een gemiddelde c-waarde van 1200 dagen is gesplitst in twee delen met gemiddelde c-waarden van 1200 en 2300 dagen. De uit boring hd 60 en hd 64 verkregen c-waarden zijn aan de lage kant, de mogelijkheid is niet uitgesloten dat hier eveneens sprake is van een wisselende c-waarde.

Samenvattend komen de verkregen resultaten van subgebied F10 op het volgende neer:

- a. uitgaande van een  $k_1 D_1$ -waarde van 1800 tot 2000  $m^2/dag$  uit de  $kD$ -waardenkaart is een  $\sum k_2 D_2$ -waarde van 3600  $m^2/dag$  berekend voor de noord-westelijke begrenzing van het subgebied. De tamelijk hoge  $\sum kD$ -waarde van 5500  $m^2/dag$  is wellicht het gevolg van de talrijke geulen in het oppervlak van de Formatie van Kedichem (POMPER, 1972). In de  $kD$ -waardenkaart zijn langs de kust  $\sum kD$ -waarden aangegeven van 5200 en 5500  $m^2/dag$ , welke een bevestiging inhouden voor de hierboven genoemde waarde.

- b. voor de infiltratie-eenheden ten zuiden van de Oude Rijn is de c-waarde gesteld op  $\approx 12\ 000$  dagen; voor de infiltratie is  $0,09$  mm/dag berekend. De geringe diepte van de zoet-zoutgrens, volgende uit de isohalinenkaart op het niveau 15 tot 25-NAP is in overeenstemming met de lage infiltratiesnelheid. De c-waarde van 3800 dagen voor de eenheid F10,5 is waarschijnlijk te laag, het verdient daarom aanbeveling om met een hogere c-waarde rekening te houden. De consequenties hiervan voor de berekende  $\sum k_2 D_2$ -waarde zijn gering.
- Voor de eenheden met kwel bedraagt de c-waarde 1000 tot 2500 dagen, waarbij twee gemiddelde waarden van 1200 en 2300 dagen zijn aangehouden. De intensiteit van de kwel varieert van  $0,3$  tot  $0,6$  mm/dag. Uit de isohalinenkaarten op de niveaus 15-25, 25-35 en 35-45 m-NAP volgt de aanwezigheid van een brede strook zoet water vanaf Leidschendam naar Zevenhuizen. Het voorkomen van zoet water is het gevolg van zowel wegzijging uit de infiltratie-eenheden F10,11 en F10,12 als uit de open leiding met boezempeil in de kweleenheden. De totale wegzijging uit genoemde leidingen is berekend op  $\approx 13\ 000\ \text{m}^3/\text{dag}$ ; hetgeen afhankelijk van de leidinglengte per eenheid neerkomt op  $0,1$  tot  $0,3$  mm/dag. Deze waarden zijn reeds ingecalculeerd bij de in het voorgaande vermelde intensiteiten van de kwel.
- c. de indruk wordt verkregen dat de kleiïge afzettingen van de Formatie van Kedichem plaatselijk een geringe afsluitende werking hebben, zodat er voor het gehele subgebied sprake is van één watervoerende laag.

#### Subgebied F11

Dit subgebied is gelegen tussen de Noordzee, de Nieuwe Waterweg en een denkbeeldige lijn vanaf de noordzijde van Den Haag via Pijnacker naar Vlaardingen.

De grote wateronttrekking van  $11,5 \times 10^6\ \text{m}^3/\text{jaar}$  bij Delft is van overwegende invloed op het potentiaalveld van het 'diepe' grondwater, fig. 10 en 11. In de omgeving van Delft bedraagt de stijghoogte van het grondwater in de eerste watervoerende laag meer dan 7 m-NAP.

Deze stijghoogten, gecombineerd met polderpeilen ter plaatse van 1,5 tot 2 m-NAP, leiden tot verticale potentiaalverschillen in het afdekkend pakket van meer dan 5 m.

Uit de bekende onttrekking bij Delft, beide isohypsenkaarten en de kwel-infiltratiekaart is in eerste instantie getracht gegevens omtrent  $\sum k_2 D_2$  te verkrijgen. Als westelijke begrenzing van de eenheid F11,1 is de 3,5 m-NAP lijn van de isohypsenkaart van de tweede watervoerende laag genomen. In de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag verloopt de begrenzing niet parallel aan de 3,5 m-NAP lijn. De grootste afwijking van 1 m wordt waargenomen in het midden van de westelijke begrenzing; aan de beide uiteinden bedraagt het verticaal drukverschil tussen beide watervoerende lagen 10 tot 20 cm.

Daar in Delfland praktisch alle gasbronnen en wellen zijn gedicht kan voor de eenheid F11,1 de volgende vergelijking worden opgesteld.

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 - Q_u = 10 \times F11,2 \times v_z(k) + \\ + 10 \times F11,3 \times v_z(k) - 10 \times F11,1 \times v_z(i) + I \quad (38)$$

De eerste term van het linkerlid van (38) heeft betrekking op de intensiteit van de grondwaterstroming in de eerste watervoerende laag. In fig. 10 wekt het potentiaalveld rondom Delft de indruk dat deze intensiteit vanaf de westelijke begrenzing naar de equipotentiaallijn van 7 m-NAP praktisch gelijk blijft. Teneinde hieromtrent meer zekerheid te verkrijgen zijn langs de westelijke begrenzing en tussen de equipotentiaallijnen van 6 en 7 m-NAP 'vierkantjes' getekend.

De intensiteit van de grondwaterstroming  $Q_{i_1}$  langs de westelijke begrenzing wordt berekend volgens:

$$Q_{i_1} = n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 \quad (39)$$

Het produkt  $n_1 \Delta h_1$  is samengesteld uit 14,3 en 5 'vierkantjes' met respectievelijke waarden voor  $\Delta h_1$  van 0,5 en 1 m, zie fig. 19, de  $k_1 D_1$ -waarde is uit de kD-waardenkaart gesteld op 1400 m<sup>2</sup>/dag.

Substitutie van bovengenoemde waarden in (39) en vervolgens uitwerken geeft:

$$Q_{i_1} = (14,3 \times 0,5 + 5 \times 1,0) \times 1400 = 17\ 010\ \text{m}^3/\text{dag}$$

Langs de equipotentiaallijn van 6,5 m-NAP bedraagt de intensiteit van de grondwaterstroming  $Q'_1$ :

$$Q'_{i_1} = n'_1 \times \Delta h'_1 \times k_1 D'_1 \quad (40)$$

Voor  $n'_1$  en  $\Delta h'_1$  volgt uit fig. 19 respectievelijk 12,5 en 1,0, terwijl de gemiddelde  $k_1 D'_1$ -waarde uit fig. 13  $1200\ \text{m}^2/\text{dag}$  wordt. Substitutie in (40) geeft:

$$Q'_{i_1} = 12,5 \times 1,0 \times 1200 = 15\ 000\ \text{m}^3/\text{dag}$$

Uit bovenstaande berekeningen volgt  $Q'_{i_1} < Q_1$ , daar  $Q'_{i_1} > Q_{i_1}$  moet zijn is voor  $n_1$ ,  $k_1 D_1$  en of  $n'_1$ ,  $k_1 D'_1$  een onjuiste waarde in (39) en (40) gesubstitueerd. De waarden voor  $n_1$  en  $n'_1$ , gebaseerd op een redelijk aantal waarnemingspunten, fig. 10 en 26, laten slechts een geringe tolerantie toe, zodat een onjuiste waarde voor  $k_1 D_1$  en  $k_1 D'_1$  resteert. Daar een verlaging van  $k_1 D_1$  en een verhoging van  $k_1 D'_1$  met 6% leidt tot  $Q_{i_1} \approx Q'_{i_1}$ , lijkt het weinig zinvol om te trachten meer exacte waarden voor  $Q_{i_1}$  en  $Q'_{i_1}$  te berekenen. Het is wel interessant na te gaan hoe groot  $Q'_{i_1} - Q_{i_1}$  wordt bij het substitueren van extreme waarden. Langs de westelijke begrenzing is  $k_1 D_1$  gesteld op  $1000\ \text{m}^2/\text{dag}$  terwijl voor  $k_1 D'_1$   $1440\ \text{m}^2/\text{dag}$  is genomen, zie fig. 13 voor de hierboven aangenomen  $k_1 D_1$ -waarden. Substitutie van deze waarden in (39) en (40) en vervolgens uitwerken geeft voor  $Q'_{i_1} - Q_{i_1}$  :  $6000\ \text{m}^3/\text{dag}$ . Dit bedrag heeft betrekking op de voeding van de grondwaterstroming in de eerste watervoerende laag vanuit het freatisch grondwater en vanuit de tweede watervoerende laag. Daar naar alle waarschijnlijkheid  $Q'_{i_1} - Q_{i_1} < 6000\ \text{m}^3/\text{dag}$  is kan de voeding door het afdekkend pakket en de basislaag van de eerste watervoerende laag worden gesteld op enkele duizenden  $\text{m}^3/\text{dag}$ .



De oppervlakte van de eenheid F11,1 is 6905 ha en de gemiddelde waarde voor  $v_z(i)$ , afgeleid uit fig. 17, bedraagt 0,24 mm/dag, hetgeen neerkomt op een infiltratie van  $16\ 572\ m^3/dag$ . Voor de twee kwel-eenheden F11,2 en F11,3 is de totale kwel berekend op  $1511\ m^3/dag$ , zodat de netto voeding van de eerste watervoerende laag  $15\ 061\ m^3/dag$  wordt. Dit bedrag is aanmerkelijk hoger dan de in het voorgaande genoemde infiltratie. De aangenomen c-waarde voor F11,1 is derhalve aan de lage kant geweest. Dat de c-waarde rondom Delft hoog is, wordt bevestigd door berekeningen, gebaseerd op de wateronttrekking door de Delftse industrieën en de daardoor ontstane potentiaalverlagingen (Provinciale Waterstaat, Zuid-Holland), waaruit een c-waarde van 16 000 dagen volgde. Daar deze waarde zowel betrekking heeft op het afdekkend pakket als op de basislaag kan worden geconcludeerd dat de c-waarde  $\gg 16\ 000$  dagen is. Rondom Delft is in de c-waardenkaart een c-waarde van 32 000 dagen aangenomen, terwijl de kaart bovendien is aangepast aan de wijzigingen voor subgebied F10 (fig. 28).

Uitgaande van de aangepaste c-waardenkaart wordt de gemiddelde waarde  $v_z(i)$  0,1 mm/dag voor F11,1 en  $v_z(k)$  voor de kweleenheid 0,28 mm/dag. De infiltratie verminderd met de kwel wordt nu  $6039\ m^3/dag$ . Dit bedrag is praktisch gelijk aan de eerdergenoemde waarde  $Q'_{i_1} - Q_{i_1}$ , gebaseerd op extreme  $k_1 D_1$ -waarden. In feite geeft de aangepaste c-waardenkaart dus nog te lage waarden aan; daar de invloed hiervan in (38) beperkt is, is een verdere correctie van de c-waardenkaart achterwege gelaten.

De ondergrondse afstroming naar subgebied F12 is voor de eerste watervoerende laag nul en voor de tweede watervoerende laag:  $4000 \times \frac{0,20}{2000} \sum k_2 D_2 = 0,4 \sum k_2 D_2$ , zie fig. 20 en 26. De waarden voor  $n_2$  en  $\Delta h_2$  volgen uit fig. 20, als gemiddelde waarde voor I is  $32\ 000\ m^3/dag$  aangenomen, waarbij de wateronttrekking van  $26\ 000\ m^3/jaar$  ofwel  $71\ m^3/dag$  bij Nootdorp buiten beschouwing is gelaten.

Substitutie van de bekende waarden in (38) geeft:

$$\begin{aligned} & (14,3 \times 0,5 + 5 \times 1,0) \times 1400 + 8,7 \times 1,0 \sum k_2 D_2 - 0,4 \sum k_2 D_2 = \\ & 10 \times 235 \times 0,28 + 10 \times 260 \times 0,08 - 10 \times 6905 \times 0,10 + 32\ 000 \\ & 8,3 \sum k_2 D_2 = 8951 + \sum k_2 D_2 = 1100\ m^2/dag \end{aligned}$$

De berekende  $\sum k_2 D_2$ -waarde is aanmerkelijk lager dan de voor subgebied F10 gevonden waarde. Afgaande op de kD-waardenkaart, de kaart waarin het geulensysteem in het oppervlak van de Formatie van Kedichem is aangegeven (POMPER; 1972) en de diktekaart van het bovenste watervoerend pakket (VAN REES VELLINGA, 1972) lijkt het gerechtvaardigd voor twee 'vierkantjes' in fig. 20 ten oosten van Den Haag een  $\sum k_2 D_2$ -waarde van  $3000 \text{ m}^2/\text{dag}$  aan te nemen. De  $\sum k_2 D_2$ -waarde voor de resterende 'vierkantjes' wordt dan  $2951:6,3 = 500 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

De resterende eenheden van het subgebied, gelegen tussen F11,1 en de Nieuwe Waterweg worden, uitgezonderd F11,7, gekenmerkt door lage waarden voor  $v_z$ . Alvorens een controleberekening betreffende de juistheid van deze waarden uit te voeren is het wenselijk de kD-waardenkaart en beide isohypsenkaarten voor dit deel van het subgebied nader te beschouwen.

In de kD-waardenkaart neemt de kD-waarde vanaf de Nieuwe Waterweg naar eenheid F1,11 toe. Langs de Nieuwe Waterweg is  $kD < 1000 \text{ m}^2/\text{dag}$  met als gemiddelde  $850 \text{ m}^2/\text{dag}$  en ten zuiden van F11,1  $> 1000 \text{ m}^2/\text{dag}$  met als gemiddelde  $1100 \text{ m}^2/\text{dag}$ . In het gedeelte waar  $kD > 1000 \text{ m}^2/\text{dag}$  is, komt een smalle strook voor met een kD-waarde van  $2000$  tot  $3000 \text{ m}^2/\text{dag}$ . Dit laatste stemt niet overeen met de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag, uitgezonderd voor de kweleenheid F11,4, zodat mag worden aangenomen dat de verbreiding van het gebied met een kD-waarde van  $2000$  tot  $3000 \text{ m}^2/\text{dag}$  in zuidoostelijke richting geringer is dan in de kD-waardenkaart, waardoor ze praktisch van geen betekenis is voor de intensiteit van de grondwaterstroming in de overige eenheden.

In de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag is de gradiënt tussen de equipotentiaallijnen 2,5 en 3 m-NAP ongeveer 45% hoger dan die tussen 2 en 2,5 m-NAP (zie fig. 19). Daar dit onafhankelijk is van het teken van  $v_z$ , lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat de kD-waarde vanaf de equipotentiaallijn van 2,5 m-NAP in zuidelijke richting toeneemt. De kD-waardenkaart is hiermee in tegenspraak zodat als enige mogelijkheid overblijft dat  $\sum k_2 D_2$  groter wordt waarbij de kleilagen in de Formatie van Kedichem hun functie als basis van de eerste watervoerende laag verliezen. Uitgaande van

een gemiddelde  $k_1 D_1$ -waarde van  $1200 \text{ m}^2/\text{dag}$  tussen de equipotentiaal-lijnen van 2,5 en 3 m-NAP wordt  $\sum kD$   $540 \text{ m}^2/\text{dag}$  groter. Daar  $k_1 D_1$  tot de equipotentiaallijn van 1,5 m-NAP afneemt tot rond  $1000 \text{ m}^2/\text{dag}$  wordt  $\sum k_2 D_2$   $740 \text{ m}^2/\text{dag}$  groter. Uit eerder verrichte berekeningen, betrekking hebbende op de situatie rondom Delft is voor  $\sum k_2 D_2$   $500 \text{ m}^2/\text{dag}$  gevonden, zodat  $\sum k_2 D_2$  ten zuiden van de equipotentiaallijn van 2,5 m-NAP  $\approx 1240 \text{ m}^2/\text{dag}$  wordt. In het geologisch profiel P-P' (VAN REES VELLINGA, 1972) neemt de dikte van de tweede watervoerende laag vanaf Delft naar Maassluis toe, hetgeen met een groter wordende  $\sum k_2 D_2$  in dezelfde richting bij identieke afzettingen in overeenstemming is. In de isohypsenkaart van de tweede watervoerende laag neemt het produkt  $n_2 \Delta h_2$  vanaf de equipotentiaallijn van 3 m-NAP in zuidelijke richting af, waaruit eveneens een groter wordende waarde voor  $\sum k_2 D_2$  volgt.

Voor de uitvoering van een controleberekening voor de eenheden F11,4 tot en met F11,8 is in het volgende naast beide isohypsenkaarten en de  $kD$ -waardenkaart gebruik gemaakt van de verkregen  $\sum k_2 D_2$ -waarden.

- a. Eenheid F11,7; in fig. 19 en 20 is een oppervlakte F'11,7 aangegeven dat grotendeels samenvalt met F11,7; voor deze oppervlakte kan de volgende vergelijking worden opgesteld:

$$(n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2) - (n_1' \Delta h_1' k_1 D_1 + n_2' \Delta h_2' \sum k_2 D_2') = 10 \times F'11,7 \times v_z(k) - 10 \times F11,6 \times v_z(i) \quad (41)$$

Uit fig. 19 en 20 volgen de waarden  $n_1$ ,  $n_1'$ ,  $n_2$ ,  $n_2'$ ,  $\Delta h_1$ ,  $\Delta h_1'$ ,  $\Delta h_2$ ,  $\Delta h_2'$  waarbij de waarde voor  $n_2$  is benaderd door extrapolatie bij een constante voeding vanuit de tweede watervoerende laag. Voor  $k_1 D_1$  en  $k_1 D_1'$  is respectievelijk  $1100$  en  $1200 \text{ m}^2/\text{dag}$  genomen, afgeleid uit de  $kD$ -waardenkaart.  $\sum k_2 D_2$  en  $\sum k_2 D_2'$  zijn, gebaseerd op in het voorgaande verrichte berekeningen, gesteld op  $1240$  en  $500 \text{ m}^2/\text{dag}$ . De oppervlakte van F11,7 is  $2160 \text{ ha}$  en van F11,6  $390 \text{ ha}$ .

Substitutie van bovengenoemde waarden in (41) geeft:

$$(5 \times 0,5 \times 1100 + 1,7 \times 1,0 \times 1240) - (4,1 \times 0,5 \times 1200 + 1,7 \times 1,0 \times 500) = 10 \times 2160 \times v_z(k) - 10 \times 390 \times v_z(i)$$

Daar uit het verloop van de equipotentiaallijnen in de isohypsenkaarten van de eerste watervoerende laag de indruk wordt verkregen dat de infiltratie in de eenheid F11,6 gering moet zijn is deze in eerste instantie verwaarloosd. We krijgen nu als gemiddelde waarde  $v_z(k)$  voor F'11,7

$$v_z(k) = \frac{1548}{2160 \times 10} = 0,07 \text{ mm/dag}$$

Uit de kwel-infiltratiekaart volgt voor  $v_z(k)$  : 0,25 mm/dag; rekening houdende met een geringe infiltratie vanuit F11,6 kan worden gesteld dat de oorspronkelijke c-waarde een factor 2 tot 3 te laag is. De c-waarde van gemiddeld 3800 is derhalve verhoogd tot 8500 dagen, hetgeen is bereikt door het verloop van de lijn, aangevende een weerstand van 5000 dagen, te wijzigen, zie fig. 28. Verder is het oppervlak rondom boring hd 54 met een c-waarde van 2500 dagen kleiner genomen. De aangepaste c-waardenkaart geeft nu in combinatie met fig. 15 als gemiddelde waarde voor  $v_z(k)$ : 0,11 mm/dag.

- b. Eenheid F11,8; voor een gedeelte van deze eenheid, aangegeven in fig. 19 en 20 door F'11,8 is het verschil tussen de ondergrondse toe- en afstroming berekend. Voor de eerste watervoerende laag geldt hiervoor:

$$Q_{i_1} - Q_{u_1} = n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 - n_1' \Delta h_1' k_1 D_1' \quad (42)$$

De waarden voor  $n_1$ ,  $n_1'$ ,  $\Delta h_1$  en  $\Delta h_1'$  volgen uit fig. 19, de waarden voor  $k_1 D_1$  en  $k_1 D_1'$  uit fig. 13. Substitutie hiervan in (42) geeft:

$$Q_{i_1} - Q_{u_1} = 4,7 \times 0,5 \times 1000 - 3,1 \times 0,5 \times 1200 = 490 \text{ m}^3/\text{dag}$$

De toestroming vanuit de tweede watervoerende laag is minder eenvoudig te berekenen vanwege het ontbreken van gegevens betreffende de gradiënt langs de zuidelijke begrenzing. Daar het verloop van de isohypsen praktisch gelijk is aan dat van F'11,7 is de voeding van F'11,8 gelijk gesteld aan de 1258 m<sup>3</sup>/dag van F'11,7. Voor de totale kwel vermeerderd met de wateronttrekking vinden we 1748 m<sup>3</sup>/dag. De wateronttrekking is gemiddeld 1250 m<sup>3</sup>/dag, zodat voor de kwel 498 m<sup>3</sup>/dag overblijft. De oppervlakte van F'11,8 bedraagt 2330 ha waardoor de waarde voor  $v_z(k) \approx 0,02$  mm/dag wordt. Deze waarde is weliswaar een factor 3 kleiner dan de aangegeven waarde in fig. 17, doch omdat deze waarde reeds gering is en bovendien in het bovenstaande de voeding vanuit de tweede watervoerende laag is geschat, is bij de oorspronkelijke waarde afgezien van verdere correctie.

- c. Eenheid F11,5; voor deze eenheid is een controleberekening vanwege de vorm moeilijk uit te voeren. De gevonden waarde voor  $v_z(i)$  lijkt, afgaande op beide isohypsenkaarten, de  $kD$ -waardenkaart, de berekende  $[k_2 D_2]$ -waarden en de getoetste en eventueel gecorrigeerde  $c$ -waarden voor de aangrenzende eenheden, alleszins aanvaardbaar.
- d. Eenheid F11,4; voor een gedeelte van deze eenheid, F'11,4 (zie fig. 19) is de ondergrondse af- en toestroming berekend. Hiervoor is de volgende vergelijking opgesteld:

$$Q_{i_1} - Q_{u_1} = n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 - n'_1 \Delta h'_1 k'_1 D'_1 \quad (43)$$

Uit fig. 19 volgen de waarden voor  $n_1$ ,  $n'_1$ ,  $\Delta h_1$  en  $\Delta h'_1$ ; uit de  $kD$ -waardenkaart volgt voor  $k_1 D_1$  2500 m<sup>2</sup>/dag en voor  $k'_1 D'_1$  1100 m<sup>2</sup>/dag.

Substitutie in (43) geeft:

$$Q_{i_1} - Q_{u_1} = 1,9 \times 0,5 \times 2500 - 3,8 \times 0,5 \times 1100 = 285 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Uit de isohypsenkaart van de tweede watervoerende laag volgt dat de kwel vanuit deze laag zeer gering is. Deze is derhalve verwaarloosd.

De oppervlakte van F'11,4 is 440 ha, hetgeen leidt tot een waarde voor  $v_z(k)$  van 0,06 mm/dag. De in de kwel-infiltratiekaart aangegeven waarde van 0,16 voor F11,4 is te hoog, aanpassing van de c-waardenkaart resulteert in een kwel van 0,08 mm/dag.

Het gebied gelegen tussen subgebied F11 en de Nieuwe Waterweg en de Noordzee wordt, uitgezonderd een drietal polders welke zijn aangegeven in de stijghoogte-verschillenkaart, (fig. 15), gekenmerkt door infiltratie. Van deze drie polders heeft de Poelpolder de grootste waarde voor  $\Delta h$  (vert.), namelijk 0,92 m, voor de overige twee, de polders Nieuwland en Oostmade, bedraagt  $\Delta h$  (vert.) respectievelijk 0,22 en 0,05 m. Daar van bovengenoemde polders geen c-waarden beschikbaar waren is getracht om uit de zoutbalans een waarde voor  $v_z(k)$  af te leiden om vervolgens hiermee en de corresponderende waarden voor  $\Delta h$  (vert.) c-waarden te berekenen.

De zoutbalans kan als volgt worden beschreven:

$$A_p \times C_{Ap} = I_p \times C_{Ip} + R \cdot C_R + v_z(k) \times 10 \times 365 \times C_{v_z} \quad (44)$$

waarin: $A_p$	= polderafvoer	$m^3/ha.jaar$
$C_{Ap}$	= chloridegehalte polderafvoer	$kg/m^3$
$I_p$	= polderinlaat	$m^3/m^3/ha.jaar$
$C_{Ip}$	= chloridegehalte polderinlaat	$kg/m^3$
$R$	= neerslag	$m^3/m^3/ha.jaar$
$C_R$	= chloridegehalte neerslag	$kg/m^3$
$v_z(k)$	= kwel	$mm/dag$
$C_{v_z}$	= chloridegehalte kwel	$kg/m^3$

Uit het onderzoek van COUWENHOVEN en TOUSSAINT (1969) volgde voor de Poelpolder over de periode 1960 tot en met 1966 gemiddeld per jaar voor  $A_p$  : 7137;  $C_{Ap}$  : 0,271;  $C_{Ip}$  : 0,244;  $R$ : 9070;  $C_R$  : 0,007;  $E$ : 5420.

Uit de isohalinenkaarten op de niveaus 8-12 en 15-25 m-NAP is voor  $C_v$  2,0 afgeleid. De waterbalans geeft als restpost voor  $I_p^z + v_z \times 10 \times 365 = 3487$ , zodat  $I_p = 3487 - v_z \times 10 \times 365$  is.

Substitutie van de bekende grootheden in (44) geeft:

$$7137 \times 0,271 = (3487 - v_z(k) \times 10 \times 365) \times 0,244 +$$

$$+ 9070 \times 0,007 + v_z(k) \times 10 \times 365 \times 2$$

$$v_z(k) = 0,16 \text{ mm/dag}$$

De gemiddelde c-waarde voor de Poelpolder is 920: 0,16 = 5750 dagen. Verwerking van laatstgenoemde c-waarde in de c-waardenkaart heeft als resultaat dat voor de polder Nieuwland een c-waarde van enkele duizenden dagen eerder te laag dan te hoog lijkt (fig. 28). Dit laatste gecombineerd met een  $\Delta h$  (vert.) van 0,12 m leidt tot een waarde voor  $v_z(k)$ : < 0,1 mm/dag.

Voor de polder Oostmade biedt de zoutbalans geen uitkomst vanwege het feit dat  $C_{Ip} \approx C_v$ . Uit het geringe stijghoogteverschil tussen het freatisch vlak en de stijghoogte van het 'diepe' grondwater in de eerste watervoerende laag van 0,05 m en de c-waardenkaart wordt de indruk verkregen dat  $v_z$  hooguit enkele tienden millimeters bedraagt.

Samenvatting van de resultaten voor subgebied F11:

- a. bij een gemiddelde  $k_1 D_1$ -waarde van 1200 m<sup>2</sup>/dag voor de eenheid F11,1 en een  $\sum k_2 D_2$ -waarde van  $\approx 3000$  m<sup>2</sup>/dag ten noorden van de lijn Den Haag Delft, gebaseerd op het onderzoek in subgebied F10 en de kD-waardenkaart, is een  $\sum k_2 D_2$ -waarde berekend van 500 m<sup>2</sup>/dag voor het overige deel van de eenheid. Voor het zuidelijk gedeelte van het subgebied bleek  $\sum k_2 D_2$  een hogere waarde te hebben, namelijk 1240 m<sup>2</sup>/dag.
- b. Voor het gehele subgebied zijn lage waarden voor  $v_z$  gevonden, namelijk van 0,04 tot 0,11 mm/dag. Enige invloed van de infiltratie-eenheden op het verloop van de isohalinen op het niveau 25-25 m-NAP alsmede van hoog chloridegehalte in het

polderwater in de kweleenheden tengevolge van tamelijk zout grondwater is niet aanwezig, hetgeen in overeenstemming is met de gevonden lage waarden voor  $v_z$ .

- c. Uit de lage stromingsintensiteiten in het afdekkend pakket gecombineerd met verticale drukverschillen van 0 tot meer dan 5 m volgt voor een groot deel van het subgebied een c-waarde groter dan 10 000 dagen.
- d. De kleiïge afzettingen van de Formatie van Kedichem vormen globaal tussen de Delftsche Schie en de equipotentiaallijn van 2,5 m-NAP in de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag een afsluitende basis van deze laag, in het zuidelijk gedeelte van het subgebied verliest de basis zijn afsluitende werking en krijgt meer het karakter van een semi-permeabele laag.

#### Subgebied F12

Dit subgebied strekt zich aan weerszijden van de Hollandse IJssel en de Gouwe uit van Krimpen aan de IJssel tot aan Waddinxveen.

Alvorens de waterbalans van het watervoerend pakket vast te stellen, lijkt het gewenst de c-waardenkaart te controleren langs de Hollandse IJssel en de Gouwe in verband met wijzigingen in deze kaart voor de subgebieden F7 en F8.

Voor het onderdeel F'12,4 van de eenheid F12,4 geldt:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 = 10 \times F'12,4 \times v_z(i) \quad (45)$$

Uit fig. 19 volgt voor  $n_1$ : 5,6;  $\Delta h_1$ : 0,50 m, verder is  $k_1 D_1$  uit de  $kD$ -waardenkaart gesteld op  $900 \text{ m}^2/\text{dag}$ ; de oppervlakte van F12,4 bedraagt 990 ha. Substitutie in (45) geeft:

$$5,6 \times 0,5 \times 900 = 10 \times 990 \times v_z(i)$$

$$v_z(i) = 0,25 \text{ mm/dag}$$

In bovenstaande berekeningen is de invloed van de tweede watervoerende laag verwaarloosd op grond van het potentiaalveld in fig. 20. De berekende waarde voor  $v_z(i)$  is globaal een factor



2,5 lager dan die welke in fig. 17 is aangegeven. Dit betekent dat de c-waarde te laag is genomen; rekening houdende met de bij boring hd 68 gevonden c-waarde van 1275 dagen resteert de mogelijkheid dat het gebied waarvoor de c-waarde groter is dan 5000 dagen zich vanaf Waddinxveen verder in zuidelijke richting uitstrekt. Na wijziging van de c-waardenkaart waarbij voor een smalle strook aan weerszijden van de Gouwe een c-waarde van 12 000 dagen is aangehouden (fig. 28), wordt  $v_z(i)$  in fig. 17 0,37 mm/dag. Daar deze waarde nog 50% groter is dan de volgens (45) berekende, is in de c-waardenkaart nogmaals een correctie toegepast welke neerkomt op een ander verloop van de lijn die een weerstand van 2500 dagen aangeeft (fig. 28). Hierbij is de invloed van de bij boring hd 68 genoemde waarde beperkt. De waarde voor  $v_z(i)$  wordt nu 0,32 mm/dag, een verdere aanpassing heeft weinig zin gezien de onnauwkeurigheid van de gebruikte constanten. De veranderingen in de c-waardenkaart hebben ertoe geleid dat voor de eenheid F12,4 de waarde voor  $v_z(i)$  is afgenomen tot 0,30 mm/dag.

Voor de eenheid F12,1 is de volgende vergelijking op te stellen waarbij vanwege het potentiaalveld in fig. 20 de tweede watervoerende laag buiten beschouwing is gelaten:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + 10 \times F12,1 \times v_z(i) = n_1' \Delta h_1' k_1 D_1' + 10 \times F12,2 \times v_z(k) \quad (46)$$

Uit de kD-waardenkaart volgt voor  $k_1 D_1$  en  $k_1 D_1'$  respectievelijk 1800 en 1900  $m^2$ /dag, verder is  $n_1$  4,3 en  $n_1'$  8,3 terwijl  $\Delta h_1 = \Delta h_1' = 0,50$  m. De oppervlakte van F12,1 bedraagt 3100 ha en van F12,2 120 ha; uit fig. 17 volgt als waarde voor  $v_z(k)$  voor de eenheid F12,3 0,03 mm/dag.

Substitutie in (46) geeft:

$$4,3 \times 0,5 \times 1800 + 10 \times 3100 \times v_z(i) = 8,3 \times 0,5 \times 1900 + 10 \times 120 \times 0,03$$

$$v_z(i) = 0,13 \text{ mm/dag}$$

De resultaten van de hierboven uitgevoerde berekeningen wijzen uit dat de in fig. 17 aangegeven waarde van 0,31 mm/dag te hoog is.

De gemiddelde c-waarde van 2700 dagen dient ongeveer een factor 2,5 groter te zijn, dit kan alleen worden gerealiseerd door langs de Hollandse IJssel een zone met een c-waarde groter dan 5000 dagen aan te nemen. In aansluiting op de correcties voor de eenheid F12,4 krijgen we in de c-waardenkaart een uitbreiding van het gebied van Waddinxveen tot aan de Lek waarvoor een gemiddelde c-waarde van 12 000 dagen is aangehouden (fig. 28). De waarde  $v_z(i)$  in fig. 17 wordt nu voor F12,1 0,16 mm/dag, welke waarde in redelijke overeenstemming is met die berekend uit (46). De wijzigingen in de c-waardenkaart hebben verder als consequentie dat voor de eenheden F12,3 en F12,9 de waarde van  $v_z(i)$  respectievelijk is afgenomen van 0,60 tot 0,18 en van 0,50 tot 0,16.

Voor de eenheid F12,10 is tengevolge van in het voorgaande toegepaste wijzigingen in de c-waardenkaart, de waarde voor  $v_z(i)$  verminderd van 0,38 tot 0,34 mm/dag. Laatstgenoemde waarde is getoetst voor het onderdeel F'12,10 van de beschouwde eenheid. Voor dit onderdeel is de volgende vergelijking opgesteld waarbij de tweede watervoerende laag buiten beschouwing is gelaten daar het produkt  $n_2 \Delta h_2$  praktisch constant blijft:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + 10 \times F'12,10 \times v_z(i) = n_1' \Delta h_1' k_1 D_1' \quad (47)$$

Uit fig. 19 volgt voor  $n_1$  en  $n_1'$  respectievelijk 4,3 en 9,0 terwijl  $\Delta h_1 = \Delta h_1' = 0,50$  m. De oppervlakte van F'12,10 is 1255 ha, uit de kD-waardenkaart is voor  $k_1 D_1$  1700 en voor  $k_1 D_1'$  1300 m<sup>2</sup>/dag afgeleid.

Substitutie in (47) geeft:

$$4,3 \times 0,5 \times 1900 + 10 \times 1255 \times v_z(i) = 9,0 \times 0,5 \times 1300$$

$$v_z(i) = 0,14 \text{ mm/dag}$$

We vinden dat de uit isohypsenkaart en kD-waardenkaart berekende waarde voor  $v_z(i)$  aanmerkelijk lager is dan de gecorrigeerde waarde in fig. 17. Dit betekent dat de gecorrigeerde c-waardenkaart nog een te lage waarde aangeeft ofwel dat de gesubstitueerde waarden voor

de constanten in (47) niet juist zijn. In de kD-waardenkaart varieert  $k_1 D_1$  ter plaatse van 630 tot ruim 2000 m<sup>2</sup>/dag, daarentegen is het verloop van de isohypsen in fig. 10 regelmatig te noemen, hetgeen zou wijzen op een veel geringere variatie in de waarden voor  $k_1 D_1$  dan in de kD-waardenkaart is aangegeven. Substitutie van een gemiddelde waarde van 1700 m<sup>2</sup>/dag voor  $k_1 D_1$  en  $k_1 D_1^*$  in (47) geeft voor  $v_z(i)$  0,32 mm/dag, welke waarde praktisch gelijk is aan de gecorrigeerde waarde in fig. 17.

Bij Gouda is een industrie-onttrekking van gemiddeld 14 055 m<sup>3</sup>/dag, welke gelijk moet zijn aan de infiltratie in de eenheid F12,10, vermeerderd met de ondergrondse toestroming door de eerste water-voerende laag. We krijgen dus:

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 = - 10 \times F12,10 \times v_z(i) + I \quad (48)$$

Uit fig. 19 volgt  $n_1 = 4,3$  en  $\Delta h_1 = 0,50$  m, de oppervlakte van F12,10 is 1635 ha en  $v_z(i)$  is 0,34 mm/dag.

Substitutie geeft:

$$4,3 \times 0,5 \times 1700 = - 10 \times 1635 \times 0,34 + I$$

$$I = 9214 \text{ m}^3/\text{dag}$$

De industrie-onttrekking is echter 4841 m<sup>3</sup>/dag groter dan uit (48) volgt; hetgeen kan worden verklaard door wegzijging vanuit de Hollandse IJssel. Uit het geologisch profiel SS' en de diktekaart der afdekkende lagen (VAN REES VELLINGA, 1972) blijkt namelijk dat tussen Moordrecht en Gouda de mogelijkheid niet uitgesloten is dat de Hollandse IJssel het afdekkend pakket doorsnijdt dan wel dat de minder goed doorlatende lagen onder de bodem van de rivier hooguit enkele meters dik zijn.

Voor het opstellen van de waterbalans van het watervoerend pakket voor het gehele subgebied dient de opbrengst van de gasbronnen en wellen nog te worden vermeld. Uit recente gegevens is voor de eenheden F12,5 en F12,8, welke respectievelijk grotendeels de Zuidplaspolder en de Prins Alexanderpolder omvatten,

de opbrengst gesteld op 5400 en 2460 m<sup>3</sup>/dag en voor de Eendrachtspolder F12,7 op 420 m<sup>3</sup>/dag. De totale opbrengst bedraagt 8280 m<sup>3</sup>/dag.

De industrie-onttrekking bij Gouda is voor de eenheid F12,10 reeds behandeld en zal verder buiten beschouwing worden gelaten.

Uit beide isohypsenkaarten volgt dat de ondergrondse afstroming kan worden verwaarloosd.

Vanwege het feit dat in de kweleenheden open leidingen voorkomen, waarvan het peil 3 m hoger ligt dan het peil in de aangrenzende polders is nagegaan of wegzijging vanuit deze leidingen optreedt. Uit stijghoogten van het 'diepe' grondwater in de naaste omgeving van genoemde leidingen en op enige afstand, bleek praktisch geen verschil aanwezig, zodat mag worden aangenomen dat de wegzijging van geen betekenis is.

Uit de voor eenheid F12,10 uitgevoerde berekeningen is wegzijging vanuit de Hollandse IJssel vastgesteld. De grootte van deze wegzijging alsmede de diktekaart der afdekkende lagen en de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag hebben geleid tot een benadering van de wegzijging vanuit de Hollandse IJssel naar de kweleenheid F12,5 van 3000 tot 5000 m<sup>3</sup>/dag. Brengen we deze wegzijging als infiltratie in rekening bij de totale infiltratie van 12 769 m<sup>3</sup>/dag, uitgezonderd de infiltratie-eenheid F12,10 en zij vermeldt dat de totale kwel 33 360 m<sup>3</sup>/dag bedraagt dan geeft substitutie in (10):

$$n_1 \Delta h_1 k_1 D_1 + n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 = 33\,360 - (12\,769 + 3000 + 5000) + 8280 \quad (49)$$

De eerste term van het linkerlid van (49) heeft betrekking op de aanvoer langs de zuidoostelijke begrenzing van de eenheden F12.1 en F12.9. Uit fig. 19 volgen de waarden voor  $n_1$ ,  $k_1 D_1$  is voor F12.1 gesteld op 1800 en voor F12.9 op 1000 m<sup>2</sup>/dag; verder is  $\Delta h_1 = 0,50$  m, zodat we voor  $Q_{i_1}$  krijgen:

$$Q_{i_1} = 4,3 \times 0,5 \times 1800 + 6,5 \times 0,5 \times 1000 = 7120 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Substitutie van  $Q_{i_1}$  in (49) geeft:

$$n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 = 16\ 751 \text{ tot } 18\ 751 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Uit fig. 20 volgt dat langs de zuidoostelijke begrenzing van het subgebied het produkt  $n_2 \Delta h_2 = 7,2 \times 1,0 = 7,2$ ; vanuit het subgebied F10 heeft een ondergrondse toestroming plaats van  $1250 \text{ m}^3/\text{dag}$ , zodat we vinden dat:

$$7,2 \sum k_2 D_2 = 15\ 501 \text{ tot } 17\ 501 \text{ m}^3/\text{dag}$$

$$\sum k_2 D_2 = 2150 \text{ tot } 2430 \text{ m}^2/\text{dag}$$

Het onderzoek in het subgebied F 12 heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- a. bij een variërende waarde voor  $k_1 D_1$  van ongeveer 1000 tot 2000  $\text{m}^3/\text{dag}$  is voor  $\sum k_2 D_2$  in grootte-orde 2300  $\text{m}^2/\text{dag}$  berekend;
- b. bij de beschouwing van de industrie-onttrekking bij Gouda is komen vast te staan dat deze gedeeltelijk afkomstig is van wegzijging vanuit de Hollandse IJssel. Deze wegzijging heeft op grond van geologische gegevens naar alle waarschijnlijkheid plaats tussen Moordrecht en Gouda en levert tevens een bijdrage voor de kwel in de Zuidplaspolder;
- c. uit de gradiënten in de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag blijkt dat de toestroming door deze laag vanaf de infiltratie-eenheden praktisch geheel als kwel langs de oostzijde van de kweleenheden F12.5 en F12.8 in de polder komt. De zoutopduiking in de isohalinenkaarten op het niveau 8-12 en 15-25 - NAP ten westen van de lijn Moordrecht/Gouda kan wellicht worden verklaard doordat ter plaatse de kwel als gevolg van de toestroming door de eerste watervoerende laag wordt verstrekt door de wegzijging vanuit de Hollandse IJssel;
- d. omtrent de functie van de kleiïge afzettingen in de Formatie van Kedichem als basis van de eerste watervoerende laag kan worden opgemerkt dat op grond van de isohypsenkaart van de tweede watervoerende laag de indruk bestaat dat ten oosten van de Hollandse IJssel en de Gouwe genoemde afzettingen een hoge

- c-waarde hebben en naar het westen in meerdere mate zijn geperforeerd;
- e. in de isohalinenkaarten valt voor de kweleenheden met toenemende diepte een uitbreiding van de grenzen van de aangegeven klassen waar te nemen. Het lijkt daarom aannemelijk dat op het niveau 45-55 m - NAP het traject 200-500 mg Cl<sup>-</sup>/l aan weerszijden van de Gouwe van Waddinxveen naar Boskoop 500-1000 mg Cl<sup>-</sup>/l wordt.

### Subgebied F 13

Dit subgebied is gelegen rondom Berkel.

Uit de kwel-infiltratiekaart is de totale infiltratie berekend op 4660 m<sup>3</sup>/dag en de kwel op 14 137 m<sup>3</sup>/dag.

Voor de opbrengst van gasbronnen en wellen is 1920 m<sup>3</sup>/dag aangehouden, gebaseerd op recente opgaven.

In de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag is de begrenzing van het subgebied zo gekozen dat de ondergrondse toestroming door deze laag is beperkt tot een smalle strook langs de oostelijke begrenzing van subgebied F 11. Uit fig. 19 en de kD-waardenkaart is voor de toestroming berekend:

$$n_1 \times \Delta h_1 \times k_1 D_1 = 1 \times 0,5 \times 1200 = 600 \text{ m}^3/\text{dag}$$

De ondergrondse toestroming door de tweede watervoerende laag van subgebied F 11 bedraagt 0,4  $\sum k_2 D_2$ , hetgeen bij een  $\sum k_2 D_2 = 3000 \text{ m}^2/\text{dag}$  neerkomt op 1200 m<sup>3</sup>/dag.

Bij het opstellen van een waterbalans van het gehele watervoerend pakket krijgen we:

$$Q_{i_2} + 600 + 1200 = 14\ 137 - 4660 + 1920 \quad (50)$$

$$Q_{i_2} \approx 9600 \text{ m}^3/\text{dag}$$

Uit een nadere beschouwing van de kwel-infiltratiekaart kan worden afgeleid dat de ondergrondse toestroming door de eerste watervoerende laag langs de westelijke begrenzing van subgebied F11 vermeerderd met de infiltratie in de eenheden F13,7 tot en met F13,9  $169 \text{ m}^3/\text{dag}$  groter is dan de kwel in de eenheid F13,6. Verder hebben de in het noordelijk gedeelte van het subgebied gelegen kwel- en infiltratie-eenheden een infiltratieoverschot van  $2234 \text{ m}^3/\text{dag}$ , zodat bij een ondergrondse toestroming door de tweede watervoerende laag vanaf subgebied F11 van  $1200 \text{ m}^3/\text{dag}$  de ondergrondse stroming naar de kweleenheid F13,1 ongeveer  $3600 \text{ m}^3/\text{dag}$  bedraagt. De kwel en de opbrengst van gasbronnen en wellen bedraagt voor laatstgenoemde eenheid in totaal  $13\ 200 \text{ m}^3/\text{dag}$ , zodat voor de toestroming door de tweede watervoerende laag vanaf de Nieuwe Maas  $9600 \text{ m}^3/\text{dag}$  overblijft. Uit fig. 20 en de bekende waarde voor  $Q_{i_2}$  volgt:

$$n_2 \Delta h_2 \sum k_2 D_2 = 8,4 \times 0,5 \times \sum k_2 D_2 = 9600 \quad (51)$$

$$\sum k_2 D_2 = 2300 \text{ m}^2/\text{dag}$$

De verkregen resultaten van het subgebied F13 zijn:

- a. uit de waterbalans van het watervoerend pakket is voor  $\sum k_2 D_2$   $2300 \text{ m}^2/\text{dag}$  berekend; aangezien deze waarde voornamelijk is gebaseerd op het verloop van de isohypsen in fig. 20 ten noorden van Rotterdam en ter plaatse geen waarnemingspunten beschikbaar zijn dient bovengenoemde waarde met enige reserve te worden gehanteerd;
- b. tengevolge van een industrie-onttrekking van  $7,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$  bij Rotterdam is de toestroming door de eerste watervoerende laag naar het subgebied beperkt tot  $600 \text{ m}^3/\text{dag}$ . De toestroming door de tweede watervoerende laag vanaf de Nieuwe Maas is berekend op  $9600 \text{ m}^3/\text{dag}$ ; de kwel in de eenheid F13,1 is voor het grootste deel hiervan afkomstig, hetgeen bij een verschil in stijghoogte van 10 tot 40 cm tussen de eerste en tweede watervoerende laag een c-waarde van 250 tot 1000 dagen inhoudt

- voor de basislaag van de eerste watervoerende laag;
- c. in de isohalinenkaarten op het niveau 15-25 en 25-25 m-NAP blijken de infiltratie-eenheden F13,8 en F13,9 geen waarneembare verzoeting van het 'diepe' grondwater te hebben veroorzaakt, hetgeen duidt op lage waarden voor  $v_2(i)$ ; de infiltratie in de eenheden F10,3 en F13,5 en de daar aangrenzende eenheden F10,11 en F10,12 van het subgebied F10 heeft daarentegen geleid tot het voorkomen van betrekkelijk zoet grondwater tot een diepte van 45 m-NAP. Als gevolg van een kwel van 0,47 mm/dag en gasbronnen in F13,1 wordt een brede zone van brak water aangetroffen, die het duidelijkst tot uiting komt op de niveaus 25-35 en 35-45 m-NAP.

#### VIII. BEREKENING VAN HET ZOUTBEZWAAR

Daar het Cl-gehalte oorspronkelijk het grootste probleem opleverde bij gebruik van grond- en oppervlaktewater in land- en tuinbouw, heeft het onderzoek zich in eerste instantie gericht op de Cl-belasting van het oppervlaktewater. In deze nota zal derhalve voornamelijk aandacht worden besteed aan de Cl-belasting; door TOUSSAINT, VAN REES VELLINGA en WITT (1973) is een onderzoek uitgevoerd naar de belasting door andere elementen.

Tengevolge van de natuurlijke en kunstmatige stroming vanuit het watervoerend pakket naar het oppervlaktewater kunnen de volgende bronnen van verzilting worden onderscheiden:

- kwel
- gasbronnen
- industrie
- bronneringen.

##### 1. De Cl-belasting tengevolge van kwel

De hoeveelheid chloride die tengevolge van de kwel in het polderwater komt, kan worden berekend uit de kwelintensiteit en het Cl-gehalte van het kwelwater.



Uit fig. 17 volgt de intensiteit van de kwel, terwijl gegevens betreffende het Cl-gehalte kunnen worden verkregen uit isohalinenkaarten op verschillende diepten (VAN REES VELLINGA, TOUSSAINT en VAN GILS; WIJNSMA 1972). Daar in deze kaarten een tendens aanwezig is van een toenemend Cl-gehalte van het grondwater met de diepte, dient te worden vastgesteld van welke diepte het Cl-gehalte moet worden genomen voor het uitvoeren van de berekeningen.

In fig. 29a en b is het stromingsbeeld respectievelijk weergegeven voor een homogeen profiel tot op grote diepte, waarbij de drains gedurende een korte periode afvoeren en een profiel met een slecht doorlatende laag onder drainniveau met een belangrijk aandeel van de drains in de totale afvoer. Door ERNST zijn in 1957 voor de stationaire toestand met behulp van de relaxatiemethode voor het stromingsbeeld in fig. 29a oplossingen verkregen, die in een nomogram zijn weergegeven. Voor de Haarlemmermeer volgt uit deze nomogram bij een kwel van 0,5 mm/dag, een overtollige neerslag van 1,0 mm/dag, een slootafstand van 200 m, een geringe drainafvoer en een opbolling tussen de sloten van 0,25 tot 0,50 m, voor  $H_1$  een waarde van 14 tot 22 m. Bij een gemiddelde grondwaterstandsdiepte van 1 m en een maaiveldhoogte van 4,5 m - NAP kan in de Haarlemmermeer het Cl-gehalte van het grondwater tot een diepte van 20 tot 28 m - NAP worden beïnvloed door de afvoer van de overtollige neerslag. Daar de profielopbouw van plaats tot plaats verschilt en het aandeel van de drains in de afvoer van het neerslagoverschot varieert, is het duidelijk dat de diepte van het grensvlak tussen zoet en zout grondwater sterk uiteen zal lopen. Voor de overige kwelpolders in het onderzoeksgebied zal dit eveneens het geval zijn.

Uit fig. 29a en b blijkt dat het Cl-gehalte van het grondwater onder de slootbodem gelijk is aan het Cl-gehalte van het kwelwater. Deze situatie geldt voor de stationaire toestand; in werkelijkheid zal het Cl-gehalte van het grondwater onder slootbodem in het zomerhalfjaar toenemen en in het winterhalfjaar afnemen als gevolg van de afvoer van het neerslagoverschot. Om althans een indruk te verkrijgen van het Cl-gehalte van het grondwater onder slootbodem alsmede van het slootwater zijn in de belangrijkste kwelpolders

watermonsters verzameld, waarvan het Cl-gehalte is bepaald. De verkregen Cl-gehalten zijn vervolgens op kaart gezet, zoals is weergegeven in fig. 30, voor de polders Groot Mijdrecht en Wilnis Veldzijde. Voor de Haarlemmermeer was het niet mogelijk een dergelijk kaartbeeld samen te stellen vanwege de grote variatie in Cl-gehalten. Wel kan worden gezegd, dat in het midden van de polder langs de Hoofdvaart over het algemeen de hoogste concentraties voorkomen.

Daar een samenhang mag worden verondersteld tussen het Cl-gehalte van het 'diepe' grondwater en dat van het grondwater onder slootbodem, zijn voor de Haarlemmermeer de isohalinenkaarten op de niveau's 15 tot 25 en 25 tot 35 m - NAP vergeleken met de uit de uitgevoerde bemonstering verkregen gegevens (zie tabel 2 en tabel 3).

Uit tabel 2 volgt dat voor de trajecten 0-200, 200-500 en 500-1000 het gemiddeld Cl-gehalte van het grondwater onder slootbodem hoger is dan uit de isohalinenkaart volgt. Er van uitgaande dat het Cl-gehalte van het grondwater onder slootbodem hooguit gelijk kan zijn aan dat van het kwelwater, kan worden geconcludeerd dat het niveau 15 tot 25 m - NAP niet representatief is voor het Cl-gehalte van het kwelwater.

Tabel 2. Cl-gehalten van slootwater en grondwater onder slootbodem en op een diepte van 15 tot 25 m - NAP

traject	Cl-gehalte in mg/l volgens isohalinenkaart op 15 tot 25 m - NAP	Aantal punten	Cl-gehalte in mg/l van het slootwater			Cl-gehalte in mg/l van het grondwater onder slootbodem		
			max.	min.	gem.	max.	min.	gem.
0- 200		18	994	88	345	2733	35	375
200- 500		27	994	124	467	1881	88	489
500-1000		10	798	142	469	4987	88	1238
1000-2000		15	869	177	775	5786	124	1108
2000-5000		15	940	177	488	4508	115	1188
Haarlemmermeer		85	994	88	499	5786	35	786

Tabel 3. Cl-gehalte van slootwater en grondwater onder slootbodern en op een diepte van 25 tot 35 m - NAP

Cl-gehalte in mg/l volgens isohalinenkaart op 25 tot 35 m - NAP	Aantal punten	Cl-gehalte in mg/l van het slootwater			Cl-gehalte in mg/l van het grondwater onder slootbodern		
		max.	min.	gem.	max.	min.	gem.
traject 0- 200	8	781	88	226	479	53	175
200- 500	10	781	177	325	798	52	262
500-1000	9	994	177	521	2733	142	694
1000-2000	26	798	124	505	4987	35	772
2000-5000	23	940	177	634	4062	88	1006
> 5000	9	869	177	554	5786	115	1480
Haarlemmermeer	85	994	88	499	5786	35	786

In tabel 3 zijn de gemiddelde waarden voor het Cl-gehalte onder slootbodern gelijk aan of kleiner dan de waarde die uit de isohalinenkaart volgt. Voor het vaststellen van het Cl-gehalte van het kwelwater lijkt de isohalinenkaart op het niveau 25 tot 35 m -NAP het meest aanvaardbaar; de in het voorgaande genoemde diepte van 20 tot 28 m - NAP van het grensvlak tussen zoet en zout grondwater tengevolge van het stromingsbeeld in fig. 29a wijst eveneens in deze richting.

In tabel 2 en in mindere mate in tabel 3 zijn voor het Cl-gehalte onder slootbodern veel hogere waarden gevonden dan het aangegeven traject in de isohalinenkaart, hetgeen verklaard kan worden met het stromingsbeeld in fig. 29a en/of door hiaten in de isohalinenkaart.

Bij een meer theoretische benadering voor de bepaling van het Cl-gehalte van het kwelwater is uitgegaan van de gedachte dat in een kwelgebied, afhankelijk van de intensiteit van de kwel en de periode waarover ze voorkomt, het Cl-gehalte van het kwelwater gelijk is aan een constante waarde voor het Cl-gehalte met de diepte. In fig. 31 is van 10 boringen, verspreid over de gehele Haarlemmermeer, het zoutprofiel weergegeven. Uit de weergegeven curven voor G 98, G 100, G 103 en G 104, welke boringen midden in de Haarlemmermeer zijn gelegen en niet worden beïnvloed door een zoete grondwaterstroming vanuit de aangrenzende hooggelegen polders, blijkt dat vanaf 10 tot 15 m - NAP tot 20 tot 25 m - NAP het Cl-gehalte in sterke mate toeneemt en dan met de diepte praktisch constant blijft. In de

boringen G 95, G 96 en G 101, gelegen langs de westzijde van de Haarlemmermeer komt de verzoetende invloed van de grondwaterstroming vanuit de duinen tot uiting, G 97 en in mindere mate G 99 worden beïnvloed door een zoete grondwaterstroming vanuit de Westeinder Plassen. Boring G 109, halverwege gelegen langs de Hoofdvaart tussen Hoofddorp en het gemaal Lijnden vertoont een afwijkend beeld. Uitgezonderd G 96 en G 101, blijkt het Cl-gehalte op een diepte van 50 m - NAP te variëren tussen 5000 en 7000 mg/l. Beschouwen we alleen de boringen die niet worden beïnvloed door een verzoetende invloed van een grondwaterstroming vanaf de aangrenzende polders en plassen, dan lijkt de keuze van de isohalinenkaart op een diepte van 25 tot 35 m - NAP voor het bepalen van het Cl-gehalte van het kwelwater gerechtvaardigd.

Voor het berekenen van het zoutbezwaar tengevolge van de kwel is allereerst fig. 17 gecombineerd met de isohalinenkaart op het niveau 25 tot 35 m - NAP voor het bepalen van het gemiddelde Cl-gehalte van de kwel in de onderscheiden kweleenheden van de subgebieden (fig. 32). Hierbij dient te worden opgemerkt dat in de isohalinenkaart enige correcties zijn aangebracht, te weten:

- a. het traject  $> 5000$  mgr.Cl/l in de Haarlemmermeer; het verloop van de lijn van 5000 mgr Cl/l is voor een belangrijk deel gebaseerd op de gegevens van boring G 100, gelegen langs de Hoofdvaart. Tengevolge van een belangrijke drainage van de Hoofdvaart komt het grensvlak tussen zoet en zout grondwater langs de Hoofdvaart steil omhoog (fig. 31), zodat het gebied met een Cl-gehalte  $> 5000$  mg/l bij G 100 is beperkt tot een zeer smalle strook langs de Hoofdvaart;
- b. de Middelburgpolder is gelegen in het traject 500-1000 mg/l, afgaande op de isohalinenkaart op het niveau 15 tot 25 m - NAP en de verkregen gegevens van het Cl-gehalte onder slootbodem is het Cl-gehalte van de kwel voor deze polder gesteld op 920 mg/l;
- c. voor de polders Groot Mijdrecht en Wilnis Veldzijde is niet de isohalinenkaart gebruikt, doch fig. 30, gebaseerd op gegevens betreffende het Cl-gehalte van het grondwater onder slootbodem. Vanwege de extreem hoge kwel van gemiddeld 5 mm/dag mag worden

aangenomen dat dit Cl-gehalte praktisch gelijk zal zijn aan dat van het kwelwater.

Met de gegevens uit fig. 32 is voor elke kweleenheid in de subgebieden het zoutbezwaar  $Z_k$  als volgt te berekenen:

$$Z_k = 10 F_k \times v_{z_k} \times 10^{-3} \times 365 \times C_{v_z} \quad (52)$$

waarin:  $Z_k$  = chloridebelasting door kwel in tonnen/jaar  
 $F_k$  = oppervlakte van de kweleenheid k in ha  
 $v_{z_k}$  = intensiteit van de kwel in eenheid k in mm/dag  
 $C_{v_z}$  = chloridegehalte kwel in  $\text{kg/m}^3$

In fig. 33 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. Door  $1000 Z_k$  te delen door  $F_k$  wordt de chloridebelasting in kg Cl/ha. jaar verkregen (fig. 34).

Bij het opstellen van de chloorbalansen voor de Hoogheemraadschappen Rijnland, Delfland, Schieland en een gedeelte van Amsteland alsmede van enige specifieke kwelpolders zal nader worden teruggekomen op het aandeel van de kwel in de totale chloorbelasting.

## 2. De Cl-belasting tengevolge van gasbronnen en wellen

Voor het vaststellen van de Cl-belasting tengevolge van gasbronnen en wellen is uitgegaan van de debieten, vermeld bij de uitgevoerde berekeningen voor toetsing van de kwel-infiltratiekaart. Het Cl-gehalte van het uit de bronnen stromende water is ontleend aan het verrichte onderzoek door de Ned. Vereniging tegen water-bodem- en luchtverontreiniging in Noord- en Zuid-Holland. Bij de behandeling van de chloride balansen zullen de verkregen resultaten in tabellen worden weergegeven.

## 3. De Cl-belasting tengevolge van industrie

In fig. 18 is onder meer de wateronttrekking door de industrie aangegeven. Daar momenteel veel industriën het opgepompte water rechtstreeks dan wel via de riolering lozen op de Noordzee, de Nieuwe Waterweg en de Hollandse IJssel is de Cl-belasting van het

oppervlaktewater door de industrie in de afgelopen jaren in het onderzoeksgebied aanzienlijk verminderd. Dit wordt het duidelijkst geïllustreerd door de wateronttrekking van  $11,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$  bij Delft met in 1970 een Cl-bezwaar van 22 000 ton/jaar, hetgeen circa 75% is van de interne Cl-belasting in Delfland (Werkcomité Watervoorziening Midden-West-Nederland, 1971; Jaarverslag Hoogheemraadschap van Delfland 1972). In 1972 is de afvoerleiding door de Delftse industrie in gebruik genomen, terwijl vanaf 1973 via een tweede afvoerleiding het rioolwater van Delft en aangrenzende gemeenten via Scheveningen op de Noordzee wordt geloosd.

Van de in fig. 18 aangegeven onttrekkingen geeft alleen de industrie in Leiden en Uithoorn rechtstreeks of via de riolering een zoutbelasting van het boezemwater van meer dan 1000 ton Cl/jaar. Voor Leiden bedraagt het Cl-bezwaar tengevolge van de lozing van huishoudelijk en industrieel afvalwater op het oppervlaktewater ongeveer 2200 ton Cl/jaar. De onttrekking bij Uithoorn levert bij een gemiddeld Cl-gehalte van 500 mg/l van het opgepompte water een zoutbelasting van ongeveer 1500 ton Cl/jaar. Volledigheidshalve dient te worden vermeld dat bij Katwijk verzilting door de industrie plaatsvindt. Daar exacte cijfers hieromtrent niet bekend zijn en de verzilting dichtbij het lozingspunt gebeurt is dit verder buiten beschouwing gelaten.

Voor geheel Rijnland kan de zoutbelasting tengevolge van de industrie worden gesteld op globaal 3000 ton Cl/jaar, terwijl deze voor Delfland en Schieland door de ingebruik genomen afvoerleidingen praktisch kan worden verwaarloosd.

#### 4. De Cl-belasting tengevolge van bronneringen

Bronneringen kunnen een tijdelijke Cl-belasting opleveren voor het oppervlaktewater. Dat deze hoeveelheden niet gering zijn, blijkt uit de extra geloosde hoeveelheden chloride te Spaarndam en Halfweg in 1964 van 79 211 ton tengevolge van een bronbemaling bij Schiphol (Hoogheemraadschap van Rijnland, 1964). Een bronnering bij Nieuw Vennep in de Haarlemmermeer produceerde in 1966 en 1967 11 000 ton chloride (Cultuurtechnische Dienst in Noord-Holland, 1968).

## IX. DE TOTALE Cl-BELASTING IN RIJNLAND

### 1. Cl-belasting door kwel

Door sommatie van de Cl-belasting van de in Rijnland gelegen eenheden in fig. 33 wordt de totale Cl-belasting door de kwel verkregen. Ingeval de begrenzing van Rijnland een eenheid doorsnijdt is een evenredig deel van de in de eenheid aangegeven Cl-belasting genomen. In fig. 33 zijn tevens enkele kwelpolders aangegeven, welke buiten de subgebieden zijn gelegen en zodoende niet zijn betrokken bij de berekeningen voor het toetsen van de kwel-infiltratiekaart. Verder komt de Cl-belasting van de Hoofdvaart in de Haarlemmermeer in fig. 33 niet tot uitdrukking. In de Hoofdvaart is met apparatuur voor het meten van de slootkwel (VAN DER WEERD, 1966) op 12 plekken de kwel bepaald. Als gemiddelde waarde werd 61,9 mm/dag verkregen, waarbij kan worden opgemerkt dat in de omgeving van Hoofddorp waarden werden gevonden van 134 en 274 mm/dag, hetgeen redelijk overeenkomt met de uit fig. 21 bij Hoofddorp berekende drainage. Tijdens de metingen, uitgevoerd in het voorjaar van 1973, was de natte doorsnede van de Hoofdvaart 10 à 15 m. Het gemiddelde Cl-gehalte van het kwelwater, gebaseerd op 23 meetpunten, was 1080 mgr/l. Bij een lengte van 20 250 m van de Hoofdvaart en een natte doorsnede van 10 m wordt voor de zoutbelasting van de Hoofdvaart 4928 ton/jaar berekend. Hierbij dient te worden bedacht dat de berekeningen zijn gebaseerd op éénmalig uitgevoerde metingen, doch gezien de uit fig. 21 berekende drainage van de Hoofdvaart lijkt het gevonden bedrag in grootte-orde acceptabel.

In tabel 4 is de Cl-belasting van de verschillende eenheden, alsmede de totale Cl-belasting tengevolge van de kwel weergegeven. Tevens zijn polders met een Cl-belasting hoger dan 2000 ton/jaar aangegeven.

Tabel 4. Het Cl-bezwaar in Rijnland door kwel

Subgebied	Eenheden	Polder	Tonnen Cl/jaar		
F 1	Fl.7;Fl.15 t/m Fl.19 Fl.21 t/m Fl.24;Hoofdvaart	Haarlemmermeer	50 918		
	F 1.6		913		
	F 1.10		7		
	F 1.12		37		
	F 1.14		175		
F 2	F 2.3		511		
	F 2.5		292		
	F 2.6		402		
	F 2.7	Oudendijk	2 154		
F 3	F 3.2		274		
	F 3.8 (gedeeltelijk)		50		
F 5	F 5.2 (gedeeltelijk)		17		
	F 5.9 en F 5.10	Polder Nieuwkoop	2 012		
	F 5.11		135		
F 7	F 7.3	Middelburgpolder	3 869		
F 8	F 8.3 (gedeeltelijk)	Noordplaspolder	9 100		
F 10	F 10.6(gedeeltelijk)				
	F 10.8(gedeeltelijk)	Blankaardpolder Zoetermeersepolder (ged.) Zoetermeerse Meer- polder Driemanspolder(ged.)	2 446		
	F 10.6(gedeeltelijk)				
	F 10.4				1 196
	F 10.7			Zoetermeersep. (ged.)	321
	F 10.15		37		
		Vliegveld Valkenburg	388		
		Polder Broek- en Simontjes	--		
		Hemmeerpolder	66		
		Osdorper bovenp. (ged.)	120		
		Osdorper binnenp.	341		
Totaal			75 781		



## 2. Cl-belasting door gasbronnen

In tabel 5 is het debiet van de gasbronnen, het Cl-gehalte alsmede de zoutbelasting van de in Rijnland gelegen eenheden gegeven.

Tabel 5. Het Cl-bezwaar in Rijnland tengevolge van gasbronnen en wellen

Sub-gebied	Eenheden	Debiet $10^3 \text{ m}^3/\text{jr}$	Cl-gehalte gr/l	Cl-belasting tonnen/jaar
F 1	F 1.7; F 1.15 t/m F 1.19 F 1.21 t/m F 1.24	4563	1.270	5795
F 2	F 2.3; F 2.5; F 2.6; F 2.7	1303	0.088-2.082	411
F 3	F 3.8 (gedeeltelijk)	153	0.200	31
F 5	F 5.9; F 5.10	876	0.202	177
F 8	F 8.3 (gedeeltelijk)	66	0.955	63
F 10	F 10.6	241	0.746-2.090	240
	F 10.7	22	1.734	38
	F 10.8 (gedeeltel.)	153	0.915-0.955	145
	F 10.1	329	0.746	245
	T o t a a l			7145

In bovenstaande tabel is de Cl-belasting in de eenheden van subgebied F1, gelegen in de Haarlemmermeer, 81% van de totale Cl-belasting in Rijnland tengevolge van gasbronnen.

## 3. Cl-belasting door de industrie

De Cl-belasting door de industrie is voor Rijnland gesteld op globaal 3000 ton Cl/jaar.

## 4. Cl-belasting tengevolge van bronneringen

Uit de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag voor 1971 wordt niet de indruk verkregen dat in het desbetreffende jaar

langdurige bronneringen met een grote capaciteit zijn uitgevoerd. De Cl-belasting door bronneringen is derhalve voor het jaar 1971 verwaarloosd.

#### 5. Overige bronnen van verzilting

Voor het verkrijgen van de totale interne chloride balans van Rijnland dienen aan de uit tabel 4 en tabel 5 volgende bedragen van 75 781 en 7145 ton chloride per jaar voor respectievelijk kwel en gasbronnen en 3000 ton Cl/jaar voor de industrie nog de volgende posten te worden toegevoegd:

- a. neerslag; bij een gemiddelde neerslag van 750 mm/jaar en een Cl-gehalte van 7 mg/l van het regenwater wordt voor een oppervlakte van 98 000 ha het zoutbezwaar 5145 ton/jaar (Hoogheemraadschap van Rijnland, 1971);
- b. afvalwater; de Cl-belasting als gevolg van industrie-lozing is berekend op 3000 ton/jaar. Volgens gegevens van het Hoogheemraadschap van Rijnland bedraagt de Cl-belasting van het industrieel en huishoudelijk afvalwater over de jaren 1966 t/m 1971 10 633 ton/jaar. Daar het laatst genoemde bedrag is gebaseerd op bij rioolzuiverings-installaties uitgevoerde metingen, lijkt het verantwoord om voor het afvalwater 10 633 ton/jaar aan te houden.
- c. gladheidsbestrijding; voor de gladheidsbestrijding wordt gemiddeld per jaar over geheel Nederland ongeveer 165 000 ton chloride gebruikt. In de steden wordt globaal 40% hiervan gestrooid, hetgeen een verhoging van het Cl-gehalte van het effluent tot gevolg heeft (SOMERS, 1970). Door de Provinciale- en Rijkswaterstaat en de waterschappen wordt 100 000 ton gebruikt, waarvan een groot deel in het oppervlakte- en grondwater terecht komt. Uitgaande van de beschouwde oppervlakte van 98 000 ha is de Cl-belasting voor Rijnland geschat op 3% van 100 000 ton of wel 3000 ton/jaar;
- d. spuitwater; voor deze post waren, uitgezonderd voor de jaren 1950 tot 1954, geen recente gegevens beschikbaar (DE GRUYTER, 1957);

e. bemesting; als gevolg van de bemesting is 1422 ton Cl/jaar aan-  
gehouden, gebaseerd op het door COUWENHOVEN en TOUSSAINT verrichte  
onderzoek.

Uit de bovenvermelde bronnen van verzilting is de interne Cl-  
belasting voor Rijnland te berekenen. Daar vanuit open leidingen en  
plassen met boezempeil wegzijging optreedt naar de ondergrond, dient  
het hierdoor afgevoerde chloride in mindering te worden gebracht op  
de interne Cl-belasting. In tabel 6 is de berekende wegzijging van-  
uit plassen, kanalen en rivieren voor de verschillende eenheden  
gegeven. Bij een gemiddeld chloridegehalte van rond 200 mgr/l van  
het boezemwater (TOUSSAINT, 1972) is tevens de hoeveelheid afgevoer-  
de chloride berekend.

Tabel 6. Wegzijging van water en chloride vanuit de boezemwateren

Eenheid		Weg- zijging (m <sup>3</sup> /dag)	Cl- gehalte (kg/m <sup>3</sup> )	tonnen Cl/ jaar
F 1.4	Westeinder Plassen	7 600		
F 1.13 (gedeeltelijk)	Kagerplas	440		
F 2.4 (gedeeltelijk)	Braassemermeer	1 400		
F 3.7	Westeinder Plassen	3 000		
F 5.1	Westeinder Plassen	3 750		
F 5.3 (gedeeltelijk)	Langeraarsche Plassen	540		
F 5.12 (gedeeltelijk)	Nieuwkoopse Plassen	10 000		
F 5.4	Aarkanaal en Oude Rijn	7 700		
F 7.1	Oude Rijn	1 360		
F 7.6	Reeuwijkse Plassen	3 220		
Oude Rijn	Leiden (fig. 37)	3 100		
F 9	Oude Rijn	15 200		
F 10.4; F 10.6; F 10.7; F 10.8	Boezemleidingen	11 000		
		<u>68 310 x 10<sup>-3</sup></u>		
				x365x 0.200 = 4987

In tabel 7 is naast de uit het verrichte onderzoek verkregen Cl-balans een overzicht gegeven van de uit eerder verrichte onderzoeken opgestelde Cl-balansen.

Alvorens de resultaten in tabel 7 met elkaar te vergelijken lijkt het wenselijk enige toelichting te geven op de gevolgde methoden van onderzoek.

Door Van der Burgh is Rijnland in een aantal vakken verdeeld. Van de in deze vakken gelegen boezemwateren is de waterinhoud bepaald. Uit deze gegevens en chloridegehalten van het boezemwater in de diverse vakken is het in het boezemwater aanwezige chloride aan het begin en eind van een bepaalde periode bepaald. De tijdens de beschouwde periode ingelaten hoeveelheid chloride is berekend uit de hoeveelheid ingelaten water en het Cl-gehalte hiervan. Voor het elimineren van de zoutbelasting tengevolge van lek- en schutwater is voor de berekening van de geloosde hoeveelheden chloride het gemiddeld chloridegehalte van het boezemwater gedurende de periode en de geloosde hoeveelheden water genomen. De interne Cl-belasting volgt uit het verschil tussen lozing en inlaat, vermeerderd met de verandering van het in het boezemwater aanwezige chloride. Het berekende bedrag van 92 500 ton per jaar kan nog enigszins zijn beïnvloed door lek- en schutwater dat de boezem is binnengedrongen. Uit de werkelijk gespuide hoeveelheid chloride, de ingelaten hoeveelheid en het berekende zoutbezwaar volgt voor de zoutbelasting tengevolge van lek- en schutwater 64 400 ton Cl/jaar.

Het door Schultz verrichte onderzoek is praktisch identiek aan dat van Van der Burgh, maar heeft betrekking op een andere periode. Het is merkwaardig dat de extra Cl-belasting tengevolge van de bronneringen gedurende de jaren 1963 tot 1968 bij Schiphol en Nieuw Venneep niet hebben geleid tot een veel hogere Cl-belasting.

De door de Gruyter opgestelde chloride balans is gebaseerd op het vaststellen van de afzonderlijke bronnen van verzilting met uitzondering van die van de kwel. Deze is als enige onbekende berekend uit de chloride balans.

Tabel 7. De chloridebalans van Rijnland. Cijfers in tonnen/jaar

	Van der Burgh 1946-1959	Schultz 1959-1970	De Gruyter 1950-1954	Jaarverslag Rijnland 1970('66-'71)*	Couwenhoven en Toussaint 1960-1967	Hydrologisch onderzoek 1971
ingelaten	31 900	54 400	23 900	59 012	-	-
schut- en lekwater	64 400	63 600	32 200	31 400	-	-
neerslag	-	-	5 540	4 980	4 656	5 145
afvalwater	-	-	4 160	10 633*	3 600	10 633
gladheidsbestrijding	-	-	-	-	-	3 000
sputwater	-	-	9 680	112 734	-	-
bemesting	-	-	7 000	97 121	1 422	1 422
bronnering	-	-	-	94 705*	-	-
kwel	-	-	92 000	-	81 864	75 781
gasbronnen	-	-	8 500	-	8 430	7 145
totale aanvoer	188 800	213 400	183 000	203 146	-	-
lozing	188 800	213 400	182 500	203 146	-	-
bergingsverandering	-	-	500	-	-	-
wegzijing	-	-	-	-	-	4 987
						103 126
						- 4987
						98 139

Bij de door COUWENHOVEN en TOUSSAINT gevolgde methode van onderzoek is voor de in Rijnland gelegen kwelpolders een waterbalans opgesteld waarbij de kwel als restterm is berekend. Door de verschillende termen van de waterbalans te combineren met corresponderende chloridegehalten is voor elke polder afzonderlijk een chloridebalans opgesteld. De verzilting als gevolg van bemesting en afvalwater is apart berekend. Door sommatie van de Cl-belasting van de onderzochte polders is de interne chloride-belasting van Rijnland verkregen.

De uit het jaarverslag van het Hoogheemraadschap van Rijnland overgenomen Cl-balans is op dezelfde methodiek gebaseerd als die van DE GRUYTER. De restterm omvat echter meer bronnen van verzilting.

In tabel 7 is in elke kolom de interne chloride belasting gesommeerd. DE GRUYTER vindt voor de periode 1950-1959 de hoogste waarde, namelijk 126 880 ton per jaar. Uit de andere onderzoeken volgt een waarde, die ligt tussen de 90 000 en 110 000 ton per jaar.

Door DE GRUYTER en COUWENHOVEN en TOUSSAINT is als restterm voor de Cl-belasting van de kwel in de opgestelde chloride- en waterbalansen respectievelijk 92 000 en 81 864 ton per jaar gevonden. In dit licht bezien lijkt de uit het hydrologisch onderzoek verkregen zoutbezwaar van de kwel van ruim 75 000 ton per jaar in grootte-orde alleszins aanvaardbaar.

Uit tabel 4 blijkt dat de Haarlemmermeer, de Noordplaspolder en de Middelburgpolder een bijdrage leveren van 84% tot het zoutbezwaar door kwel in Rijnland. De Polder Nieuwkoop heeft weliswaar een zoutbezwaar van 2012 ton per jaar, doch gezien het Cl-gehalte van 200 mgr/l van de kwel (fig. 32) zal hiervan geen duidelijke invloed mogen worden verwacht op het Cl-gehalte van het polderwater. In de polder Oudendijk zal tengevolge van het Cl-gehalte van de kwel van 1900 mgr/l (fig. 32) het Cl-gehalte van het polderwater nadelig worden beïnvloed. In het volgende zal voor de Haarlemmermeer een aparte Cl-balans worden opgesteld, terwijl voor de overige genoemde polders uit de verkregen gegevens betreffende de verschillende bronnen het Cl-gehalte van het polderwater zal worden berekend.

## De Haarlemmermeer

Uit tabel 4 en 5 volgt voor de Cl-belasting door kwel en gasbronnen respectievelijk 50 918 en 5795 ton per jaar. De industrie onttrekking bij Hoofddorp en Zwaanshoek (fig. 18) geeft bij een Cl-gehalte van respectievelijk 410 en 310 mgr/l een zoutproduktie van rond 170 ton per jaar. Het Cl-bezwaar van het huishoudelijk afvalwater kan worden gesteld op 700 ton per jaar (Cultuurtechnische Dienst in Noord-Holland, 1968), zodat de totale verzilting van het afvalwater rond 900 ton /jaar is. Voor de gladheidsbestrijding is 600 ton per jaar aangehouden (Cultuurtechnische Dienst in Noord-Holland, 1967), terwijl uit het onderzoek van Couwenhoven en Toussaint 362 ton per jaar voor bemesting is genomen. Het zoutbe-  
zwaar als gevolg van de neerslag is berekend op 950 ton per jaar.

In tabel 8 is behalve de uit bovenstaande bronnen van verzilting opgestelde Cl-balans, een overzicht gegeven van reeds bekende Cl-balansen uit eerder verrichte onderzoeken.

Bij de eerste vier Cl-balansen in tabel 8 is de Cl-belasting door de kwel als restterm bepaald uit de water- en chloridebalans. De door COUWENHOVEN en TOUSSAINT en de Cultuurtechnische Dienst opgestelde Cl-balansen zijn gebaseerd op dezelfde gegevens. Doordat door COUWENHOVEN en TOUSSAINT geen rekening is gehouden met de verzilting tengevolge van bronneringen, spuitwater, gladheidsbestrijding en afvalwater wordt door hen een aanzienlijk hogere Cl-belasting door de kwel gevonden. Door de Cultuurtechnische Dienst is de Cl-belasting van afvalwater gesteld op 2700 ton per jaar, waaraan het industriëel afvalwater 2000 ton/jaar bijdraagt. Uit de bekende onttrekkingen en het Cl-gehalte van het opgepompte water is de zoutbelasting berekend op 170 ton/jaar, zodat de Cl-belasting tengevolge van afvalwater ongeveer 1800 ton/jaar te hoog is genomen. Verder is door deze Dienst evenals door Couwenhoven en Toussaint een correctie van 5% op de geloosde hoeveelheid chloride toegepast voor een niet correct uitgevoerde bepaling van het Cl-gehalte van het uitgemalen water. Aangenomen dat de titraties correct zijn uitgevoerd en invoering van een vermindering van de Cl-belasting

Tabel 8. De chloridebalans van de Haarlemmermeer. Gijfers in tonnen/jaar

	BIJL 1925-1930	DE GRUYTER 1941-1943	COUWENHOVEN en TOUSSAINT 1966-1967	Cult.Dienst N-Holland 1966-1967	Hydrologisch onderzoek 1971
ingelaten	257	610	2 045	1 450	
schut- en lekwater	200	76	-	-	-
neerslag	840	812	1 177	1 100	950
afvalwater	231	231	-	2 700	900
gladheidsbestrijding	-	-	-	600	600
spuitwater	-	-	55 161	2 200	58 825
bemesting	500	613	362	500	362
bronnering	-	-	-	8 650	-
kwel	36 072	44 258	47 876	34 250	50 918
gasbronnen	8 900	8 900	5 746	5 800	5 795
totale aanvoer	47 000	55 500	57 206	57 250	
lozing	47 000	55 500	57 206	57 250	



door huishoudelijk en industrieel afvalwater tot 900 ton/jaar, wordt de Cl-belasting door de kwel volgens de C.D.-balans rond 39 000 ton per jaar. De uit het hydrologisch onderzoek volgende Cl-belasting van ongeveer 51 000 ton/jaar lijkt 5000 tot 10 000 ton te hoog. Daar de waarde van de kwel in overeenstemming is met eerder verrichte onderzoeken is de consequentie dat het Cl-gehalte van het kwelwater plaatselijk te hoog is genomen.

Indien de verzilting tengevolge van neerslag, inlaat, lozing van afvalwater, bemesting en bestrijding van gladheid wordt gesteld op rond 270 kg/ha.jaar (COUWENHOVEN en TOUSSAINT, 1969; Cultuurtechnische Dienst in Noord-Holland, 1968) is het Cl-gehalte van het polderwater te berekenen met de volgende vergelijking, die is afgeleid van (44):

$$\begin{aligned} (R - E + I_p + I' + G' + 10 \times v_z(k) \times 365) \times C_{A_p} &= \\ &= 10 \times v_z(k) \times 365 \times C_{v_z} + G' \times C_{G'} + 270 \end{aligned} \quad (53)$$

waarin: E = verdamping m<sup>3</sup>/ha.jaar  
 I' = industrie onttrekking m<sup>3</sup>/ha.jaar  
 G' = opbrengst gasbronnen m<sup>3</sup>/ha.jaar  
 C<sub>G'</sub> = chloridegehalte bronwater kg/m<sup>3</sup>

Uit het onderzoek van COUWENHOVEN en TOUSSAINT volgt als waarde voor R - E + I<sub>p</sub> : 4350 m<sup>3</sup>/ha.jaar; I' volgt uit fig. 18 en bedraagt 24 m<sup>3</sup>/ha.jaar; G' is 252 en 10 × v<sub>z</sub>(k) × 365 = 1759 m<sup>3</sup>/ha.jaar. Voor de Cl-belasting voor de kwel en gasbronnen volgt uit tabel 4 en 5 bij een oppervlakte van 18 100 ha respectievelijk 2813 en 320 kg/ha.jaar.

Substitutie in (53) geeft:

$$(4350 + 24 + 252 + 1759) \times C_{A_p} = 2813 + 320 + 270$$

$$C_{A_p} = 0,533$$

Uit de uitgeslagen hoeveelheden water en zout volgde als gemiddelde waarde voor  $C_{A,D}$  : 0,450 voor de jaren 1966 en 1967 (Cultuurtechnische Dienst in Noord-Holland, 1968). De in tabel 2 en 3 gevonden waarde van 0,499, die betrekking heeft op een eenmalige meting, komt hier vrij goed mee overeen.

#### De Drooggemaakte Noordplas

In de jaren 1963 tot 1967 zijn de Palesteinsche Polder, de Hazerwoudsche Droogmakerij, de Benthuizer Polder en de Polders Achterof en de Putte samengevoegd tot een bemalingseenheid: de Drooggemaakte Noordplas (fig. 35a). De oorspronkelijk gehandhaafde polderpeilen zijn hierbij verlaagd; rekening houdende met de reeds bestaande onderbemalingen zijn de peilen in het westelijk gedeelte verlaagd met 0,43m en in het oostelijk gedeelte met 0,15 m (fig. 35b) (Provinciale Directie van de Cultuurtechnische Dienst in Zuid-Holland, Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland en de Technische Dienst van het Hoogheemraadschap van Rijnland, 1967). Daar de in fig. 9a aangegeven polderpeilen betrekking hebben op de oude toestand is nagegaan in hoeverre de in fig. 15 aangegeven stijghoogteverschillen dienen te worden gecorrigeerd.

Uit een vergelijking van de huidige polderpeilen met die van de gebruikte waterstaatkaarten bleek dat de peilen voor het westelijk en oostelijk gedeelte zijn verlaagd met respectievelijk 0,70 en 0,60 m. Deze peilverlagingen zijn groter dan de in het bovenstaande aangegeven verlagingen van 0,43 en 0,15 m, hetgeen het gevolg is van de onderbemalingen in de oude toestand. Door verwaarlozing van de lagere peilen in de onderbemalen gedeelten zijn de gemiddelde polderpeilen voor het westelijk en oostelijk gedeelte in fig. 9a 0,27 m en 0,45 m te hoog genomen. Daar voor uitgesproken kwelpolders de gemiddelde grondwaterstand hoger is dan gemiddeld polderpeil, is voor een gering aantal beschikbare grondwaterstandsbuizen het verschil in hoogte tussen gemiddelde grondwaterstand en het ter plaatse voorkomende polderpeil bepaald. Voor het enigszins te natte jaar 1965 bleek dit 0,50 m en voor het te droge

jaar 1971 0,35 m te zijn. Een waarde van 0,45 m voor een normaal jaar lijkt acceptabel, dit betekent dat de in fig. 9a aangegeven waarden voor het westelijk gedeelte 0,18 m te laag zijn en voor het oostelijk gedeelte juist.

De drukverschillenkaart (fig. 15), ontstaan door combinatie van fig. 9a en de isohypsenkaart van de eerste watervoerende laag, geeft voor het westelijk gedeelte in de oude toestand een 0,18 m te hoge waarde aan. Indien de peilverlagingen van 0,43 m en 0,15 m in rekening worden gebracht, zijn de aangegeven drukverschillen voor het westelijk en oostelijk gedeelte respectievelijk 0,25 m en 0,15 m te laag genomen. Uitgaande van de gemiddelde drukverschillen in fig. 34c van 0,88 m en 0,71 m voor respectievelijk het westelijk en oostelijk gedeelte komt dit neer op een afwijking van 28 en 21%.

Uit de controleberekeningen voor de subgebieden volgde voor de kwel een waarde van gemiddeld 0,46 mm/dag voor het beschouwde gebied, welke waarde goed aansluit aan de uit de waterbalans berekende waarde van 0,47 mm/dag (Provinciale Directie van de Cultuurtechnische Dienst in Zuid-Holland, Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland en de Technische Dienst van het Hoogheemraadschap van Rijnland, 1967). Een hogere waarde voor  $v_z$  lijkt niet aannemelijk zodat de gebruikte c-waarde derhalve voor het westelijk en oostelijk gedeelte dient te worden verhoogd met respectievelijk 28% en 21%, deze wordt dan respectievelijk 2200 en 1700 dagen (fig. 34d).

De toename van de kwel als gevolg van de peilverlaging is voor het westelijk gedeelte kleiner dan  $\frac{0,43}{2200} \times 10^3 = 0,20$  mm/dag en voor het oostelijk gedeelte kleiner dan  $\frac{0,15}{1700} \times 10^3 = 0,09$  mm/dag. Een exacte waarde is niet te berekenen daar de stijghoogte van het 'diepe' grondwater eveneens is gedaald.

Uit tabel 4 volgt een zoutbezwaar van de kwel van 9100 ton Cl/jaar, terwijl het zoutbezwaar van de gasbronnen is berekend op 354 ton Cl/jaar bij een debiet van  $1020 \text{ m}^3/\text{dag}$ . Indien we de verzilting tengevolge van neerslag, inlaat, lozing van huishoudelijk afvalwater, bemesting en bestrijding van gladheid stellen op 270 kg/ha.jaar (COUWENHOVEN en TOUSSAINT, 1969) is het Cl-gehalte van het polderwater te berekenen met (53).

Uit het onderzoek van COUWENHOVEN en TOUSSAINT volgt als waarde voor  $R-E+I_p$  :  $4350 \text{ m}^3/\text{ha.jaar}$ ; industrie onttrekking komt niet voor zodat  $I'$  buiten beschouwing kan worden gelaten;  $G' = 86 \text{ m}^3/\text{ha.jaar}$ ;  $v_z(k) = 0,46 \text{ mm/dag}$ ; de eerste twee termen van het rechter lid volgen uit het hierboven genoemde zoutbezwaar tengevolge van kwel en gasbronnen en de oppervlakte van de Drooggemaakte Noordplas ter grootte van  $4326 \text{ ha}$  en zijn respectievelijk  $2104$  en  $82 \text{ kg/ha.jaar}$ .

Substitutie in (54) geeft:

$$(4350 + 86 + 1679) \times C_{A_p} = 2104 + 82 + 270 \quad (54)$$

$$C_{A_p} = 0,401$$

Het berekende chloridegehalte is praktisch gelijk aan de waarden van  $0,406$  en  $0,395$ , volgende uit een onderzoek door SONNEVELD en VAN BEUSEFKOM (1969) over de jaren 1967 en 1968.

#### De Middelburgpolder

Uit tabel 4 volgt voor de Cl-belasting door de kwel  $3869 \text{ ton/jaar}$ , hetgeen bij een oppervlakte van  $575 \text{ ha}$  van bovengenoemde polder  $6729 \text{ kg/ha/jaar}$  wordt. Onttrekking door industrie en gasbronnen komen niet voor, zodat  $I'$  en  $G'$  buiten beschouwing kunnen worden gelaten.

Voor  $R-E+I_p$  is  $4350 \text{ m}^3/\text{ha.jaar}$  genomen; verder is  $v_z(k)$   $2 \text{ mm/dag}$  en  $C_{v_2}$  is  $920 \text{ mg/l}$ . Substitutie in (55) geeft:

$$(4350 + 7300) \times C_{A_p} = 6729 + 270 \quad (55)$$

$$C_{A_p} = 0,600$$

Uit het onderzoek van COUWENHOVEN en TOUSSAINT volgde als gemiddelde waarde van het Cl-gehalte van het uitgemalen polderwater over de jaren 1960 t/m 1966  $637 \text{ mg/l}$ .

## X. DE TOTALE Cl-BELASTING IN DELFLAND

### 1. Cl-belasting door kwel en overige bronnen van verzilting

Uit fig. 33 kan de Cl-belasting tengevolge van kwel in Delfland worden afgeleid. Van een aantal polders die niet zijn betrokken bij de contrôleberekeningen voor de subgebieden, is de ligging alsmede Cl-belasting eveneens in fig. 33 aangegeven. In tabel 9 is de Cl-belasting voor de kweleenheden en polders vermeld.

Tabel 9. Het Cl-bezwaar in Delfland door kwel

Sub-gebied	Eenheden	Polder	Tonnen Cl/jaar
F 10	F 10.4 (gedeeltelijk)		118
	F 10.13		131
F 11	F 11.2		72
	F 11.3		19
	F 11.4		329
	F 11.7		1 984
	F 11.8		1 643
F 13	F 13.4		51
	F 13.6 (gedeeltelijk)		476
		Poelpolder	70
		Polder Noord- en Nieuwland	479
		Polder Oostmade	-
		Zestienhoven(gedeeltelijk)	265
		Oost Abtspolder	101
<b>TOTAAL</b>			<b>5 738</b>

Daar in Delfland praktisch alle gasbronnen zijn gedicht hoeft hiermee geen rekening te worden gehouden, verder dienen nog de volgende bronnen van verzilting in rekening te worden gebracht:

- a. bronneringen; uit de isohypsenkaart blijkt, uitgezonderd in Den Haag, niets omtrent de uitvoering van een bronbemaling van enige omvang;
- b. neerslag; bij een gemiddelde neerslag van 750 mm/jaar en een Cl-gehalte van 7 mg/l van het regenwater wordt voor een oppervlak van circa 40 000 ha het zoutbezwaar 2100 ton/jaar;
- c. afvalwater; uit het onderzoek van COUWENHOVEN en TOUSSAINT is hiervoor 350 ton/jaar aangehouden. Daar in 1971 de afvoerleiding van de Delftse industrieën nog niet was gerealiseerd en de verzilting door de industrie voor de jaren 1968-1970 18 600 ton/jaar bedroeg, is de totale verzilting van het afvalwater gesteld op 18 950 ton/jaar. Daar het huishoudelijk afvalwater thans grotendeels naar de Noordzee en/of Nieuwe Waterweg wordt afgevoerd is deze bron van verzilting opgeheven;
- d. gladheidsbestrijding; de hoeveelheid zout, afkomstig van de gladheidsbestrijding is afgaande op de berekening voor Rijnland gesteld op 1200 ton/jaar;
- e. spuitwater; betreffende deze post waren geen gegevens beschikbaar zodat is aangenomen dat deze bron van verzilting van weinig of geen betekenis is geweest;
- f. bemesting; hiervoor is 461 ton/jaar aangehouden, welke waarde is verkregen uit het door COUWENHOVEN en TOUSSAINT verrichte onderzoek.

Nu alle bronnen van verzilting bekend zijn is de totale interne Cl-balans op te stellen, evenals voor Rijnland is het uit het onderzoek volgende zoutbezwaar vergeleken met dat van eerder verrichte onderzoekingen, zie tabel 10.

De in tabel 10 vermelde interne Cl-belasting volgens RUTGERS is overgenomen uit de publikatie van COUWENHOVEN en TOUSSAINT; de toegepaste rekenmethode is dezelfde als die van VAN DER BURGH.

De interne Cl-belasting blijkt in tabel 10 te variëren van ruim 25 000 tot bijna 48 000 ton/jaar. Uit een grafiek, aangevende het zoutbezwaar voor de jaren 1954-1970 (Werkcomité Watervoorziening Midden-West-Nederland, 1971), blijkt het zoutbezwaar gedurende die periode af te nemen. Dit is wellicht veroorzaakt door het

Tabel 10. De chloridebalans van Delfland. Cijfers in tonnen/jaar

	van der Burgh 1954-1959	Rutgers 1958-1967	Couwenhoven en Toussaint 1960-1967	Werkcomité Watervoor- ziening Midden-West- Ned. 1954-1970	Hydrologisch onderzoek 1971
ingelaten	17 200	-	-	-	-
schut- en lekwater	-	-	-	13 100*	-
neerslag	-	-	1 550	-	2 100
afvalwater	-	-	15 350	18 600*	18 950
gladheids- bestrijding	-	-	-	-	1 200
sputwater	-	35 560	40 093	-	-
bemesting	-	-	461	-	461
bronnering	-	-	-	-	-
kwel	-	-	21 714	-	5 738
gasbronnen	-	-	1 018	-	-
totale aanvoer	-	-	-	-	-
lozing	-	-	-	-	-
bergings- verandering	-	-	-	-	-
wegzijging	-	-	-	-	-
				25 300	28 449
				6700* (incl. neer- slag)	

\* x voor de jaren 1968-1970

afdichten van de gasbronnen in 1958 en 1967 en vermindering van leezout door vernieuwing van sluizen. In dit licht bezien, is de door VAN DER BURGH gevonden hoge waarde van 47 600 te verklaren.

Alvorens een vergelijking te maken tussen de overige vier Cl-balansen, dienen de Cl-balansen van COUWENHOVEN en TOUSSAINT en van RUTGERS te worden gecorrigeerd vanwege het feit, dat in deze Cl-balansen bronnen van verzilting voorkomen, die niet bij de andere twee aanwezig zijn. In de Cl-balans van COUWENHOVEN en TOUSSAINT is voor de verzilting door gasbronnen 1018 ton Cl/jaar aangehouden, terwijl in de Cl-balans van RUTGERS deze bron van verzilting alsmede een geringe invloed van leezout aanwezig is. Brengen we in de laatstgenoemde Cl-balansen voor deze bronnen van verzilting rond 1000 ton/jaar in mindering, dan varieert de interne Cl-belasting van ruim 25 000 tot 39 000 ton/jaar en bedraagt gemiddeld ongeveer 32 000 ton/jaar. De interne Cl-balans volgens COUWENHOVEN en TOUSSAINT vertoont de grootste afwijking; hetgeen, de verschillende bronnen van verzilting in acht genomen, naar alle waarschijnlijkheid wordt veroorzaakt door een te hoog berekende Cl-belasting tengevolge van de kwel.

Daar vanaf oktober 1972 de verzilting door de industrie is beëindigd, wordt het bovengenoemd traject bij een vermindering met 18 600 ton/jaar (tabel 10), 6000 tot 20 000 ton/jaar. De uit het hydrolisch onderzoek volgende waarde van circa 10 000 ton/jaar voor een gemiddeld jaar lijkt alleszins reëel.

Vanwege de lage kwelintensiteit in Delfland, over het algemeen kleiner of gelijk aan 0,11 mm/dag en Cl-gehalten van het kwelwater van 0,200 tot 2,420 gr/liter is de invloed van deze term in (53) gering. Om deze reden was het weinig zinvol om uit de verkregen gegevens Cl-gehalten van het polderwater te berekenen.

## XI. DE TOTALE CL-BELASTING IN SCHIELAND

### 1. Cl-belasting door kwel

De Cl-belasting tengevolge van de kwel volgt uit fig. 33 en is in tabel 11 voor de verschillende eenheden weergegeven. Doordat



de zuidelijke begrenzing van Schieland niet samenvalt met die van de subgebieden F 12 en F 13, zal het Cl-bezwaar door de kwel hoger zijn dan in tabel 11 als totaal is aangegeven. Gezien het lage Cl-gehalte van het kwelwater van 0-200 mg/l bij kwelintensiteiten van 0,2 tot 0,4 mm/dag alsmede de beperkte omvang van het beschouwde gebied zal het Cl-bezwaar hooguit enkele honderden tonnen/jaar hoger zijn.

Tabel 11. Het Cl-bezwaar in Schieland door kwel

Sub-gebied	Eenheid	Polder	Tonnen Cl/jaar
F 8	F 8.3 (gedeeltelijk)	De Wilde Veenen Zuidplaspolder	321
F 10	F 10.8 (gedeeltelijk)		8 026
F 12	F 12.5	Binnenwegsepolder	442
F 10	F 10.9		
	F 10.10		
F 12	F 12.7	Eendrachtspolder	913
	F 12.8	Pr.Alexanderpolder (gedeeltel.)	1 752
F 13	F 13.1	o. a. Polder Bleiswijk	2 482
	F 13.2		62
	F 13.6 (gedeeltelijk)		53
<b>Totaal</b>			<b>14 051</b>

Volgens bovenstaande tabel heeft de Zuidplaspolder het hoogste zoutbezwaar tengevolge van de kwel. Dit is enerzijds het gevolg van een kwel van 0,45 tot 0,49 mm/dag en anderzijds van het Cl-gehalte van de kwel, dat in deze polder gemiddeld 962 mgr/l bedraagt en veel hoger is dan in de andere in Schieland gelegen kwelpolders. Uit het onderzoek naar het Cl-gehalte van het grondwater onder slootbodem en het polderwater volgden respectievelijk maximale waarden van 1775 en 816 mgr/l. De hoogste Cl-concentraties worden aangetroffen in het zuidoostelijk deel van de polder, hetgeen overeenkomt met de isohalinenkaart op het niveau 25 tot 35 m - NAP.

In de polder Bleiswijk is het gemiddelde Cl-gehalte van de kwel 600 mgr/l. Voor het Cl-gehalte van het grondwater onder slootbodem en het polderwater zijn respectievelijk maximale waarden gevonden van 639 en 958 mg.Cl/l. Bovengenoemde maximale waarden hebben betrekking op een éénmalig uitgevoerde bemonstering, zodat ze slechts als indicatie dienen te worden beschouwd.

## 2. Cl-belasting door gasbronnen

Uit het onderzoek van de Nederlandse Vereniging tegen water-, bodem- en luchtverontreiniging in Noord- en Zuid-Holland blijkt dat in de in Schieland gelegen polders rond 1940 396 gasbronnen en wellen voorkwamen. Volgens recente opgaven van de Zuidplaspolder, Prins Alexanderpolder en de Polder Bleiswijk met in 1942 347 gasbronnen en wellen, is dit aantal afgenomen tot 187. Globaal is er een afname met 50%; voor de polders waarvan geen recente gegevens verkrijgbaar waren, is derhalve het aantal verminderd met 50%. In tabel 12 zijn de resultaten weergegeven.

Uit de tabel blijkt dat de Zuidplaspolder bestaande uit de eenheid F 12.5 en een gedeelte van F 8.3 en F 10.8 met een zoutbelasting van 837 ton Cl/jaar, de Prins Alexanderpolder (F 12.8) met 347 ton Cl/jaar en de Polder Bleiswijk (F 13.1) met 469 ton Cl/jaar tezamen bijna 95% leveren van het totale Cl-bezwaar in Schieland tengevolge van gasbronnen en wellen.

Tabel 12. Het Cl-bezwaar in Schieland tengevolge van gasbronnen en wellen

Sub-gebied	Eenheden	Debiet $10^3 \text{ m}^3/\text{jaar}$	Cl-gehalte gr/l	Cl-belasting tonnen/jaar
F 8	F 8.3 (gedeeltelijk)	175	0,371	65
F 10	F 10.8 (gedeeltelijk)	131	0,371	49
	F 10.9	66	0,400	26
F 12	F 12.5	1971	0,371	731
	F 12.7	153	0,463	71
	F 12.8	898	0,386	347
F 13	F 13.1	701	0,669	469
<b>Totaal</b>				<b>1758</b>

### 3. Cl-belasting door industrie

Uit fig. 18 blijkt, dat alleen bij Zoetermeer een belangrijke wateronttrekking voorkomt. Het opgepompte water, in hoofdzaak gebruikt als koelwater, werd tot 1971 geloosd op de Binnenwegse polder. In de nota van COUWENHOVEN en TOUSSAINT wordt voor de industriële lozing  $1,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$  genoemd, welk bedrag is gebaseerd op gegevens van de Binnenwegse polder. Uit verrichte metingen in de periode 10 oktober - 22 november '67 is de jaarlozing berekend op  $1,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ . De verkregen gegevens lopen uiteen van 0,9 tot  $1,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ . Bij een Cl-gehalte van 500 mg/l van het opgepompte water (COUWENHOVEN en TOUSSAINT, 1969), wordt het Cl-bezwaar 450 tot 850 ton/jaar. Naast de industriële lozing wordt het effluent van de gemeente Zoetermeer op de Binnenwegse polder uitgemalen. Voor de jaren 1964 t/m 1967 is hiervoor  $3,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$  gevonden. Bij een Cl-gehalte van 200 mg/l wordt het Cl-bezwaar van het huishoudelijk afvalwater 640 ton/jaar. Het Cl-bezwaar van het industrieel en huishoudelijk afvalwater wordt totaal 1090 tot 1490 ton/jaar. Uit tabel 11 volgt voor de verzilting door kwel 442 ton/jaar, hetgeen het Cl-bezwaar op 1532 tot 1932 ton/jaar brengt. In de nota van COUWENHOVEN en TOUSSAINT is het Cl-bezwaar door de kwel gesteld op 2312 ton/jaar, inclusief de verzilting van het industrieel en huishoudelijk afvalwater. Indien voor het Cl-bezwaar door de kwel 442 ton/jaar wordt aangehouden, bedraagt de verzilting van het afvalwater 1870 ton Cl/jaar. Als globale waarde voor de verzilting tengevolge van het afvalwater lijkt 1500 ton/jaar acceptabel.

In 1971 is de riolering van Zoetermeer aangesloten op de riolering van Den Haag, waardoor momenteel geen verzilting door afvalwater meer plaatsvindt.

Voor het overige deel van Schieland is verzilting door industrie van weinig betekenis. De verzilting van het huishoudelijk afvalwater is voor geheel Schieland gesteld op 140 ton/jaar (COUWENHOVEN en TOUSSAINT, 1969).

#### 4. Overige bronnen van verzilting

Voor het verkrijgen van de gehele Cl-balans van Schieland dienen nog de volgende bronnen van verzilting in rekening te worden gebracht.

- a. bronneringen; uit de isohypsenkaart van het 'diepe' grondwater wordt geen informatie verkregen omtrent bronbemalingen van enige omvang;
- b. neerslag; bij een gemiddelde neerslag van 750 mm/jaar en een Cl-gehalte van 7 mg/l van het regenwater wordt voor een oppervlak van ongeveer 20 000 ha het zoutbezwaar 1050 ton/jaar;
- c. gladheidsbestrijding; deze bron van verzilting is, uitgaande van het oppervlak van Rijnland en Schieland gesteld op 600 ton/jaar;
- d. spuitwater; omtrent deze bron van verzilting waren geen gegevens bekend;
- e. bemesting; hiervoor is 308 ton Cl/jaar aangehouden (COUWENHOVEN en TOUSSAINT, 1969).

Uit de hierbovengenoemde bronnen van verzilting is de interne Cl-balans van Schieland opgesteld, tabel 13.

De interne Cl-belasting volgens het hydrologisch onderzoek is aanmerkelijk lager dan volgens COUWENHOVEN en TOUSSAINT. Dit is grotendeels het gevolg van een lager berekende verzilting door kwel en gasbronnen in 1971. Indien we de verzilting van het afvalwater in de chloorbalans van COUWENHOVEN en TOUSSAINT met 650 ton/jaar verhogen, gebaseerd op de beschouwingen bij de Cl-belasting door de industrie en verder 600 ton/jaar voor gladheidsbestrijding in rekening brengen, wordt de verzilting door de kwel 1250 ton/jaar lager. Het Cl-bezwaar tengevolge van de kwel wordt dan 19 513 ton/jaar. Het verschil in de interne Cl-belasting in tabel 13 van ongeveer 8700 ton/jaar kan worden toegeschreven aan:

Tabel 13. De chloridebalans van Schieland. Cijfers in tonnen/jaar

	Couwenhoven en Toussaint 1960-1967	Hydrologisch onderzoek 1971
neerslag	954	1 050
afvalwater	990	140
gladheidsbestrijding	-	600
sputwater	-	-
bemesting	308	308
bronnering	-	-
kwel	20 763	14 051
gasbronnen	3 581	1 758

1. een afname van de verzilting van het afvalwater met 1500 ton/jaar;
2. een 5500 ton/jaar lagere berekende verzilting tengevolge van de kwel in 1971;
3. een afname van de verzilting tengevolge van gasbronnen met ruim 1700 ton/jaar;

De afname volgens ad 1. en 3. is gebaseerd op waarnemingen en kan worden doorberekend. De uiteenlopende waarden voor het Cl-bezwaar tengevolge van de kwel zijn gebaseerd op verschillende berekeningsmethoden, zodat geen uitspraak is te doen omtrent de juiste waarde. Indien het verschil als tolerantie wordt ingebouwd in de totale interne Cl-belasting, volgt hiervoor 18 000 tot 23 500 ton/jaar.

Voor een aantal polders is met (53) het Cl-gehalte van het polderwater berekend.  $R - E + I_p$  is gesteld op  $4410 \text{ m}^3/\text{ha.jaar}$  (COUWENHOVEN en TOUSSAINT, 1969).  $G'$  volgt uit tabel 12 en de oppervlakte van de betreffende polder of eenheid;  $v_z(k)$  uit fig. 32 en het zoutbezwaar tengevolge van kwel en gasbronnen uit tabel 11 en 12 en de oppervlakte van de beschouwde polders. In tabel 14 zijn de verkregen resultaten weergegeven alsmede gemiddelde Cl-gehalten van het polderwater over de jaren 1960-1966, ontleend aan het onderzoek van COUWENHOVEN en TOUSSAINT.

Tabel 14. Cl-gehalten van het polderwater in Schieland

Polder	Cl-gehalte van het polderwater volgens (53)	Cl-gehalte van het polderwater (1960-1966)
	g/l	g/l
Zuidplaspolder	0,339	0,270
F 12.8; Pr. Alexanderpolder	0,280	0,246
F 13.1; o.a. Polder Bleiswijk	0,234	0,268

Indien voor  $C_A$  van de Zuidplaspolder in (53) 0,270 wordt gesubstitueerd is  $C_{v_z}$  als volgt te berekenen:

$$(4410 + 512 + 10 \times 0,48 \times 365) \times 0,270 =$$

$$10 \times 0,48 \times 365 \times C_{v_z} + 190 + 270$$

$$C_{v_z} = 0,766$$

Het zoutbezwaar tengevolge van de kwel wordt nu:

$$4450 \times 10 \times 0,48 \times 365 \times 10^{-3} \times 0,766 = 5972 \text{ ton/jaar}$$

Voor de Zuidplaspolder is in tabel 11 als zoutbezwaar 8026 ton/jaar aangegeven, gebaseerd op een Cl-gehalte van de kwel van 0,962 gr/l. Uitgaande van het Cl-gehalte van het polderwater wordt de indruk verkregen dat het berekende zoutbezwaar alsmede het Cl-gehalte van het kwelwater aan de hoge kant zijn.

## XII. DE CL-BELASTING VAN AMSTELLAND

Doordat Amstelland gedeeltelijk buiten het onderzoeksgebied valt, is in eerste instantie de Cl-belasting tengevolge van de verschillende bronnen van verzilting van de in Amstelland gelegen eenheden berekend en is voor het overige deel benaderd.

## 1. Cl-belasting door kwel

Uit fig. 33 volgt de Cl-belasting voor de kwel, in tabel 15 is deze voor de verschillende eenheden weergegeven.

Tabel 15. Het Cl-bezwaar in Amstelland door kwel voor de subgebieden F 3, F 4 en F 5

Sub-gebied	Eenheid	Polder	tonnen Cl/jaar
F 3	F 3.3		438
	F 3.8 (gedeeltelijk)		100
F 4	F 4.12		248
	F 4.13	Polder Groot Mijdrecht	48 180
	F'4.13	Polder Wilnis-Veldzijde	2 351
F 5	F 5.2 (gedeeltelijk)		34
	F 5.6	Polder Zevenhoven	1 230
	F 5.8		
Totaal			52 581

Volgens bovenstaande tabel levert Polder Groot Mijdrecht ruim 90% van het zoutbezwaar in de beschouwde eenheden.

Naast de in tabel 15 genoemde kwel-eenheden en/of -polders komt van oudsher in Amstelland een aantal polders voor, waarin vanwege hun lage ligging kwel voorkomt. In een tweetal polders, te weten: de Watergraafsmeer en de Bijlmermeer polder, is door de stedelijke uitbreiding van Amsterdam, veelal gepaard gaande met ophoging van het maaiveld, de oorspronkelijke situatie grondig veranderd. Indien laatstgenoemde polders buiten beschouwing worden gelaten resteren de polders: de Nieuwe Bullewijk en de Holendrecht- en Bullewijker polder. Uit fig. 15 volgt als gemiddeld drukverschil tussen het freatisch en 'diep' grondwater voor deze polders 0,69 m. Uit de c-waardenkaart volgt als globale waarde 1000 dagen, zodat de kwel wordt berekend op 0,69 mm/dag. Bij een Cl-gehalte van het kwelwater van 1000 mgr/l, afgeleid uit de isohalinenkaart op het niveau 25 tot 35 m - NAP, wordt het

zoutbezwaar bij een oppervlakte van 830 ha voor beide polders 2090 ton/jaar.

Voor geheel Amstelland kan de Cl-belasting door de kwel worden gesteld op rond 55 000 ton/jaar.

## 2. Cl-belasting door gasbronnen

Daar buiten het onderzochte gedeelte van Amstelland geen gasbronnen en wellen voorkomen geeft tabel 16 de totale Cl-belasting van deze bron van verzilting.

Tabel 16. Het Cl-bezwaar in Amstelland tengevolge van gasbronnen en wellen

Sub-gebied	Eenheden	Debiet $10^3 \times m^3$ /jaar	Cl-gehalte g/l	Cl-belasting tonnen/jaar
F 4	F 4.12	372	0,166	62
	F 4.13	131	0,722	95
F 5	F 5.6; F 5.8	460	0,168	77
Totaal				234

## 3. Cl-belasting door de industrie

Uit fig. 18 blijkt dat bij Uithoorn door de industrie  $2,9 \times 10^6 m^3$ /jaar aan het 'diepe' grondwater wordt onttrokken. Gegevens betreffende het Cl-gehalte van het 'diepe' grondwater bij Uithoorn zijn ontleend aan de isohalinenkaarten; op de niveaus 15 tot 25; 25 tot 35 en 35 tot 45 m - NAP, is het Cl-gehalte respectievelijk 0-200; 200-500 en 500 mg/l. Bij een aanname voor het Cl-gehalte van 500 mg/l voor het opgepompte water wordt het zoutbezwaar 1450 ton/jaar, welk bedrag wellicht aan de hoge kant is.

Voor het overige deel van Amstelland zijn geen gegevens bekend, gezien echter het lage Cl-gehalte van het 'diepe' grondwater mag



worden verwacht dat het zoutbezwaar gering zal zijn.

De omgeving van Amsterdam, waar belangrijke onttrekkingen plaatshebben, is in het bovenstaande buiten beschouwing gelaten.

#### 4. Overige bronnen van verzilting

- a. neerslag; bij een gemiddelde neerslag van 750 mm/jaar en een Cl-gehalte van 5 mgr/l van het regenwater (STELLINGWERFF;1970) wordt voor een oppervlakte van circa 30 000 ha het zoutbezwaar rond 1100 ton/jaar;
- b. afvalwater; het industriëel afvalwater heeft een zoutbezwaar van 1450 ton/jaar. De belasting van het huishoudelijk afvalwater is, afgaande op de verkregen cijfers voor Rijnland, geschat op 1500 ton/jaar, zodat het afvalwater in totaliteit een bijdrage levert van ongeveer 3000 ton/jaar;
- c. gladheidsbestrijding; hiervoor is 900 ton/jaar aangehouden;
- d. bemesting; hiervoor is 400 ton/jaar berekend, uitgaande van de gevonden waarden voor Rijnland, Delfland en Schieland.

Evenals in Rijnland vindt in Amstelland wegzijging plaats vanuit het boezemwater. Het duidelijkst komt dit tot uiting bij de Vinkeveense Plassen. Uit fig. 17 is de wegzijging berekend op  $36\,500\text{ m}^3/\text{dag}$ ; bij een Cl-gehalte van 225 mg/l (PROVINCIALE WATERSTAAT van Utrecht, 1968) betekent dit een wegzijging van 3000 ton Cl/jaar. Tussen Breukelen en Slootdijk vindt volgens de isohypsenkaarten een belangrijke wegzijging plaats vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal, die in grootte-orde is berekend op  $10\,000\text{ m}^3/\text{dag}$ . Bij een Cl-gehalte van 125 mg Cl/l (PROVINCIALE WATERSTAAT van Utrecht, 1968) wordt dit 456 ton Cl/jaar, hetgeen de berekende wegzijging in totaal op rond 3500 ton/jaar brengt.

Uit de in het voorgaande genoemde bronnen van verzilting is de Cl-balans voor Amstelland opgesteld, zie tabel 17.

Tabel 17. De chloridebalans van Amstelland. Cijfers in tonnen/jaar

Hydrologisch onderzoek 1971		
neerslag	1 100	} 60 634 - 3500 = 57 134
afvalwater	3 000	
gladheidsbestrijding	900	
sputwater	-	
bemesting	400	
bronnering	-	
kwel	55 000	
gasbronnen	234	
wegzijging	3 500	

Uit tabel 15 en 17 volgt dat de kwel in de Polder Groot Mijdrecht voor meer dan 80% bijdraagt in de interne Cl-belasting van Amstelland. Van deze polder is met (53) het Cl-gehalte van het polderwater berekend. Bij verwaarlozing van  $I_p$  is R-E gesteld op  $3810 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{jaar}$ ; voor G' volgt uit tabel 16 bij een gegeven oppervlakte van de polder van circa 2000 ha  $65 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{jaar}$ ,  $v_z(k)$  is 5 mm/dag,  $C_v$  1,32 g/l (fig. 32) en de waarde voor  $C_G$  van 0,722  $\text{kg}/\text{m}^3$  volgt uit tabel 16. Substitutie van de genoemde waarden in (53) geeft:

$$(3810 + 65 + 18\ 250) \times C_{A_p} = 24\ 090 + 48 + 270 \quad (56)$$

$$C_{A_p} = 1,1 \text{ kg}/\text{m}^3$$

In de periode 1963-1968 was het Cl-gehalte van het water in de Hoofdvaart voor het gemaal gemiddeld 1000 mg/l en in de Waver gemiddeld 1050 mg/l (PROVINCIALE WATERSTAAT van Utrecht, 1968).

### XIII. SAMENVATTING

In Midder-West Nederland is een hydrologisch onderzoek uitgevoerd, dat in het bijzonder was gericht op de verzilting van het oppervlaktewater door met het kwelwater uit de ondergrond meegevoerde zouten. Als eerste fase zijn uit het onderzoek van POMPER (1972) en VAN REES VELLINGA (1972) de voor de hydrologie van het gebied belangrijke pakketten beschouwd en is een schema opgesteld van de hydrologische gesteldheid. Van de op dit schema betrekking hebbende formatieconstanten waren, betreffende  $kD$ -waarden van het bovenste watervoerend pakket en  $c$ -waarden van het afdekkend pakket, kaarten beschikbaar, respectievelijk ontleend aan een onderzoek door WITT en VAN REES VELLINGA (1970) en WIT (1974). De tweede fase heeft betrekking op de grondwaterpotentialen, die voor de onderscheiden watervoerende lagen en het freatisch vlak in isohypsenkaarten zijn weergegeven. Tevens is een drukverschillenkaart van het freatisch water en de grondwaterstijghoogte in de eerste watervoerende laag samengesteld. De derde fase omvat de berekening van de horizontale grondwaterstroming in de watervoerende pakketten en de verticale stroming in het afdekkend pakket alsmede de  $kD$ -waarde van de tweede watervoerende laag en de  $c$ -waarde van het afdekkend pakket. De  $kD$ -waarden van de tweede watervoerende laag zijn in een  $\{k_2 D_2$ -kaart weergegeven, terwijl de meerdere informatie betreffende de  $c$ -waarde van het afdekkend pakket heeft geleid tot correcties in de  $c$ -waardenkaart, waardoor de gecorrigeerde  $c$ -waardenkaart is ontstaan. Het werken met twee  $c$ -waardenkaarten heeft ertoe geleid dat twee kwel-infiltratiekaarten zijn gemaakt, namelijk de voorlopige en de gecorrigeerde kwel-infiltratiekaart. Als vierde en laatste fase is de  $Cl$ -belasting van het oppervlaktewater berekend, uitgaande van de verticale stroming in het afdekkend pakket en het  $Cl$ -gehalte van het grondwater volgens VAN REES VELLINGA, TOUSSAINT en VAN GILS (1972).

De toegepaste berekeningsmethodiek in de derde fase heeft ertoe geleid dat het onderzoeksgebied is opgedeeld in subgebieden. Voor elk subgebied is in hoofdstuk VIII telkens een samenvatting gegeven van de verkregen resultaten en beschouwingen. Teneinde

hieruit een overzicht samen te stellen voor het gehele onderzoeksgebied, zijn uit de samenvattingen de belangrijkste punten gelicht en zoveel mogelijk in kaarten weergegeven. Achtereenvolgens worden de volgende kaarten en facetten besproken:

- de kD-waardenkaart van het bovenste watervoerend pakket;
- de functie van de Formatie van Kedichem;
- de  $\sum k_2 D_2$ -waardenkaart;
- de gecorrigeerde c-waardenkaart;
- de gecorrigeerde kwel-infiltratiekaart;
- de wegzigging casu quo drainage vanuit of door rivieren en kanalen;
- de relatie tussen kwel, infiltratie en het Cl-gehalte van het grondwater;
- de Cl-belasting van het oppervlaktewater.

#### 1. De kD-waardenkaart van het bovenste watervoerend pakket

De kD-waardenkaart van het bovenste watervoerend pakket (WITT en VAN REES VELLINGA, 1970) (fig. 13) heeft zijn bruikbaarheid bewezen bij het verrichte onderzoek. Voor een aantal kleine gebieden, gelegen ten zuiden van Delft, in de omgeving van Gouda en langs de Oude Rijn tussen Bodegraven en Alphen bleek de opgegeven kD-waarde niet te voldoen in de opgestelde waterbalansen van de ondergrond.

Het is wellicht nuttig er op te wijzen dat de kD-waarden uit bovengenoemde kaart, uitgaande van de schematische voorstelling van de hydrologische gesteldheid (fig. 7), zowel betrekking hebben op  $k_1 D_1$ -waarden als op  $\sum kD$ -waarden.

#### 2. De functie van de Formatie van Kedichem

De Formatie van Kedichem heeft de functie van scheidingslaag tussen het bovenste en onderste watervoerend pakket volgens fig. 7. Tengevolge van een sterke versnijding van het oppervlak van deze formatie door geulen is plaatselijk een directe verbinding ontstaan tussen beide watervoerende lagen (POMPER, 1972).

Gezien het geringe aantal waarnemingen van de stijghoogten van het grondwater in de onderste watervoerende laag is uit het stijghoogteverschil tussen het bovenste en onderste watervoerend pakket en de verticale stroming in de scheidingslaag geen c-waardenkaart hiervoor afgeleid.

Uit het onderzoek is gebleken dat er een aantal gebieden met een uitgesproken lage c-waarde van de scheidingslaag is, te weten: het oostelijk gedeelte van de Haarlemmermeer, de polder Groot Mijdrecht en een gebied ten westen van Moordrecht. Hoge c-waarden kunnen worden verwacht in het noordwestelijk gedeelte van de Haarlemmermeer, ten oosten van de Couwe, de Nieuwkoopse Plassen en ten zuidwesten van de Delftsche Schie.

### 3. De $\sum k_2 D_2$ -waardenkaart

De berekende  $\sum k_2 D_2$ -waarden voor elk subgebied zijn in fig. 36 weergegeven. De aangegeven waarden moeten als een gemiddelde worden beschouwd voor een bepaalde breedte, waardoor ondergrondse toestroming door de tweede watervoerende laag naar het subgebied plaatsvindt.

Naast de hierboven berekende  $\sum k_2 D_2$ -waarden, zijn uit de uitkomst van pomproef nr. 31 bij Velsen, de resultaten van een waterbalansstudie van het infiltratiegebied der Gemeentewaterleiding Amsterdam alsmede de taxaties van  $\sum k_2 D_2$ -waarden uit boorbeschrijvingen in fig. 36 weergegeven.

De verkregen  $\sum k_2 D_2$ -waarden in het onderzoeksgebied zijn - mede op grond van het door POMPER (1972) verrichte onderzoek betreffende de topografie van het Middenpleistocene erosievlak - ingedeeld in gebieden met een  $\sum k_2 D_2$ -waarde van 0 tot 1000, 1000 tot 2000, 2000 tot 3000 en hoger dan 3000 m<sup>2</sup>/dag. Uit de verkregen kaart blijkt dat in het noorden en zuidwesten van het onderzoeksgebied de  $\sum k_2 D_2$ -waarde kleiner is dan 2000 m<sup>2</sup>/dag, in de omgeving van Delft zelfs kleiner dan 1000 m<sup>2</sup>/dag. Een waarde groter dan 3000 m<sup>2</sup>/dag wordt aangetroffen vanaf het duingebied bij Wassenaar naar Zoetermeer en in een brede strook vanaf het duingebied bij Zandvoort naar het Amsterdam-Rijnkanaal.

Voor het overige deel van het onderzoeksgebied varieert de  $\sum k_2 D_2$ -waarde tussen 2000 en 3000 m<sup>2</sup>/dag.

#### 4. De gecorrigeerde c-waardenkaart

Als gevolg van de aanpassing van waarden voor de verticale stroming in fig. 17 zijn de c-waarden voor de desbetreffende eenheden herzien (fig. 28). De verkregen gecorrigeerde c-waardenkaart wordt gekenmerkt door grote verschillen. In de polders Groot Mijdrecht en Wilnis Veldzijde en in de Haarlemmermeer bij Cruquius is een c-waarde van 57 tot 80 dagen gevonden en in de omgeving van Delft van meer dan 30 000 dagen.

Uit fig. 28 blijkt dat relatief lage c-waarden veelal worden aangetroffen in de laaggelegen polders en droogmakerijen, zoals de polders tussen Zoetermeer, Boskoop, Moordrecht en Berkel, een gedeelte van de Haarlemmermeer, de polders Nieuwkoop en Zevenhoven, de Middelburgpolder en de polders Groot Mijdrecht en Wilnis Veldzijde. Relatief hoge c-waarden komen voor rondom Delft, in het centrum van het onderzoeksgebied aan weerszijden van de Oude Rijn, in een smalle strook langs de Drecht, het Aarkanaal, de Gouwe en de Hollandsche IJssel en in het duingebied, merendeels ten westen van Haarlem.

Uit een vergelijking van fig. 28 met de diktekaart van het afdekkend pakket (VAN REES VELLINGA, 1972) blijkt, dat er, uitgezonderd in een gering aantal kleine gebieden, geen samenhang bestaat tussen de dikte van het afdekkend pakket en de c-waarde. Dit is enigszins verklaarbaar, daar de c-waarde niet zozeer door de dikte van het afdekkend pakket, maar meer door de profielopbouw en de aard van de afzettingen wordt bepaald. Uitgezonderd de relatief lage c-waarden in de Haarlemmermeer, waar de verbreiding van de eerste en tweede transgressie een globale overeenkomst vertoont met het verloop van de lijnen met een weerstand van 250, 1000 en 2500 dagen (HAANS, 1954) is geen duidelijke correlatie aanwezig tussen het beeld in fig. 28 en de geologische vóörgeschiedenis van het gebied.

## 5. De gecorrigeerde kwel-infiltratiekaart

De voor elk subgebied opgestelde waterbalans van de ondergrond heeft bij 8 van de 12 subgebieden geleid tot een wijziging van de intensiteit van de verticale stroming voor één of meer eenheden (fig. 27).

Uit de getoetste en aangepaste waarden voor de verticale stroming in de subgebieden is een gecorrigeerde kwel-infiltratiekaart samengesteld (fig. 27). Deze kaart geeft aan dat de grootste kwel (5 mm/dag) voorkomt in de polders Groot Mijdrecht en Wilnis Veldzijde. In een smalle strook langs de noord-westelijke rand van de Haarlemmermeer, een groot gedeelte van de polders Nieuwkoop en Zevenhoven, de Middelburgpolder en langs de oostelijke rand van de Prins Alexanderpolder bedraagt de kwel 1 tot 3,5 mm/dag. Overigens is de kwel in het onderzoeksgebied kleiner dan 1 mm/dag.

Vanuit de Vinkeveense Plassen en een smalle strook ten zuiden daarvan, grenzende aan de polders Groot Mijdrecht en Wilnis Veldzijde, is als infiltratie 1 tot 3 mm/dag gevonden. Vanuit de Westeinder Plassen is de wegzijging 1 mm/dag en voor het overige infiltratiedeel van het onderzoeksgebied is de infiltratie kleiner dan 1 mm/dag.

Lage waarden voor zowel de kwel als infiltratie (0-0,25 mm/dag) worden aangetroffen in de gebieden, die worden gekenmerkt door een c-waarde van 5000 dagen en hoger.

## 6. De wegzijging c.q. drainage vanuit of door rivieren en kanalen

Bij het verrichte onderzoek is een belangrijke wegzijging vanuit de Oude Rijn, een gedeelte van het Aarkanaal en de Hollandse IJssel vastgesteld (fig. 37). De Oude Rijn is tussen Leiden en Bodegraven op grond van de subgebieden verdeeld in drie vakken, waarvoor de totale wegzijging is berekend. Per eenheid van lengte varieert de wegzijging van 0,7 tot 1,2 m<sup>2</sup>/dag. Voor het aangegeven gedeelte van het Aarkanaal en de Hollandse IJssel bedraagt de wegzijging respectievelijk 1,0 en 2,0 m<sup>2</sup>/dag. Voor de boezemleidingen, gelegen in de kwelpolders in Rijnland ten zuiden van de

Oude Rijn en ten westen van de lijn Hazerswoude/Waddinxveen is een wegzijging gevonden van 13 000 m<sup>3</sup>/dag.

Drainage is alleen aangetoond voor de Hoofdvaart in de Haarlemmermeer, deze is berekend op rond 12 500 m<sup>3</sup>/dag.

#### 7. De relatie tussen kwel, infiltratie en het Cl-gehalte van het grondwater

Uit de opgestelde waterbalans van de ondergrond in de subgebieden kan een globale indruk worden verkregen omtrent de chloridebalans van het 'diepe' grondwater in de subgebieden. De ondergrondse toe- en afstroming geven, respectievelijk gecombineerd met gemiddelde Cl-gehalten van het 'diepe' grondwater, de aan- en afvoer van zout in horizontale richting (WIT en VAN REES VELLINGA, 1974). De kwel, opbrengst van gasbronnen en wellen, onttrekking door industrie en waterleidingbedrijven, infiltratie en wegzijging vanuit rivieren en kanalen hebben betrekking op een verticale stroming door het afdekkend pakket. De huidige topografie van de zoet-zoutgrens (200 mg/l) is plaatselijk door deze verticale stroming bepaald.

In kwelgebieden met gasbronnen en wellen tonen de isohalinenkaarten veelal relatief zout grondwater aan, in infiltratiegebieden en langs rivieren en kanalen waaruit wegzijging plaatsvindt, wordt daarentegen veelal relatief zoet grondwater aangetroffen. Het is duidelijk dat de intensiteit van de verticale stroming bepalend is in welke mate het verziltings- of verzoetingsproces heeft plaatsgehad.

De waterwingebieden van de waterleidingbedrijven zijn gesitueerd in de infiltratiegebieden en wel voornamelijk in de duinen ten westen van Hillegom en Haarlem en ten westen van Wassenaar. De grote onttrekkingen hebben daar geleid tot een stijging van de zoet-zoutgrens. Door infiltratie met vanuit de Rijn en Lek aangevoerd water tracht men de zoet-zoutgrens terug te dringen.

Onttrekkingen ten behoeve van de industrie komen zowel voor in kwel als in infiltratiegebieden. Het lijkt aannemelijk dat deze onttrekkingen eveneens een stijging van de zoet-zoutgrens hebben



veroorzaakt.

De gecorrigeerde kwel-infiltratiekaart en de kaart, aangevende de wegzijging vanuit rivieren en kanalen geven een alleszins aanvaardbare verklaring voor het verkregen beeld omtrent de topografie van de zoet-zoutgrens, welke volgt uit de isohalinenkaarten op verschillende niveaus (VAN REES VELLINGA, TOUSSAINT en VAN GILS, 1972).

#### 8. De Cl-belasting van het oppervlaktewater

De Cl-belasting van het oppervlaktewater tengevolge van kwel, gasbronnen, industrie en neerslag vormde een onderdeel van het onderzoek. Voor het completeren van de totale interne Cl-belasting is de Cl-belasting van bovengenoemde bronnen aangevuld met gegevens uit de literatuur betreffende de verzilting door: afvalwater, gladheidsbestrijding, spuitwater, bemesting en bronnering.

Voor de Hoogheemraadschappen Rijnland, Delfland, Schieland en Amstelland zijn chloridebalansen opgesteld, gebaseerd op verkregen resultaten van het hydrologisch onderzoek in 1971 alsmede uit eerder verrichte onderzoekingen. Uit het aantal gegeven chloridebalansen voor Rijnland en Delfland blijkt dat hier reeds bijzonder veel aandacht aan de verzilting is besteed.

Uit de opgestelde chloride balansen voor de bovengenoemde Hoogheemraadschappen valt ten aanzien van de interne Cl-belasting van Delfland een belangrijke afname in de verzilting te constateren. Dit is voornamelijk toe te schrijven aan de ingebruikname van afvoerleidingen voor industrieel en huishoudelijk afvalwater naar de Noordzee en de Nieuwe Waterweg en de afdichting van gasbronnen en wellen. De afgenomen interne Cl-belasting vormt een belangrijk aspect voor de watervoorziening van Delfland.

Voor Rijnland geven de chloridebalansen over de periode 1946-1971 in grootte-orde dezelfde interne belasting, voor Schieland en Amstelland is hieromtrent geen uitspraak te doen vanwege het beperkt aantal gegevens.

Indien verzilting door bronneringen en spuitwater vanwege hun tijdelijk karakter buiten beschouwing wordt gelaten is de procentu-

ele bijdrage aan de interne verzilting door de overige bronnen voor het onderzoeksgebied als volgt:

1. neerslag	5%
2. afvalwater	7%
3. gladheidsbestrijding	3%
4. bemesting	1%
5. kwel	79%
6. gasbronnen	5%

Uit het bovenstaande komt de kwel verreweg als de belangrijkste bron van verzilting naar voren. In fig. 33 is de Cl-belasting door kwel in tonnen/jaar weergegeven voor de onderscheiden eenheden en onderdelen. Uit deze figuur is de Cl-belasting van de belangrijkste kwelpolders afgeleid en weergegeven in de tabellen 4, 9, 11 en 15 voor respectievelijk Rijnland, Delfland, Schieland en Amstelland. Een vijftal polders, met name de Haarlemmermeer, de Noordplaspolder, de Middelburgpolder, de Zuidplaspolder en de polder Groot Mijdrecht blijkt een bijdrage aan de verzilting door kwel te leveren van ruim 62%. Het door genoemde polders uitgemalen water resulteert in een stijging van het Cl-gehalte van het boezemwater. Het duidelijkst valt dit waar te nemen in de Oude Waver, waarop de polder Groot Mijdrecht uitmaakt. Het Cl-gehalte kan hier meer dan 1000 mg/l bedragen (PROVINCIALE WATERSTAAT van Utrecht, 1968). De lozing van de Middelburgpolder en het oostelijk gedeelte van de Noordplaspolder op de Gouwe heeft tot gevolg dat het Cl-gehalte van het ingelaten water bij Gouda met 50 tot 70 mg/l toeneemt (TOUSSAINT, 1972). Het door het westelijk gedeelte van de Noordplas uitgemalen polderwater heeft een verhoging van het Cl-gehalte in de Elleboogse Watering tot gevolg (Provinciale Directie van de Cultuurtechnische Dienst in Zuid-Holland, Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland en de Technische Dienst van het Hoogheemraadschap van Rijnland, 1967; TOUSSAINT, 1972). De lozing van de Haarlemmermeer vindt plaats door twee gemalen op de ringvaart; bij Halfweg kan het Cl-gehalte van de ringvaart oplopen met 140 tot 550 mg/l (TOUSSAINT, 1972), bij de Kaag is de verzilting geringer doordat het desbetreffende gemaal globaal 25% van het totale zoutbezwaar van de Haarlemmermeer uitlaat (Cultuurtechnische Dienst van Noord-Holland, 1968).

De kennis betreffende de verzilting van de boezemleidingen kan bijzonder nuttig zijn bij het opstellen van plannen ten behoeve van de watervoorziening in het onderzoeksgebied.

XIV. SYMBOLENLIJST

$A_p$	Polderafvoer	$lt^{-1}$
$B$	Breedte tussen twee stroombanen	1
$C_{Ap}$	Chloridegehalte polderafvoer	$gl^{-3}$
$C_G$	Chloridegehalte bronwater	$gl^{-3}$
$C_{G'}$	Chloridegehalte bronwater per polder	$gl^{-3}$
$C_{Ip}$	Chloridegehalte polderinlaat	$gl^{-3}$
$C_R$	Chloridegehalte neerslag	$gl^{-3}$
$C_{v_z}$	Chloridegehalte van het kwelwater	$gl^{-3}$
$c$	Vertikale weerstand	t
$c_i$	Vertikale weerstand van laag i	t
$D$	Dikte van het watervoerend pakket	1
$D_i$	Dikte van de watervoerende laag i	1
$E$	Verdamping	$lt^{-1}$
$F$	Oppervlakte	$l^2$
$F_i$	Oppervlakte van een infiltratie-eenheid i	$l^2$
$F_k$	Oppervlakte van een kweleenheid k	$l^2$
$G$	Debiet gasbronnen	$l^3t^{-1}$
$G'$	Debiet gasbronnen per polder	$lt^{-1}$
$h$	Stijghoogte van het grondwater	1
$h'$	Hoogte freatisch vlak t.o.v. NAP	1
$h''$	Stijghoogte van het 'diepe' grondwater t.o.v. NAP	1
$h_{\gamma_0}$	Stijghoogte t.o.v. NAP bij s.g. = 1	1
$h_{\gamma_1}$	Stijghoogte t.o.v. NAP bij s.g. = $\gamma_1$	1
$I$	Onttrekking door industrie en waterleidingbedrijven	$l^3t^{-1}$
$I'$	Onttrekking door industrie en waterleidingbedrijven per polder	$lt^{-1}$

$I_p$	Polderinlaat	$lt^{-1}$
$k$	Doorlatendheidscoëfficiënt van de watervoerende laag	$lt^{-1}$
$k_i$	Doorlatendheidscoëfficiënt van de watervoerende laag $i$	$lt^{-1}$
$Q_j$	Ondergrondse toestroming	$l^3t^{-1}$
$Q_{i_n}$	Ondergrondse toestroming door laag $n$	$l^3t^{-1}$
$Q_u$	Ondergrondse afstroming	$l^3t^{-1}$
$Q_d$	Drainage door een open leiding	$l^3t^{-1}$
$q$	Stroomsterkte in een verticale doorsnede	$l^2t^{-1}$
$R$	Neerslag	$lt^{-1}$
$S$	Uitleveringsfactor	-
$v$	Snelheid	$lt^{-1}$
$v_z$	Vertikale stroomsterkte in een slecht doorlatende laag	$lt^{-1}$
$v_z(k)$	Vertikaal naar boven gerichte stroming in een slecht doorlatende laag	$lt^{-1}$
$v_z(i)$	Vertikaal naar beneden gerichte stroming in een slecht doorlatende laag	$lt^{-1}$
$x$	Horizontale coördinaat	1
$z$	Vertikale coördinaat	1
$\gamma_1$	Soortelijk gewicht van een aan een peilfilter onttrokken watermonster	$gl^3$
$\Delta h$	Verschil in stijghoogte tussen twee punten in een horizontaal vlak	1
$\Delta h_i$	Verschil in stijghoogte tussen twee punten in een horizontaal vlak in de watervoerende laag $i$	1
$\Delta h_v$	Verschil in stijghoogte tussen twee punten in een vertikaal vlak	1
$\Delta h_t$	Verschil in stijghoogte in hetzelfde punt voor twee tijden	$lt^{-1}$
$\phi$	Potentiaal	1

## XV. LITERATUUR

- BADON GHYBEN, W. en J. DRABBE (1889). Nota in verband met de voorgenomen proefboring nabij Amsterdam. Tijdschr.v.h. Kon. Inst. v. Ingenieurs 1888-1889, 1e aflevering, Verhandelingen p. 8-23.
- BIEMOND, C. (1940). De watervoorziening van Amsterdam. De Ingenieur 40, p. A 379 - A 401.
- BIJL, J.G. (1922). De gasbronnen en waterwellen in de Haarlemmermeer. Rapport 1922.
- BURGH, P. VAN DER (1960). Onderzoek verzilting boezemwater Rijnland. Dienst voor de Waterhuishouding. Rijkswaterstaat.
- \_\_\_\_\_ (1960). Onderzoek verzilting boezemwater Delfland. Dienst voor de Waterhuishouding. Rijkswaterstaat.
- COUWENHOVEN, T. en C.G. TOUSSAINT (1969). Water- en zoutbelasting poldergebied 'Midden-West-Nederland'. Bronnen van verzilting. Nota ICW 530.
- CULTUURTECHNISCHE DIENST IN NOORD-HOLLAND (1968). Nota inzake zoutonderzoek in de Haarlemmermeerpolder.
- ERNST, L.F. (1957). Bepaling van zoute kwel uit diepte en vorm van het zoutwaterfront. Nota 2, Deltawerkgroep.
- \_\_\_\_\_ (1964). Gebruik van enige basisformules bij het kwelonderzoek in Nederlandse polders in afhankelijkheid van beschikbare gegevens. Nota ICW 267.
- \_\_\_\_\_, N.A. DE RIDDER en J.J. DE VRIES (1970). A geohydrologic study of East Gelderland. Geologie en Mijnbouw nr. 49, 6.
- GRUIJTER, P. DE (1957). Rijnlands boezem, deel I. De waterhuishouding.
- \_\_\_\_\_ en E.L. MOLT (1950). Rijnlands boezem, deel III. De hoedanigheid van het boezemwater.
- HAANS, J.C.F.M. (1954). De bodemkartering van Nederland. Deel XV. De Bodemgesteldheid van de Haarlemmermeer.
- HERZBERG, A. (1901). Die Wasserversorgung einiger Nordseebaden. Journ. für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 44, p. 815-819, p. 842-845.

- HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND (1972). Jaarverslag.
- HOOGHEEMRAADSCHAP VAN RIJNLAND (1964, 1966 t/m 1971). Jaarverslagen.
- HUISMAN, L. (1954). La formation des cônes d'eau saumâtre. UGGI Assemblée Générale de Rome 1954. Comptes Rendues et Rapports p. 146-150.
- KRUSEMAN, G.P. and N.A. DE RIDDER (1970). Analysis and evaluation of pumping test data. Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.
- MONHEMIUS, L. en R. VLIENER (1963). Het gemaal 'Winkel' van het waterschap Groot Mijdrecht. Polytechnisch Tijdschrift. Uitgave B, p. 929-936.
- NED. VERENIGING TEGEN WATER-, BODEM- EN LUCHTVERONTREINIGING (1942). Inventarisatie gasbronnen Noord- en Zuid-Holland.
- POMPER, A.B. (1972). De topografie van het bovenste begrenzingsvlak en de mogelijke samenstelling van de afzettingen van de Formatie van Kedichem. Nota ICW 692.
- \_\_\_\_\_ (1973). De relatie tussen de opbouw van de ondergrond en het chloridegehalte van het grondwater in Midden-West-Nederland. Nota ICW (in voorbereiding).
- PROVINCIALE WATERSTAAT VAN UTRECHT (1968). Rapport inzake de oppervlaktewaterverontreiniging in de provincie Utrecht over de periode april 1966 t/m maart 1967 en de periode april 1967 t/m maart 1968 en de daarmee verband houdende maatregelen.
- PROVINCIALE DIRECTIE VAN DE CULTUURTECHNISCHE DIENST in Zuid-Holland, Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland en de Technische Dienst van het Hoogheemraadschap van Rijnland (1967). Onderzoek zoutbezwaar drooggemaakte Noordplas.
- PROVINCIALE WATERSTAAT IN ZUID-HOLLAND (1967). Globale bepaling van de doorlatendheid van de ondergrond uitgaande van de wateronttrekking door de Delftse industrieën aan het diepe grondwater.
- REES VELLINGA, E. VAN (1972). Enkele resultaten van een geohydrologisch onderzoek in Midden-West-Nederland. Nota ICW 679.
- \_\_\_\_\_, C.G. TOUSSAINT en J.B.H.M. VAN GILS (1972). Chloridegehalten van het grondwater in Midden-West-Nederland.

- RIDDER, N.A. DE en K.E. WIT (1967). Seepage flow analysis of a small polder in the south-western part of the Netherlands. J. of Hydrology 5: p. 47-57.
- ROEBERT, A.J. (1972). Fresh water winning and salt water encroachment in the Amsterdam dune water catchment area. Geologie en Mijnbouw 51: p. 35-44.
- SCHULTZ, E. (1973). De invloed van het chloridegehalte van het ingelaten water op het chloridegehalte van het boezemwater in het Hoogheemraadschap Rijnland. Technische Hogeschool Delft.
- SOMERS, J.A. (1970). Zout grondwater in Nederland: zoutbronnen aan en zoutindringing via het oppervlak. Cursus zout grondwater in Nederland, deel I.
- SONNEVELD, C. en J. VAN BEUSEKOM (1969). Het zoutgehalte van het oppervlaktewater in de Noordplaspolder. Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder glas te Naaldwijk. Informatiereeks nr. 6.
- STELLINGWERFF, J.W. (1970). Neerslag. Cursus zout grondwater in Nederland, deel I.
- TECHNISCH BUREAU VAN DE UNIE VAN WATERSCHAPSBONDEN (1966, 1967). Rapport inzake het meten van de water- en chlooropbrengst van in de Haarlemmermeer gelegen gasbronnen en wellen. Rapport nr. 1724.
- TOUSSAINT, C.G. (1972). Chloridegehalten van het boezemwater in West-Nederland. Nota ICW 682.
- \_\_\_\_\_, E. VAN REES VELLINGA en H. WITT (1973). De chemische samenstelling van het diepe grondwater in Midden-West-Nederland en de invloed hiervan op de gebruiksmogelijkheden. Nota ICW 769.
- VENHUIZEN, K.D. (1958). Fresh waterpocket under the dune water catchment area of Amsterdam. Intern Rapport A'damse Drinkwaterleiding.
- WEERD, B. VAN DER (1966). Apparatuur voor het meten van slootkwel. Med. ICW nr. 95.
- WERKCOMITÉ WATERVOORZIENING MIDDEN WEST-NEDERLAND (1971). Chloridebalans van Delfland. Voordracht door ir.P.Slijkhuis.



- WESSELING, J. en H.J. COLENBRANDER (1972). The use of geohydrology in solving water management problems in agriculture. *Geologie en Mijnbouw* 51: p. 35-44.
- WIJNSMA, M. (1972). Geo-elektrische metingen in Midden-West-Nederland. Nota ICW 706.
- WIT, K.E. (1974). Verticale weerstand van het afdekkend pakket in Midden-West-Nederland. Nota ICW (in voorbereiding).
- \_\_\_\_\_ en E. VAN REES VELLINGA (1974). De ondergrondse toestroming van zout water in Midden-West-Nederland. Nota ICW (in voorbereiding).
- WITT, H. en E. VAN REES VELLINGA (1970). Proeve van een kD-waardenkaart van Midden-West-Nederland. Nota ICW 573.

MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig. 1

LOKATIEKAART

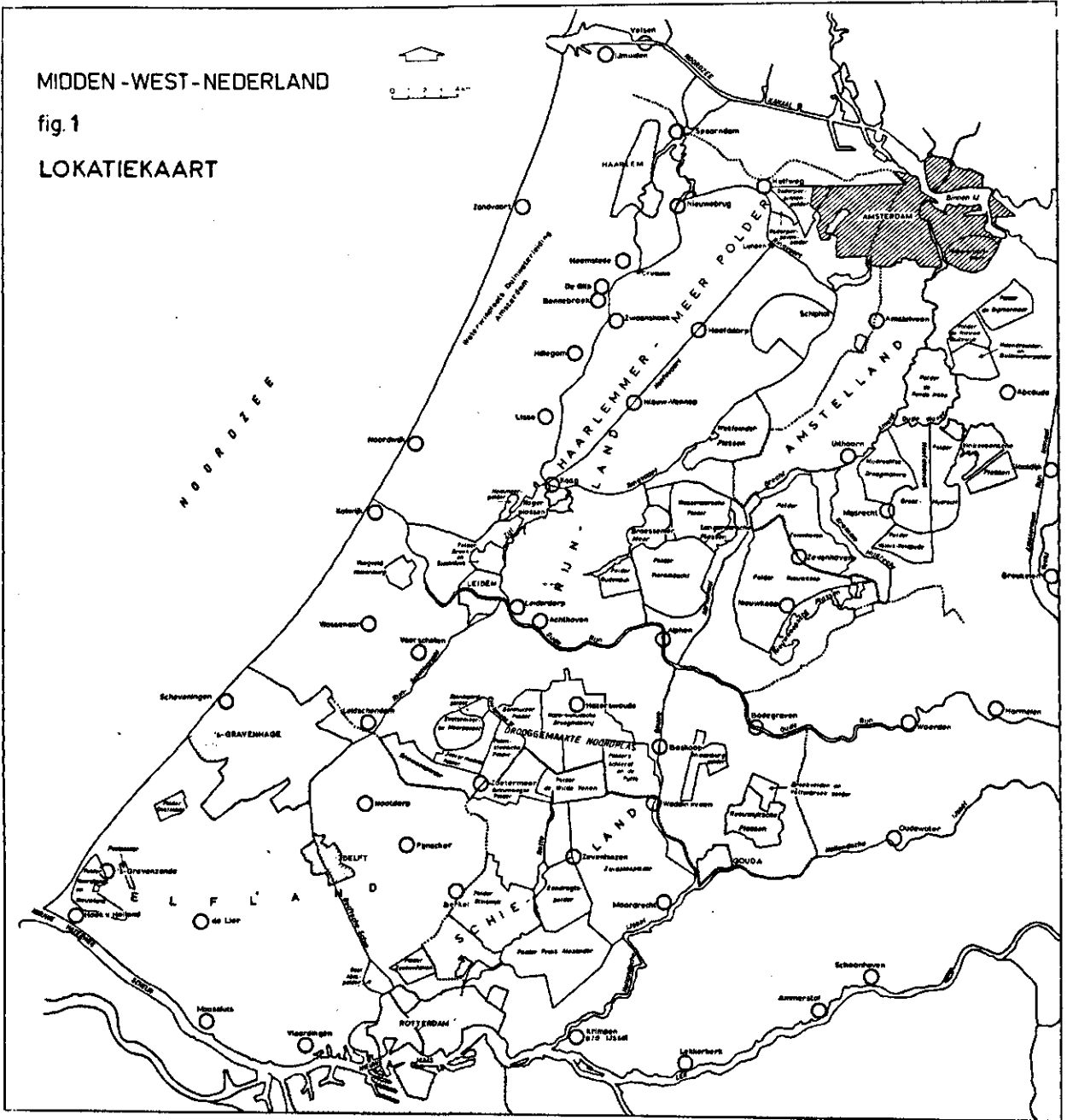
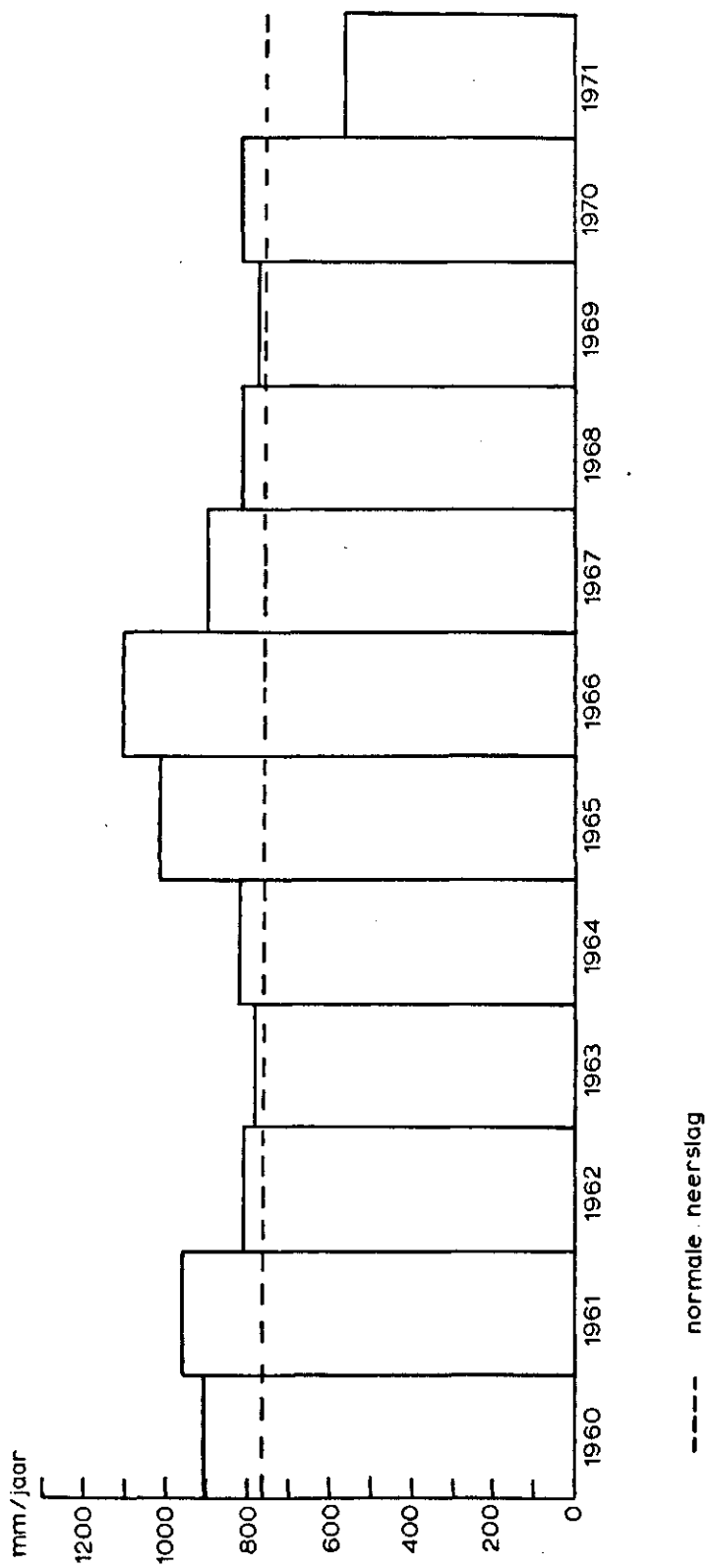


fig. 2 DE GEMIDDELDE JAARNEERSLAG, GEMETEN OP 5 REGENSTATIONS OVER DE PERIODE 1960 T/M 1971



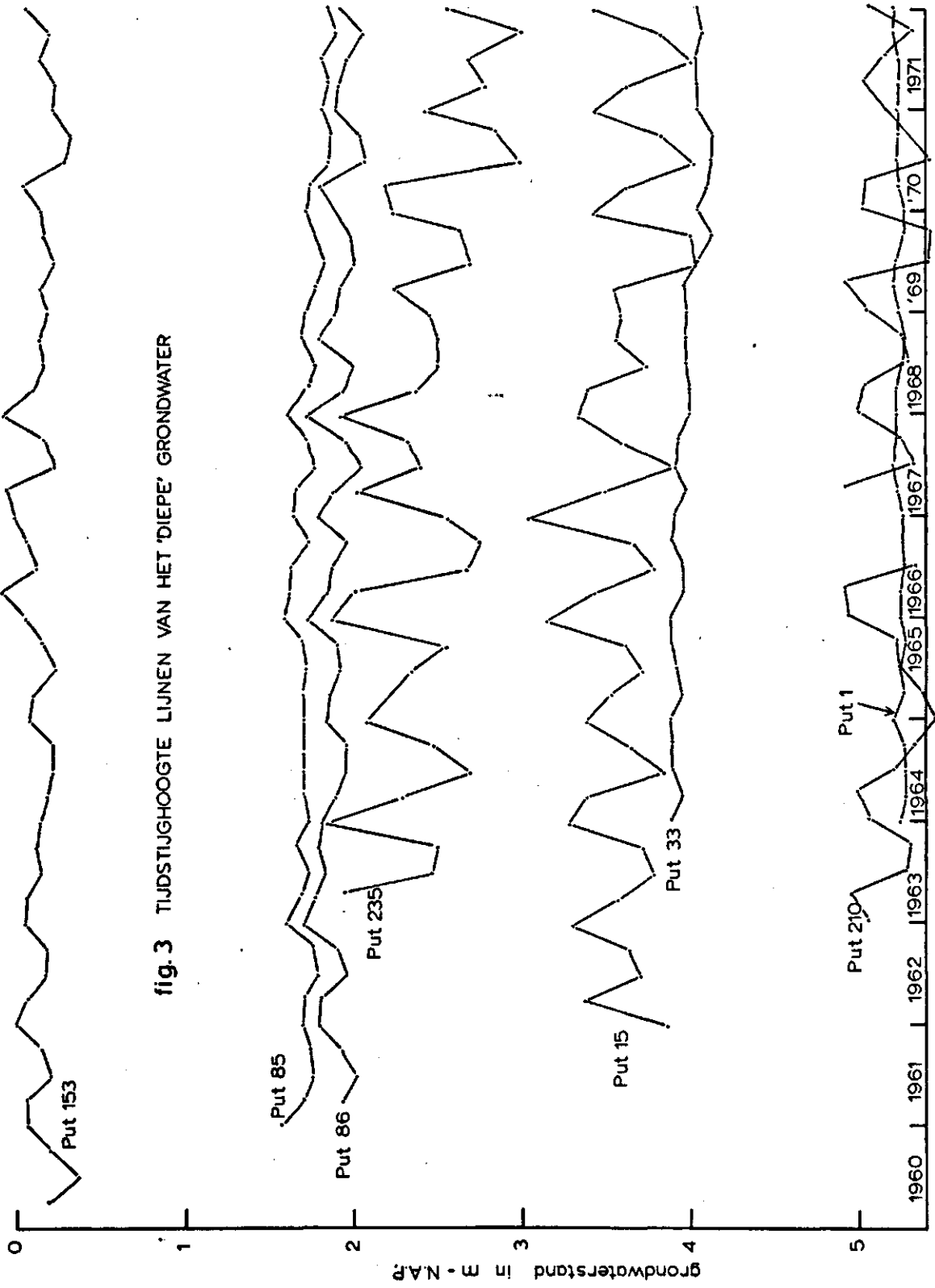
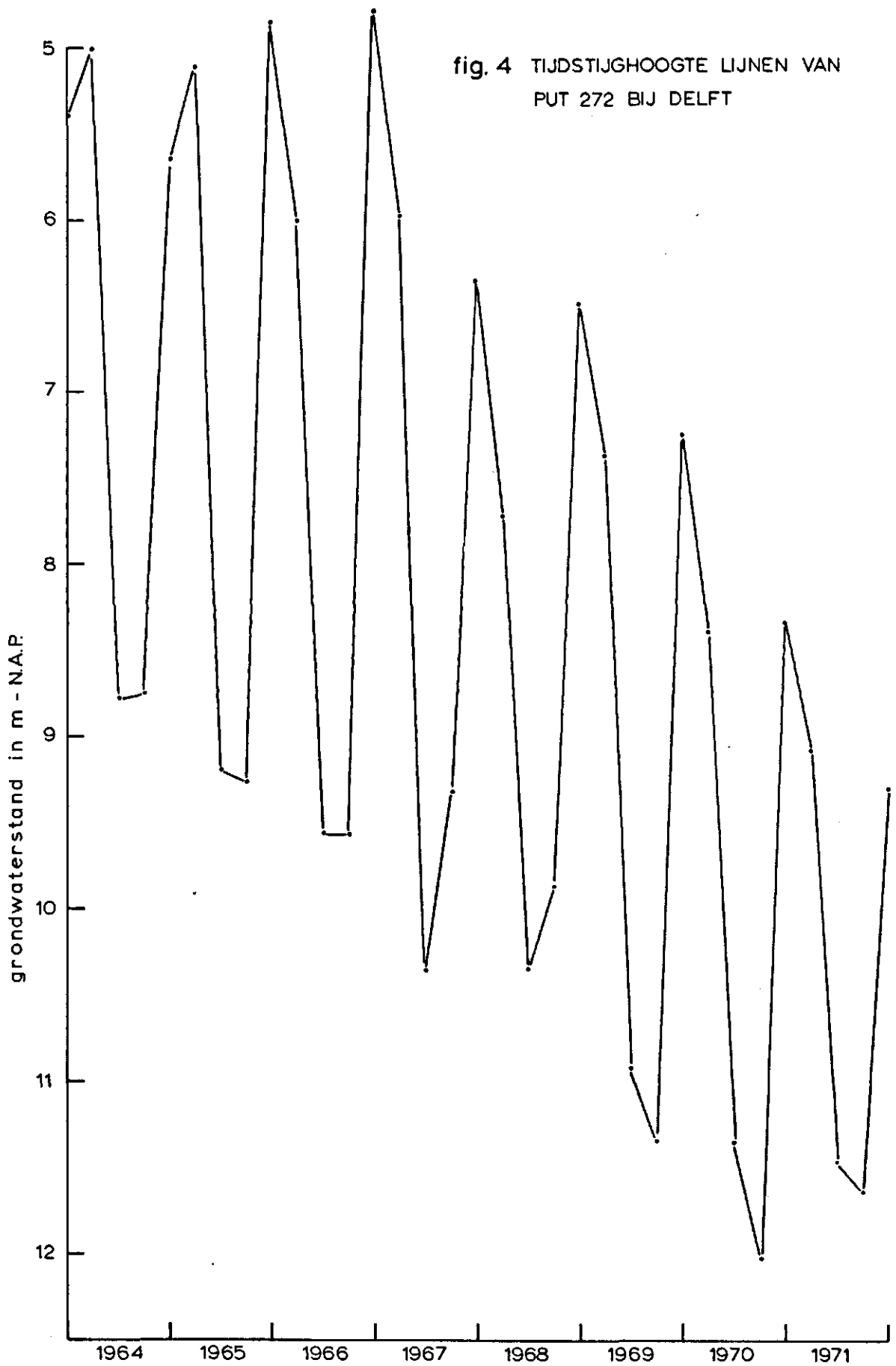


fig. 3 TIJDSTUIGHOOGTE LIJNEN VAN HET 'DIEPE' GRONDWATER



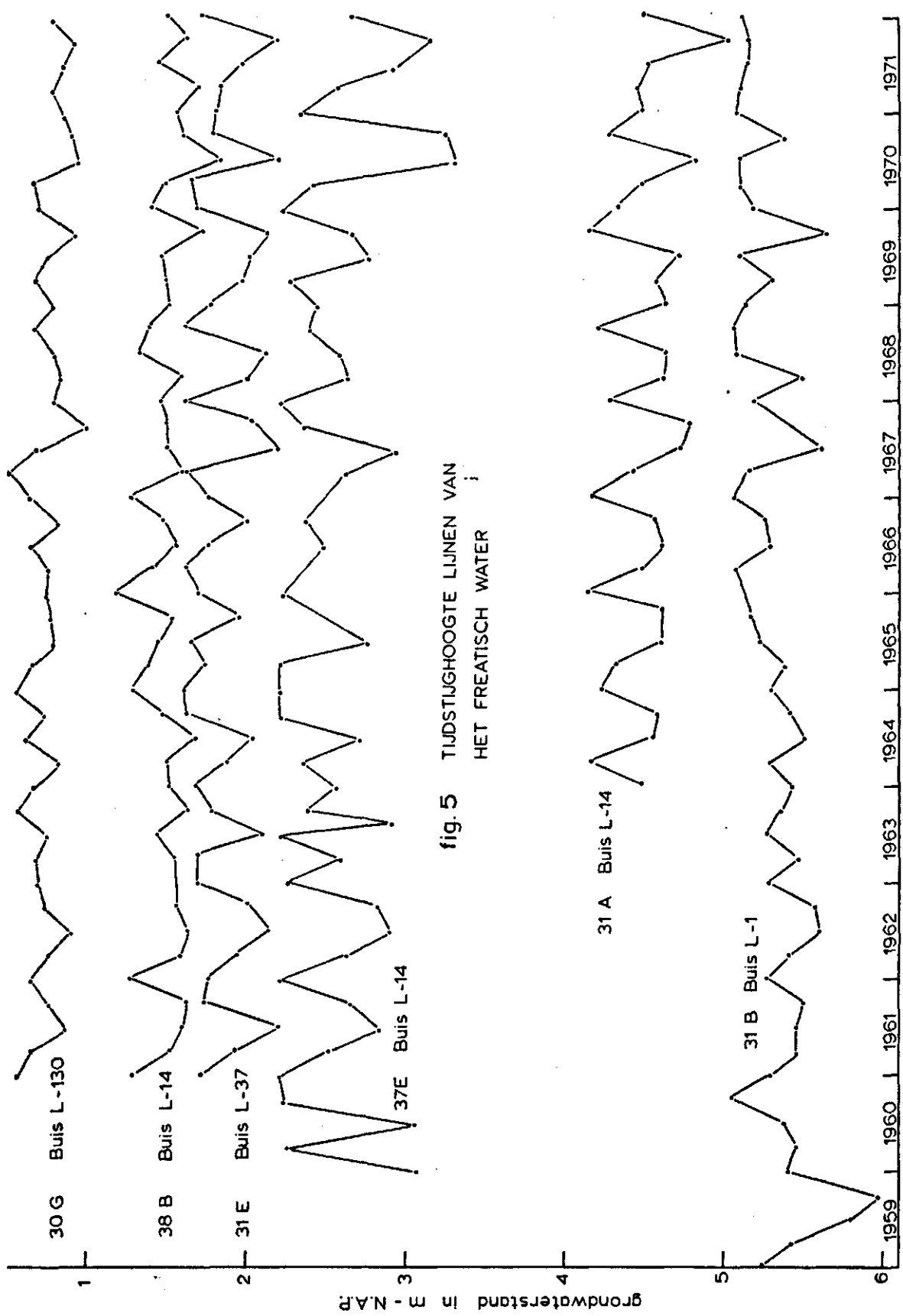


fig. 5 TIJDSTIJGHOOGTE LIJNEN VAN  
HET FREATISCH WATER

fig. 6 TIJDSTIJGHOOGTE LIJNEN VAN PUT EN BUIS  
 N°180, ALSMEDE HET VERTIKAAL DRUKVERSCHIL

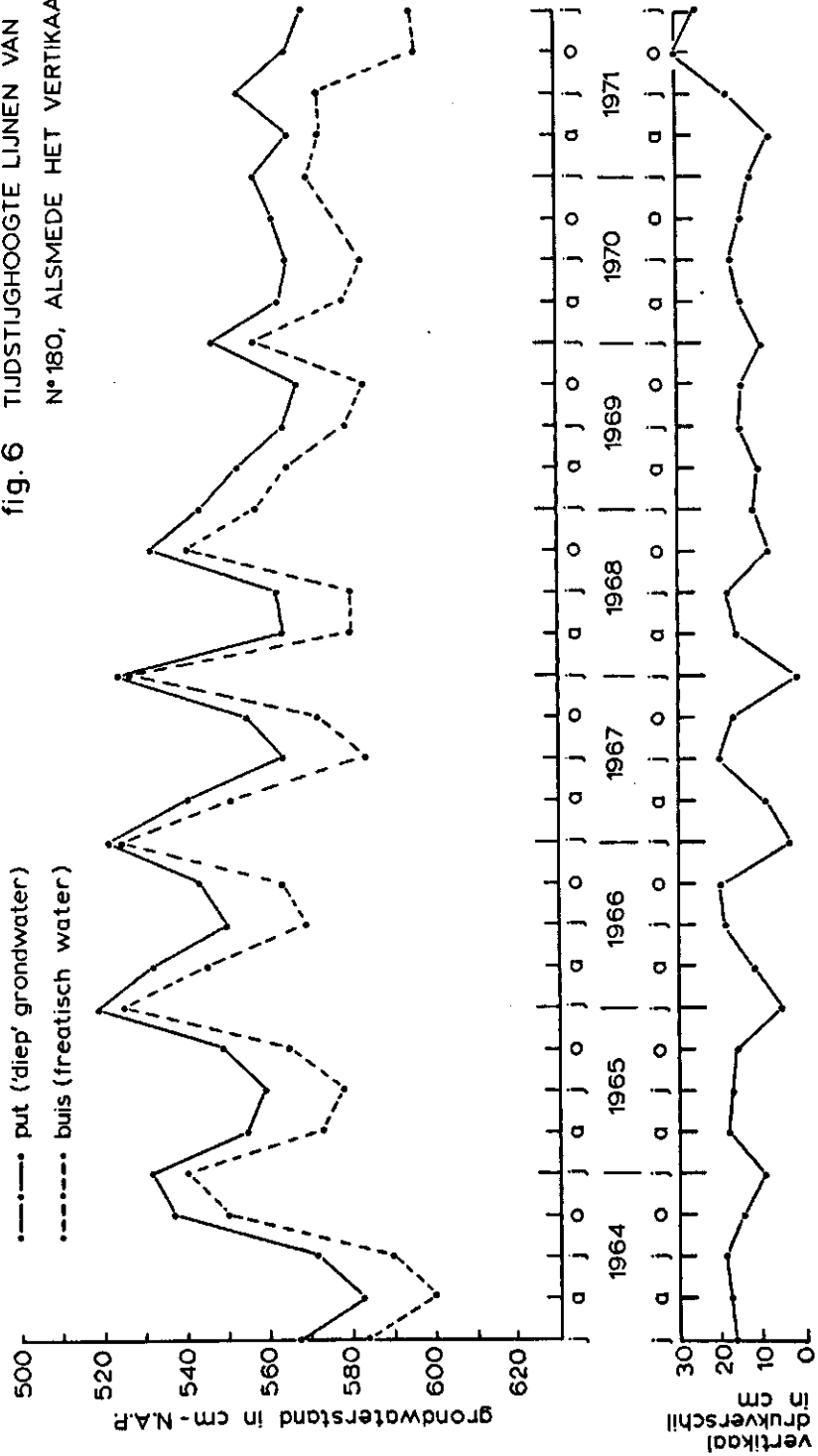


fig.7 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE HYDROLOGISCHE GESTELDHEID

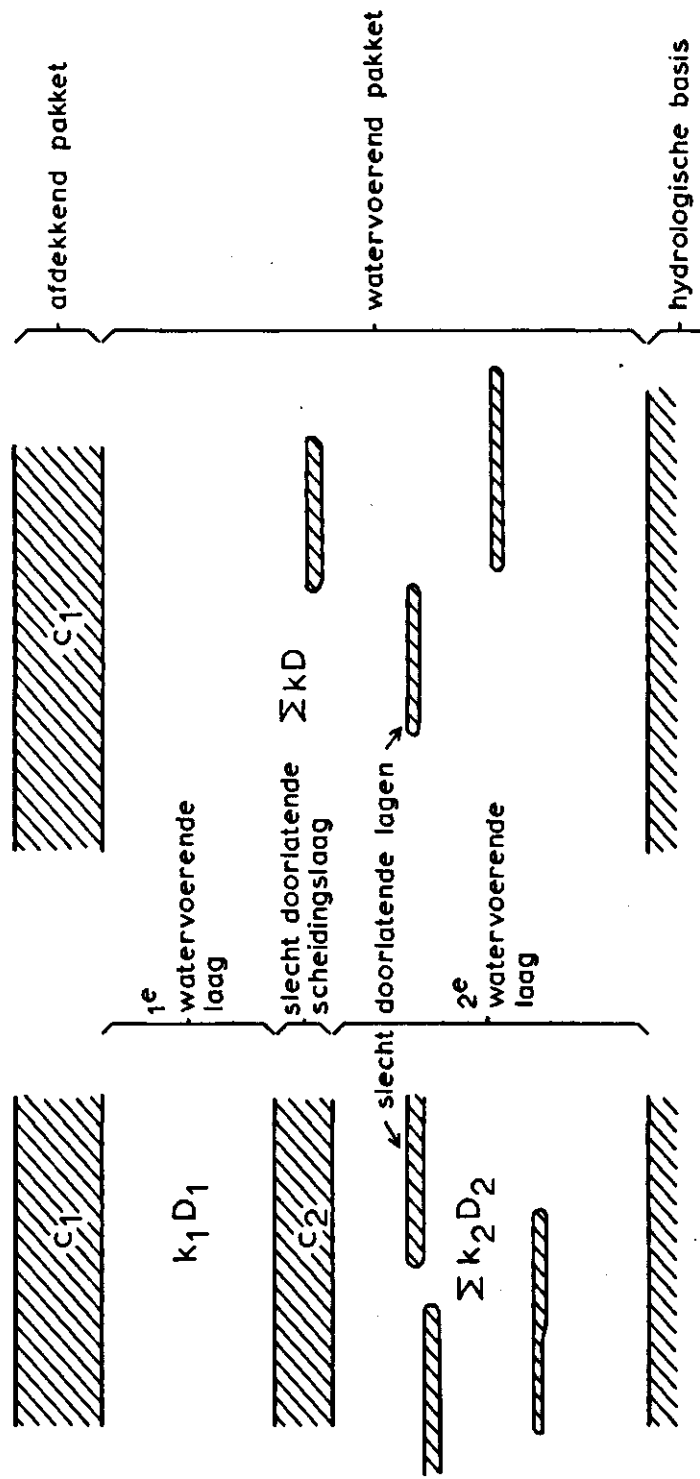
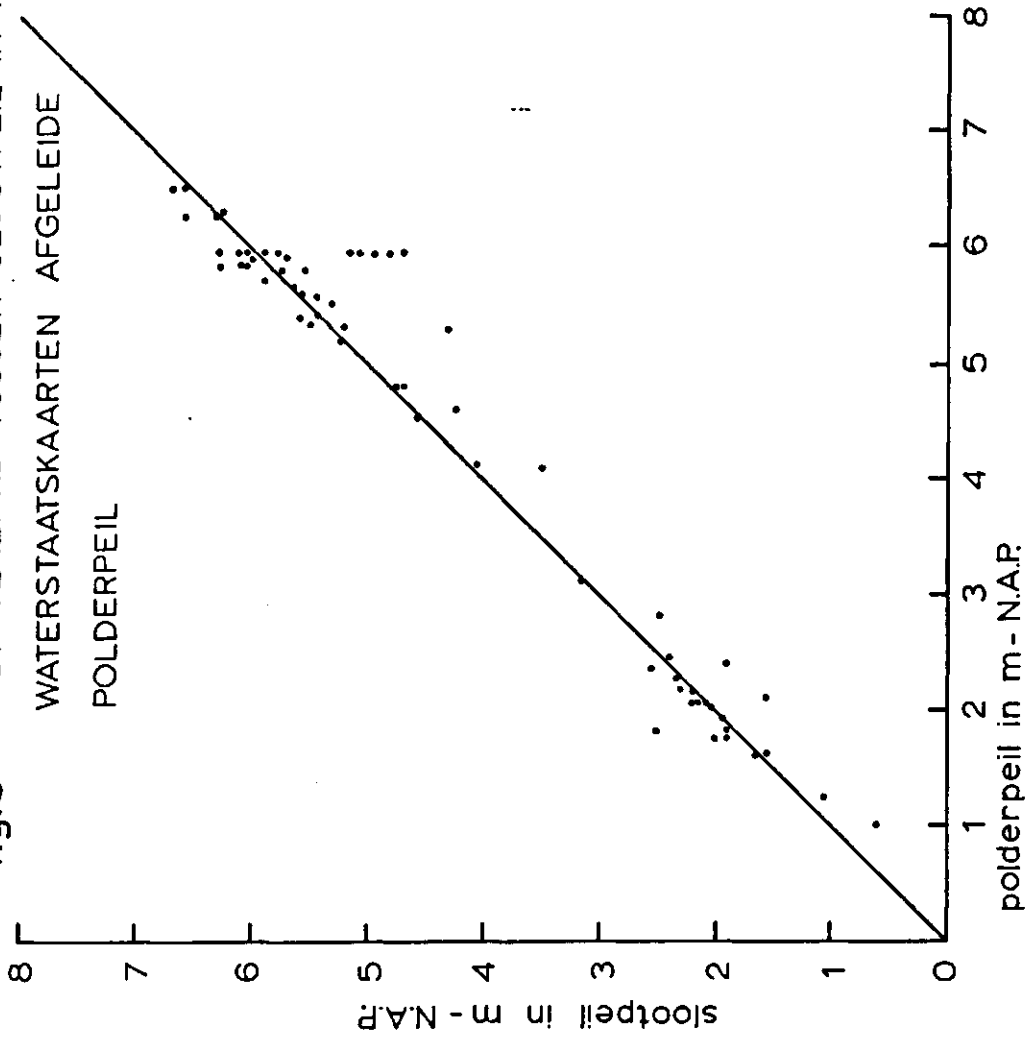




fig.8 HET VERBAND TUSSEN SLOOTPEIL IN 1971 EN HET UIT  
WATERSTAATSKAARTEN AFGELEIDE  
POLDERPEIL



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

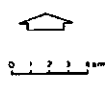
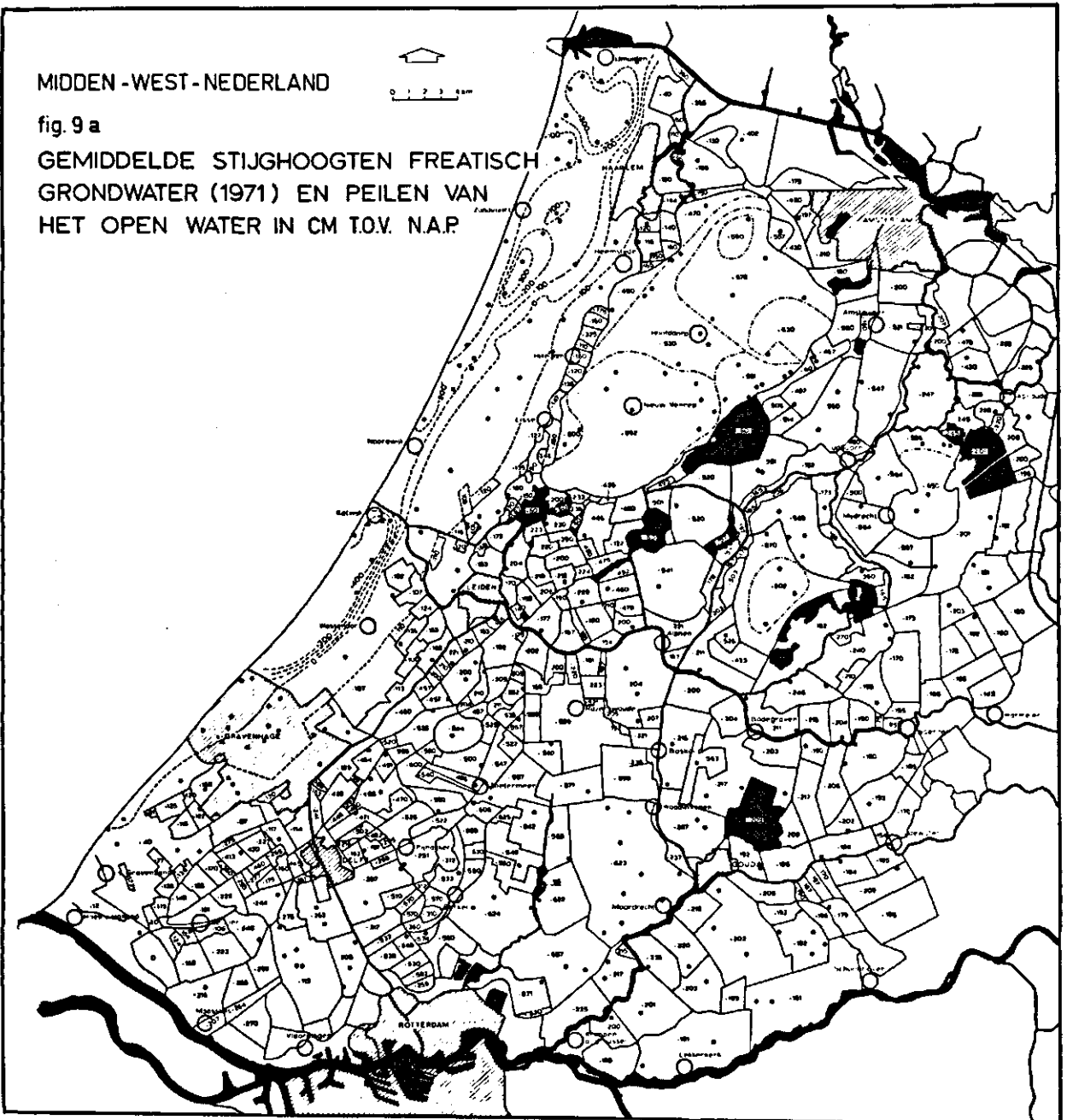


fig. 9 a

GEMIDDELTE STIJGHOOGTEN FREATISCH  
GRONDWATER (1971) EN PEILEN VAN  
HET OPEN WATER IN CM T.O.V. N.A.P.



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

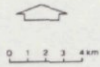
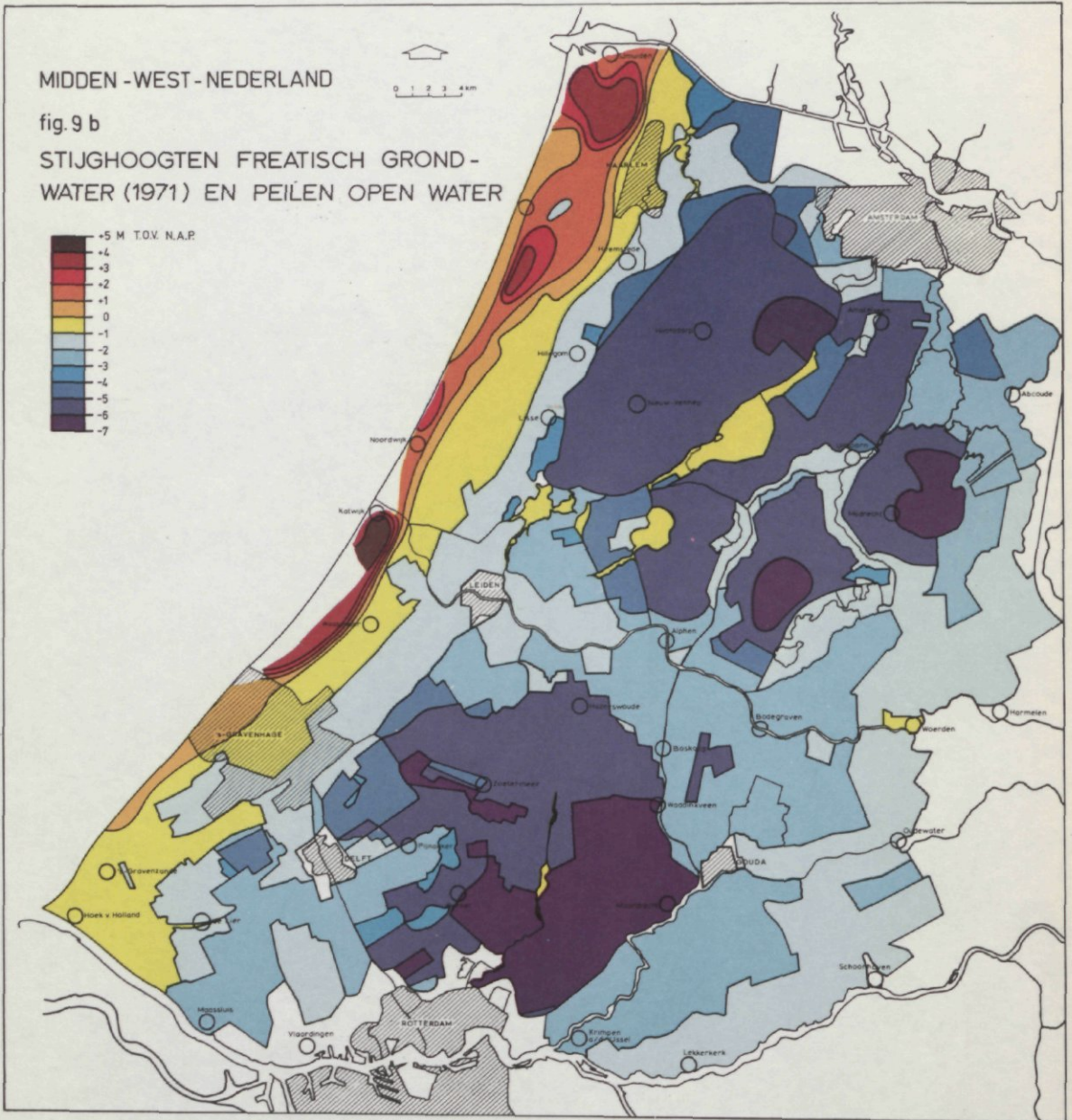
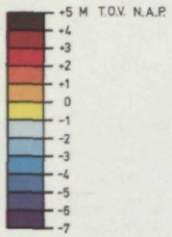


fig. 9 b

STIJGHOOGTEN FREATISCH GROND-  
WATER (1971) EN PEILËN OPEN WATER



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

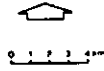
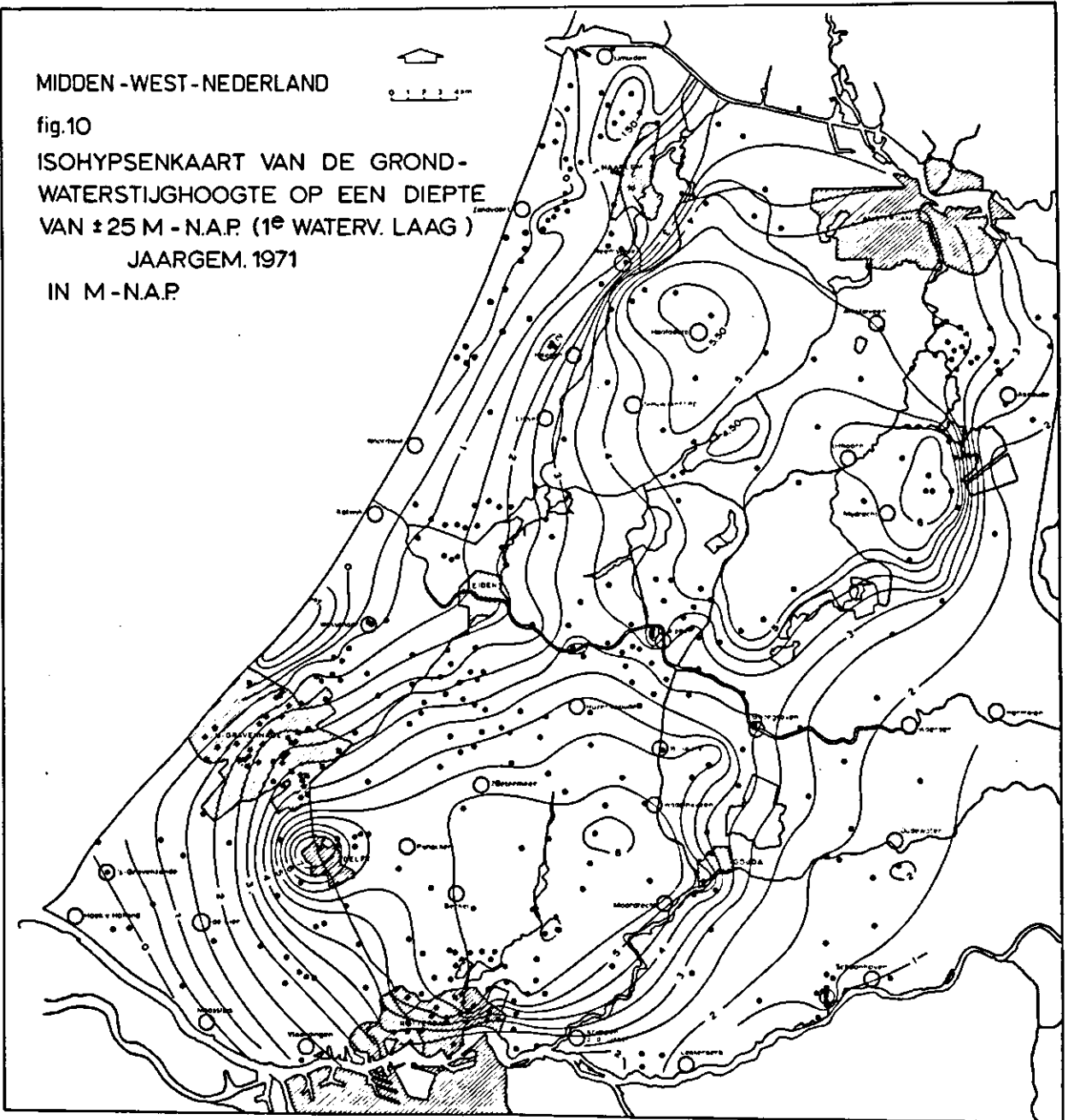


fig.10

ISOHYPSENKAART VAN DE GROND-  
WATERSTIJGHOOGTE OP EEN DIEPTE  
VAN ±25 M - N.A.P. (1<sup>e</sup> WATERV. LAAG )

JAARGEM. 1971

IN M - N.A.P.



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

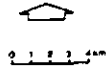
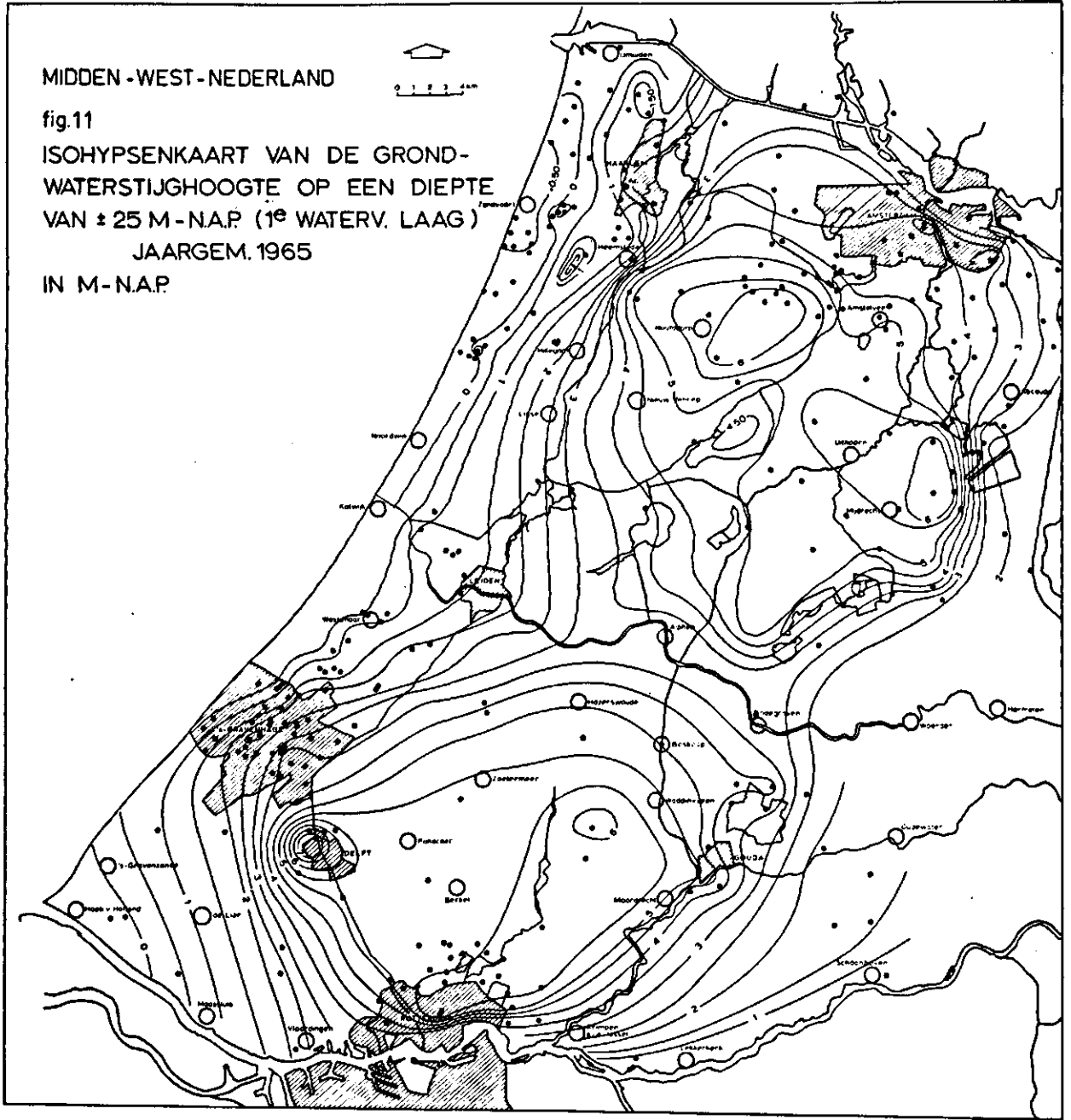


fig.11  
ISOHYPSENKAART VAN DE GROND-  
WATERSTIJGHOOGTE OP EEN DIEPTE  
VAN ± 25 M - N.A.P. (1<sup>e</sup> WATERV. LAAG)  
JAARGEM. 1965  
IN M - N.A.P.



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

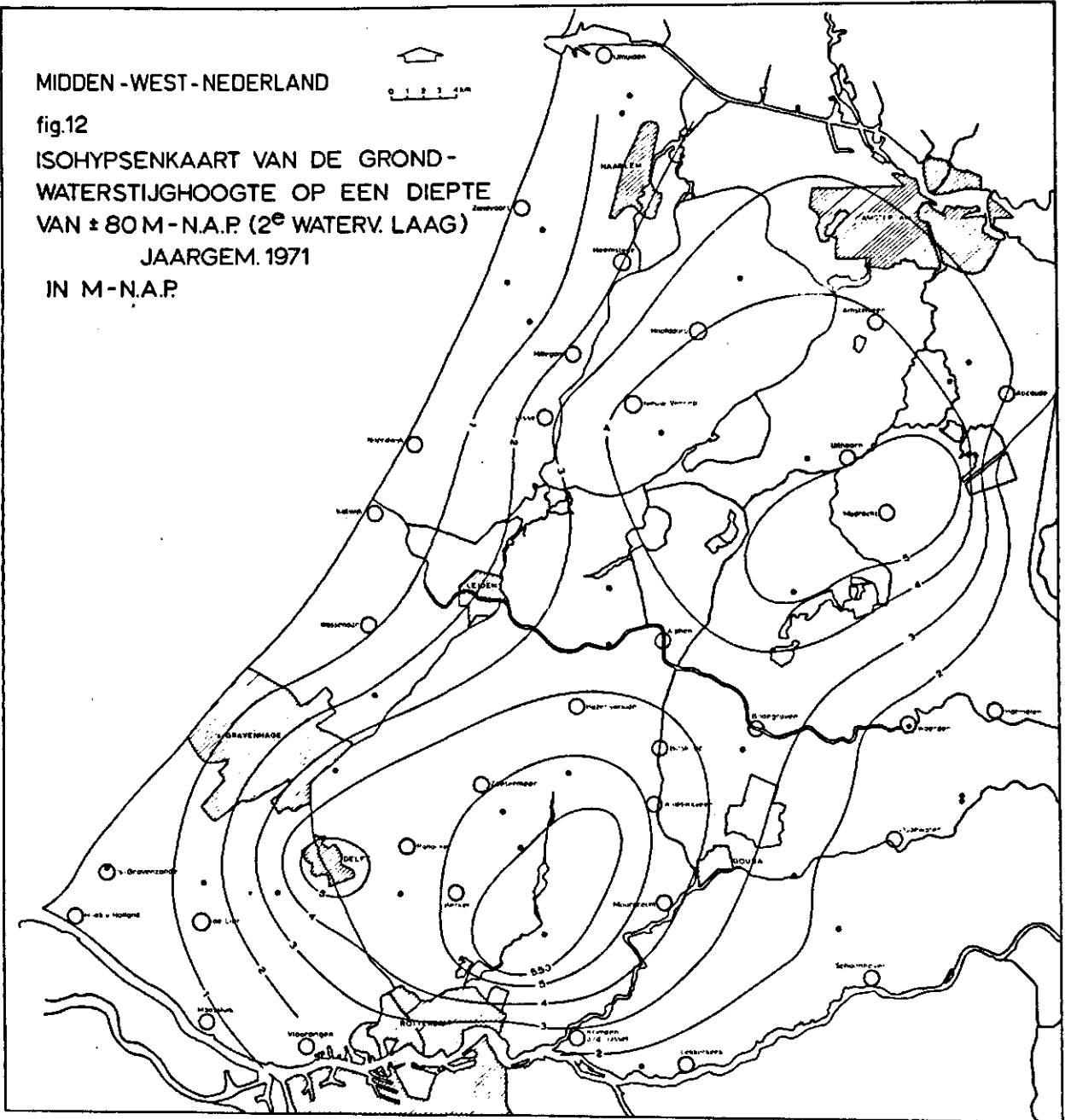


fig.12

ISOHYPSENKAART VAN DE GROND-  
WATERSTIJGHOOGTE OP EEN DIEPTE  
VAN ± 80 M - N.A.P. (2<sup>e</sup> WATERV. LAAG)

JAARGEM. 1971

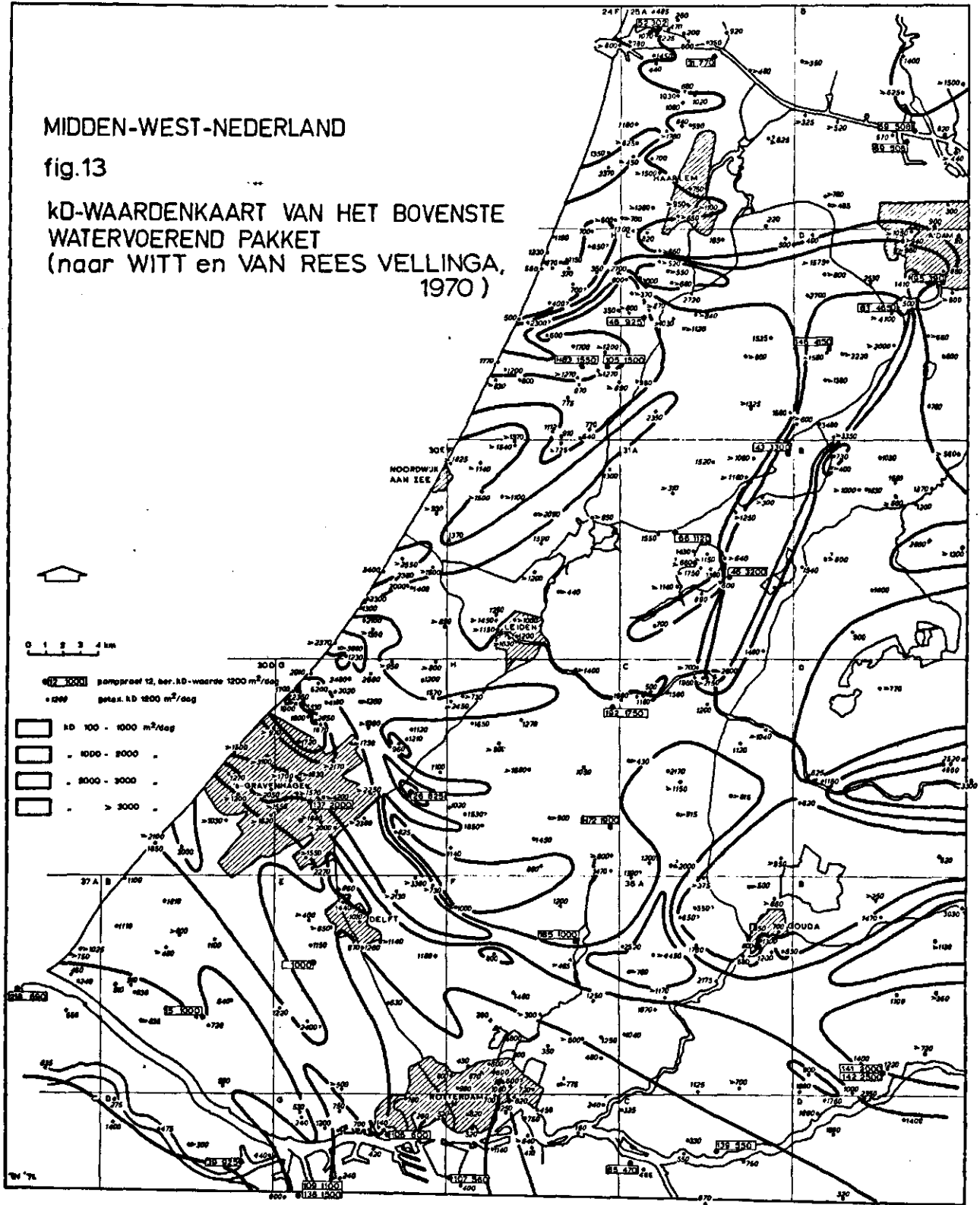
IN M - N.A.P.



# MIDDEN-WEST-NEDERLAND

fig.13

kd-WAARDENKAART VAN HET BOVENSTE  
WATERVOEREND PAKKET  
(naar WITT en VAN REES VELLINGA,  
1970)



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

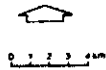


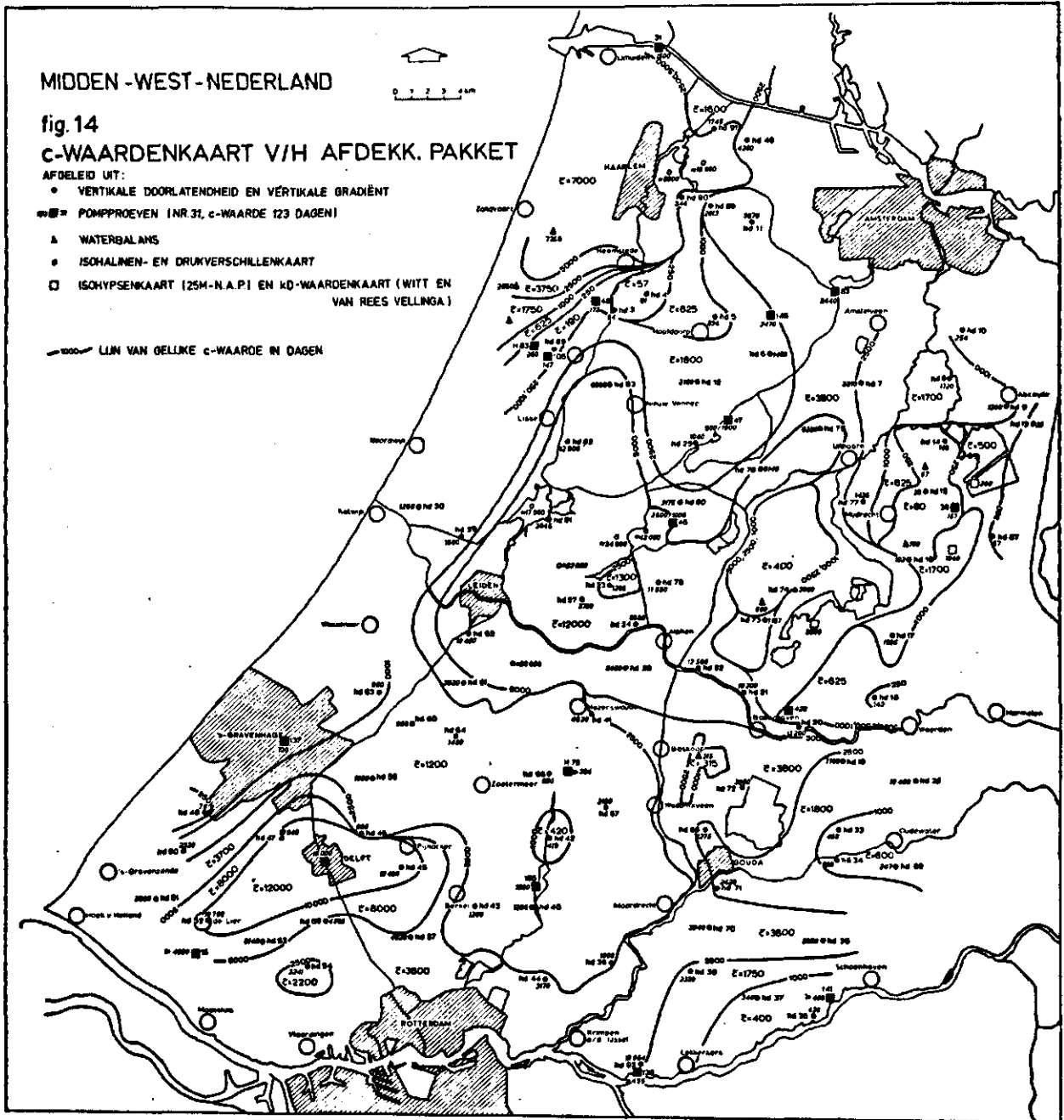
fig. 14

c-WAARDENKAART V/H AFDEKK. PAKKET

AFOELEID UIT:

- VERTIKALE DOORLATENDHEID EN VERTIKALE GRADIËNT
- ▲ WATERBALANS
- ISOCHALINEN- EN DRUKVERSCHILLENKAART
- ISOHYPSENKAART (25M-N.A.P.) EN KD-WAARDENKAART (WITT EN VAN REES VELLINGA)

— 1000 — LIJN VAN GELIJKE c-WAARDE IN DAGEN



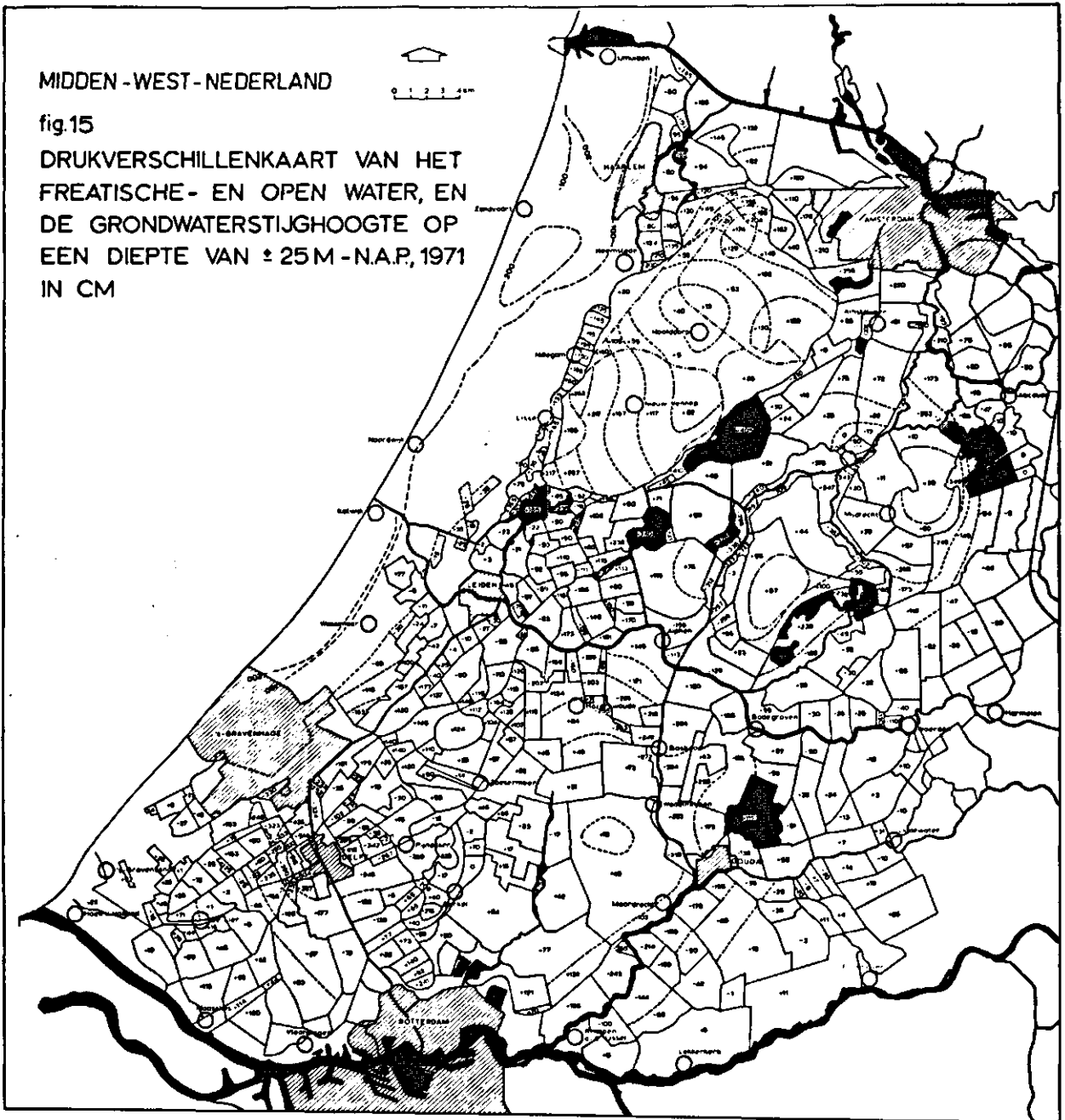


MIDDEN - WEST - NEDERLAND



fig.15

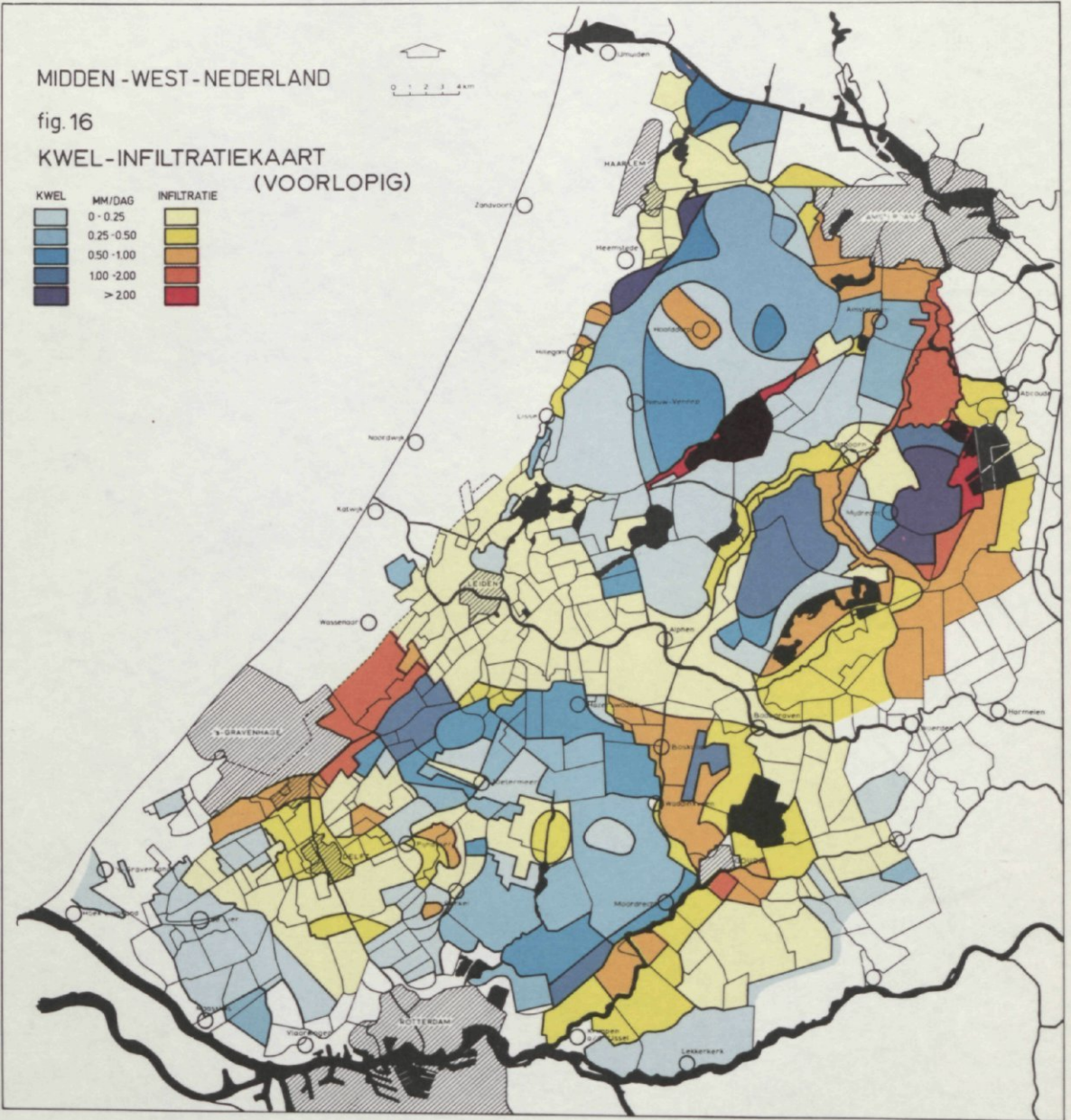
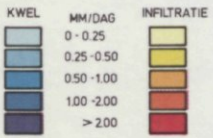
DRUKVERSCHILLENKAART VAN HET  
FREATISCHE- EN OPEN WATER, EN  
DE GRONDWATERSTIJGHOOGTE OP  
EEN DIEPTE VAN ± 25 M - N.A.P., 1971  
IN CM



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig. 16

KWEL - INFILTRATIEKAART  
(VOORLOPIG)



# MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig.17

## INDELING IN SUBGEBIEDEN

LEGENDA:

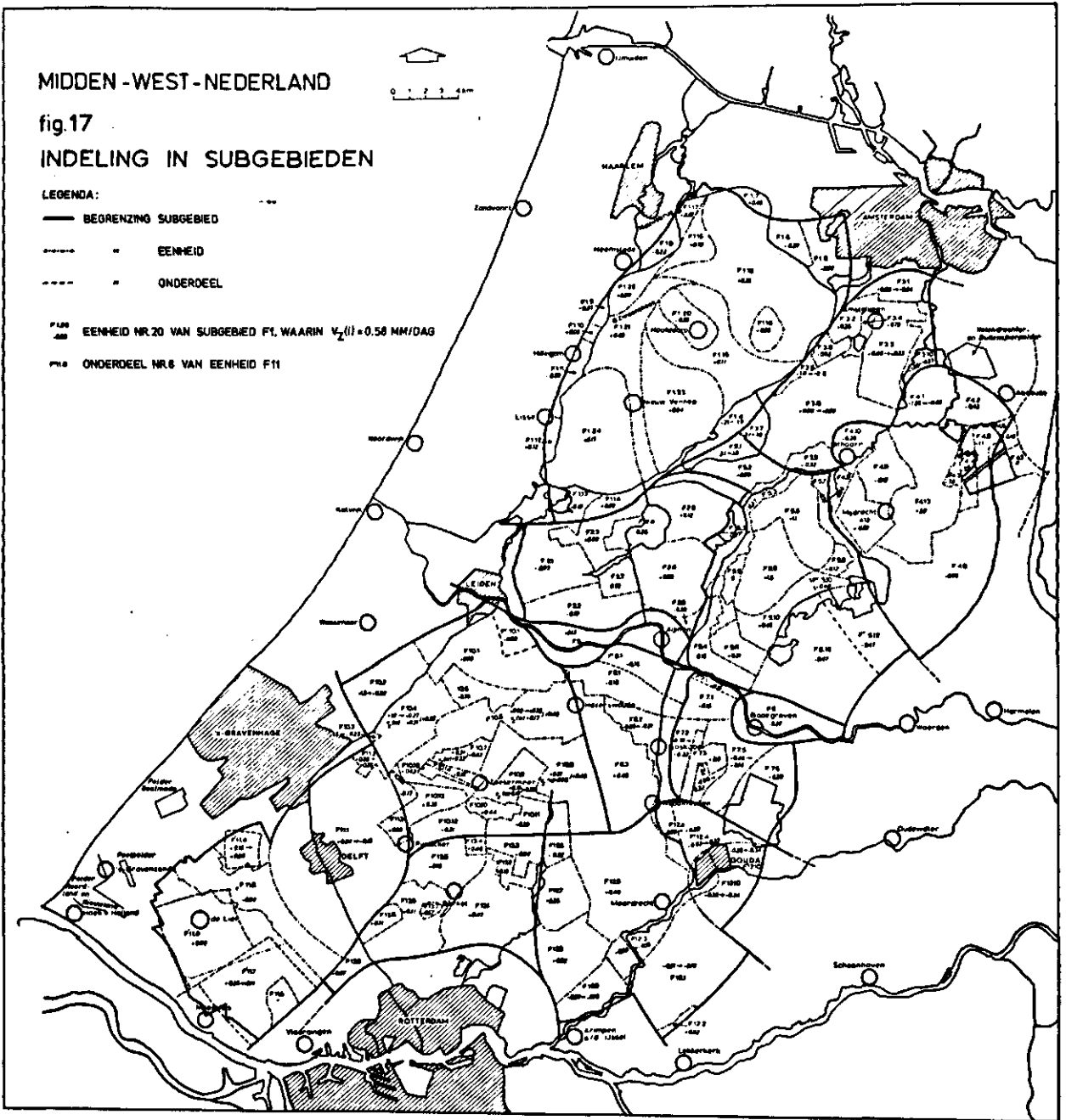
— BEGRENZING SUBGEBIED

- - - - - " EENHEID

- - - - - " ONDERDEEL

F100 EENHEID NR.20 VAN SUBGEBIED F1, WAARIN  $v_2(t) = 0.58$  MM/DAG

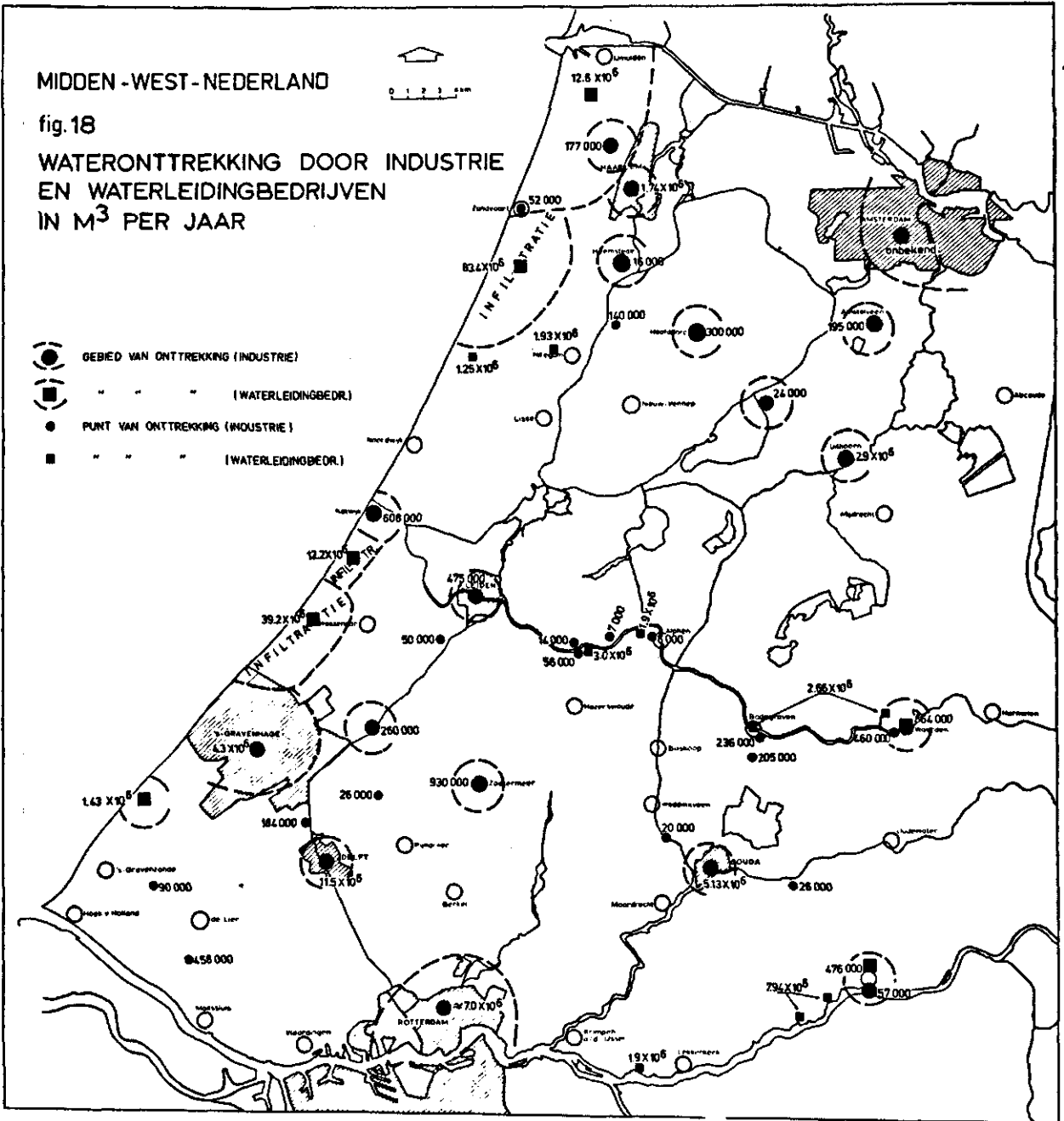
F106 ONDERDEEL NR.6 VAN EENHEID F11



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig. 18

WATERONTTREKKING DOOR INDUSTRIE  
EN WATERLEIDINGBEDRIJVEN  
IN M<sup>3</sup> PER JAAR



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig.19

ISOHYPSENKAART VAN DE GROND-  
WATERSTIJGHOOGTE OP EEN DIEPTE  
VAN ±25 M - N.A.P. (1<sup>e</sup> WATERV. LAAG )

JAARGEM. 1971

IN M - N.A.P.

WAARIN DE INTENSITEIT VAN DE  
'DIEPE' GRONDWATERSTROMING  
IS AANGEGEVEN

LEGENDA:

— ISOHYPSEN

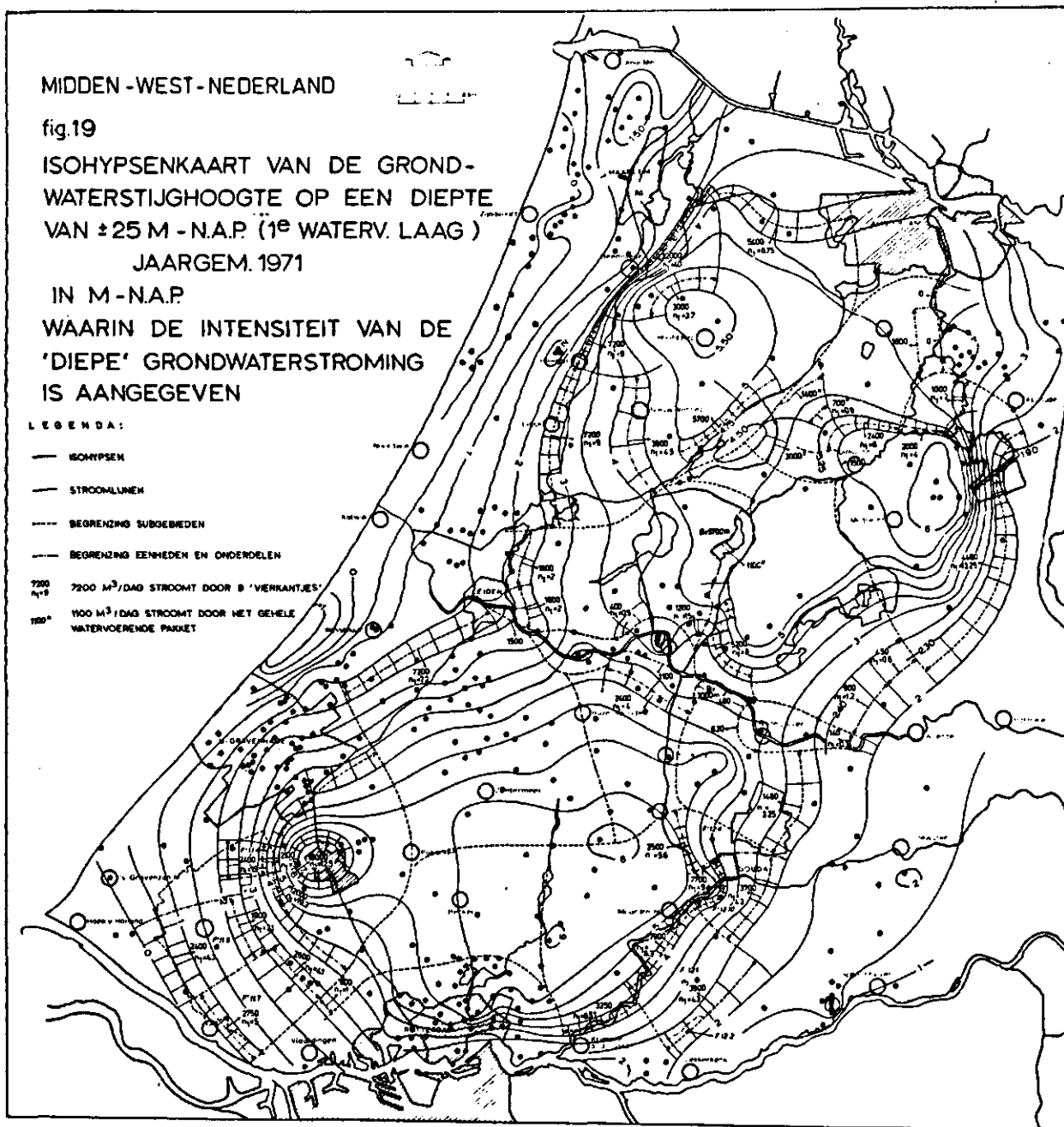
— STROOMLINIEN

--- BEGRENZING SUBGEBIEDEN

--- BEGRENZING EENHEDEN EN ONDERDELEN

7200 7200 M<sup>3</sup>/DAG STROOMT DOOR 8 'VERKANTJES'

1500 1500 M<sup>3</sup>/DAG STROOMT DOOR HET GEHELE  
WATERVOERENDE PAKKET



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig.20

ISOHYPSENKAART VAN DE GROND-  
WATERSTIJGHOOGTE OP EEN DIEPTÉ  
VAN ± 80 M - N.A.P. (2<sup>e</sup> WATERV. LAAG)

JAARGEM. 1971

IN M - N.A.P.  
WAARIN DE INTENSITEIT VAN DE  
'DIEPE' GRONDWATERSTROMING  
IS AANGEGEVEN

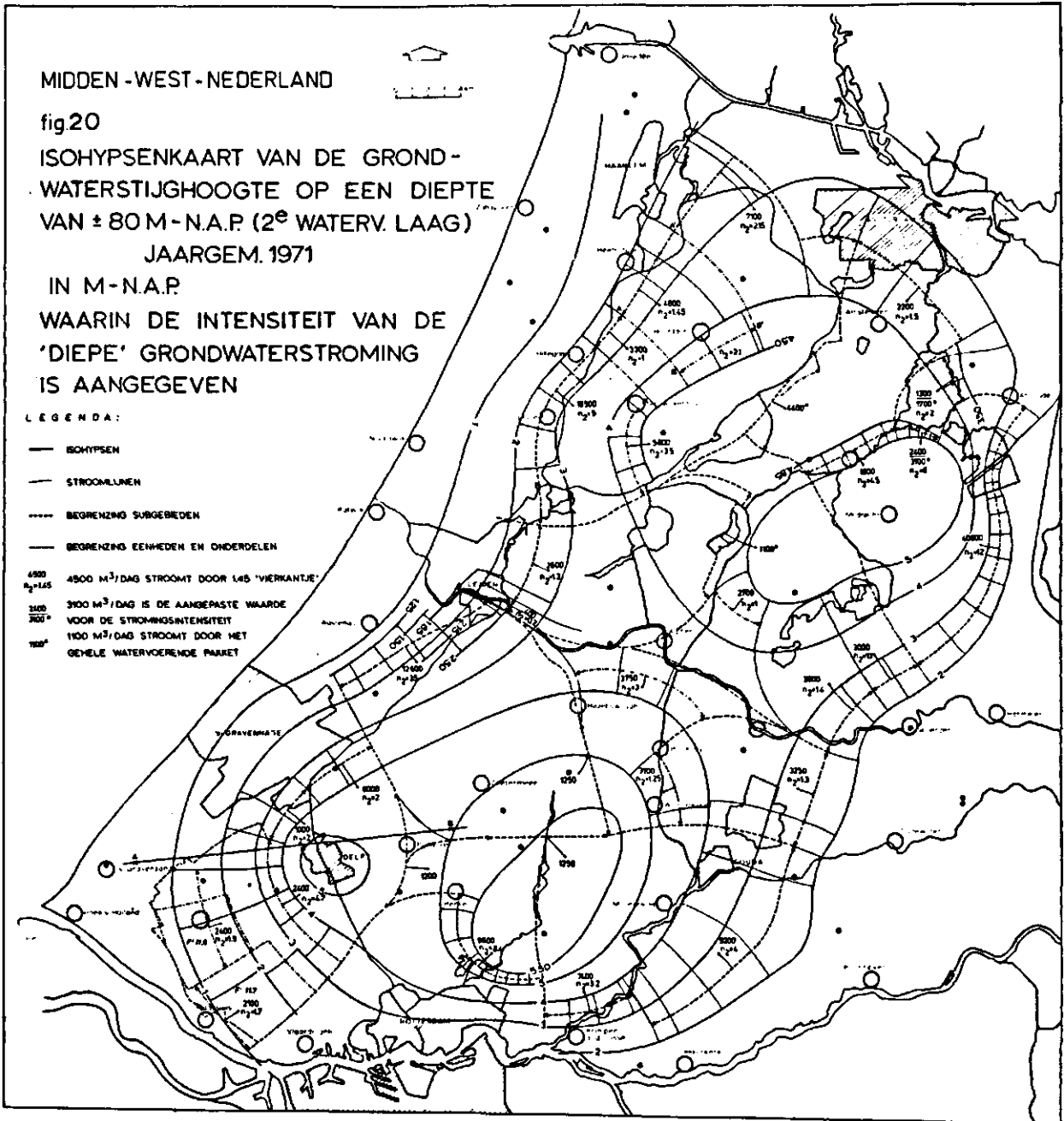
LEGENDA:

- ISOHYPSEN
- STROOMLINIEN
- BEGRENZING SUBGEBIEDEN
- BEGRENZING EENHEDEN EN ONDERDELEN

4500  
n<sub>2</sub>=1,25 4500 M<sup>3</sup>/DAG STROOMT DOOR 145 'VIERTALIE'

3100  
3000\* 3100 M<sup>3</sup>/DAG IS DE Aangepaste WAARDE  
VOOR DE STROMINGSINTENSITEIT

1100\* 1100 M<sup>3</sup>/DAG STROOMT DOOR HET  
GEHELE WATERVOERENDE PAKKET



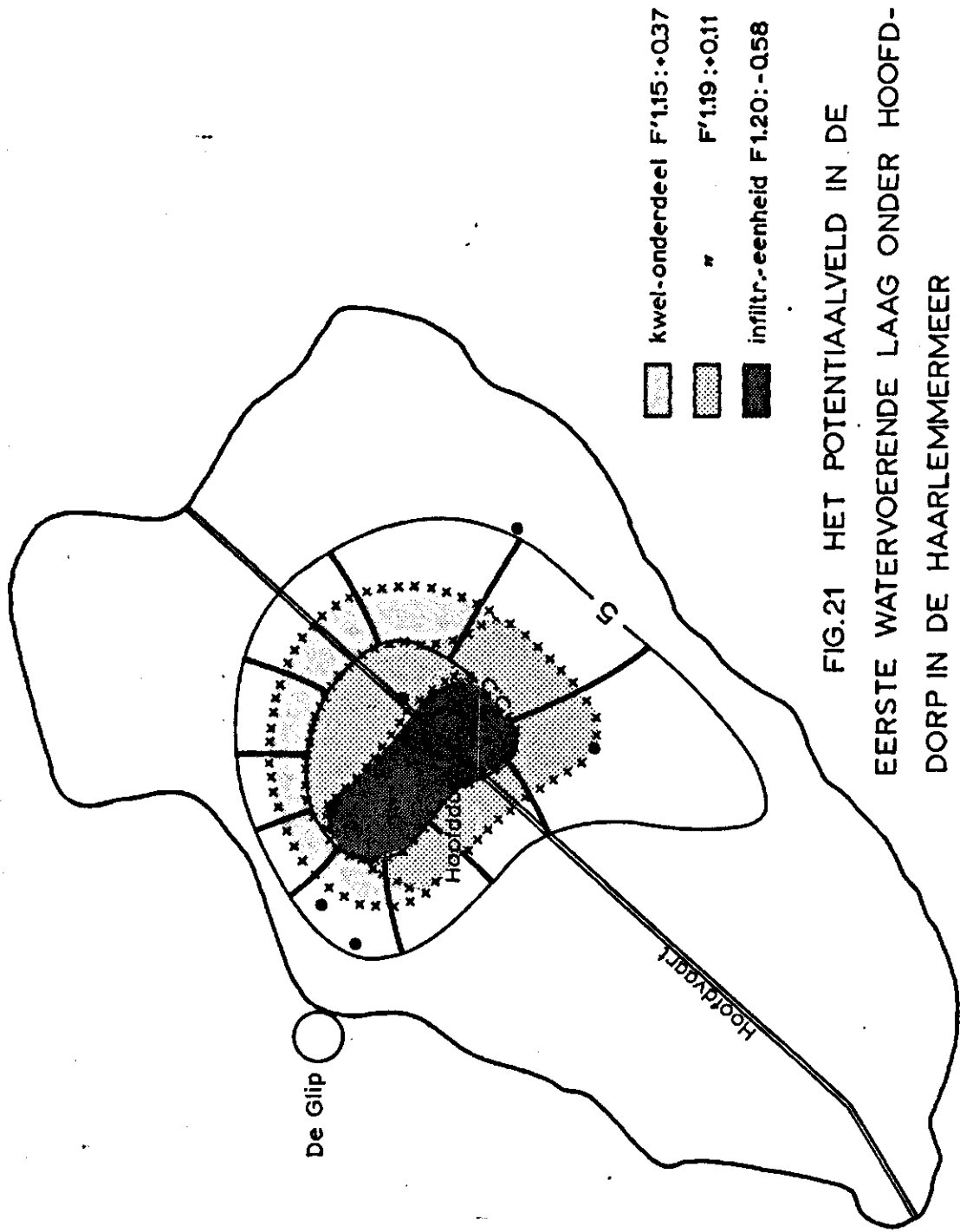


FIG.21 HET POTENTIAALVELD IN DE  
 EERSTE WATERVOERENDE LAAG ONDER HOOFD-  
 DORP IN DE HAARLEMMERMEER

FIG.22 TIJDSTIJGHOOGTELIJN VAN PUT 31C/27,  
GELEGEN TEN NOORDEN VAN DE REEUWIJKSCHE PLASSEN  
(1971)

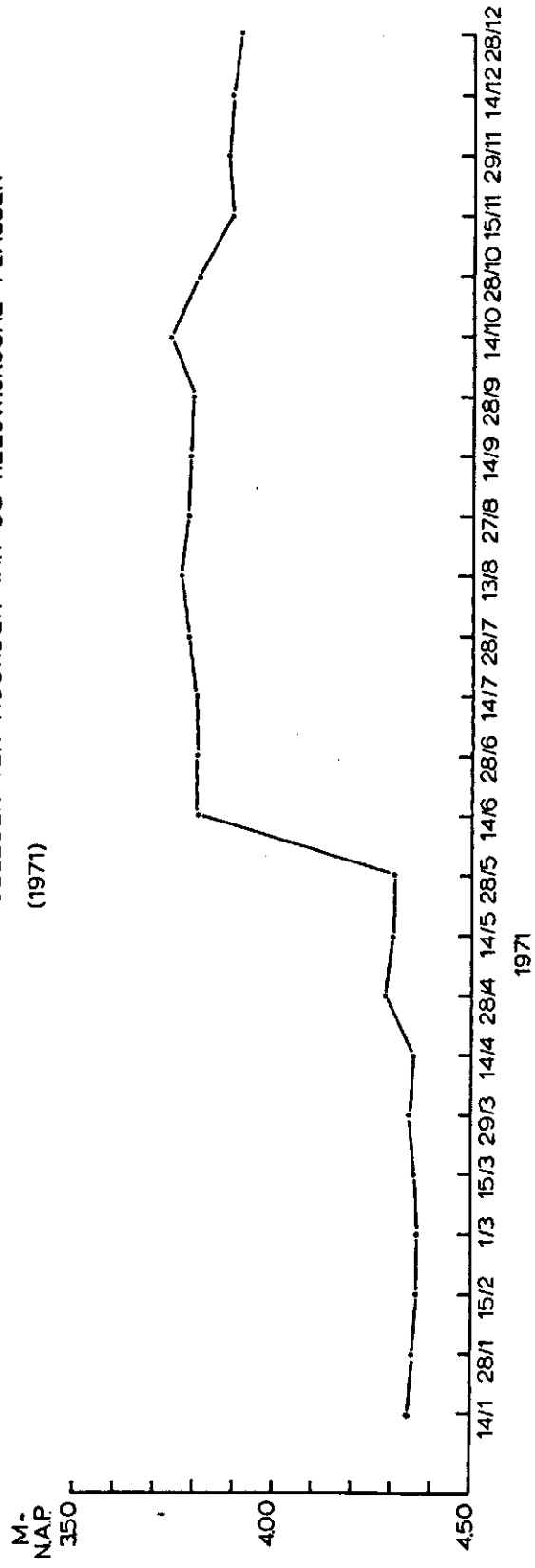
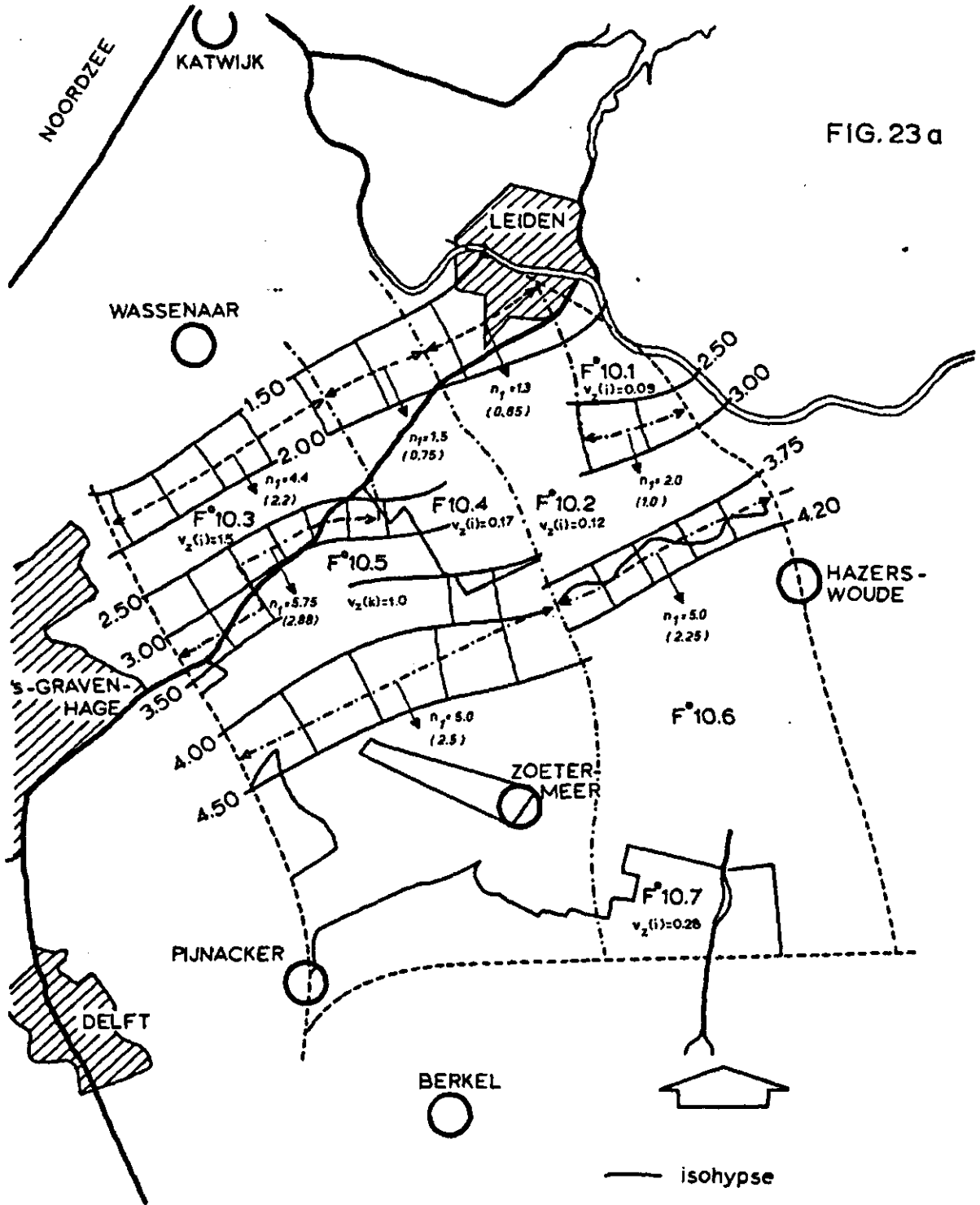




FIG. 23 a



INDELING VAN SUBGEBIED F10  
VOOR DE EERSTE WATER-  
VOERENDE LAAG

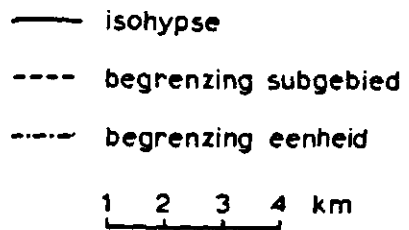
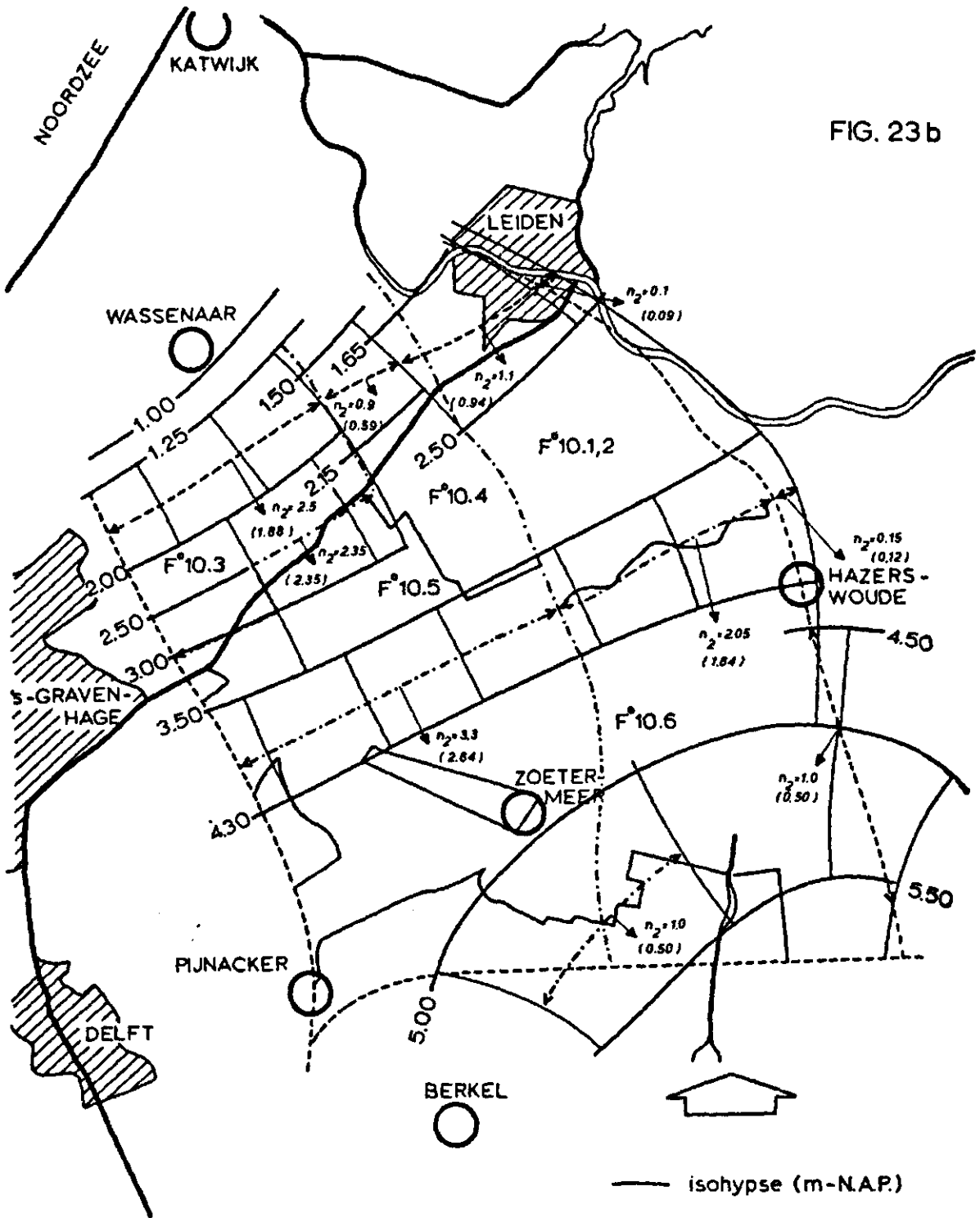


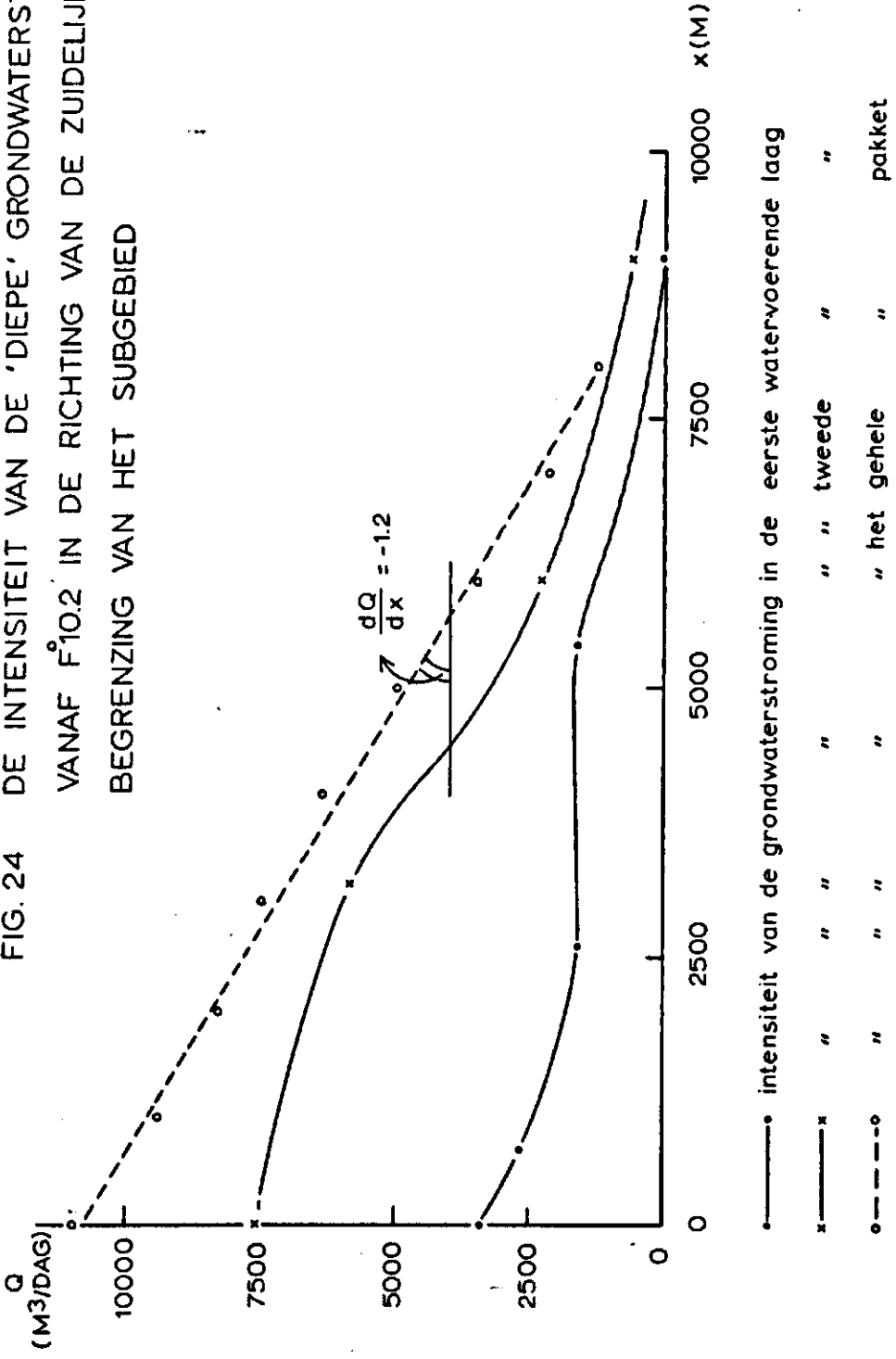
FIG. 23b



INDELING VAN SUBGEBIED F10  
VOOR DE TWEDE WATER-  
VOERENDE LAAG

- isohypse (m-N.A.P.)
  - - - begrenzing subgebied
  - · - · begrenzing eenheid
- 1 2 3 4 km

FIG. 24 DE INTENSITEIT VAN DE 'DIEPE' GRONDWATERSTROMING  
 VANAF F10.2 IN DE RICHTING VAN DE ZUIDELIJKE  
 BEGRENZING VAN HET SUBGEBIED



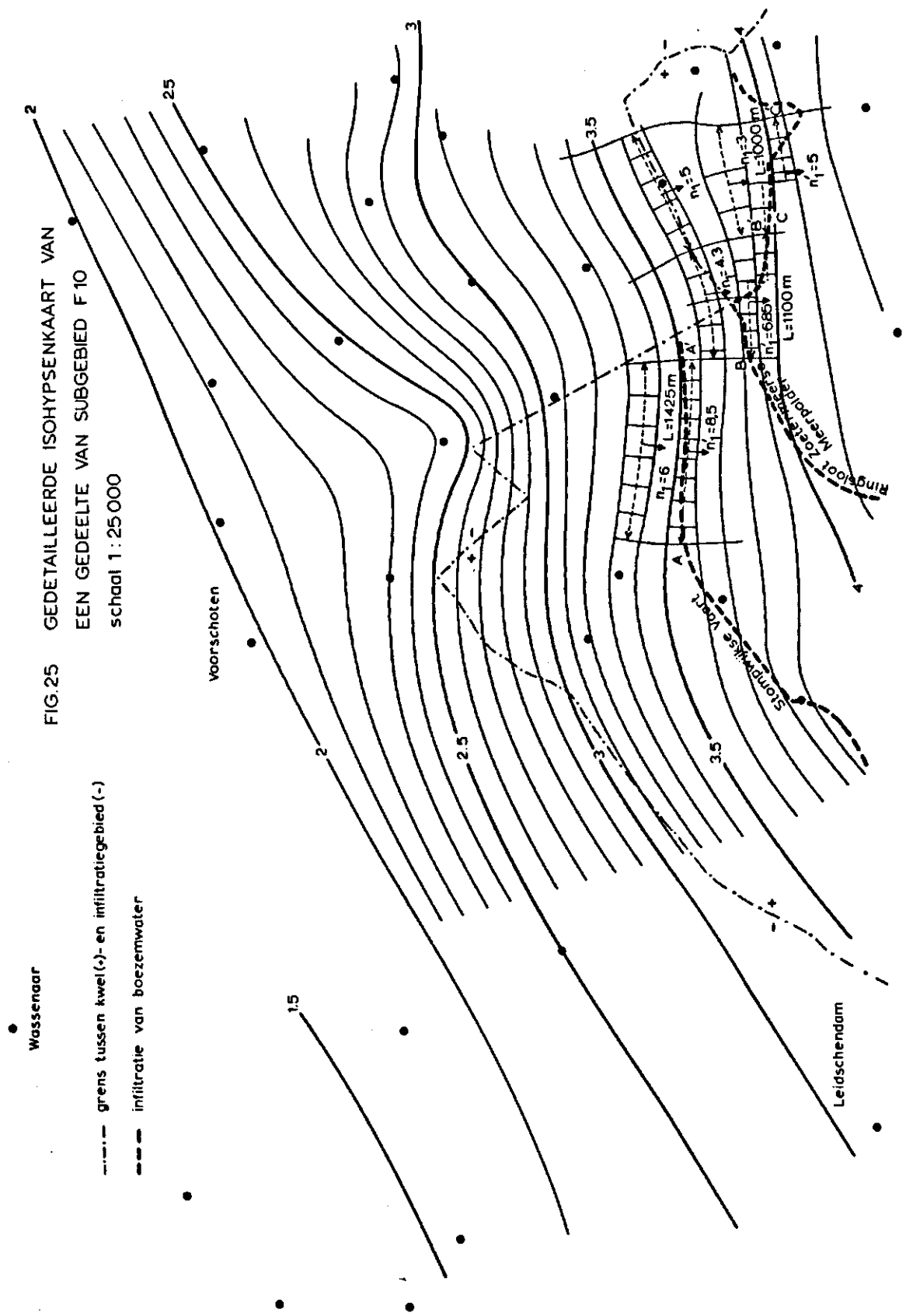


FIG.25 GEDETAILLEERDE ISOHYPENKAART VAN  
 EEN GEDEELTE VAN SUBGEBIED F10  
 schaal 1:25000

Wassenaar

--- grens tussen kwel(-) en infiltratiegebied (-)

--- infiltratie van boezemwater

voorschoten

1.5

2

2.5

3.5

Leidschendam

Stompwijkse Vaert

Ringloot Zoetwater

A

B

C

$n_1=6$

$L=1425m$

$n_1=4.3$

$n_1=3$

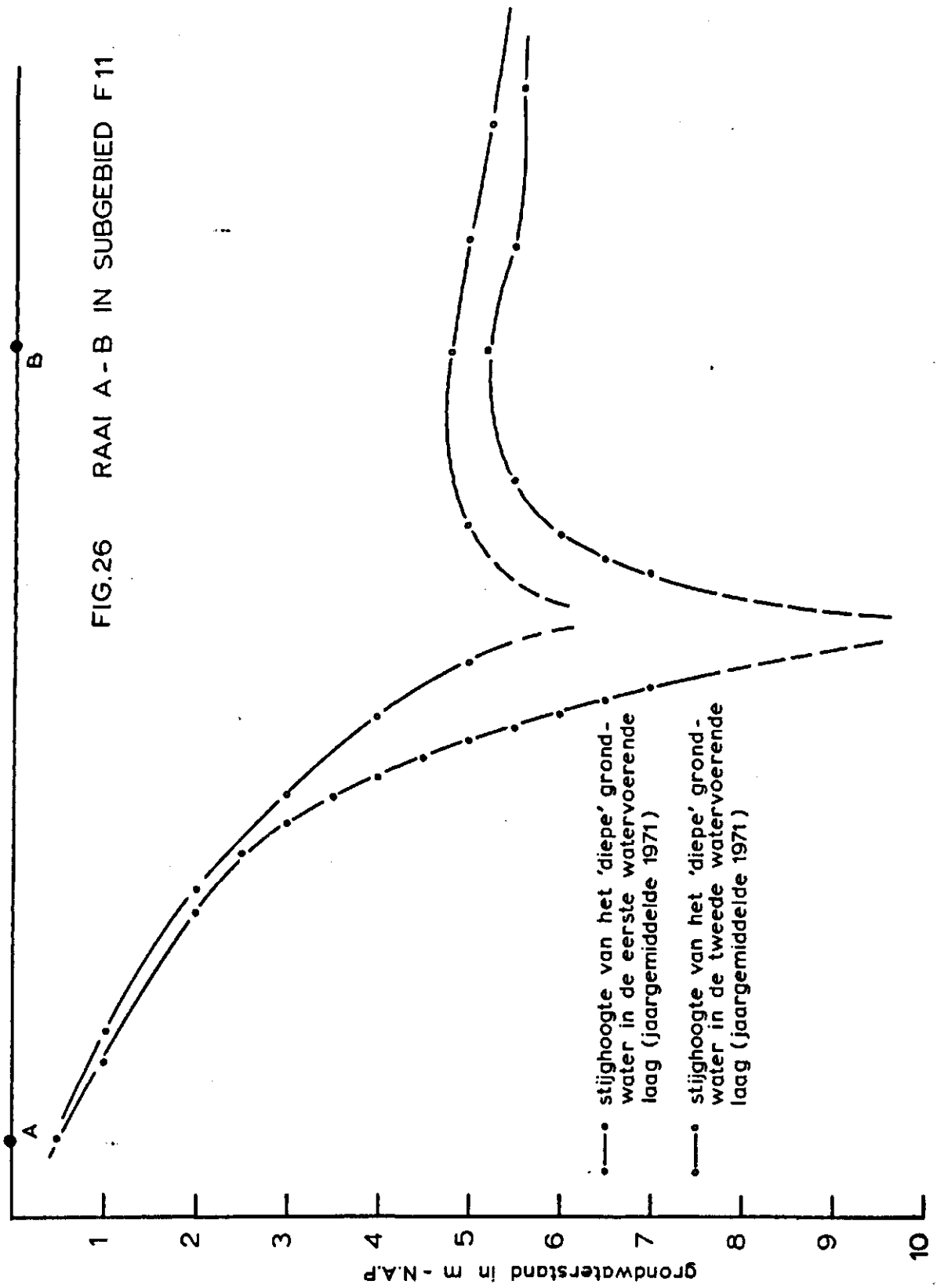
$n_1=5$

$n_1=6.85$

$L=1100m$

$n_1=5$











FIG.26 RAAI A - B IN SUBGEBIED F11

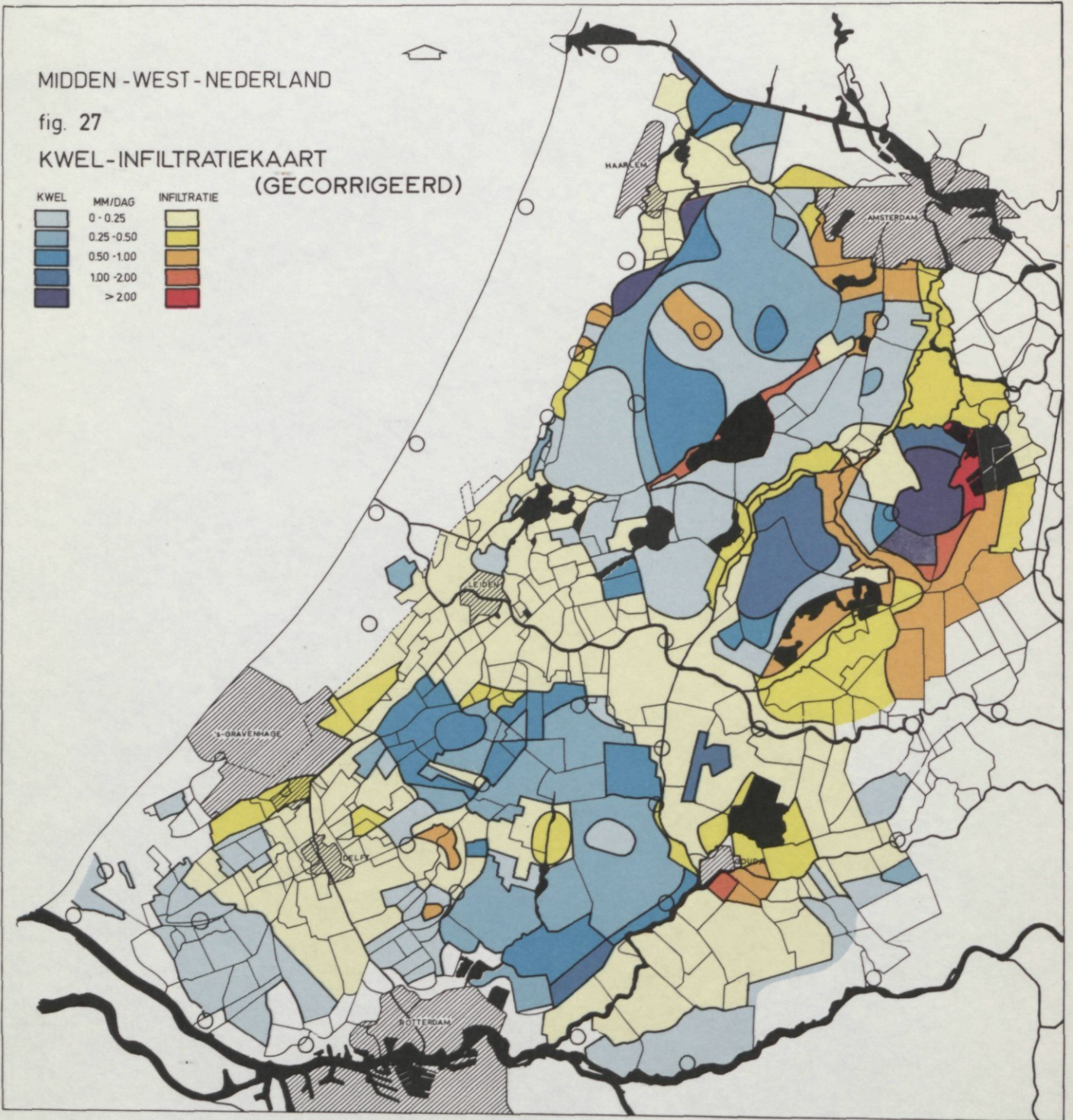


MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig. 27

KWEL - INFILTRATIEKAART  
(GECORRIGEERD)

KWEL	MM/DAG	INFILTRATIE
	0 - 0.25	
	0.25 - 0.50	
	0.50 - 1.00	
	1.00 - 2.00	
	> 2.00	



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig. 28  
GECORRIGEERDE c-WAARDENKAART  
VAN HET AFDEKKEND PAKKET

== WIJZIGINGEN T.O.V. FIG. 14

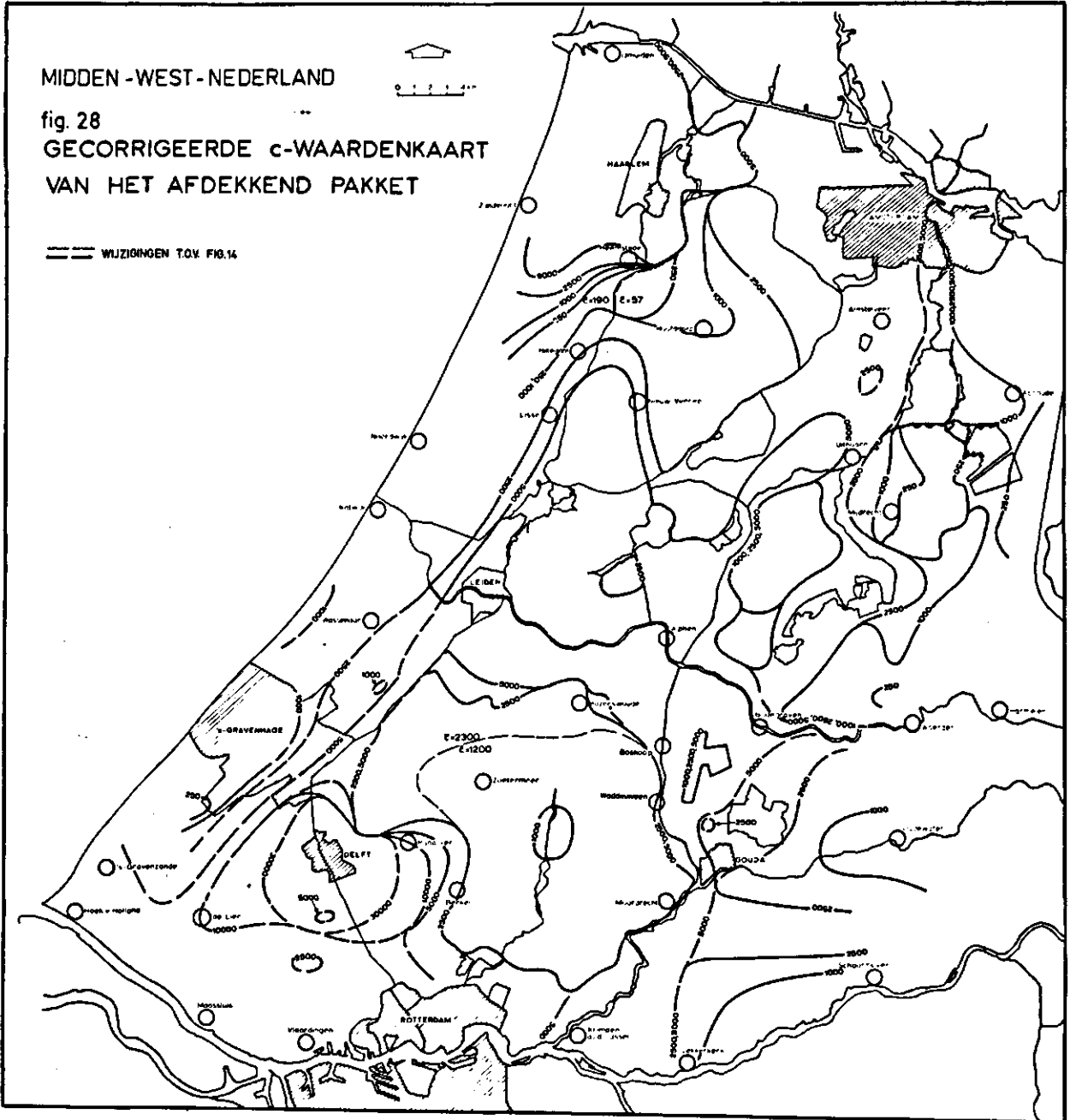


FIG. 29a STROMINGSBEELD VOOR EEN HOMOGEEN PROFIEL TOT OP GROTE DIEPTE

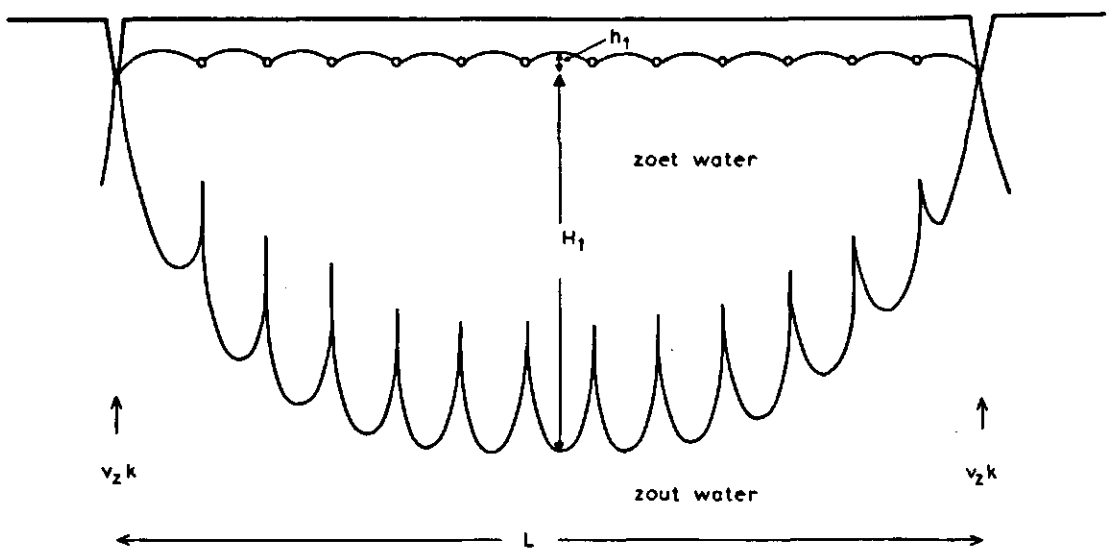


FIG. 29b STROMINGSBEELD VOOR EEN PROFIEL MET EEN SLECHT DOORLATENDE LAAG ONDER HET DRAINNIVEAU

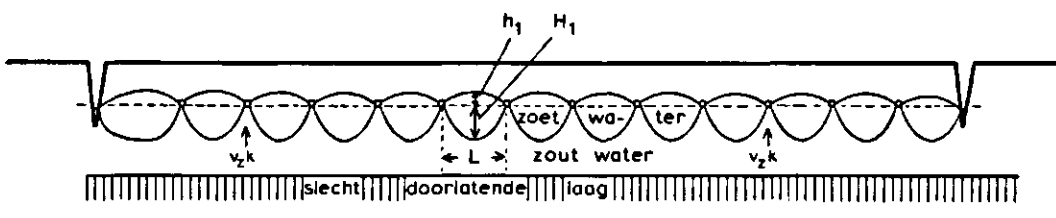
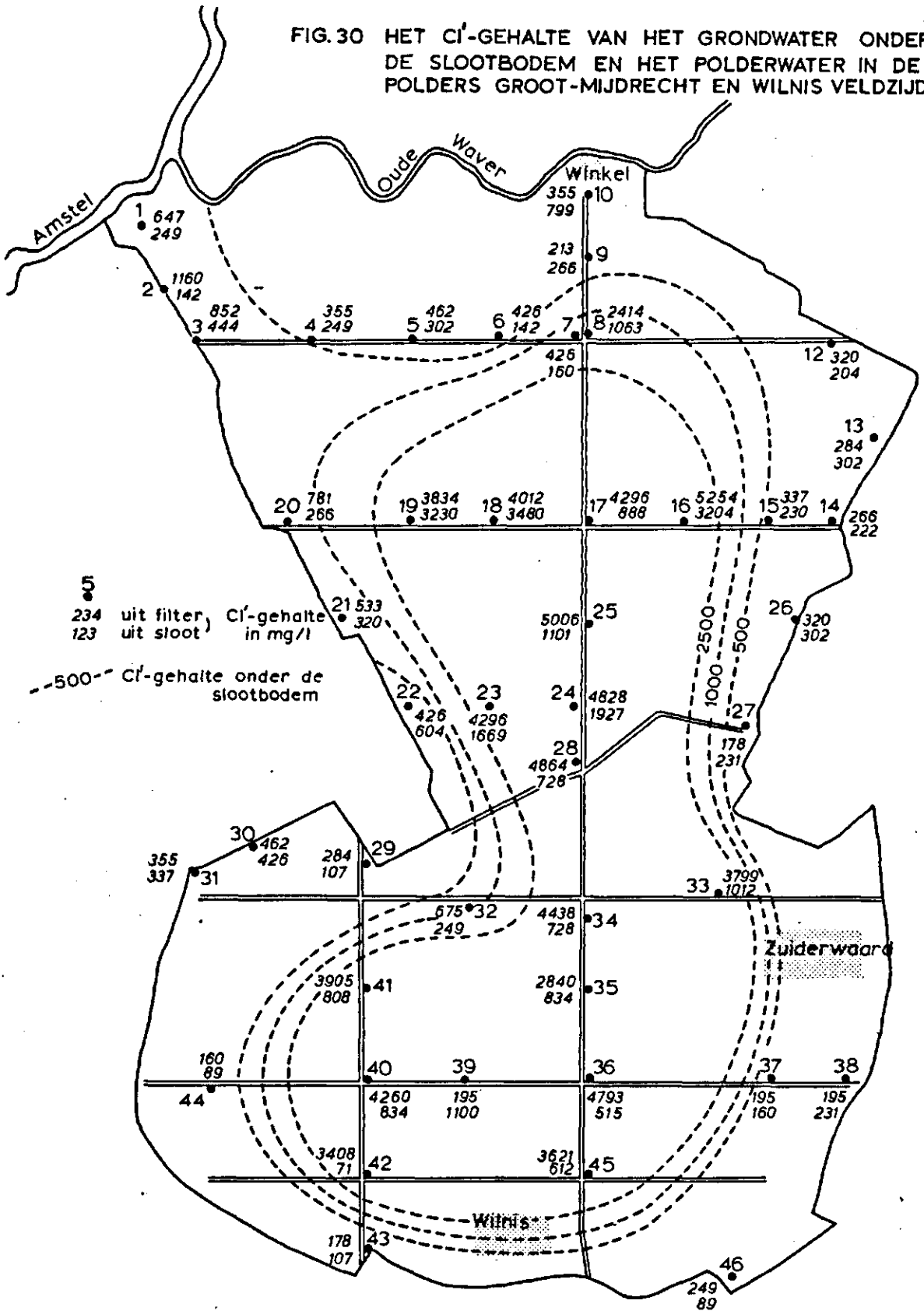
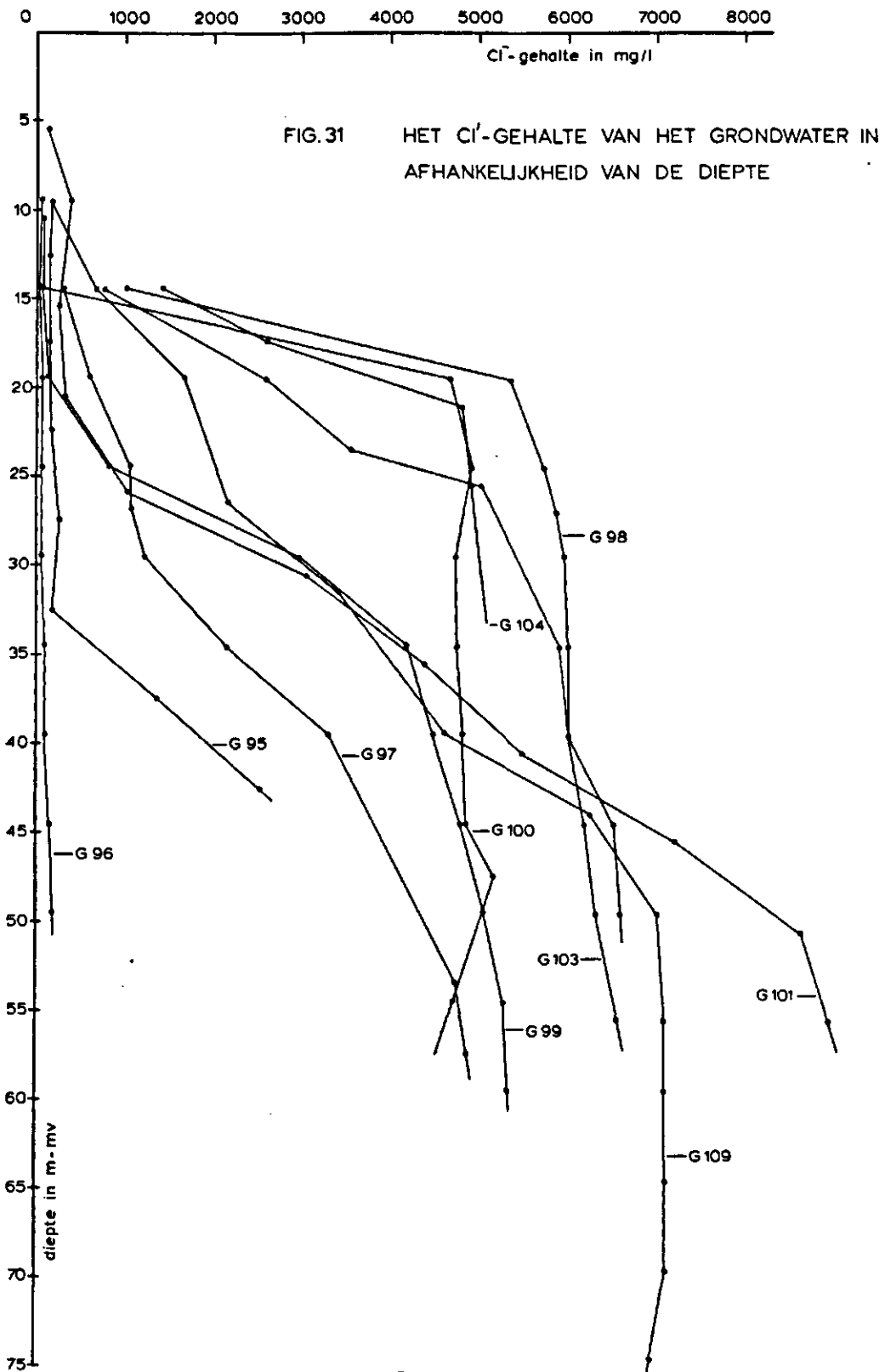




FIG.30 HET Cl'-GEHALTE VAN HET GRONDWATER ONDER DE SLOOTBODEM EN HET POLDERWATER IN DE POLDERS GROOT-MIJDRECHT EN WILNIS VELDZIJDE

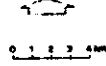




MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig. 32

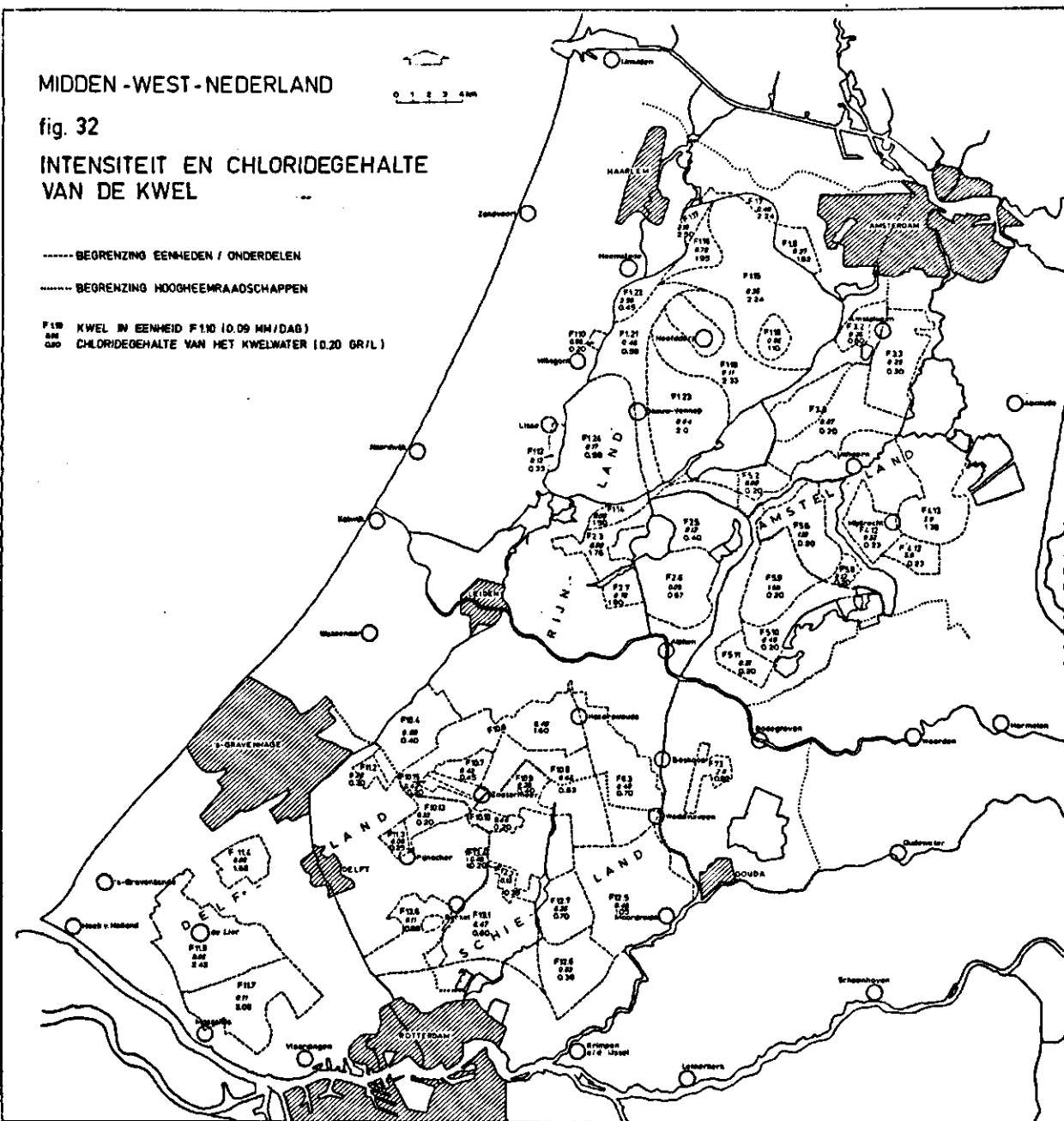
INTENSITEIT EN CHLORIDEGEHALTE  
VAN DE KWEL



----- BEGRENZING EENHEDEN / ONDERDELEN

----- BEGRENZING HOOGHEMRAADSCHAPPEN

F10 KWEL IN EENHEID F10 (0,09 MM/DAG)  
AM CHLORIDEGEHALTE VAN HET KWELWATER (0,20 GR/L)

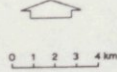




MIDDEN - WEST - NEDERLAND

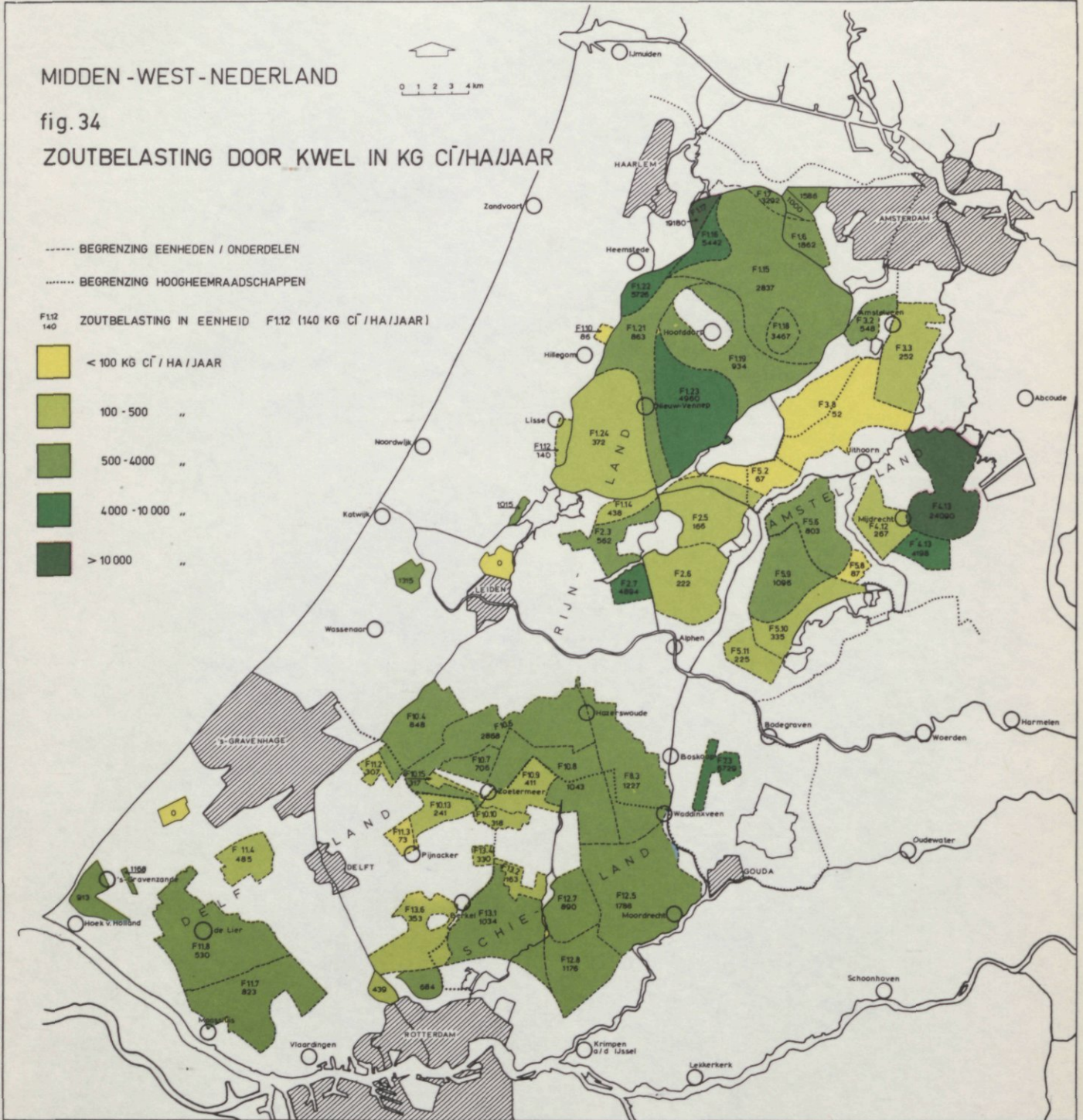
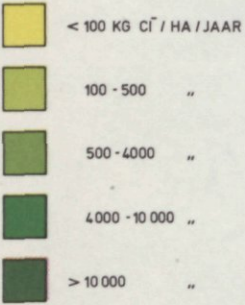
fig. 34

ZOUTBELASTING DOOR KWEL IN KG Cl<sup>-</sup>/HA/JAAR



----- BEGRENZING EENHEDEN / ONDERDELEN  
 ..... BEGRENZING HOOGHEEMRAADSCHAPPEN

F112 140 ZOUTBELASTING IN EENHEID F112 (140 KG Cl<sup>-</sup>/HA/JAAR)



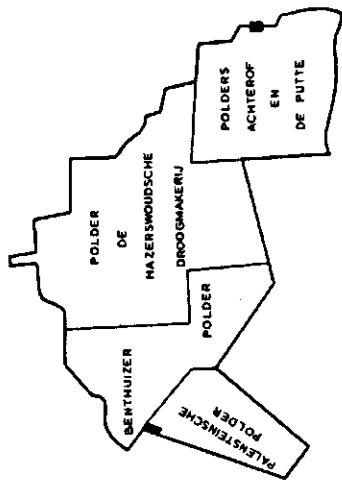


fig.35 a DE DROOGGEMAAKTE NOORDPLAS

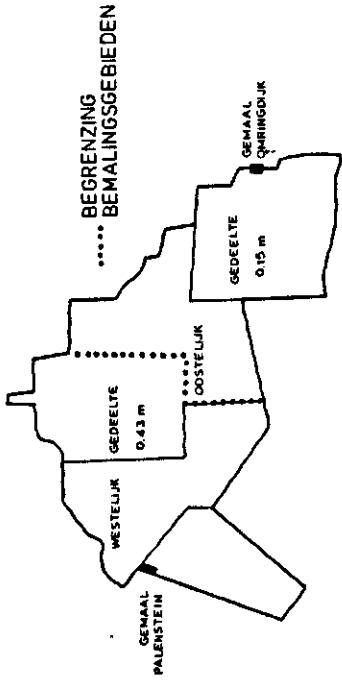


fig.35 b VERLAGING POLDERPEILEN

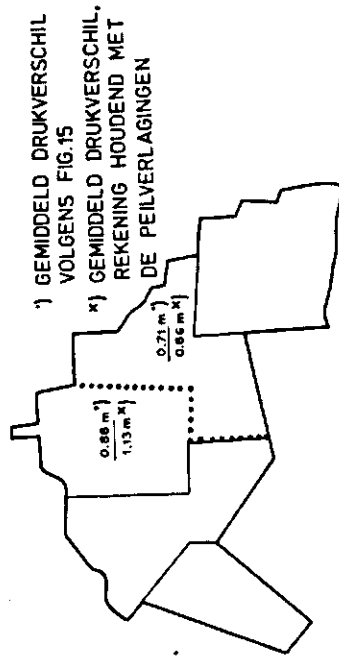


fig.35 c DRUKVERSCHILLEN TUSSEN HET FREATISCHE - EN OPEN WATER, EN DE GRONDWATER STIJGHOOGTE OP EEN DIEPTE VAN 25 M-N.A.P.

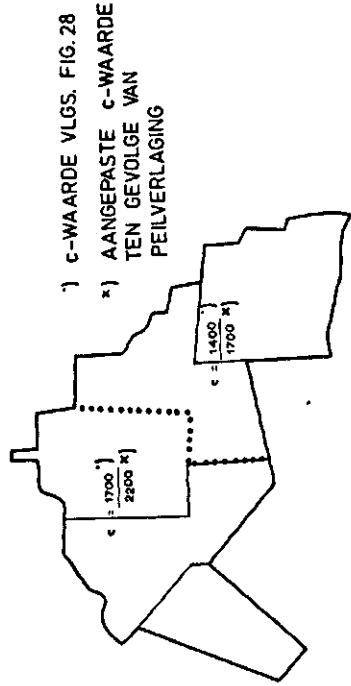


fig.35 d Aangepaste c-waarden

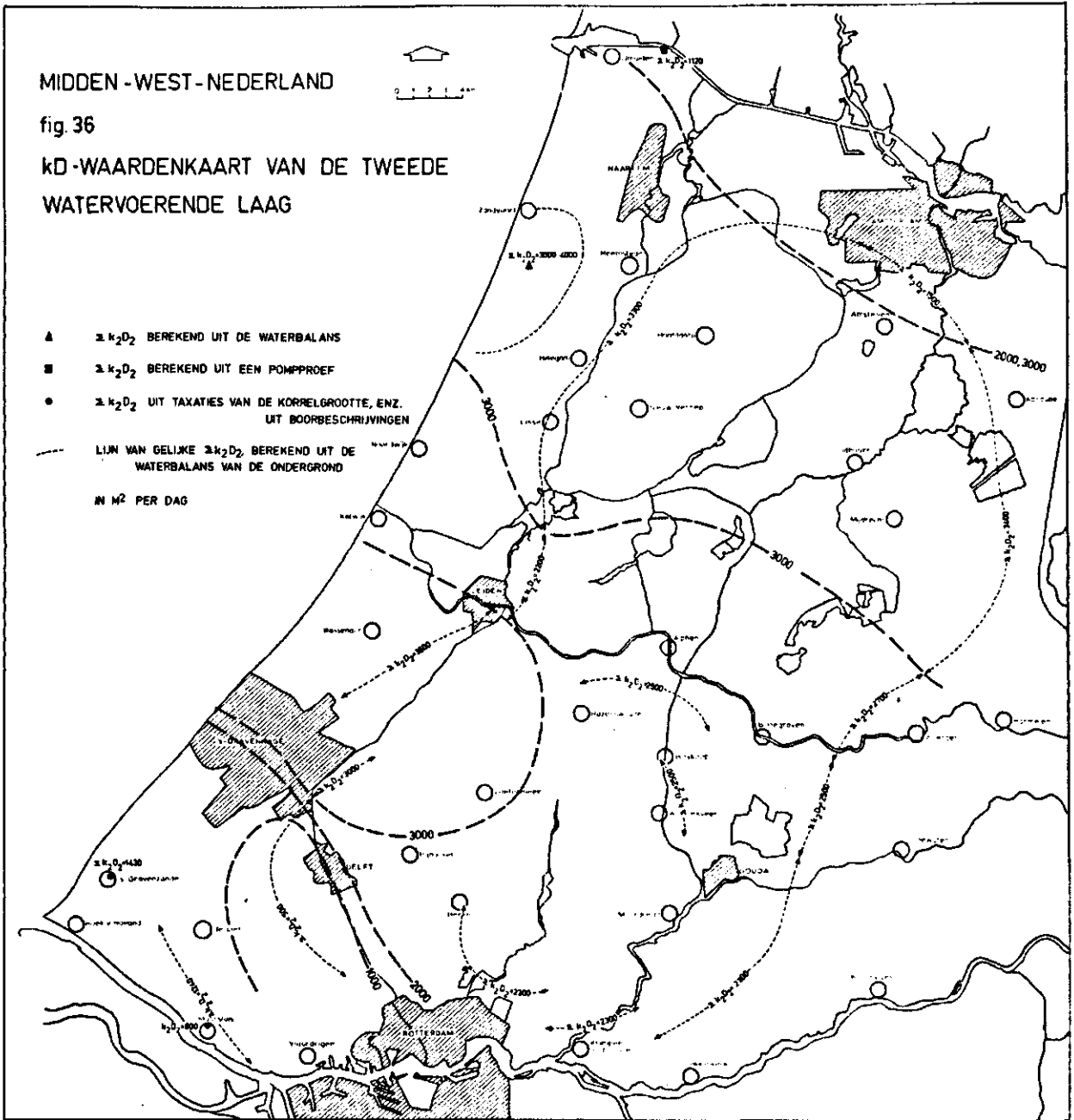
1) c-WAARDE VLGS. FIG. 28  
 2) Aangepaste c-waarde ten gevolge van peilverlaging

MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig. 36

KD-WAARDENKAART VAN DE TWEEDE  
WATERVOERENDE LAAG

- ▲  $\pm k_2D_2$  BEREKEND UIT DE WATERBALANS
  - $\pm k_2D_2$  BEREKEND UIT EEN POMPPROEF
  - $\pm k_2D_2$  UIT TAXATIES VAN DE KORRELGROOTTE, ENZ.  
UIT BOORBESCHRIJVINGEN
  - LIJN VAN GELIJKE  $\pm k_2D_2$  BEREKEND UIT DE  
WATERBALANS VAN DE ONDERGROND
- IN M<sup>2</sup> PER DAG



MIDDEN - WEST - NEDERLAND

fig. 37

WEGZIJING VANUIT OPEN LEIDINGEN  
IN M<sup>3</sup>/DAG

