

Werkgroep Deltagebied

Een prognose van de hoeveelheid in te laten zoet water ter ontzilting van de polderleidingen in het lozingsgebied de Oude Korendijk na de totstandkoming van de deltawerken

B. van der Weerd

BIBLIOTHEEK DE HAFF

Droevendaalsesteeg 3a

Postbus 241

6700 AE Wageningen

Inleiding

Na de afdamming van de zee-armen als onderdeel van de deltawerken zal het Deltameer ontstaan, dat door het water van de hierin uitstromende rivieren spoedig verzoet zal zijn.

Het aldus ontstane zoetwaterreservoir biedt voor de landbouw verschillende toepassingsmogelijkheden. Met dit zoete water kan onder andere door middel van doorspoeling het zoutgehalte van het polderwater in sloten en leidingen van de in dit gebied liggende polders aanmerkelijk worden gereduceerd. Het ontzilten van de polderwaterleidingen kan voor de praktijk grote economische betekenis hebben. Het op deze wijze verkregen zoete slootwater kan onder meer worden gebruikt voor beregeningsdoeleinden op plaatsen waar voorheen geen beregening mogelijk was, waardoor droogte- en nachtvorstschade kan worden bestreden.

Ook de ziektebestrijding van de gewassen wordt door het gemakkelijk ter beschikking hebben van bruikbaar sproeiwater eenvoudiger en goedkoper.

Goedkoop en gemakkelijk te bereiken drinkwater voor vee komt beschikbaar waar anders noodzakelijkerwijs gebruik moest worden gemaakt van water dat door transport of aanleg van een drinkwaterleiding duur wordt.

Verwacht mag worden dat bovendien vele bedrijven wanneer zij de beschikking hebben over voldoende zoet water, over zullen schakelen van land- op tuinbouw. waardoor de grond in waarde zal stijgen.

Uit de praktijk is bekend, dat in het algemeen de bruikbaarheid van het water binnen de volgende grenzen kan worden gesteld:

- | | | | |
|----|------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 1. | minder dan | 300 mg Cl^- /l | water bruikbaar voor alle doeleinden |
| 2. | " | " | " " " " tuinbouw in volle grond |
| 3. | " | 2500 " " | " " als drinkwater voor vee |
| 4. | meer | 2500 " " | onbruikbaar in land- en tuinbouw. |



1786342

Het zal niet mogelijk zijn het polderwater in alle gevallen zodanig te ontzilten dat het bruikbaar wordt voor de gewenste doeleinden.

De mate van ontzilting hangt namelijk van verschillende factoren af, te weten:

1. De hoeveelheid doorspoelingswater.
2. Het zoutgehalte van het doorspoelingswater.
3. De intensiteit van de kwel.
4. Het zoutgehalte van het kwelwater.
5. De neerslag en verdamping.

1. De hoeveelheid in te laten doorspoelingswater zal niet onbeperkt kunnen worden opgevoerd, maar afhankelijk zijn van de capaciteit van het leidingenstelsel en de bereidheid de toenemende kosten van uitmalen van het doorspoelingswater te aanvaarden.
2. Het zoutgehalte van het doorspoelingswater zal afhankelijk zijn van de mate van verzoeting van het toekomstige Deltameer.
3. De intensiteit van de kwel hangt af van polderpeil en bodemprofiel.
4. Het zoutgehalte van het kwelwater hangt nauw samen met het zoutgehalte van het diepe grondwater.
5. De neerslag heeft ten gevolge van bovengrondse afstroming naar en rechtstreekse opvang in de sloten een verzoetende invloed op het polderwater. De verdamping daarentegen veroorzaakt een toename van de zoutconcentratie. De variabiliteit van beide factoren is echter gedurende de periode van een jaar dermate groot, dat zij moeilijk tot in details kunnen worden betrokken bij het opstellen van een prognose. Wel is het zonder bezwaar mogelijk een onderscheid te maken tussen de gemiddelde zomertoestand en de gemiddelde wintertoestand.

Het aantal dagen dat doorgespoeld moet worden om het zoutgehalte tot de gewenste limiet terug te dringen, is behalve van de hiergenoemde factoren ook afhankelijk van de in de polderleidingen geborgen hoeveelheid water en het zoutgehalte van dit water.

Het zoutgehalte van het polderwater

Vanaf november 1957 zijn in het lozingsgebied van de Oude Korendijk decade-waarnemingen gedaan van het chloride-gehalte van het polderwater. Deze

waarnemingen zijn op een 75-tal over het gebied verspreid liggende plaatsen verricht.

Behalve de zoutmonsters van het polderwater zijn er monsters genomen uit de oude gasbronnen. De invloed van deze bronnen op het zoutpatroon van de polder is echter dermate gering dat hiermede bij de verdere verwerking geen rekening is gehouden.

Met behulp van de beschikbare gegevens is de gemiddelde zouttoestand voor de zomer en voor de winter per waarnemingspunt vastgesteld en in een zomer- en winterkaart verwerkt.

De isohalinenkaart in bijlage 1 geeft een overzicht van het gemiddelde zoutgehalte in de zomer. De variatie in zoutgehalte is relatief gering. De isohalinen verdelen het gebied in 2 zoutklassen van 0,3-1,0 g Cl⁻/l en van 1,0-2,5 g Cl⁻/l.

De hoogste zoutconcentraties blijken voor te komen in het westelijk deel van de polder en in het noorden en oosten van respectievelijk de Molen-, Oost- en Oud Nieuwlandpolder.

Het gemiddelde zoutgehalte in de winter is weergegeven op de kaart in bijlage 2. Voor het hele gebied blijkt het chloride-gehalte in deze periode te liggen tussen de 0,3-1,0 g Cl⁻/l.

Een uitzondering hierop vormt het water van enkele oude gasbronnen, dat een hoger zoutgehalte blijkt te hebben. Zoals reeds vermeld, hebben deze bronnen praktisch echter generlei invloed op het algemene beeld van de polders.

Uit de door planimetreren van de oppervlakten op de kaart in bijlage 1 verkregen gegevens blijkt, dat 608 ha = 68% van het lozingsgebied in de zomer een zoutgehalte heeft, dat varieert van 0,3-1,0 g Cl⁻/l (gemiddeld 0,858 g Cl⁻/l), terwijl bij 282 ha = 32% de zoutconcentratie varieert van 1,0-2,5 g Cl⁻/l (gemiddeld 1,085 g Cl⁻/l).

Het algemeen gemiddelde chloridegehalte in de zomer is derhalve gelijk aan:

$$\frac{68 \times 0,858 + 32 \times 1,085}{100} = 0,93 \text{ kg Cl}^{-}/\text{m}^3$$

Inhoud open waterleidingen en oppervlakte nat slootbodemprofiel

Voor het verkrijgen van een inzicht over de, in de open waterleidingen geborgen hoeveelheid water is het noodzakelijk de slootbreedten en diepten

te kennen. Daarnaast vormt voor het vaststellen van de hoeveelheid zout, die via de slootbodem en de onderkanten van de taluds op de leidingen komt, de natte slootbodemoppervlakte een onmisbaar gegeven.

In verband hiermede zijn in het veld op uitgebreide schaal metingen verricht naar slootbreedte en -diepte en naar het natte slootbodemprofiel. Aan de hand van deze metingen zijn verschillende breedte- en inhoudsklassen samengesteld, waarin de diverse sloten en leidingen zijn ingedeeld. De gegevens zijn in een leidingenkaart verwerkt (bijlage 3). Uit deze leidingenkaart zijn de lengten van de verschillende sloten bepaald. Op deze wijze is het volgende algemeen overzicht verkregen.

Tabel 1

Klasse	D Natte doorsnede	B Breedte nat slootprofiel	L Totale lengte leidingen	D x L Geborgen hoeveelheid water	B x L Oppervlakte nat sloot- profiel
1	0,50 x 0,05 m	0,60 m	75600 m	1890 m ³	45360 m ²
2	1,00 x 0,10 m	1,20 m	48500 m	4850 m ³	58200 m ²
3	1,50 x 0,15 m	1,80 m	7200 m	1620 m ³	12960 m ²
4	2,00 x 0,20 m	2,40 m	1800 m	720 m ³	4320 m ²
5	2,75 x 0,25 m	3,25 m	1100 m	760 m ³	3575 m ²
6	3,75 x 0,30 m	4,35 m	1600 m	1800 m ³	6960 m ²
7	4,75 x 0,35 m	5,45 m	1100 m	1830 m ³	5995 m ²
8	5,75 x 0,40 m	6,55 m	1500 m	3450 m ³	9825 m ²
9	7,50 x 0,45 m	8,40 m	700 m	2360 m ³	5880 m ²
10	9,75 x 0,50 m	10,75 m	300 m	1470 m ³	3225 m ²
		Totaal	139400 m	20750 m ³	156300 m ²

De in de open leidingen geborgen hoeveelheid water bedraagt per ha

$$\frac{20750}{890} = \text{afgerond } 23 \text{ m}^3/\text{ha}$$

De oppervlakte van de natte slootbodem bedraagt per ha

$$\frac{156300}{890} = \text{afgerond } 176 \text{ m}^2/\text{ha}$$

De fluctuaties in het polderpeil

Gelijktijdig met de zoutwaarnemingen is op een aantal plaatsen in het gebied het polderpeil gemeten. De grafiek in bijlage 4 geeft een indruk van de over 1958 tot en met 1961 gemiddeld per maand opgetreden schommelingen in het polderpeil. De grafiek is samengesteld aan de hand van de gegevens van vier verschillende waarnemingspunten.

Het peil is in het algemeen vrij constant. Het zomerpeil is iets hoger dan het winterpeil, maar het verschil is niet zodanig, dat hier bij de berekeningen rekening mee hoeft worden gehouden.

Het verhoogde zomerpeil wordt verkregen door het inlaten van water uit het Spui bij het gemaal te Goudswaard.

Onderscheid sloot- en drainkwel

Bij de kwel dient onderscheid te worden gemaakt tussen sloot- en drainkwel. Onder slootkwel wordt verstaan de hoeveelheid kwel, die via de slootbodempolderleidingen komt. De drainkwel is de kwel, die via de drains op de sloten wordt afgevoerd.

De eerste zal ten gevolge van de diepere ligging van de slootbodempolder ten opzichte van de drainhoogte en het ten opzichte van de grondwaterstand lage slootpeil, een hogere intensiteit hebben dan de drainkwel. Daar staat tegenover, dat de natte slootbodempoppervlakte een veel geringer percentage van de totale oppervlakte beslaat dan de oppervlakte die via de drains afvoert.

De slootkwel

Voor het verzamelen van gegevens over het slootdebiet is gebruik gemaakt van slootkwelmeters. Voor een beschrijving van deze apparatuur wordt verwezen naar NOTA nr.146: "Een benaderingsmethodiek voor het bepalen en lokaliseren van zoute kwel".

In juli 1962 zijn in het onderzoeksgebied op een 160 verschillende plaatsen in de sloten debietmetingen uitgevoerd. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven op de overzichtskaart in bijlage 5. Bij de meetpunten is de kwel in mm/etm aangegeven. Tussen deze waarden zijn lijnen van gelijke kwelintensiteit geïnterpoleerd. De op deze wijze verkregen oppervlakten van gelijke slootkwelintensiteit zijn geplanimetreed en verwerkt in de volgende tabel.

Tabel 2

P	$\frac{176 P}{10000}$	Slootkwelintensiteit		
Oppervlakte in ha	Natte slootbodemp- opp. in ha	mm/etm	Gemiddelde $m^3/ha/etm$	Totaal aantal m^3/etm
356	6,25	0 - 2	10	63
382	6,70	2 - 5	35	235
124	2,18	5 - 10	75	165
22	0,39	10 - 15	125	50
4	0,07	15 - 20	175	12
1	0,02	20 - 25	225	5
1	0,02	25 - 30	275	6
890	15,63			536

Per ha cultuurgrond bedraagt de slootkwel $\frac{536}{890} = 0,6 m^3/etm/ha$.

Chloridegehalte van de slootkwel

Gelijktijdig met de slootdebietmetingen zijn monsters genomen van het kwelwater ter bepaling van het chloridegehalte. De gegevens zijn tot een isohalinenkaart verwerkt (bijlage 6).

Uit een vergelijking van deze kaart met de slootdebietkaart blijkt, dat er weinig samenhang bestaat tussen de slootkwelintensiteit en het chloridegehalte van de slootkwel. Een sterke slootkwel gaat niet altijd gepaard met een hoog chloridegehalte. Tot dezelfde conclusie leidde ook reeds het onderzoek in de Prunje.

Zoutbelasting via slootbodemp

Aan de hand van de gegevens over slootkwel en chloridegehalte van de slootkwel is berekend met hoeveel kg chloor het lozingsgebied via de slootbodemp per oppervlakte-eenheid wordt belast. De kaart in bijlage 7 geeft hiervan een overzicht. Het zoutbezwaar is uitgedrukt in $kg Cl^-$ per etmaal per $1000 m^2$ nat slootoppervlak. Tussen de waarnemingspunten zijn lijnen van gelijk zoutbezwaar geïnterpoleerd.

Uit het kaartbeeld blijkt onder meer dat de oostelijke helft van het gebied een geringere zoutbelasting heeft dan de westelijke helft. Door planimetrieren zijn de oppervlakten verkregen met een gelijk zoutbezwaar. Deze

oppervlakten omvatten echter het gehele gebied. Volgens tabel 1 bedraagt de totale oppervlakte van het natte slootbodemprofiel 156300 m² of 176 m² per ha. Met behulp van dit gegeven en de berekende oppervlakten met een gelijk zoutbezwaar, is de hoeveelheid chloor bepaald, die via de slootbodem binnenkomt. De volgende tabel geeft hiervan een overzicht.

Tabel 3

P Bijbehorende polderopp. in ha	176 P Opp. nat sloot- profiel in m ²	Kg Cl ⁻ per 1000 m ² nat slootprofiel per etm	Gemiddelde sloot- kwel in kg Cl ⁻ /etm
269	47220	0 - 2	47,2
370	64980	2 - 5	227,4
150	26350	5 - 10	197,6
62	10890	10 - 20	163,4
23	4040	20 - 30	101,0
8	1410	30 - 40	49,4
6	1060	40 - 50	47,7
2	350	50 - 60	19,3
<u>890</u>	<u>156300</u>		<u>853,0</u>

In totaal blijkt er 853 kg Cl⁻/etm via de slootbodem het gebied binnen te stromen. Dit komt overeen met gemiddeld 0,96 kg Cl⁻/etm/ha.

Volgens tabel 2 bedraagt het slootkweldebiet 536 m³/etm. Hieruit volgt dat de gemiddelde zoutconcentratie van de slootkwel gelijk is aan $\frac{853}{536} = 1,6 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$.

De benodigde hoeveelheid doorspoelingswater in de zomer

In de zomer zal alleen zoutbelasting plaatsvinden via de slootbodem. Het grootste deel van de drains zal in deze tijd geen afvoer hebben. Slechts op plaatsen waar zeer sterke kwel optreedt voeren de drains ook 's zomers af. In het onderzoeksgebied komen dergelijke gevallen echter niet voor.

Door Van 't Leven is een formule gegeven, waarmee het mogelijk is het effect van de doorspoeling te berekenen (NOTA nr.105 Werkgroep Deltagebied: "Doorspoeling van zoute polderwaterleidingen"). Indien nu een aanname wordt gedaan voor het chloridegehalte, dat het water in het Deltameer in de toe-

komst zal hebben, kan door substitutie in de formule van deze veronderstelling en de in het voorgaande door berekening verkregen gegevens een prognose worden gemaakt van de hoeveelheid in te laten doorspoelingswater in de zomer.

Verondersteld mag worden, dat het chloridegehalte van het water in het Deltameer in de toekomst ongeveer gelijk zal zijn aan dat van de benedenrivieren. Het gemiddeld zoutgehalte van het in te laten water is derhalve gesteld op $0,250 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$.

De formule is gebaseerd op de veronderstelling dat volledige vermenging van zoet en zout water optreedt en dat de in de open waterleidingen geborgen hoeveelheid water constant wordt gehouden. Zij luidt als volgt:

$$C = \frac{Q_i C_i + Q_a C_a}{Q_i + Q_a} + \left(C_o - \frac{Q_i C_i + Q_a C_a}{Q_i + Q_a} \right) e^{-\frac{Q_i + Q_a}{V} t}$$

Hierbij is:

- Q_i = in te laten hoeveelheid in $\text{m}^3/\text{ha}/\text{etm}$
- Q_a = hoeveelheid kwelwater in $\text{m}^3/\text{ha}/\text{etm}$
- V = in de sloten geborgen hoeveelheid in m^3/ha
- C_i = chloridegehalte in te laten water in $\text{kg Cl}^-/\text{m}^3$
- C_a = chloridegehalte voor het kwelwater in $\text{kg Cl}^-/\text{m}^3$
- C_o = chloridegehalte van het polderwater voor de doorspoeling
- C = chloridegehalte van het polderwater na t dagen doorspoeling.

Voor het berekenen van de hoeveelheid doorspoelingswater benodigd voor het terugdringen van het zoutgehalte van het polderwater tot een te stellen limiet, kan worden volstaan met het eerste gedeelte van de formule.

Bij het opvoeren van het aantal doorspoelingsdagen nadert de uitkomst van het tweede deel van de formule namelijk zeer dicht de nulwaarde. Zie de berekening onderaan pagina 10, 3e kolom en midden pagina 11, 3e kolom.

Recente onderzoeken hebben bevestigd, wat voordien ook reeds werd vermoed, dat de zoutbelasting dient te worden onderscheiden in de hoeveelheid die via de slootbodem binnenkomt ($Q_s \cdot C_s$) en de hoeveelheid die via de drains op de sloten wordt afgevoerd ($Q_d \cdot C_d$). In de zomer heeft men voor het onderzoeksgebied alleen met eerstgenoemde zoutbelasting te maken.

$$C = \frac{Q_i C_i + Q_s C_s}{Q_i + Q_s} \text{ of } Q_i = \frac{Q_s C_s - Q_s C}{C - C_i}$$

Een antwoord op de vraag tot welke grens het zoutgehalte van het polderwater moet worden teruggebracht is afhankelijk van verschillende factoren, onder andere van de in te laten hoeveelheid water, de capaciteit van de polderwaterleidingen, de noodzakelijk uit te voeren aanpassingswerken, die weer in grote mate afhankelijk zijn van de hoeveelheid doorspoelingswater, de wijze van het te verwachten grondgebruik (weide-, land- of tuinbouw) enz. Het is duidelijk dat een antwoord hierop zonder meer niet mogelijk is. Dit is een vraagstuk op zichzelf en zal een aparte studie vereisen, waarbij diverse economische voor- en nadelen tegen elkaar dienen te worden afgewogen. Deze nota beperkt zich dan ook tot het geven van enige alternatieven voor het zoutgehalte van het polderwater en de hiervoor noodzakelijk in te laten hoeveelheid water.

De uitgangswaarden zijn:

$$Q_s = 0,6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{etm}$$

$$C_i = 0,25 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$$

$$C_s = 1,6 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$$

Indien nu als eis wordt gesteld, dat het zoutgehalte van het polderwater dient te worden teruggebracht tot $0,28 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$ dan is

$$Q_i = \frac{0,6 \times 1,6 - 0,06 \times 0,28}{0,28 - 0,25} = 26,4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{etm} = 2,6 \text{ mm}/\text{etm}$$

Bij $C = 0,3 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$ is

$$Q_i = \frac{0,6 \times 1,6 - 0,6 \times 0,3}{0,30 - 0,25} = 15,6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{etm} = 1,6 \text{ mm}/\text{etm}$$

Bij $C = 0,32 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$ is

$$Q_i = \frac{0,6 \times 1,6 - 0,6 \times 0,32}{0,32 - 0,25} = 11,0 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{etm} = 1,1 \text{ mm}/\text{etm}$$

Op deze wijze is de hoeveelheid in te laten water voor verschillende zoutgehalten berekend en de berekende waarden zijn uitgezet in het diagram in bijlage 8.

De grafiek toont duidelijk aan, dat naarmate men de invoer verhoogt het rendement minder wordt. Verhoging van 0,25 tot 0,50 mm/etm heeft 100 x meer effect dan verhoging van 3,0 tot 3,25 mm/etm.

Aantal dagen van doorspoeling

Het aantal dagen, dat moet worden doorgespoeld met de berekende hoeveelheid in te laten water alvorens het polderwater tot het gewenste zoutgehalte is gereduceerd, kan worden berekend met de volledige formule.

De berekening is uitgevoerd voor 2 uiterste gevallen te weten

1. bij een doorspoelingshoeveelheid van 0,26 mm per dag, waarmee het zoutgehalte tot minimaal 0,50 kg Cl⁻/m³ kan worden teruggebracht
2. bij een doorspoelingshoeveelheid van 3,89 mm per dag, waarmee het zoutgehalte tot minimaal 0,27 kg Cl⁻/m³ kan worden teruggebracht.

$$\begin{aligned}
 1. \quad Q_i &= 2,6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{etm} & C_i &= 0,25 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3 \\
 Q_s &= 0,6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{etm} & C_s &= 1,6 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3 \\
 V &= 30,0 \text{ m}^3/\text{ha} & C_o &= 0,93 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3 \\
 t &= \text{aantal dagen van doorspoeling}
 \end{aligned}$$

$$C = \frac{2,6 \times 0,25 + 0,6 \times 1,6}{2,6 + 0,6} + \left(0,93 - \frac{2,6 \times 0,25 + 0,6 \times 1,6}{2,6 + 0,6} \right) e^{-\frac{2,6 + 0,6}{30} t}$$

$$C = 0,5 + 0,43 e^{-0,11 t}$$

t	0,11t	e ^{-0,11t}	0,43e ^{-0,11t}	C=0,5+ 0,43e ^{-0,11t}	Percentage v.d.gewenste uitsp.
0	0	1	0,430	0,930	0 %
1	0,11	0,856	0,368	0,868	14,4 %
2	0,22	0,803	0,345	0,845	19,8 %
5	0,55	0,577	0,248	0,748	42,3 %
10	1,10	0,333	0,143	0,643	66,7 %
15	1,65	0,192	0,083	0,583	80,7 %
20	2,20	0,111	0,048	0,548	88,8 %
30	3,30	0,037	0,016	0,516	96,3 %
40	4,40	0,013	0,006	0,506	98,6 %

2. Bij $Q_i = 38,9 \text{ m}^3/\text{etm}$ wordt de berekening als volgt:

$$C = \frac{38,9 \times 0,25 + 0,6 \times 1,6}{38,9 + 0,6} + \left(0,93 - \frac{38,9 \times 0,25 + 0,6 \times 1,6}{38,9 + 0,6} \right) e^{-\frac{38,9 + 0,6}{30} t}$$

$$C = 0,27 + 0,66 e^{-1,32 t}$$

t	$1,32 t$	$e^{-1,32 t}$	$0,66 e^{-1,32 t}$	$C = 0,27 + 0,66 e^{-1,32 t}$	Percentage v.d.gewenste uitasp.
0	0	1	0,660	0,930	0 %
1	1,32	0,267	0,176	0,446	73,3 %
2	2,64	0,071	0,047	0,317	92,9 %
5	6,60	0,001	0,001	0,271	99,8 %

Uit de beide berekeningen blijkt, dat bij een inlaat van $0,26 \text{ mm}/\text{etm}$ het chloridegehalte slechts zeer langzaam tot de gewenste zoutgrens van $0,50 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$ wordt teruggedrongen. Na 40 dagen is het zoutgehalte tot 98,6% van de gewenste zoutgehaltevermindering teruggebracht, terwijl in het tweede geval bij een inlaat van $3,89 \text{ mm}/\text{etm}$ het gewenste zoutgehalte van $0,270 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$ na 5 dagen doorspoeling vrijwel al is bereikt.

Het zoutgehalte van het polderwater in de winter

Gedurende de herfst, winter en vroege voorjaar zal met het oog op het gevaar van wateroverlast in het algemeen geen doorspoeling kunnen plaatsvinden. Toch mag verwacht worden dat ten gevolge van de drainafvoer het zoutgehalte van het polderwater in dit tijdvak niet sterk zal oplopen. In diverse polders uitgevoerde drainbemonsteringen hebben namelijk uitgewezen, dat het drainwater in het algemeen aanmerkelijk zoeter is dan de slootkwel. Dit werd ook bevestigd door de verkregen gegevens van een in de onderzoekspolder uitgevoerde drainbemonstering op 4 maart 1961. Deze gegevens zijn tot een isohalinenkaart verwerkt (bijlage 9).

Een vergelijking van deze kaart met de isohalinenkaart van de slootkwel (bijlage 5) en die van het polderwater in de zomer (bijlage 1) toont duidelijk aan dat het zoutgehalte van het drainwater veel geringer is, maar in vergelijking met de kaart in bijlage 2, slechts weinig beneden het gehalte van het polderwater in de winter blijkt te liggen.

Om te kunnen nagaan in welke mate het door doorspoeling verkregen pol-
derwater in de winter van zoutgehalte verandert, is het noodzakelijk een in-
druk te hebben van de hoeveelheid zout, die via de drains wordt afgevoerd
en van het gemiddelde drainebiet.

Wanneer door afvoer en verdamping de grondwaterstand daalt wordt de
drainafvoer minder. Zodra de kwelintensiteit in de percelen de drainafvoer
overtreft zal de zoutvoorraad in de bodem toenemen. Dit zal voornamelijk ge-
durende de maanden met een verdampingsoverschot het geval zijn. In de winter-
periode, als de drains volop afvoeren, heeft echter weer uitspoeling van zout
plaats. Nu blijkt uit onderzoeken in de Prunje, dat er in het algemeen een
rechtlijnig verband bestaat tussen het drainebiet en de door de drains afge-
voerde hoeveelheid zout (bijlage 10). Deze rechtlijnigheid wijst op een ge-
middeld constant chloridegehalte.

Immers als A = drainebiet en c = gemiddeld chloridegehalte, dan geldt
voor de figuren in bijlage 10 de vergelijking $Ac = p A$; daar p constant is,
is ook c constant.

Voor het lozingsgebied de Oude Korendijk ontbreken de gegevens voor het
vastleggen van een dergelijke relatie tussen het door de drains afgevoerde
zout en het drainebiet.

Bij de berekeningen is echter aangenomen, dat ook in het onderzoeksge-
bied de drainafvoer gemiddeld een constant chloridegehalte heeft.

Gemiddeld per jaar door het gemaal uitgeslagen hoeveelheid zout

Aan de hand van de maalgegevens, verzameld door de Deltadienst van Rijks-
waterstaat, is de gemiddelde, door het gemaal uitgeslagen hoeveelheid zout
vastgesteld. Dit gemiddelde is berekend over de jaren 1958 tot en met 1960
en bedraagt, met aftrek van de hoeveelheid ingelaten zout $3,6 \text{ kg Cl}^-/\text{ha}/\text{etm}$.

Gemiddeld per jaar door de drains afgevoerde hoeveelheid zout

De gemiddeld per jaar door het gemaal uitgeslagen hoeveelheid zout is
de som van de hoeveelheid die via de slootbodan en via de drains op de pol-
derwaterleidingen komt.

$$Z_{\text{gem.}} = Z_d + Z_s$$

$$Z_d = Z_{\text{gem.}} - Z_s$$

$$Z_d = 3,6 - 0,96 = 2,64 \text{ kg Cl}^-/\text{ha/etm}$$

Hierbij dient men zich voor ogen te houden, dat de drains niet een vol jaar maar ongeveer 6 maanden afvoeren, waardoor dus in werkelijkheid de dubbele waarde geldt.

Gemiddelde drainafvoer per jaar

Door planimetreren van de op de drainkaart (bijlage 9) voorkomende oppervlakten is de grootte berekend van de gebieden met een gelijk chloorgehalte van het drainwater. Van de gevonden waarden is 10% afgetrokken voor de oppervlakten van het open waterleidingstelsel en de woonkernen.

De drainafvoer kan nu als volgt worden berekend:

$$A_d = \frac{OZ_d}{10(O_1c_{d1} + O_2c_{d2} + O_3c_{d3})}$$

Daar het hier uiterst geringe kwelverschillen betreft bij een relatief hoge afvoer in de winterperiode is gesteld dat

$$A_{d1} = A_{d2} = A_{d3}$$

Hierbij is:

A_d = drainafvoer in mm/etm

Z_d = hoeveelheid door de drains afgevoerd zout = 2,64 kg Cl⁻/ha

O_1 = oppervlakte met een drainafvoer met een gemiddeld zoutgehalte van c_{d1}

O = totaal gedraineerde oppervlakte

$O = 800 \text{ ha}$

$c_{d1} = 0,23 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$

$O_1 = 215 \text{ ha}$

$c_{d2} = 0,511 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$

$O_2 = 577 \text{ ha}$

$c_{d3} = 1,045 \text{ kg Cl}^-/\text{m}^3$

$O_3 = 8 \text{ ha}$

$$A_d = \frac{800 \times 2,64}{10(215 \times 0,23 + 577 \times 0,511 + 8 \times 1,045)} = 0,6 \text{ mm/etm} = 6 \text{ m}^3/\text{ha/etm}$$

De totale drainafvoer bedraagt gemiddeld per jaar $365 \times 800 \times 6 = 1750000 \text{ m}^3$.

De door het gemaal uitgeslagen gemiddelde hoeveelheid polderwater

Met behulp van de maalgegevens is de gemiddelde uitgeslagen hoeveelheid polderwater berekend. Het gemiddelde is vastgesteld aan de hand van de gegevens van de jaren 1958, 1959 en 1960.

De volgende tabel geeft hiervan een overzicht:

Tabel 4

Per maand door het gemaal uitgeslagen hoeveelheid in m³/ha

Maand	1958	1959	1960	Gemiddeld
januari	620,0	933,7	307,1	620,3
februari	180,0	112,4	243,7	178,7
maart	218,0	207,9	92,3	139,4
april	32,6	75,3	00,0	36,0
mei	22,5	20,2	7,2	16,6
juni	78,7	00,0	00,0	26,2
juli	00,0	00,0	00,0	00,0
augustus	20,2	00,0	41,3	20,5
september	24,7	00,0	162,7	62,5
oktober	133,7	00,0	798,4	310,7
november	237,1	38,2	1210,1	495,1
december	502,3	93,3	819,0	471,5
Totaal	2069,8	1481,0	3681,8	2410,9

Gemiddeld per jaar uitgeslagen hoeveelheid = $890 \times 2410,9 \text{ m}^3 = 2145700 \text{ m}^3$.

Hierbij is aangenomen, dat de in de zomermaanden ingelaten hoeveelheid water geheel als aanvulling van het vochttekort der gewassen heeft gediend en derhalve geen invloed heeft gehad op de door het gemaal uitgeslagen hoeveelheid.

Lengte van het gemiddelde tijdvak, dat drainafvoer plaatsvindt

Aan de hand van de gemiddeld per maand door het gemaal uitgeslagen hoeveelheid water (tabel 4), is het tijdvakgemiddelde vastgesteld. Bij de in de tabel vermelde gemiddelde maandafvoeren blijken de maanden oktober tot en met maart een aanmerkelijke hogere afvoer te vertonen dan de overige maanden. Deze hoge afvoeren dienen voornamelijk te worden toegeschreven aan de afvoer die via de drains plaatsvindt. In de maanden, dat er geen drainafvoer is, wordt de door het gemaal uitgeslagen hoeveelheid polderwater direct aanmerkelijk minder. In de maand september is de gemiddelde afvoer al vrij veel meer dan in augustus. Aangenomen mag worden, dat in de laatste decade van september de drains zijn gaan afvoeren.

In verband hiermede is het gemiddelde tijdvak, gesteld te lopen van 10 september tot 1 april ofwel 192 dagen.

De bovengrondse afvoer

Behalve de slootkwel en de drainafvoer wordt door het gemaal nog een hoeveelheid polderwater uitgeslagen, die afkomstig is van neerslag, welke rechtstreeks door de sloten wordt opgevangen en/of bovengronds van de percelen naar de leidingen afstroomt.

Een indruk van deze bovengrondse afstroming kan worden verkregen aan de hand van de gegevens over de gemiddeld per jaar door het gemaal uitgeslagen hoeveelheid en het drain- en slootkweldebiet. Volgens tabel 2 is de totale slootkwel $536 \text{ m}^3/\text{etm} = 195600 \text{ m}^3/\text{jaar}$. De drainafvoer bedraagt gemiddeld $1750000 \text{ m}^3/\text{jaar}$.

De, door het gemaal uitgeslagen, bovengronds afstromende neerslag is derhalve gelijk aan:

$$2145700 \text{ m}^3 - (1750000 \text{ m}^3 + 195600 \text{ m}^3) = 200100 \text{ m}^3/\text{jaar}$$

De bovengrondse afvoer zal het grootst zijn tijdens de winterperiode wanneer geen gewassen meer op het land staan, de verdamping gering is en de grond grote neerslaghoeveelheden niet direct kan opnemen. Voor de berekening van het chloridegehalte van het polderwater in de winter is aangenomen, dat gedurende deze periode ongeveer 80% van de totale bovengrondse afvoer wordt afgevoerd. Dit is:

$$160000 \text{ m}^3 \text{ of } \frac{160000}{890 \times 192} = 0,93 \text{ m}^3/\text{etm}$$

Gemiddeld chloridegehalte van het polderwater in de winter

Het gemiddelde chloridegehalte van het polderwater gedurende de periode, dat de drains afvoeren is nu te berekenen met:

$$c = \frac{Z_d + Z_s}{Q_d + Q_s + Q_b}$$

Hierbij is:

Z_d = door de drains gemiddeld afgevoerde hoeveelheid zout in $\text{kg Cl}^-/\text{ha}/\text{etm} = 2,64$

Z_s = zoutbelasting via slootbodem in $\text{kg Cl}^-/\text{ha}/\text{etm} = 0,96$

Q_d = gemiddelde drainafvoer in $\text{m}^3/\text{ha}/\text{etm} = 6$

Q_s = gemiddeld slootkweldebiet in $\text{m}^3/\text{ha}/\text{etm} = 0,6$

Q_b = gemiddelde bovengrondse afvoer, gedurende de periode dat de drains afvoeren, in $\text{m}^3/\text{ha}/\text{etm} = 0,93$.

Het heeft op de uitkomst weinig invloed of Q_d wordt berekend over de afvoerperiode of over het hele jaar. In het eerste geval wordt Q_d ongeveer 2 x zo groot, maar Z_d dient dan ook over dezelfde periode te worden berekend, waardoor de waarde van deze factor in dezelfde evenredigheid toeneemt.

$$c = \frac{2,64 + 0,96}{6 + 0,6 + 0,93} = 0,49 \text{ gr Cl}^-/\text{l}$$

Dit chloridegehalte zou overeen moeten komen met het gemeten gemiddeld chloridegehalte van het polderwater in de winter (bijlage 2). Het gemiddelde van het kaartbeeld is echter gelijk aan 0,66 gr Cl⁻/l en ligt dus iets hoger dan de berekende zoutconcentratie. Een verklaring hiervoor ligt voor de hand. Bij de berekening is uitgegaan van de veronderstelling, dat volledige vermenig van zoet en zout water plaatsvindt. In de praktijk zal dit echter nog wel eens te wensen overlaten, waardoor het uitspoelingseffect geen 100% zal bedragen. In het onderzoeksgebied blijkt het nuttig rendement van de uitspoeling in de winter ongeveer 75% te bedragen.

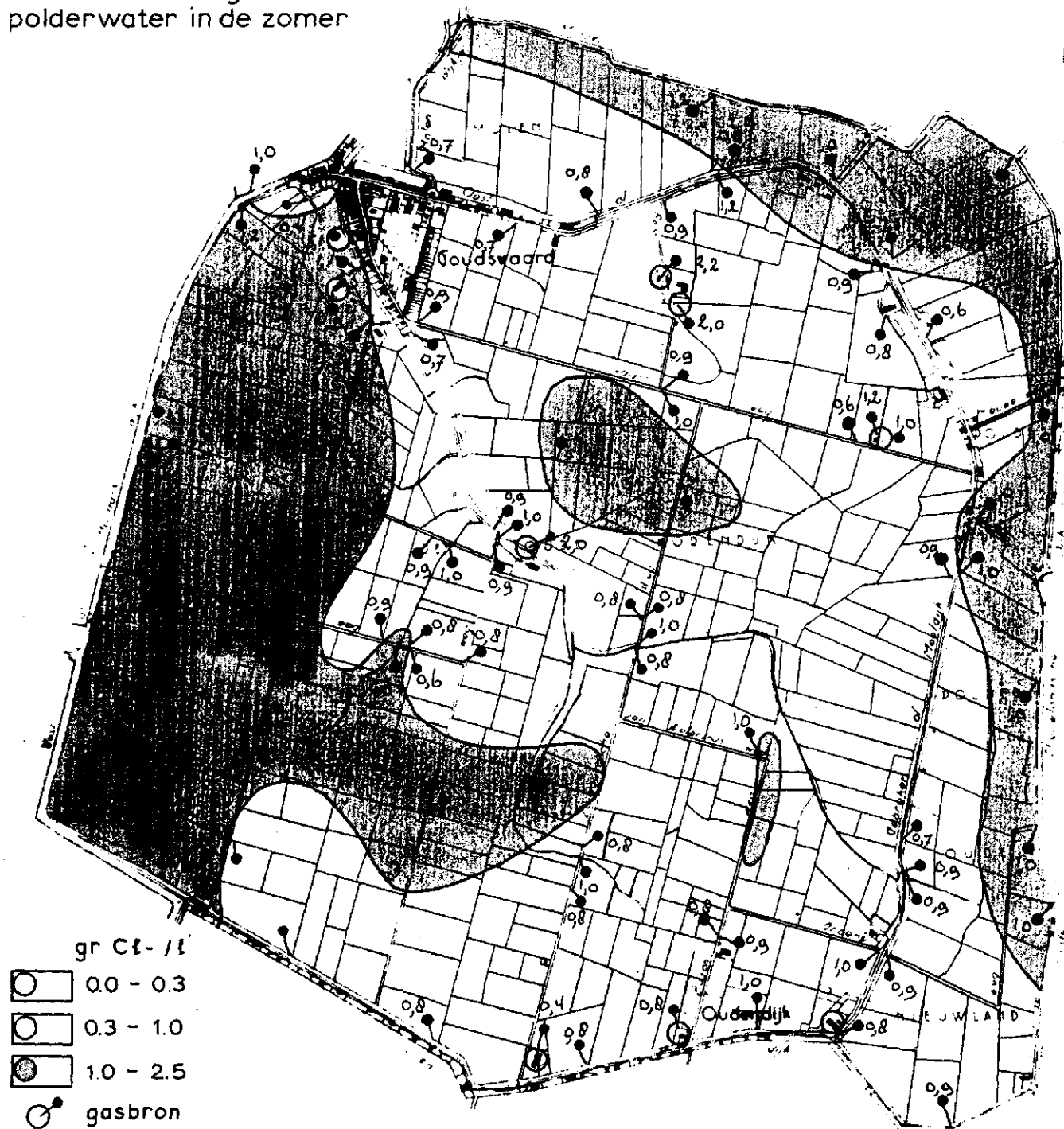
Slotbeschouwing

Met de ter beschikking staande gegevens bleek het voor het lozingsgebied de Oude Korendijk niet moeilijk te zijn de hoeveelheid doorspoelingswater te bepalen die nodig is om het zoutgehalte van het polderwater tot een gewenste zoutgrens terug te dringen. Men dient zich echter voor ogen te houden dat het hier een gemiddeld beeld betreft. Plaatselijk zullen in het polderwater gedeelten met lagere maar ook met hogere zoutconcentraties voor kunnen komen. De overzichtskaart van de zoutbelasting via de sloothodem (bijlage 7) kan wat dit betreft wellicht als richtlijn dienen.

Uit een vergelijking van het berekende gemiddelde chloridegehalte van het polderwater in de winter met het gemiddelde van de in het veld gemeten waarden blijkt, dat bij doorspoeling van polders met een kwel- en zoutbezwaar analoog aan dat van het lozingsgebied de Oude Korendijk rekening moet worden gehouden met een rendementsverlies van ongeveer 25%.

Uit de tot dusver verkregen gegevens van een doorspoelingsproef op Wester Schouwen is wel gebleken dat de vermenging van het doorspoelingswater met het polderwater niet altijd volledig blijkt te zijn. Ongetwijfeld zal deze vermenging en de hiermee gepaard gaande verhoging van het nuttig effect van de doorspoeling, kunnen worden bevorderd door het treffen van bepaalde voorzieningen. Voortzetting van het onderzoek is hiervoor noodzakelijk.

POLDER OUDE KORENDUK, OUDE NIEUWLAND EN OOST - EN MOLENPOLDER
Gemiddeld zoutgehalte van het
polderwater in de zomer



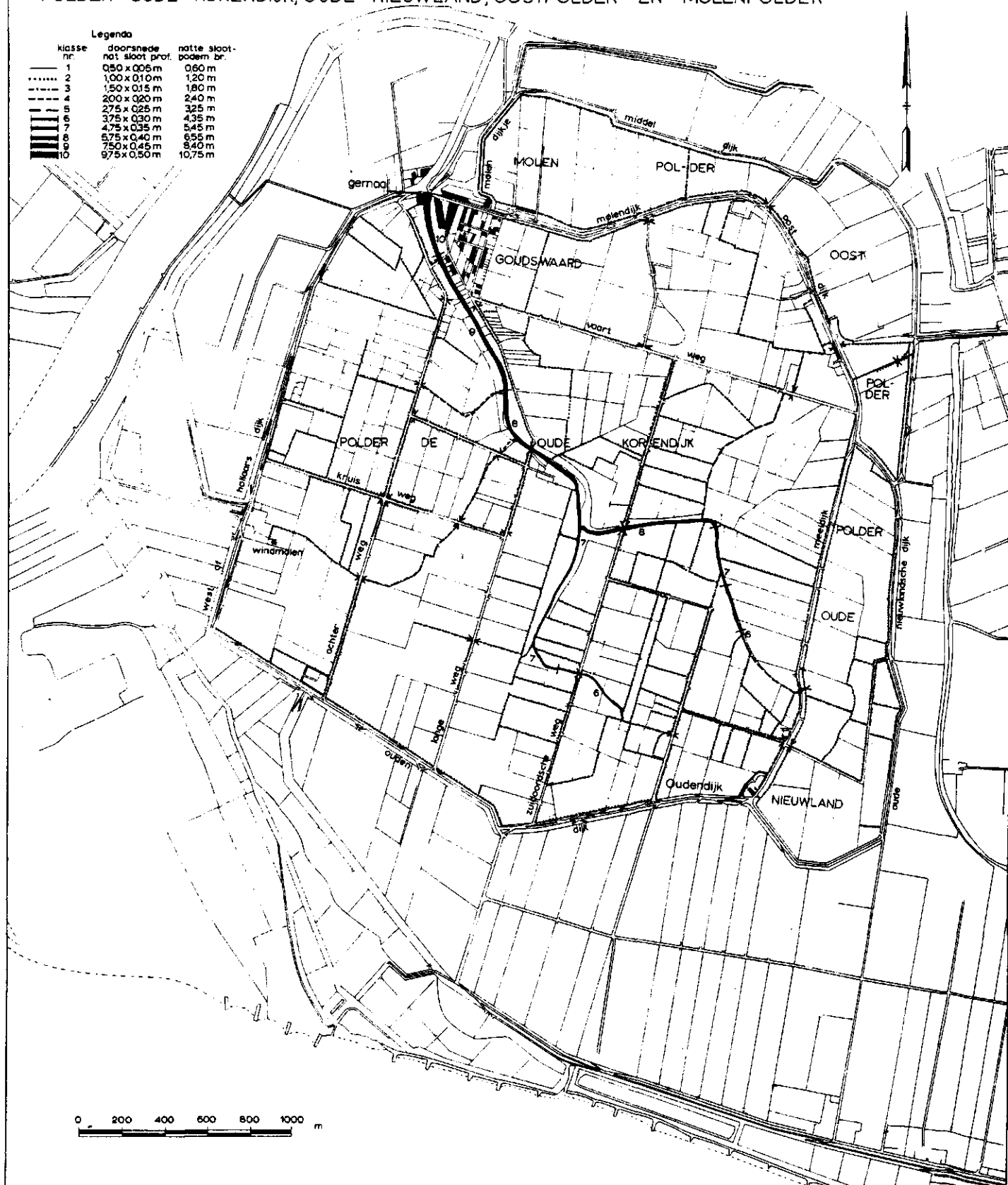
POLDER OUDE KORENDIJK, OUDE NIEUWLAND EN OOST - EN MOLENPOLDER
 Gemiddeld zoutgehalte van het
 polderwater in de winter



POLDER OUDE KORENDIJK, OUDE NIEUWLAND, OOSTPOLDER EN MOLENPOLDER

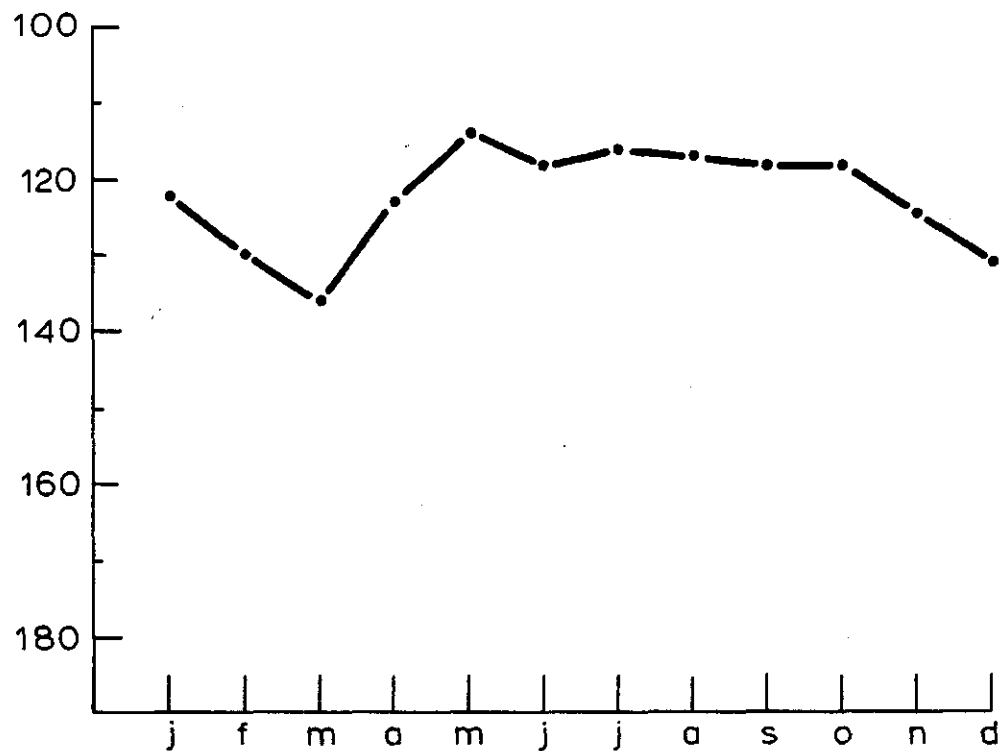
Legenda

klasse nr.	doorsnede nat sloot prof.	natte sloot-bodem br.
1	0,50 x 0,05 m	0,60 m
2	1,00 x 0,10 m	1,20 m
3	1,50 x 0,15 m	1,80 m
4	2,00 x 0,20 m	2,40 m
5	2,75 x 0,25 m	3,25 m
6	3,75 x 0,30 m	4,35 m
7	4,75 x 0,35 m	5,45 m
8	5,75 x 0,40 m	6,55 m
9	7,50 x 0,45 m	8,40 m
10	9,75 x 0,50 m	10,75 m



Gem. polderpeil min
meetpunt in cm

Bijlage 4

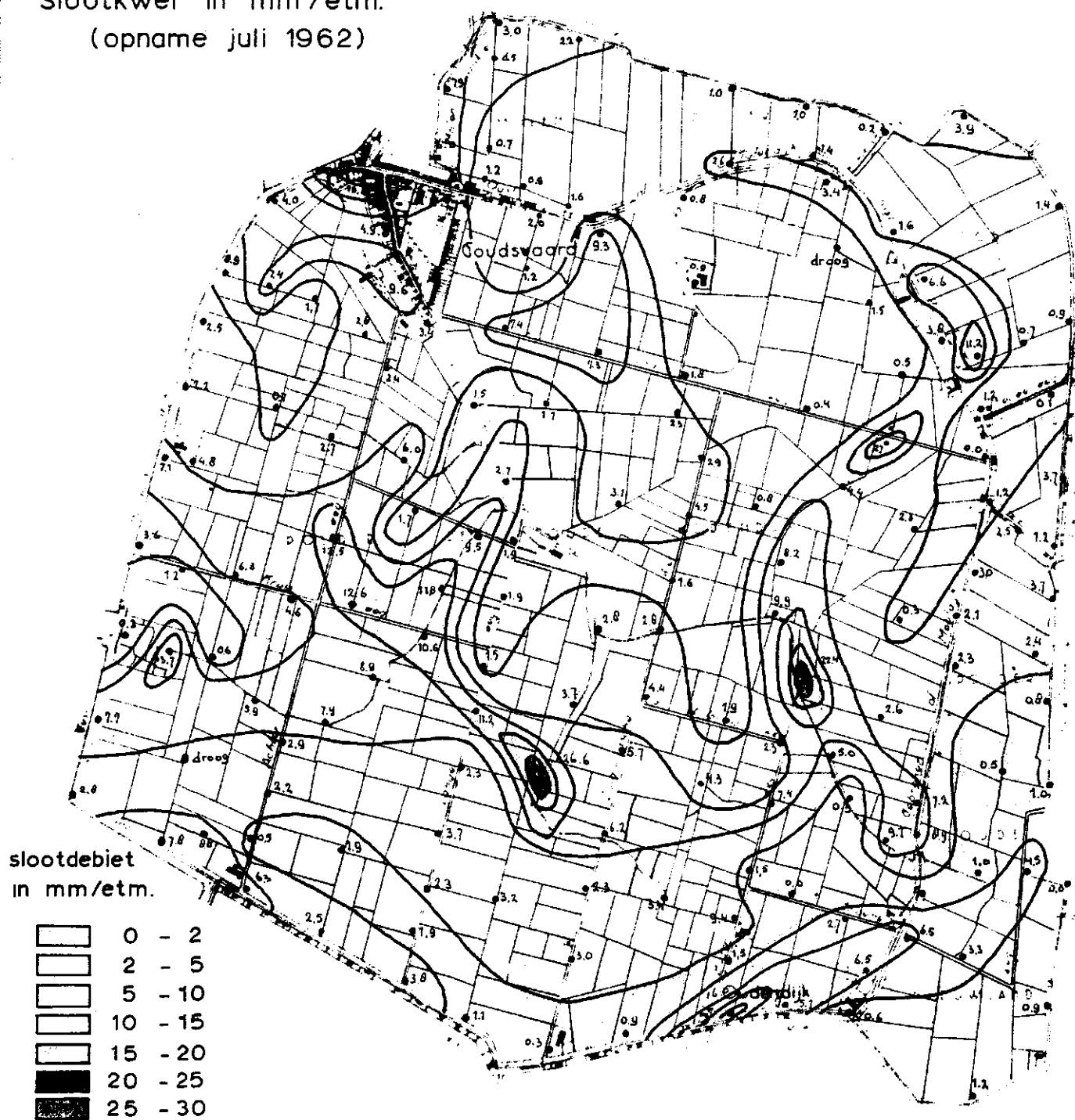


Gemiddeld polderpeil per maand v.d. polderpeilen n^o :
5, 9, 14 en 15 vanaf 1958 t/m 1961 in de polder
Oude korendijk

POLDER OUDE KORENDUK, OUDE NIEUWLAND EN OOST - EN MOLENPOLDER

Slootkwel in mm /etm.

(opname juli 1962)



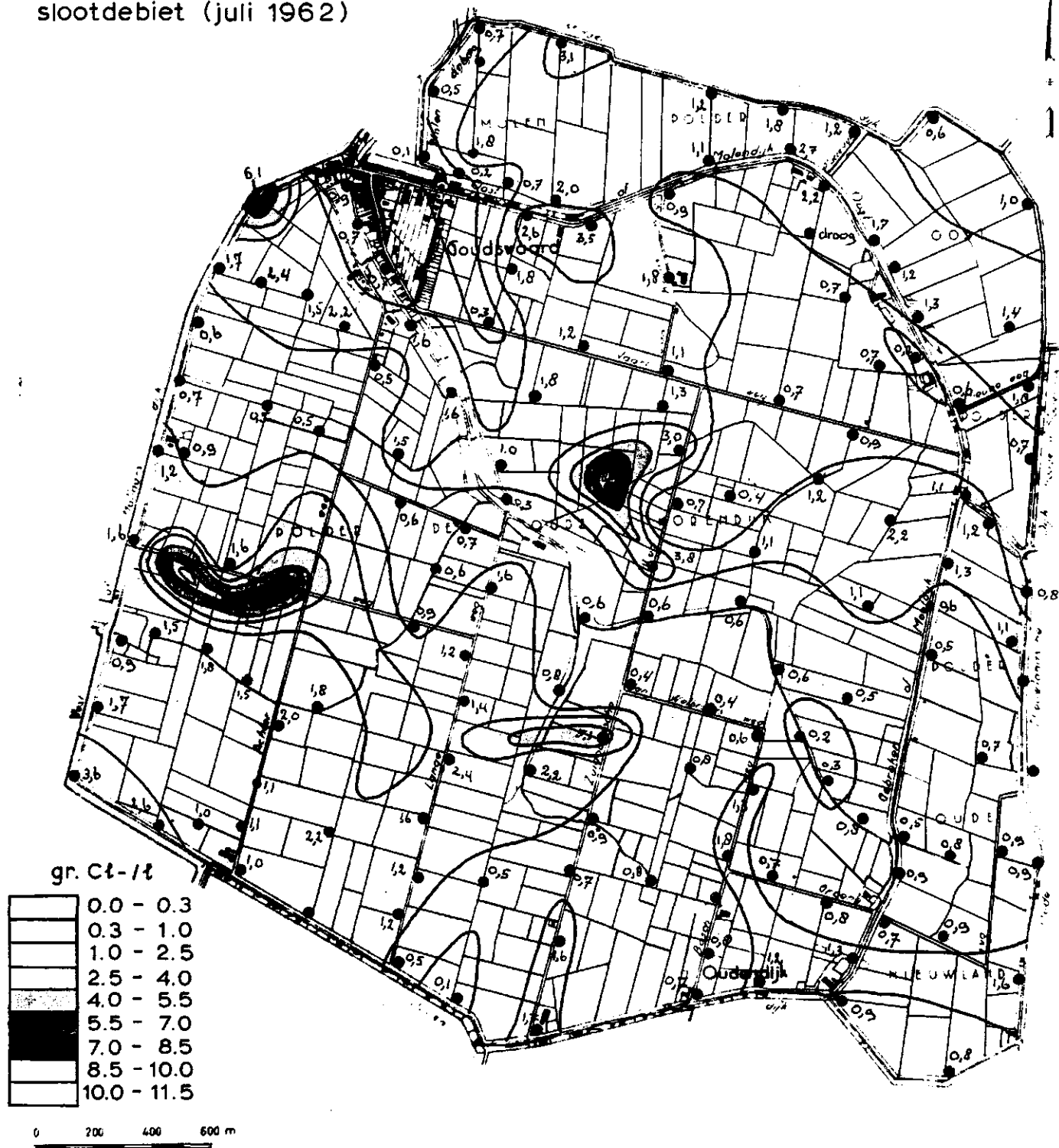
slootdebiet
in mm/etm.

	0 - 2
	2 - 5
	5 - 10
	10 - 15
	15 - 20
	20 - 25
	25 - 30

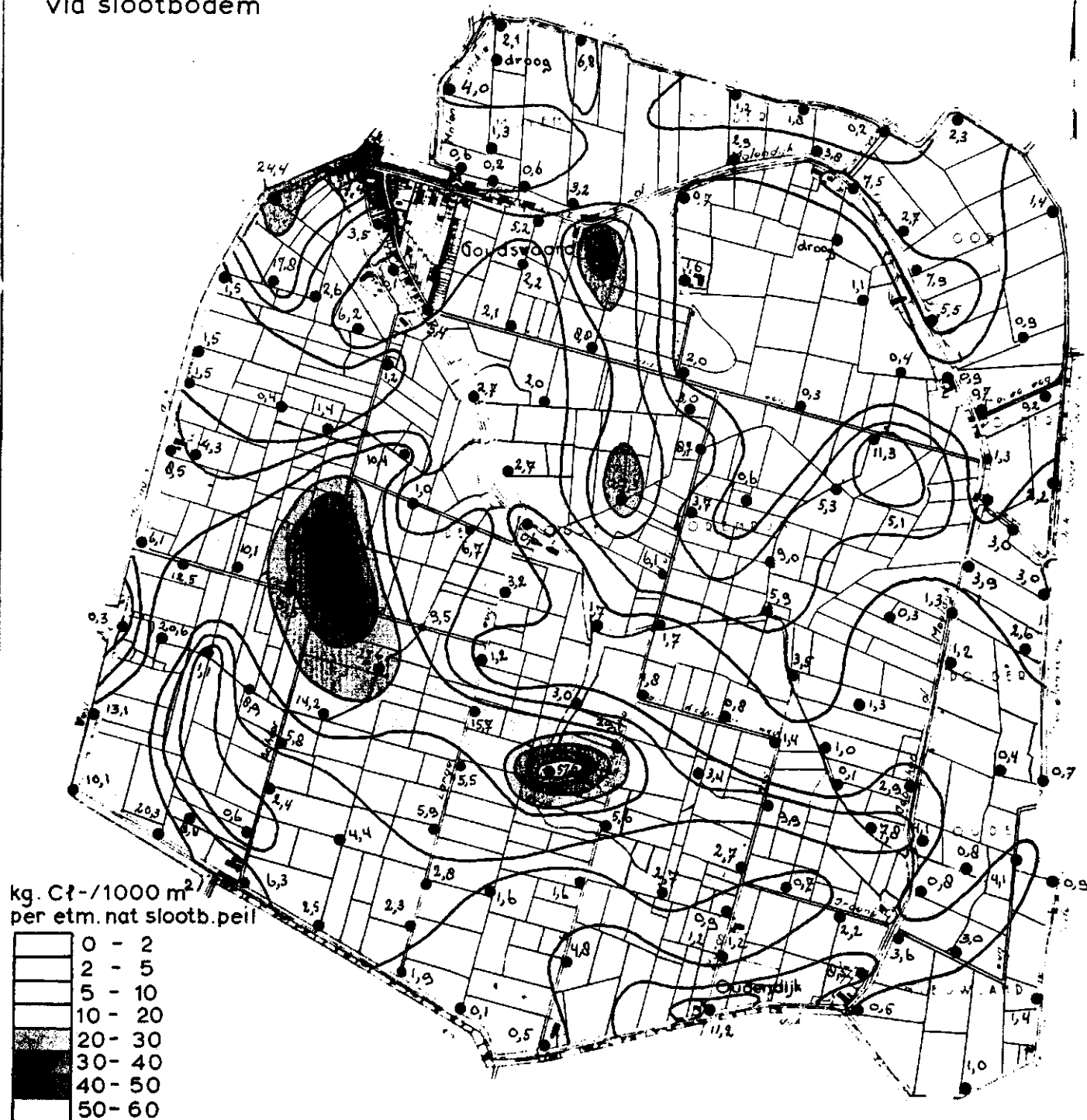
13. 43% 6.16 "

63c.72.5/7f

POLDER OUDE KORENDIJK, OUDE NIEUWLAND EN OOST - EN MOLENPOLDER
Chloridegehalte van het
slootdebiet (juli 1962)



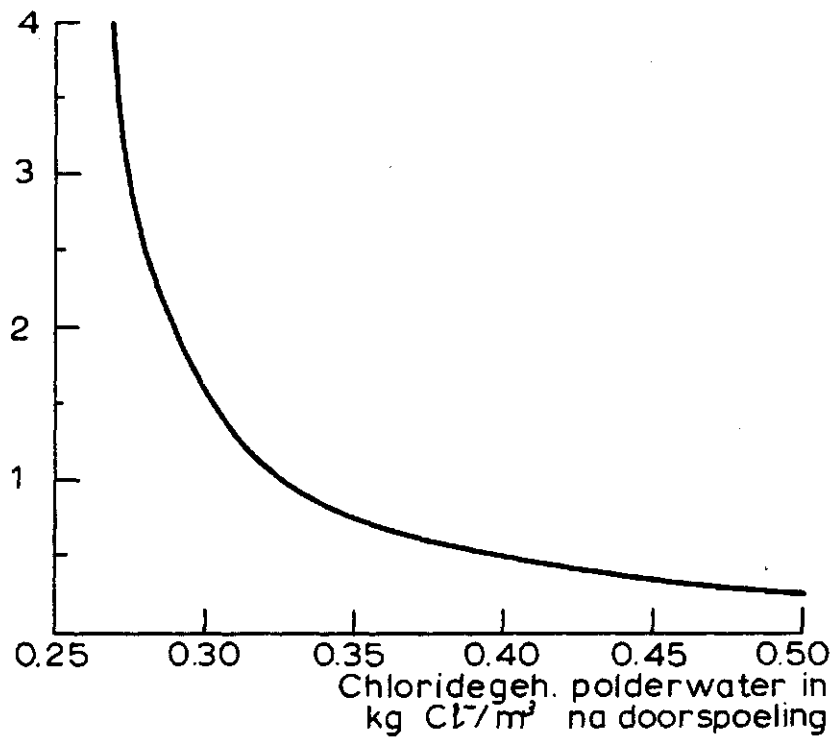
POLDER OUDE KORENDUK, OUDE NIEUWLAND EN OOST - EN MOLENPOLDER
 Overzicht zoutbelasting
 via slootbodembodem



Bijlage 8

LOZINGSGEBIED OUDE KORENDUK

Benodigde hoeveelheid
doorspoelingswater in mm/etm



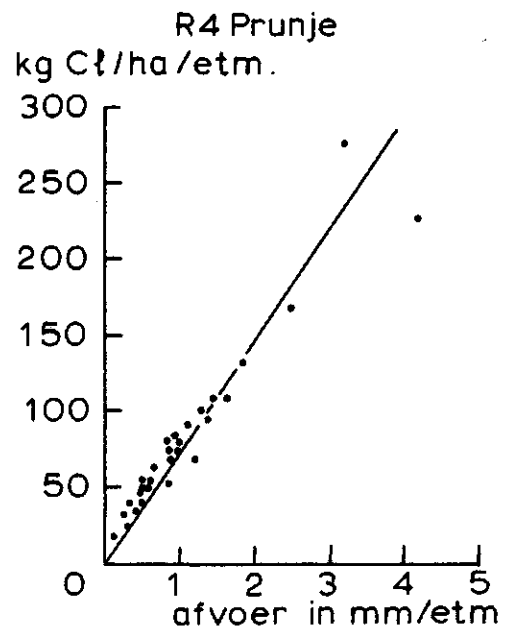
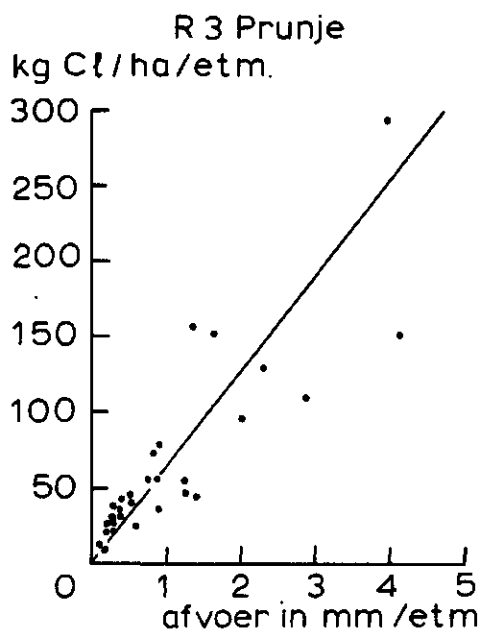
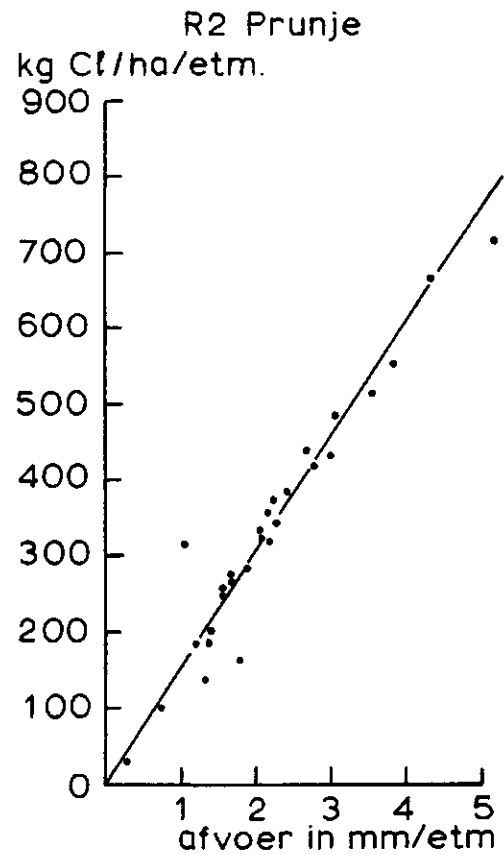
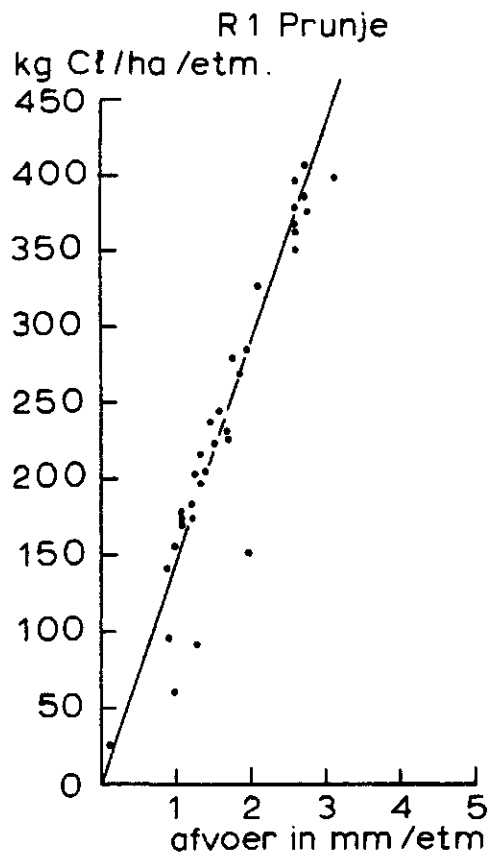
POLDER OUDE KORENDUK, OUDE NIEUWLAND EN OOST - EN MOLENPOLDER

Chloridegehalte van het drainwater

op 4 maart 1961



DOORSPOELING OUDE KORENDIJK e.a.



Samenhang tussen de door de drains afgevoerde hoeveelheid
zout- en de drainafvoer