

*W. van Dykstra*

*J. van Veen, Dr.  
overleden*

DE TOENEMING VAN HET ZOUTGE-  
HALTE OP DE BENEDENRIVIEREN

DOOR

P6

Dr. Ir. J. VAN VEEN

OVERGEDRUKT UIT: TIJDSCHRIFT VAN HET  
KONINKLIJK NEDERLANDSCH AARDRIJKSKUNDIG GENOOTSCHAP  
Deel LVIII, 1 — JANUARI 1941



LEIDEN  
E. J. BRILL  
1941

# DE TOENEMING VAN HET ZOUTGEHALTE OP DE BENEDENRIVIEREN

DOOR

DR. IR. J. VAN VEEN

(Met 4 foto's en 15 figuren in den tekst)

## § 1. Het belang van het weren van het zout

Indien het juist is dat de bodemdaling (of zeespiegelrijzing) een zeer ernstige bedreiging voor de bewoonbaarheid van het lage westen van ons land vormt, — en er zijn heden ten dage slechts weinigen die daarover anders denken — kan men zich afvragen hoe de catastrofe, gesteld dat die zou komen, zal kunnen plaats vinden. Men kan daarbij denken aan de enorme dijken die wij allengs zullen hebben gemaakt en aan een doorbraak van zoodanige afmetingen dat deze niet meer te dichten is, zoodat wij, evenals in 1421 met de bewoners van de Grootte Zuidhollandsche Waard geschiedde, voor zoover niet verdronken, allen zouden moeten verhuizen.

Wij schuiven dit schrikbeeld van een doorbraak van misschien twintig of meer meters hooge dijken naar een zeer verre toekomst en gelooven in den vooruitgang der technische middelen om ons tegen zulk een lot te beschermen. — Evenwel is er nog een andere en zelfs meer waarschijnlijke catastrofe denkbaar, namelijk die der verzilting. Dit gevaar komt niet plotseling, het sluipt haast ongemerkt nader. Door den druk van het hooger liggend zeeniveau dringt het zoute zeewater nu reeds in onze diepliggende polders en indien de zeespiegel blijft rijzen in het tempo van 20 à 25 cm per eeuw en er een tijd zou komen dat wij de kwel niet meer de baas zouden kunnen blijven, zou het lage deel van ons land er weldra onwolvarend en troosteloos gaan uitzien. Tuinbouw zou het eerst onmogelijk worden, daarna zou de akkerbouw volgen, terwijl van de veeteelt in hoofdzaak alleen de schapenteelt zou overblijven. Het land zou in de toekomst de enorme kosten van pompen en dijksonderhoud niet meer waard zijn en men zou het met een zucht van verlichting weer aan de zee prijs geven. Dit zou een langzame, doch vrijwel even verderfelijke catastrofe zijn als de bovengenoemde.

In kleine hoeveelheden mag zout heilzaam of zelfs onmisbaar zijn voor levende organismen (het oude gezegde luidt „zout is 's menschen behoud”), in groote doseering is het spoedig schadelijk niet alleen voor menschen, maar ook voor dieren en planten. Vooral de tuinbouw lijdt hierdoor vaak groote schade. Op Voorne bijvoorbeeld, dat toch voor een belangrijk deel door breede duinen van de zee is afgesloten en langs de noordzijde en de zuidzijde grenst aan brak water van onge-

veer  $\frac{2}{3}$  zoet- tegen  $\frac{1}{3}$  zeewater, treft men des zomers slotwater met chloorgehalten van gemiddeld 1200 mg/liter of nog hooger aan waarmede men o.a. de tuinen begiet. Ir. J. M. Riemens, de tuinbouwconsulent onder wien Voorne nog niet lang geleden ressorteerde, nam hieromtrent proeven en vond o.a. dat geregeld begieten met water van 300, 600 en 1200 mg Cl per liter de productie van tomaten reeds met resp.: 15, 28 en 35 % deed verminderen. Bij een gehalte van 300 mg verdwenen reeds de extra groote vruchten uit den oogst.

Bij begieting van boonen met water van 300, 600, 1200 en 2400 mg Cl/l was de opbrengst resp.: 650, 450, 300 en 60 gr. Het normale Voorne'sche slotwater gaf dus voor boonen een schade van meer dan 50 % (zie bijgaande duidelijke foto's 1 t/m 3 van ir. Riemens).

Bij begieting van druiven met water van 300, 600, 1200 en 2400 mg bleken soortgelijke achteruitgangen op te treden. De algemeene gevolgtrekking welke uit deze proeven viel af te leiden was dan ook, dat voor vele tuinbouwgewassen reeds merkbare achteruitgang valt waar te nemen indien water van 300 mg Cl/l gebruikt wordt, dat water van 600 mg reeds tot ernstige schade leidt en dat water met 1200 mg, zooals in het grootste deel van Voorne des zomers als regel voorkomt, als gietwater geheel ongeschikt is te achten.

De heer Riemens becijferde dan ook, dat voor een normaal jaar (1931) op Voorne een schade van f 500 000 geleden wordt wegens slechte oogsten van druiven en tomaten alléén. Rekent men ook iets voor de andere gewassen, dan komt men reeds spoedig tot een gekapitaliseerde schade van 15 à 20 millioen gulden.

Wat voor Voorne voor een tuinbouwgebied van ongeveer 2000 ha geldt, is in meer of mindere mate ook voor andere streken van kracht. Ir. Riemens vond dat niet alleen op Voorne, doch ook op de overige Zuidhollandsche eilanden „het boezemwater momenteel (dat was geschreven in 1937) *beslist ongeschikt* is voor het begieten van planten. Bij dergelijke gehalten aan chloor in het gietwater is het absoluut onmogelijk om met succes de tuinderij uit te oefenen”.

Het is duidelijk dat in verband met de toenemende bevolking van ons land — 12 millioen zielen in het jaar 2000 volgens de becijferingen van de Commissie „Drinkwatervoorziening Westen des Lands 1940” — de cultuur van den ons beschikbaar staanden bodem sterk moet worden opgevoerd. Vooral de tuinbouw zal intensiever moeten worden beoefend, zelfs indien in het buitenland geen afzetgebied gevonden zou worden. Daar het lage deel van ons land, afgezien van het zoutvergift, zoo bij uitstek geschikt is voor tuinderij, ligt het voor de hand te verwachten dat er in de toekomst „uit gehaald zal moeten worden wat er in zit”. Hiervoor moet in de eerste plaats het zout zoo krachtig mogelijk worden bestreden.

## § 2. Toelaatbare chloorgehalten

Het 2e Congres voor Openbare Gezondheidsregeling, in 1897 te Amsterdam gehouden, kwam op grond van verschillende opgaven in de literatuur tot het besluit dat een chloorgehalte van hoogstens 300



Foto's Ir. J. M. Riemens

Foto 1<sup>a</sup>, b. Proef genomen door Ir. J. M. Riemens betreffende begieting van boonen. Tusschen begieting met leidingwater en met water, bevattende 1 gram keukenzout per liter (600 mg Cl/l) is reeds duidelijk verschil te zien, 2 gr (1200 mg Cl/l) doet de plant reeds afsterven, 4 gr (2400 mg Cl/l) doet de plant absoluut verdrogen. De opbrengst schrompelt in een naarmate meer zout in het gietwater aanwezig is.

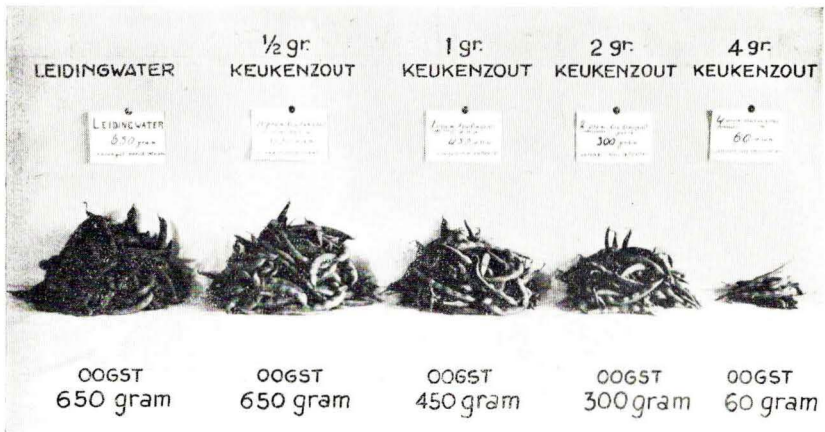


Foto Ir J. M. Riemens

Foto 2. Deze vijf hoopjes boonen zijn de opbrengsten bij begieting van leidingwater, met 300 mg, met 600 mg en met 2400 mg Cl/l.

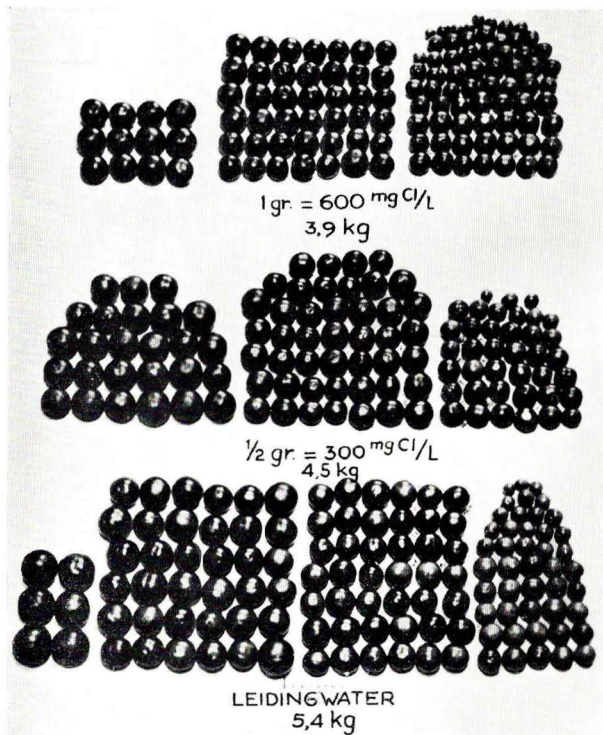


Foto Ir. J. M. Riemens

Foto 3. Drie oogsten tomaten die voor zichzelf spreken.

mg per liter voor drinkwater nog juist kan worden toegestaan. Dit komt ongeveer overeen met hetgeen bv. Fischer beweert, nl. dat niet meer dan 80 % der menschen in staat is 273 mg Cl/l nog juist te proeven. Rubner stelde de toelaatbare chloor-grens op 224 mg.

De Commissie inzake de watervoorziening van Delft, aan wier rapport (1909) het voorgaande is ontleend, komt tot de opvatting dat het cijfer van 300 mg Cl/l dient te worden aangehouden. Dit is juist het bedrag dat ook Ir. Riemens aangaf als grens met het oog op de tuinbouwgewassen.

Het onlangs verschenen rapport van de Commissie „Drinkwatervoorziening Westen des Lands 1940” zegt op blz. 111: „In het algemeen wordt aangenomen, dat water met een chloorgehalte van meer dan 400 mg/l niet meer geschikt is voor drinkwater”. Het drinkwaterleidingsbedrijf te Amsterdam, dat eveneens in 1940 een zeer uitvoerig rapport deed verschijnen, neemt 250 mg/l als grens.

Op grond van onderzoeken door dr. Zuur en dr. van Schreven mag men voorts aannemen dat voor akkerbouwgewassen 1500 à 1800 mg Cl/l een grens is en voor veeteelt 1200 mg.

In het hiernavolgende zal de door velen genoemde grens van 300 mg Cl/l als grens tusschen „zoet” en „brak” worden aangehouden.

### § 3. Nederlandsche zoutproblemen

In het noorden van ons land heeft men het zoutprobleem ten naastenbij opgelost. Veelal stelt men in de populaire literatuur de inpoldering der Zuiderzee alleen voor als een landaanwinning, terwijl het toch ook de bedoeling was een zoetwaterbassin te scheppen van waaruit de omringende lage landen vrijelijk in tijden van droogte zouden kunnen tappen. In Noordholland is de verwachting nagenoeg zoet boezemwater te verkrijgen echter nog niet geheel vervuld, daar te IJmuiden o.a. een lek van niet te onderschatten afmetingen aanwezig is in den vorm van de nieuwe groote schutsluis. Tijdens het schutten dringt het zware zoute water uit zee nabij den bodem in het Noordzeekanaal en mengt zich hier met zoet water, zoodat veel brakwater ontstaat en dit verspreidt zich zoowel naar het noorden als naar het zuiden van Noordholland. Evenwel zijn plannen tot bestrijding van dit euvel in voorbereiding.

Het zijn vooral de laagliggende landen die last van het zout hebben. Hooge nieuwe landen, zooals in Groningen, Friesland en Zeeland voorkomen, hebben van het zout betrekkelijk weinig last. Het regenwater blijft in voldoende hoeveelheden in deze hoogliggende landen achter om ook in tijden van droogte de planten het noodige te kunnen geven. Voorts zijn de akkerbouwgewassen die hier geteeld worden ook minder gevoelig voor chloor dan de tuinbouwgewassen, die meer in de lage landen worden gekweekt.

Het lage deel van Schouwen, grootendeels omringd als het is door zeewater van hooger liggend niveau, verkeert echter in een bedroevenden toestand. Zeekraal en zeeaster in de slooten, slecht gras op de weiden en wijde vergezichten zonder boerderijen toonen aan dat het

zout wanneer het niet wordt tegengegaan, een gevaar kan vormen voor de welvaart, dat niet mag worden onderschat.

In het gebied der benedenrivieren is de strijd tusschen „het zout” en „het zoet” in vollen gang. Volgens vrijwel algemeen oordeel hebben wij hier in de laatste jaren terrein verloren; men meent op grond van algemeen bekende gegevens dat het water in de benedenrivieren — en daardoor ook in de laagste deelen der aangrenzende polders — vroeger zoeter was dan thans.

Aangaande ons hoofdtuinbouwgebied, het Westland, wordt bv. het volgende aangevoerd: Tot 1893 kon nog water uit den Waterweg door de Oranjesluis, slechts 5 km van de zee gelegen (zie fig. 2), worden binnengelaten, doch in genoemd jaar werd dit inlaten door Delfland wegens de te hooge zoutgehalten welke hier voorkwamen, verboden. In 1921 zag Delfland zich genoodzaakt wegens dezelfde oorzaak het binnenlaten bij Maassluis, 13 km van den mond, te verbieden, en in 1934 bleek zelfs geen voldoende zoet water door de Vijfsluizen, halfweg Schiedam—Vlaardingen en 21 km van den mond verwijderd, meer beschikbaar te zijn. De bouw van de Parkhavensluis, 28 km boven Hoek van Holland, bood toen gelegenheid tot het maken van een nieuwen inlaat, doch Delfland vraagt zich reeds thans weder af, of de inlaat nog verder rivier-op zal moeten worden gelegd. Echter is de bovengrens van Delfland reeds bereikt. In dat geval zou Delfland dus via Schieland uit den Hollandschen IJssel of via Rijnland uit den Ouden Rijn zoet water moeten betrekken. Dit zouden vrij gecompliceerde en ingrijpende maatregelen beteekenen.

Voor een critischen geest rijst de vraag of de oorzaak van het telkens teruggrijpen op minder brak water, zoo misschien niet geheel dan toch gedeeltelijk, gezocht moet worden in het langzamerhand wakker worden van de tuinders in het Westland voor de gevaren van het zout. Ook zou vermeerderde kwel uit zee door diepere bemaling of door drinkwateronttrekking aan de duinen de behoefte tot het inlaten van zoeter water hebben kunnen doen vermeederen. Het was daarom noodig exacte meetcijfers te verzamelen en daaraan de door velen aanvaarde opvatting betreffende het zouter worden van het water in de benedenrivieren te toetsen.

Uit Voorne kwamen zeer ernstige klachten. In den drogen zomer van 1933 bleken de chloorgehalten van het slootwater er te liggen tusschen 231 en 426 mg/l; dit zijn dus nog niet bijzonder hooge bedragen. In den zomer van 1937 werden voor 42 monsters slootwater reeds aanzienlijk hoogere cijfers gevonden, nl. 95 % boven 300 mg, 74 % boven 600 mg en 48 % boven 1200 mg Cl/l; in Juni 1938 kwamen nog hoogere gehalten voor. Het zoutgehalte in de slooten van Voorne schijnt dus onrustbarend snel toe te nemen.

#### § 4. Beschikbare meetgegevens

De eerste op de benedenrivieren in voldoende hoeveelheden verzamelde meetcijfers werden omstreeks 1907, 1908 verkregen. De metingen geschieden toen zoowel door den Rijkswaterstaat als door de Com-

missie voor de Watervoorziening van Delft. De Waterstaat verrichtte zijn metingen met behulp van gevoelige areometers in alle benedenrivieren, de Commissie gebruikte de titratiemethode en mat gedurende langen tijd op bepaalde plaatsen in den Waterweg bij Maassluis en Rotterdam, en in de Oude Maas bij de brug van Spijkenisse. Beide soorten metingen vullen elkaar op gelukkige wijze aan, zoodat voor vergelijking met de meer recente gegevens een behoorlijk fundament aanwezig is.

De recente metingen geschieden voornamelijk door de drinkwaterleidingsbedrijven van Rotterdam en Maassluis, terwijl ook Delfland een belangrijke reeks gegevens verzamelde te Vijfsluizen. Deze lichamen stonden hunne verzamelingen welwillend ter bestudeering af.

De gemeente Rotterdam nam reeds langen tijd elken dag monsters bij LW en HW ter plaatse van haar waterwerk, gelegen op eenigen afstand boven Rotterdam; van de aldus verkregen reeks waarden voor het zoutgehalte werden die van 1 Jan. 1920 tot 1 Jan. 1940 gebruikt. De gemeente Maassluis nam vrijwel elken dag monsters van het door haar waterwerk omstreeks LW ingenomen water; gebruikt werd de reeks zoutgehalten van 15 Maart 1923 tot 1 Jan. 1940. Delfland nam elke week monsters van het water te Vijfsluizen tijdens HW; ook van deze reeks konden de resultaten worden onderzocht en wel van 1 Jan. 1922 tot 1 Jan. 1940. Daarnaast nam Delfland terzelfder plaatse nog elke week monsters omstreeks LW, doch deze worden hier niet behandeld, daar de lezer in dit opstel anders te veel cijfermateriaal zou krijgen te verwerken.

Naast deze lange en betrouwbare reeksen van waarnemingen verrichtte de Rijkswaterstaat in 1926 en 1936 nog metingen op andere plaatsen van de benedenrivieren en voorts van 10 Jan. 1935 tot 1 April 1939 gregeld des morgens om 8 uur te Maassluis en te Nieuwsluis (Botlek), zowel wat betreft bodem- als oppervlaktewater. Eenige jaren geleden breidde de waterleiding van Rotterdam haar metingen nog uit met behulp van registreerende meters. Om dit bedrijf in alle opzichten veilig te stellen werden in 1936 zulke meters opgesteld te Vlaardingen (Matex), te Alblasterdam en te Krimpen a/d Lek; bij het Waterwerk zelf werd er een geplaatst op 1 Jan. 1935. De met deze registreerende meters verkregen en nog te verkrijgen gegevens zijn een groote aanwinst voor de kennis van het verzilten van onze benedenrivieren.

Op het Hollandsch Diep, Haringvliet en Spui werden betrekkelijk weinig chloorgehalten gemeten. Wel in de buurt van Dintelsas in de jaren 1930—1932, hetgeen door den Rijkswaterstaat ten behoeve van den aanleg van den dam in het Hellegat geschiedde.

#### § 5. De toeneming van het zout in het Rijnwater

De bron waaraan het heilbrengende zoete water moet worden ontleend, is in hoofdzaak de Rijn en in mindere mate ook de Maas. Het zou voor ons land een ware ramp zijn indien uit Duitschland en België niet meer voldoende hoeveelheden water van voldoende gering Cl-ge-



halte onze grenzen passeerden. Dat dit gevaar inderdaad bestaat, zal hieronder aan de hand van vroegere en recente meetcijfers worden aangetoond.

Door de industrieën en de toenemende bevolking van het Roergebied en van andere in het Rijnbekken liggende centra (kali-mijnen in de Elzas — men leze hierover ook hetgeen de Commissie „Drinkwatervoorziening W.d.L. 1940” en de Drinkwaterleiding te Amsterdam daaromtrent publiceerden — is het chloorgehalte van het Rijnwater niet onbeteekeend. Volgens een door Dr. Ir. J. P. Mazure voor de jaren 1931 t/m 1935 samengestelde grafiek voor het Rijnwater bij Westervoort (zie verslag der bovengenoemde Commissie, IX, 15) wordt bij den gemiddelden stand te Westervoort een gemiddeld chloorgehalte van 60 mg/l aangetroffen. Elders in het verslag van voornoemde Commissie wordt medegedeeld dat het chloorgehalte van het Rijnwater over de jaren 1928 t/m 1930 gemiddeld ca. 70 mg/l bedroeg.

Hoewel dit op zichzelf nog geen verontrustende cijfers zijn, waren vroeger de gemiddelde chloorgehalten toch lager. Dit blijkt bv. uit de grafieken van fig. 1, welke het gemiddelde verband aangeven tusschen het chloorgehalte van het Rijnwater dat langs Rotterdam stroomde resp. in 1908 en in 1930 t/m 1934 en den waterstand te Lobit. In het jaar 1908 nam men te Rotterdam regelmatig twee malen per week des morgens om 10 h à 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h (zie verslag Rijkswaarnemingen van Ramaer) een monster, zoodat telkens in een ander gedeelte van het getij werd gemeten. Dit doet echter niets ter zake daar in 1908 te Rotterdam nog geen sprake was van zout door zeeinvloed, zelfs niet bij lage standen te Lobit en hooge springtijden. De 105 chloorcijfers van 1908 werden opgenomen in het Verslag van de Commissie inzake de Watervoorziening van Delft.

De monsters uit de jaren 1930 t/m 1934, werden omstreeks LW genomen; zij zijn dus ook Rijnwater. Zoowel in 1908 als in 1930 t/m 1934 geschieden de chloorgehaltebepalingen door titratie van oppervlaktewater. Eerst in 1935 begon men hier het chloorgehalte langs electrischen weg en op grootere diepte te bepalen (vandaar dat geen latere periode voor vergelijking met 1908 werd genomen).

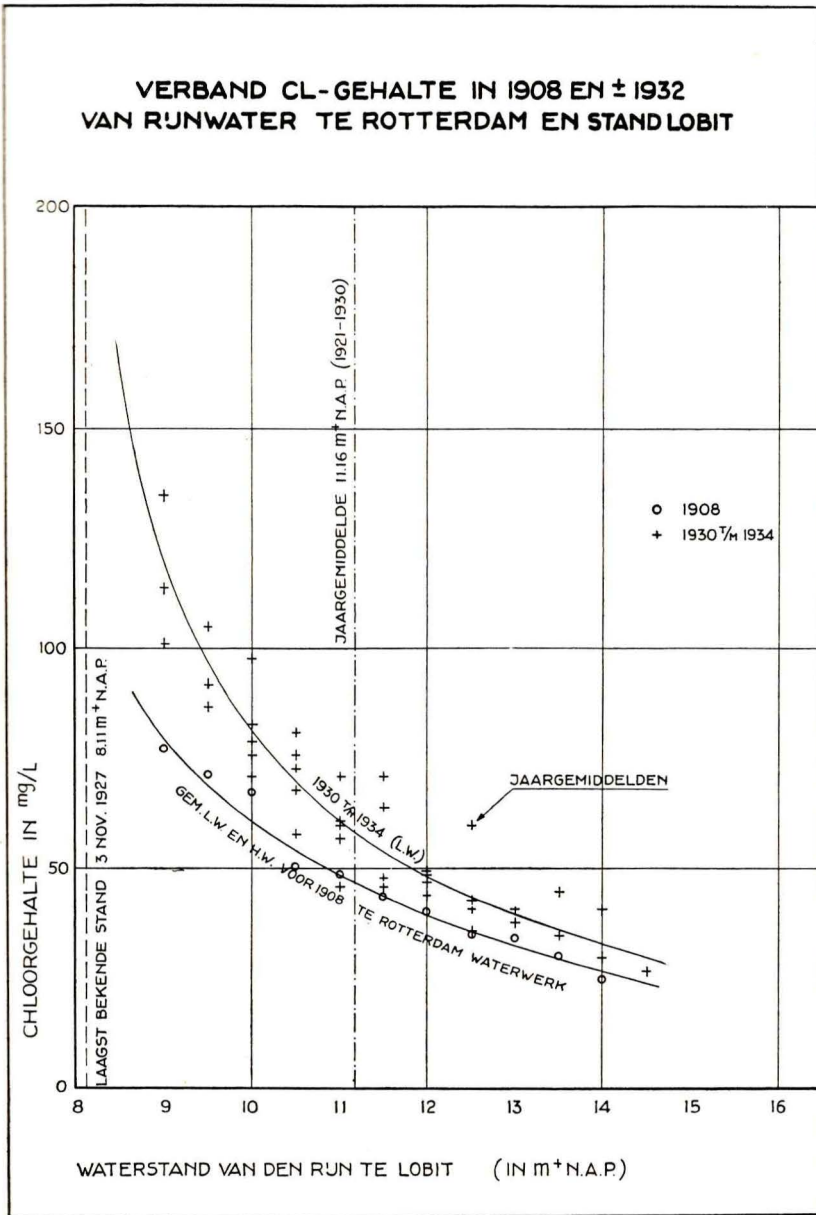
In 1908 schreef de commissie voor Delft, dat het Cl-gehalte van het water der rivier voor Rotterdam in den regel 40 mg per liter bedroeg. Blijkens de door ons in fig. 1 geconstrueerde kromme was in 1908 het gemiddeld Cl-gehalte bij gemiddelden rivierstand te Lobit 47 mg, hetgeen dus, wanneer men bedenkt dat de afvoer bij gemiddelden rivierstand nog iets anders is dan de gemiddelde afvoer, met de mededeeling van de Commissie vrijwel overeenstemt <sup>1)</sup>.

Voorts was het Cl-gehalte bij gemiddelden stand te Lobit in 1930

1) De gemiddelde stand te Lobit veranderde een weinig en wel als volgt: gemiddelde van 1901—1910: 11.09 m + N.A.P.

1911—1920: 11.26 m + „

1921—1930: 11.16 m + „



RIJKSWATERSTAAT - DIR. BENEDENRIVIEREN

Fig. 1. Toeneming van het chloorgehalte van het Rijnwater bij Rotterdam in het tijdvak 1908—1932 bij verschillende waterstanden van den Rijn te Lobit; voor zeer lage rivierstanden is sedert 1908 het chloorgehalte ten naastebij verdubbeld.

t/m 1934: 58 mg/l, zoodat bij deze standen sedert 1908 een stijging van 24 % heeft plaats gehad, d.i. gemiddeld 1 % per jaar.

Uit de grafieken van fig. 1 volgt verder dat het Cl-gehalte bij *lage* rivierstanden veel hooger is dan tijdens *gemiddelde*. Dit is alleszins verklaarbaar, daar het Roergebied, de Elzas en andere in het Rijnbekken liggende streken onafhankelijk van droge of natte tijden hun hoeveelheid Cl op de rivier brengen. Voor ons land is dit echter zeer bedenkelijk, *daar juist de minimum Rijnafvoeren, dus de perioden met hoog chloorgehalte, door ons voor de waterinlating moeten worden gebruikt*. Op grond van de metingen welke het geheele jaar 1908 beslaan en van de recente, moet men aannemen dat het chloorgehalte van het Rijnwater in de laatste 30 jaren bij geringe afvoeren nagenoeg verdubbeld is. Bij den stand van Lobit van 9 m + N.A.P. was in 1908 het gemiddelde gehalte 79 mg (zie fig. 1), terwijl dit in 1932 op 120 mg mag worden gesteld (toeneming 52 %). Bij den laagst bekenden stand (1927) te Lobit van 8.11 m + N.A.P. was het gemiddelde Cl-gehalte in 1908 naar schatting 110 mg, terwijl in 1932 naar schatting 250 mg gevonden zou zijn (toeneming 125 %). De lage standen van 1921 zullen in de toekomst volgens de waarschijnlijkheidswetten worden overtroffen, terwijl ook aangenomen mag worden dat de Cl-gehalten thans (1940) wegens toegenomen industrialisatie weder hooger zullen zijn dan in 1932. Van beteekenis is ook, dat het regime van den Rijn sinds omstreeks 1920 in zekere mate veranderd schijnt te zijn. Door de normalisatie van de rivier zelf en van zeer vele zijrivieren, beken en watergangen in den bovenloop, komt het water naar het schijnt meer plotseling tot afvoer dan vroeger, terwijl de minimumafvoeren daardoor geringer worden. Men heeft dus thans hogere maxima en lagere minima zoodat afvoergrafieken thans iets wilder fluctuaties vertoonen dan omstreeks 1900—1920.

Het is duidelijk dat, indien blijkens § 2 als grens 300 mg chloor per liter moet worden aangehouden terwijl er in droge tijden slechts Rijnwater van 200 of 250 mg beschikbaar is, er in de polders slechts weinig kwel of lek van zeewater bij behoefte te komen om de genoemde grens van 300 mg te doen overschrijden.

Het zijn de *extreme* gevallen, de uitermate *hooge* zoowel als de uitermate *lage* Rijnstanden, die voor ons land van catastrofale beteekenis kunnen zijn. Het gevaar van de zeer hooge standen hebben wij ruimschoots leeren kennen, dat der zeer lage standen nog niet, doch men zal goed doen zich daartegen alvast te wapenen.

De Commissie „Drinkwatervoorziening W.d.L. 1940”, die slechts de voorziening had te bestudeeren van betrekkelijk geringe hoeveelheden drinkwater en bovendien met jaargemiddelden werkte, drukt niettegenstaande dat haar bezorgdheid uit met betrekking tot het hooge chloorgehalte van het Rijnwater door te zeggen, dat „het blijkt, dat ons land voor de toekomstige drinkwatervoorziening in hooge mate afhankelijk is van het buitenland”. In veel sterkere mate geldt dit voor onzen tuin- en landbouw in het lage westen des lands. Kon de genoemde commissie wijzen op tal van groote binnenlandsche mogelijk-

heden om aan drinkwater te komen (duinen, Veluwe), voor de doorspoeling van onze lage polders — waarvoor vele tientallen malen meer zoet water noodig is dan voor drinkwater (zie § 14) — is men nagenoeg uitsluitend op het rivierwater aangewezen. Hiervoor heerscht niet alleen een toekomstig, doch reeds een direct gevaar, daar de lage Rijnstanden morgen aan den dag kunnen voorkomen en dan chloorgehalten kunnen bezitten die zoo dicht de grens van 300 mg/l naderen, dat zij slechts weinig ververschend vermogen bezitten.

Gaat de verzilting van het Rijnwater door in het tempo van de laatste 30 jaren, dan zal men volgens de hier overgelegde grafiek bij lage rivierwaterstanden omstreeks het jaar 1970 de grens van 300 mg Cl/l hebben bereikt.

#### § 6. De zoutgrenzen op de benedenrivieren omstreeks 1908

In 1909 verscheen de „Nota betreffende het zoutgehalte der Nederlandsche benedenrivieren van Rijkswegen opgenomen in 1907 en 1908” door Ramaer en Van Malsen. De metingen hadden betrekking op bodem- zoowel als oppervlaktemonsters en geschieden met areometers van groote nauwkeurigheid. De standen van de bovenrivier waren nagenoeg normaal of iets daar beneden; het weer was goed (zomer).

Op de door Ramaer overgelegde teekening (fig. 2) zijn zg. zoutgrenzen aangegeven voor de HW en LW-kenteringen. Deze zoutgrenzen zijn niet precies gedefinieerd doch zij volgen uit de meetcijfers, die alle gepubliceerd werden. In 1907 werd op 25, in 1908 op 30 plaatsen, steeds ongeveer 4 km van elkaar verwijderd, gemeten; in het geheel waren er 40 meetpunten, zoodat op een aantal plaatsen dubbel werd gemeten. Er kan tegen deze metingen worden aangevoerd dat zij te gering in aantal zijn om er juiste conclusies op te baseeren. De metingen waren echter een groote stap vooruit, daar van vroeger weinig of niets bekend is, zoodat wij dankbaar mogen zijn dat inderdaad reeds in 1907 en 1908 gemeten is en dat het gemetene op zoo degelijke wijze is bewerkt en uitgegeven. De ervaring leert nl. dat meetgegevens die niet gepubliceerd worden, in de waterstaatsarchieven zoek raken, bv. doordat zij door te veelvuldig en gevarieerd gebruik uit hun oorspronkelijk verband worden gelicht. Dit schijnt o.a. het geval te zijn met een oud verslag betr. zoutmetingen (in 1894?), dat nog door Ir. van Malsen in zijn rapport van 1908 wordt genoemd.

Beziet men de in 1907 en 1908 gevonden zoutgrenzen (fig. 2) nader, dan blijkt dat deze geenszins evenwijdig met de kust loopen, zooals men toch zou hebben verwacht. In het zuiden is alles brak tot Dintelsas. Dit is een gevolg van het feit dat het Volkerak meer vloedwater naar het Hollandsch Diep voert dan ebwater naar het zuiden; er komt hier — blijkens een aantal omstreeks 1931 verrichte stroommetingen — dagelijks een hoeveelheid van ongeveer 20 millioen m<sup>3</sup> zeewater op het Haringvliet—Hollandsch Diep, welke door het Haringvliet weder tot afstroming komt. Het water op de Krammer is dus vrijwel zuiver zeewater, dat op het Haringvliet is gewoonlijk steeds brak.

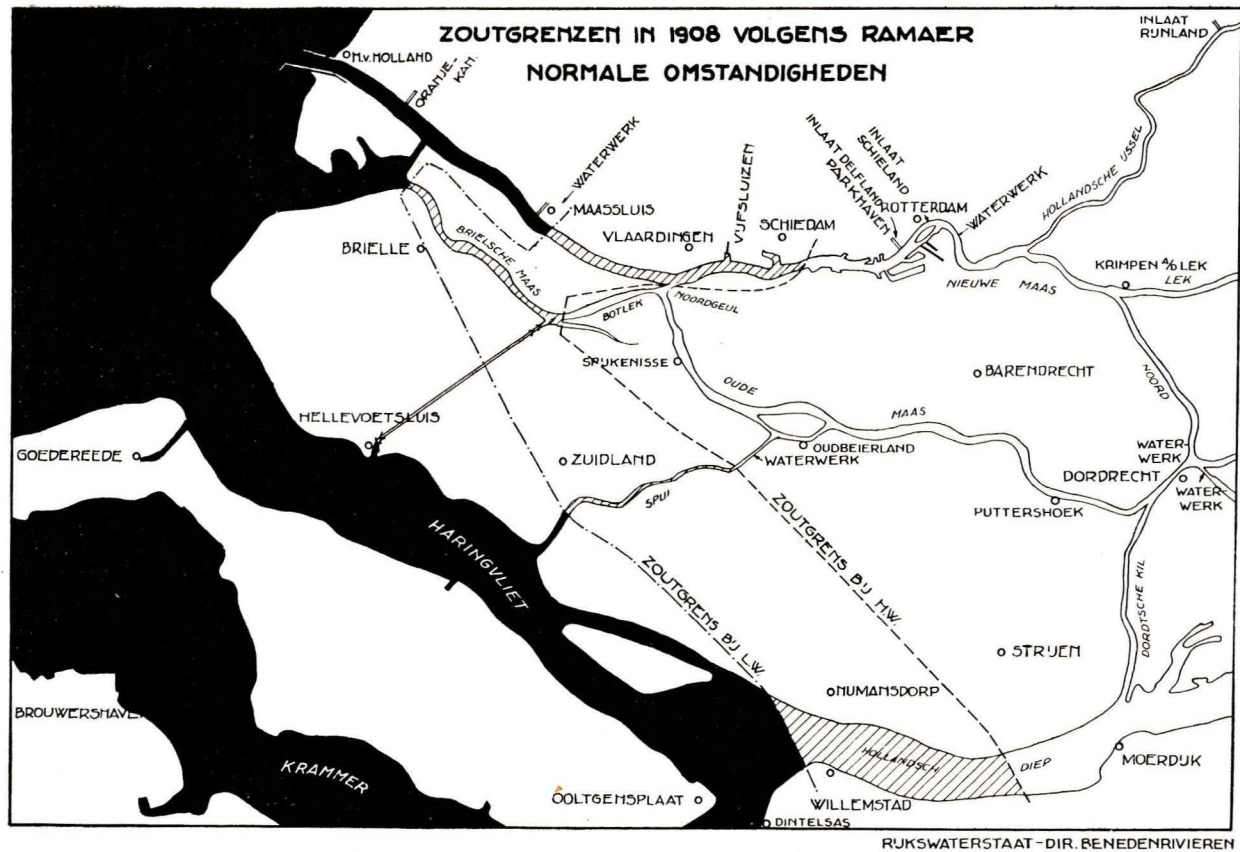


Fig. 2. Zoutgrenzen in 1907/1908 volgens Ramaer.

Op de Brielsche Maas lag de zoutgrens in 1908 merkwaardig dicht bij zee. Het is de vraag of deze zoutgrens zoo geteekend mocht worden. Weliswaar werd op de Brielsche Maas boven deze grens geen zout gevonden, doch wegens de aanwezigheid van de Noordgeul als verbinding tusschen Waterweg en Oude Maas moet tijdens vloed eenig brak water de Oude Maas zijn opgestroomd. Evenwel was de Noordgeul evenals thans zeer smal, zoodat het brakke water van den Waterweg slechts in beperkte mate de Oude Maas kon binnendringen. Men zie hierover nog hetgeen in § 11 wordt geschreven.

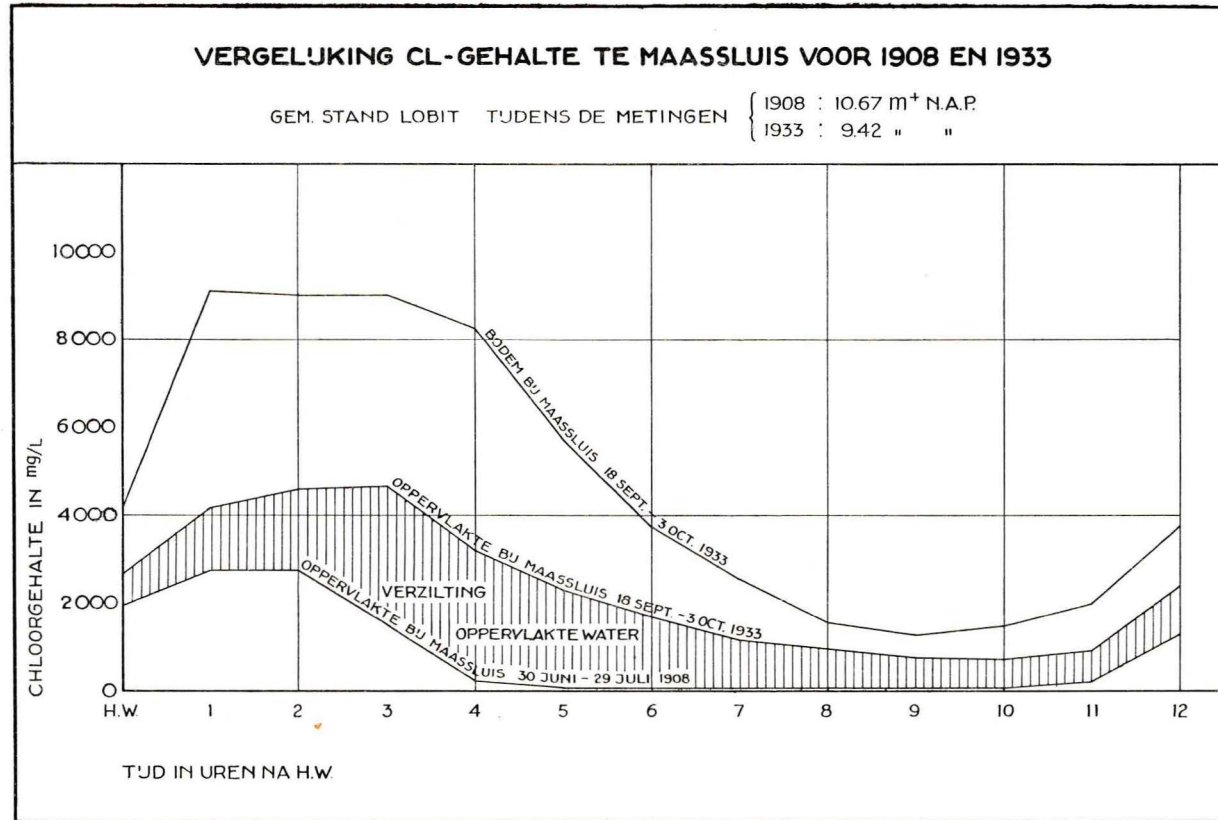
Op het Spui kwam het zout bij HW gemeenlijk nog niet bij Oud-Beijerland.

### § 7. Toeneming van het zoutgehalte te Maassluis

In § 3 werd het volgende crescendo opgesomd: in 1893 moest het intappen bij de Oranjesluis verboden worden (zie fig. 2), in 1921 bij Maassluis en in 1934 bij de Vijfsluizen; een opschuiving van de zoutgrens over 16 km in 40 jaren. De volgende feiten duiden in dezelfde richting. Maassluis bouwde indertijd haar waterwerk iets boven haar haven en zou dit thans zeker niet meer doen. Beweerd wordt dat men hier vroeger normaal zoet drinkwater kon betrekken, terwijl vaststaat dat dit tegenwoordig niet meer kan; sinds Aug. 1935 heeft Maassluis een zg. waterboot aangeschaft, waarmede zoet water uit de Oude Maas boven de brug te Spijkenisse wordt gehaald. De drinkwaterleiding van Vlaardingen was gedwongen op 1 Jan. 1923 een contract aan te gaan met de gemeente Rotterdam voor het leveren van drinkwater, terwijl Rotterdam zelf in 1938 moest overgaan tot het bouwen van een gemaal om het zoete water tijdens LW te kunnen oppompen; voordien had zij de gelegenheid bij hooge rivierstanden zoet water vrij in te laten.

Het zou, zooals reeds tevoren is aangestipt, mogelijk kunnen zijn dat men allengs wakker is geworden voor de gevaren van zout voor den tuinbouw in het Westland en ook dat men te Maassluis, Vlaardingen en Rotterdam wegens bevolkingsaanwas tegenwoordig gedurende langeren tijd per getij water zou moeten inlaten, zoodat men daardoor ook meer zout zou binnen krijgen. Hoewel deze factoren niet geheel terzijde kunnen worden gesteld, moet toch op grond van de vele exacte cijfers die van Maassluis, Vlaardingen en Rotterdam bekend zijn, worden aangenomen dat het water op den Waterweg inderdaad vrij sterk is verzilt.

Wat Maassluis betreft kan een reeks metingen bij 29 getijen in Juli 1908 (zie verslag Ramaer) vergeleken worden met een reeks metingen bij 17 getijen, uitgevoerd door den Rijkswaterstaat in September 1933. Bij de laatste metingen was de stand van de bovenrivier lager dan bij de eerste, maar dit verschil is niet van zoodanige grootte dat daarmede de in fig. 3 geteekende aanzienlijke verschillen in chloorgehalte geheel verklaard kunnen worden. De gemiddelde getijhoogten van beide perioden ontloopen elkaar ook weinig. Men moet dus wel



RIJKSWATERSTAAT - DIR. BENEDENRIVIEREN

Fig. 3. Toeneming van het chloorgehalte van het water gedurende gemiddelde getijden te Maassluis in de periode 1908—1933.

tot de conclusie komen, dat het oppervlaktewater bij Maassluis vrij sterk is verzout. Het gemiddelde per getij gemeten maximum was in 1908: 2750 mg, in 1933: 4650; in eerstgenoemde periode bleef het water gedurende een tijdsduur van 7 uren beneden 300 mg, terwijl in laatstgenoemde het gehalte niet beneden 700 mg Cl/l kwam. Indien men in 1933 bij dezelfde standen der bovenrivier als die welke in 1908 tijdens de metingen voorkwamen had gemeten, zouden de verschillen echter kleiner zijn geworden.

In het Verslag der Commissie voor de Watervoorziening van Delft wordt medegedeeld, dat (in 1908) onder normale omstandigheden te Maassluis bij:

W	winden	te	4	uur	na	HW	gedurende	2	uren	per	getij,
N	"	"	I	"	"	LW	"	1½	"	"	"
Z	"	"	O	"	"	LW	"	I	"	"	"
O en NO winden soms in 8 dagen en langer,											

geen water kon worden opgepompt.

Hoewel deze tijdvakken veel kleiner zijn dan uit de metingen van Ramaer en Van Malsen volgt, moet men bij vergelijking van deze gegevens met de huidige omstandigheden (zie fig. 3) eveneens tot het inzicht komen dat een verzilting heeft plaats gehad.

Ten slotte geeft fig. 4a nog een overzicht van het chloorgehalte van het door het drinkwaterleidingsbedrijf te Maassluis sedert 15 Maart 1923 tijdens LW ingenomen water. De dagelijks opgenomen Cl-gehalten werden van maand tot maand gemiddeld, terwijl in de grafiek tevens de maandelijksche maxima en minima werden aangegeven; in fig. 4a zijn echter alleen de beide laatsten overgenomen. Was in de jaren 1923 t/m 1927 het gehalte gemiddeld tusschen ongeveer 100 à 200 mg Cl/l, in 1929/1930 werd dit reeds 600 mg en in de laatste jaren kwamen zelfs maandgemiddelden van 1000 mg en hooger voor; slechts zeer zelden komt het Cl-gehalte sinds 1933 tijdens LW beneden 200 mg. In 1938 werd te Maassluis water ingelaten van maximum 3700 mg Cl/l. Het spreekt vanzelf dat zulk water sterk met zoet water vermengd moet worden om drinkbaar te zijn.

#### § 8. Toeneming van het zoutgehalte te Vijfsluizen

Delfland liet van 1 Januari 1922 af als contrôle op de waterinlating door de zg. Vijfsluizen elke week het chloorgehalte bepalen bij HW. Wederom werden hier de maand-gemiddelden benevens de maxima en minima bepaald; de voor elke maand geldende maxima en minima zijn weer in fig. 4b aangegeven.

Evenals bij Maassluis tijdens LW, blijkt te Vijfsluizen tijdens HW eene toeneming van het Cl-gehalte. Tusschen 1922 en 1928 was het gemiddelde gehalte bij de Vijfsluizen tijdens HW ongeveer 100 mg/l, thans (1939) is dit niet alleen zeer onregelmatig, doch vaak ook zeer hoog. In 1922 kwam tijdens groote droogte een piek voor van 420 mg (maandgemiddelde), in 1933 een piek van meer dan 1500 mg (maandgemiddelde), terwijl toen een dagmaximum van 2250 mg werd ge-



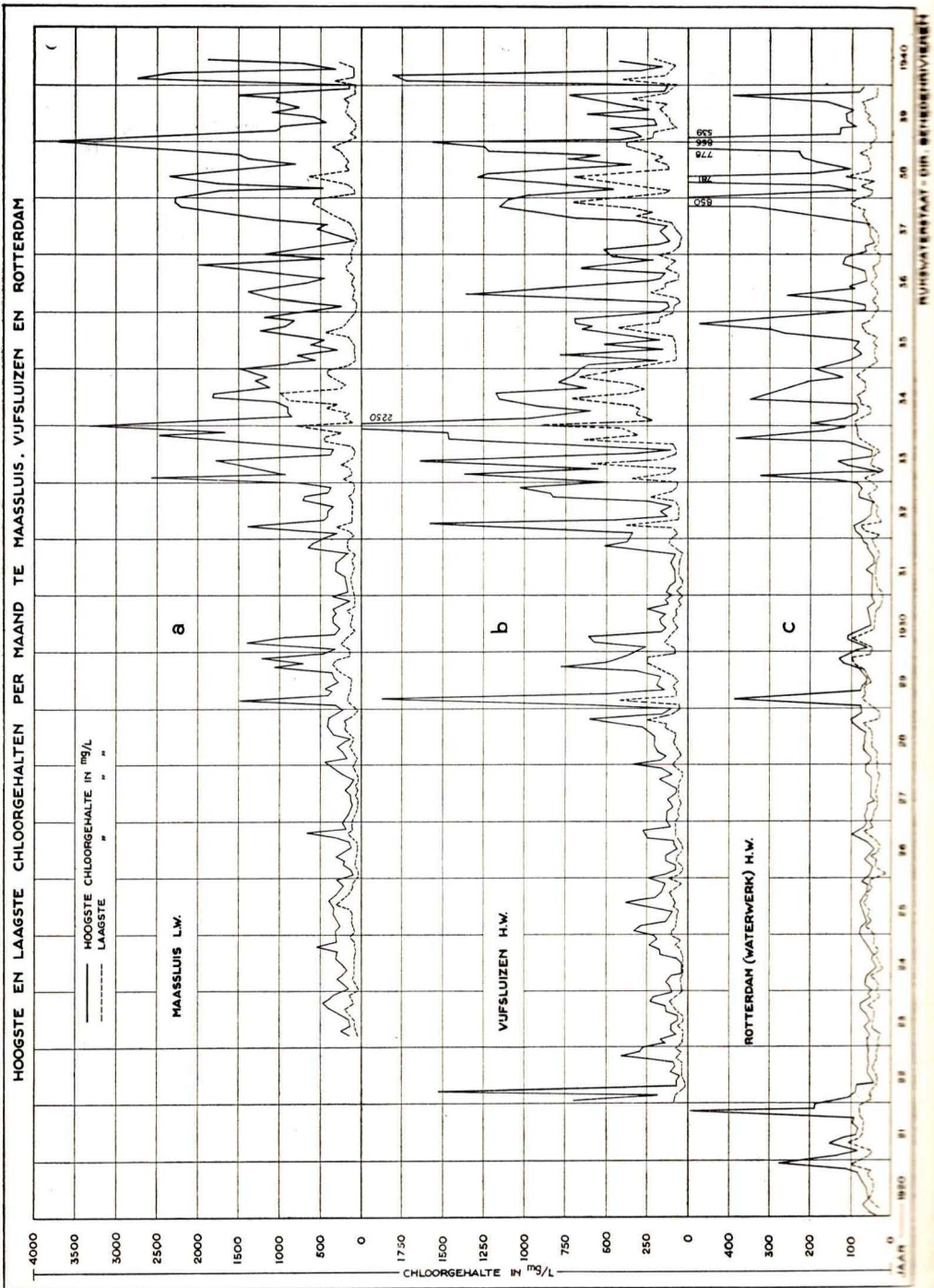


Fig. 4.

- a) Maximum- en minimum-Cl-gehalten per maand te Maassluis tijdens LW.
- b) Maximum- en minimum-Cl-gehalten per maand te Vijfsluizen tijdens HW.
- c) Maximum- en minimum-Cl-gehalten per maand te Rotterdam (Waterwerk) tijdens HW.

noteerd. Geen wonder dat dit water niet meer voor de tuinderij geschikt is en dat een verder rivier-op gelegen inlaatgelegenheid werd gekozen.

Het water in de rivier is bij LW-getij natuurlijk zoeter dan bij HW; met behulp van een pompinstallatie had men dus te Vijfsluizen nog wel eenig zoet water in Delfland binnen kunnen malen, doch in de eerste plaats is dit pompen kostbaar en in de tweede plaats was het de vraag voor hoe langen tijd het zoete water nog bij LW te Vijfsluizen voorhanden zou zijn. Om deze redenen gaf men er de voorkeur aan den inlaat te verplaatsen.

### § 9. Toeneming van het zoutgehalte te Rotterdam

In fig. 4c wordt een grafiek gegeven van het chloorgehalte van het oppervlaktewater bij het Waterwerk te Rotterdam tijdens HW in de jaren 1920 t/m 1934 en van het water op 6 m — N.A.P. in de jaren

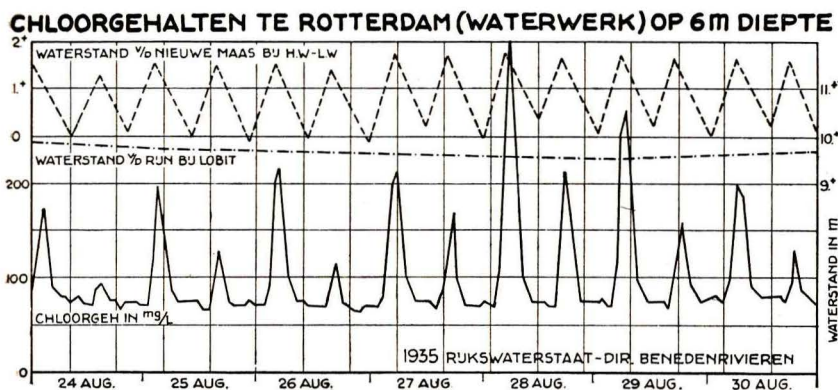


Fig. 5. Voorbeeld van een registratie door den Rotterdamschen zelfregistre-  
renden Chloor-meter. Bij elken vloed kwam de zoutgrens gedurende eenige  
uren voorbij het Waterwerk.

1935 t/m 1939. Pieken kwamen voor in 1920/1921, in 1929 tijdens de zware ijsperiode en voorts herhaalde malen na 1932. Hoewel de sedert 1 Januari 1935 uitgevoerde waarnemingen met den zelfregistre-  
renden meter wegens de grootere diepte waarop deze werkte niet geheel vergeleken kunnen worden met die van vóór genoemden datum, wordt toch de indruk verkregen dat het chloorgehalte van het HW te Rotterdam sedert 1932 is toegenomen.

Het is een feit dat te Rotterdam in 1908 aan de oppervlakte nog geen extra zout tijdens HW kon worden waargenomen (zie § 5 en den staat voorkomend in het verslag van de commissie voor Delft) en dat thans de zoutgrens zeer dikwijls tot voorbij het Waterwerk komt (zie fig. 5).

Als een min of meer merkwaardig verschijnsel is nog te vermelden, dat het zout in 1939 minder ver landwaarts is gekomen dan in de vorige jaren, zelfs in die mate dat te Rotterdam het chloorgehalte bij

HW gemiddeld slechts weinig hooger was dan bij LW. Dit is een gevolg van den grooteren neerslag en misschien ook van de mindere turbulentie en dus mindere menging van zout en zoet water op den Waterweg door verminderde scheepvaart.

§ 10. Overzicht van de toeneming van het chloorgehalte op het bovendeel van den Waterweg

De vele gegevens van het Waterwerk te Rotterdam (HW en LW), van Delfland bij de Vijfsluizen (HW) en van het Waterwerk te Maassluis (LW) werden van jaar tot jaar gemiddeld en grafisch voorgesteld in fig. 6. Allereerst ziet men de zeer groote en vrij regelmatig schommelende toeneming van het chloorgehalte te Maassluis (LW), de eveneens sterke toeneming van het chloorgehalte tijdens HW te Rotterdam (Waterwerk) en de niet zeer frappante verandering van het chloorgehalte te Rotterdam tijdens LW. Het toenemende verschil der beide laatste grafieken duidt op den toenemenden invloed der zee boven Rotterdam; vóór 1932 was deze invloed aldaar niet merkbaar. Daarbij dient echter in aanmerking te worden genomen dat, zooals reeds werd medegedeeld, na 1 Januari 1935 de waarnemingen op 6 m diepte geschieden, terwijl daarvoor de gehalten van het oppervlaktewater bepaald werden; de uit fig. 6 blijkende toeneming van den zeeinvloed te Rotterdam is dus voor een gedeelte toe te schrijven aan deze waarnemingen op grootere diepte. Zooals werd medegedeeld moet het samenvallen in het jaar 1939 van de chloorgehalten voor HW en LW te Rotterdam aan bijzondere omstandigheden worden geweten.

Gelijk in § 5 werd betoogd, stellen wij niet zoozeer belang in de toeneming van het zoutgehalte bij gemiddelde omstandigheden dan wel in die bij abnormaal droge. Fig. 7 geeft daaromtrent nog een aantal gegevens. Voor de betrekkelijk lage, doch nog veelvuldig voorkomende standen te Lobit van  $\pm 9.50$  m +, 10 m + en 10.50 m + N.A.P. werden alle chloorgehalten gemiddeld van jaar tot jaar, terwijl door de grafische voorstelling ervan een vloeiende lijn werd getrokken. Ten duidelijkste blijkt daaruit dat thans (1939) bij lage Rijnstanden aanzienlijk hogere chloorgehalten voorkomen dan vroeger, zoowel te Rotterdam tijdens HW, als te Vijfsluizen (HW). Er kan de volgende staat uit worden afgeleid:

Gem. Cl-gehalten tijdens HW bij lage Rijnstanden van  $\pm 9.50$  m + N.A.P. te Lobit.

Jaar	te Rotterdam (Waterwerk)	te Vijfsluizen
1920	70 mg/l	110 mg/l
1930	90 mg/l	430 mg/l
1939	300 mg/l	1000 mg/l

Het water te Vijfsluizen tijdens HW kan thans dus bij lage bovenrivierstanden niet meer voor inlating in de polders dienst doen daar

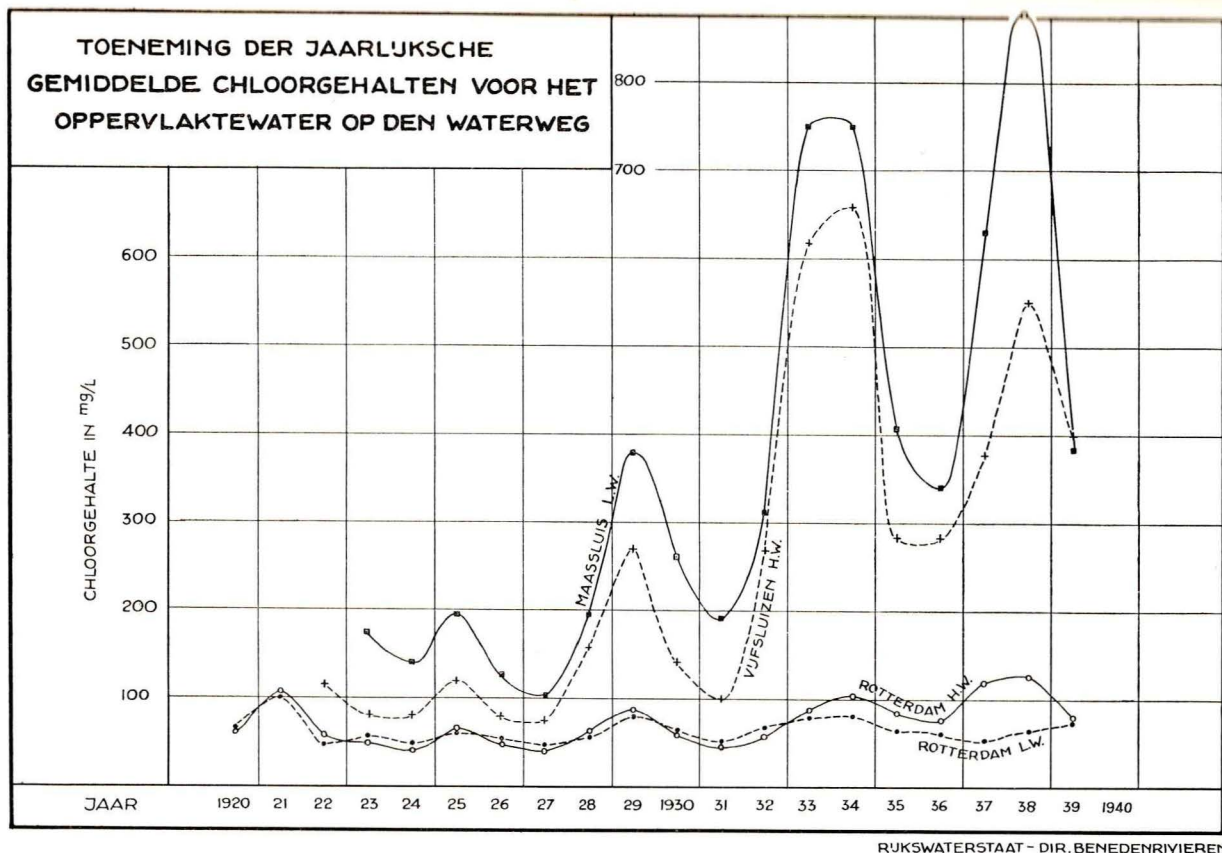


Fig. 6. Toeneming der jaarlijksche gemiddelde chloorgehalten van het oppervlaktewater voor Rotterdam (HW en LW), Vijfsluizen (HW) en Maassluis (LW).

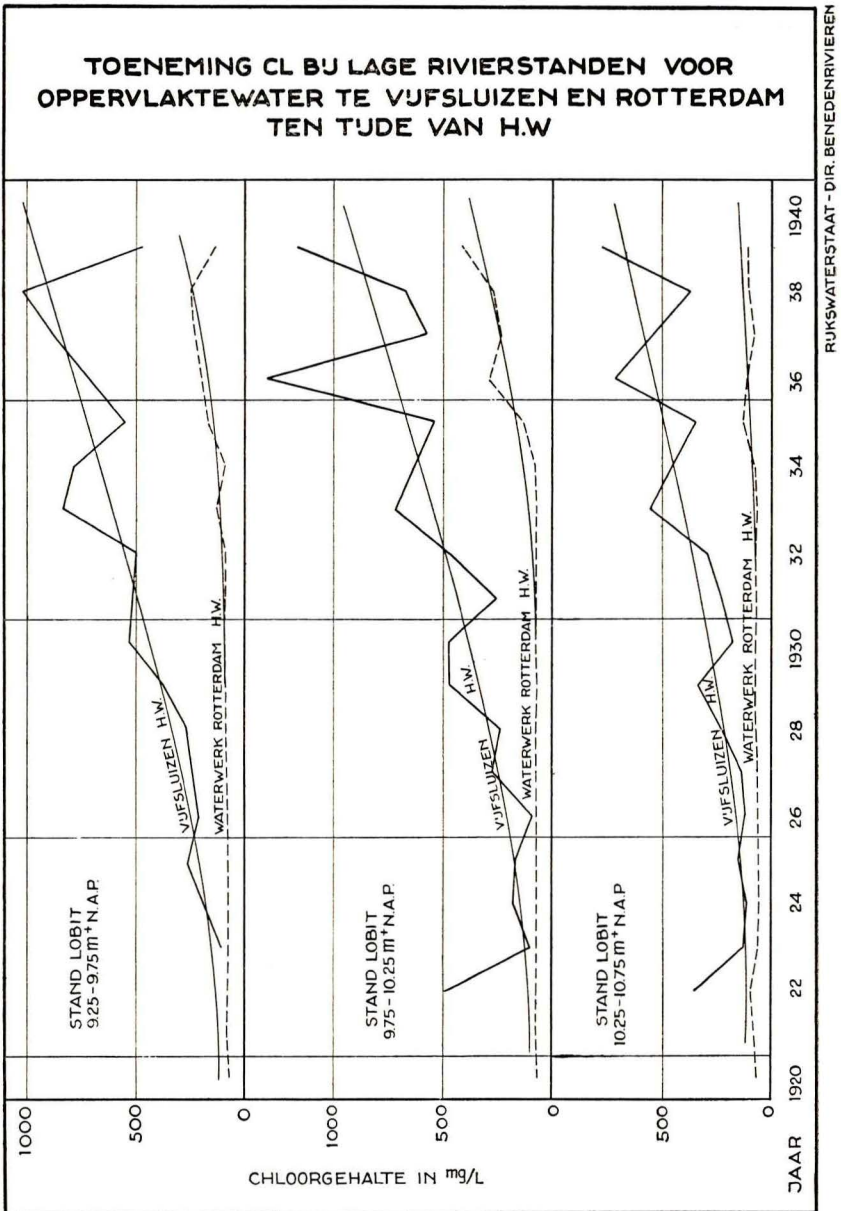


Fig. 7. Toeneming der chloorgehalten van het oppervlaktewater op den Waterweg sedert  $\pm$  1922 bij lage rivierstanden.

de chloorgehalten ervan boven de grens van 300 mg/l liggen. Ook het water bij de Parkhaven moet bij HW en voor standen te Lobit van 9.50 m thans hooger gehalte hebben dan 300 mg/l.

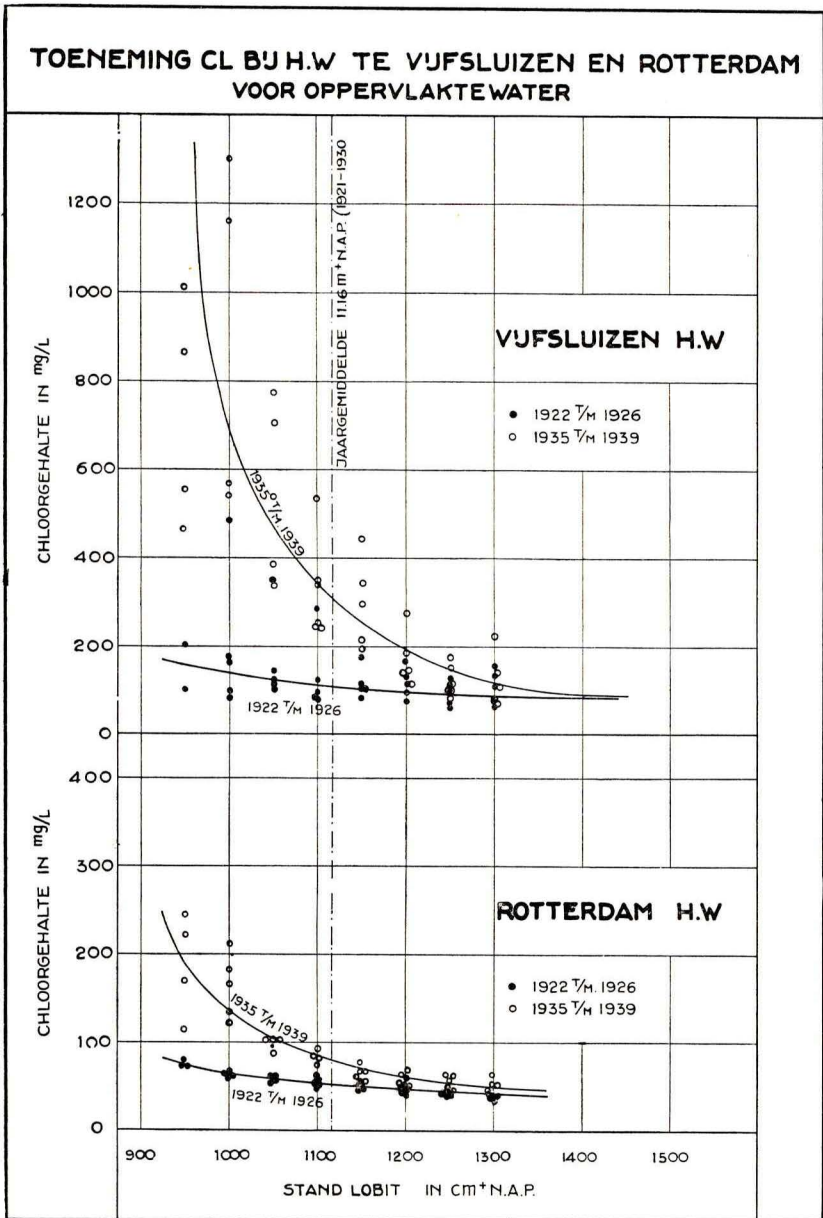
Een andere figuur (fig. 8) geeft nog een nieuw inzicht in de toename van het Cl-gehalte voor beide genoemde plaatsen; zij werd uit dezelfde gegevens afgeleid.

Te Rotterdam (Waterwerk) bezat het oppervlaktewater in de vier jaren 1922 t/m 1926 bij HW en lage standen van Lobit een gemiddeld Cl-gehalte van ongeveer 80 mg/l; in de vier jaren 1935 t/m 1939 was dit gemiddeld geworden 200 mg/l (echter thans geen oppervlaktewater, doch het water op 6 m diepte). Te Vijfsluizen bevatte het oppervlaktewater in de vier jaren 1922 t/m 1926 bij HW en lage standen te Lobit een Cl-gehalte van ongeveer 160 mg/l; in de vier jaren 1935 t/m 1939 was dit zeer hoog geworden.

## § II. Toeneming van het zoutgehalte bij de brug van Spijkenisse

In 1908 werden bij deze brug regelmatig twee malen per week des ochtends om 10 à 10<sup>1/2</sup> uur (volgens Ramaer) oppervlaktemonsters geschept en op hun chloorgehalte onderzocht. De resultaten werden medegedeeld op blz. 131 e.v. van het meergenoemd verslag van de Commissie voor de Drinkwatervoorziening van Delft. In November en December kwamen drie monsters voor van abnormaal hoog chloorgehalte; deze, die kennelijk door stormtijden waren veroorzaakt, werden niet medegerekend bij de bepaling van de grafiek welke onderaan in fig. 9 is afgebeeld. Deze grafiek berust dus op de 102 titraties van oppervlaktewater van de Oude Maas bij de brug van Spijkenisse. Er valt uit af te leiden dat in 1908 bij den gemiddelden stand te Lobit van 11.09 m + N.A.P. gemiddeld een chloorgehalte van 45 mg/l aanwezig was. Verschillen in gehalte van het water bij LW of HW waren toen niet aanwezig. De bovengenoemde grafiek heeft dus betrekking op zuiver Rijnwater en moet ongeveer identiek zijn met die afgebeeld op fig. 1 en geldend voor Rotterdam 1908. Dit blijkt inderdaad vrijwel het geval te zijn.

De reeks metingen waarmede bovenstaande serie van 1908 vergeleken kan worden werd door den Rijkswaterstaat verricht van 6 Juli 1937 tot 12 December 1938. Elke dag werden bij de brug van Spijkenisse bij HW- en LW-kentering monsters van het oppervlaktewater genomen, waarbij bleek dat die welke tijdens HW-kentering genomen waren nagenoeg steeds hogere Cl-gehalten bezaten dan die welke tijdens LW-kentering geschept waren. De zee-invoel was in 1938 bij de brug van Spijkenisse dus wel degelijk merkbaar geworden. De grafiek aangevende de gemiddelden der HW- en LW-monsters werd eveneens in fig. 9 aangegeven op dezelfde schaal als die geldende voor 1908. Een vergelijking van beide grafieken leert dat niet alleen voor groote afvoeren van den Rijn het Cl-gehalte belangrijk is toegenomen (namelijk van gemiddeld 25 mg tot gemiddeld 70 mg), doch dat dit



RUKSWATERSTAAT - DIR. BENEDENRIVIEREN

Fig. 8. Toeneming der chloorgehalten bij H.W. te Vijfsluizen en Rotterdam in de perioden 1922 t/m 1926 en 1935 t/m 1939. Er blijkt uit dat deze toeneming niet zoozeer voor de hoge dan wel voor de lage rivierstanden te Lobit zeer betekenisvol is.

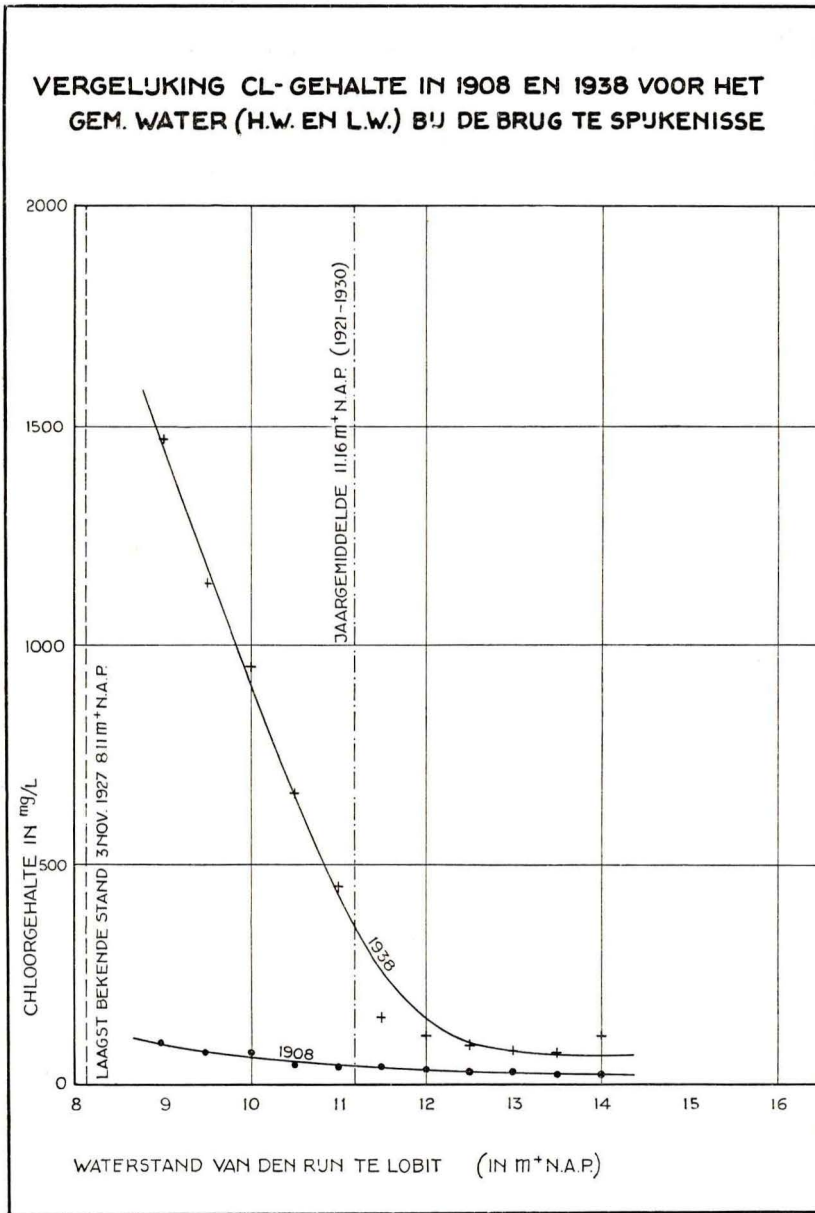


Fig. 9. Toeneming van het chloorgehalte van het oppervlaktewater in de Oude Maas bij de brug van Spijkenisse; gemiddelden voor monsters tijdens HW en LW geschept in 1908 en 1938.

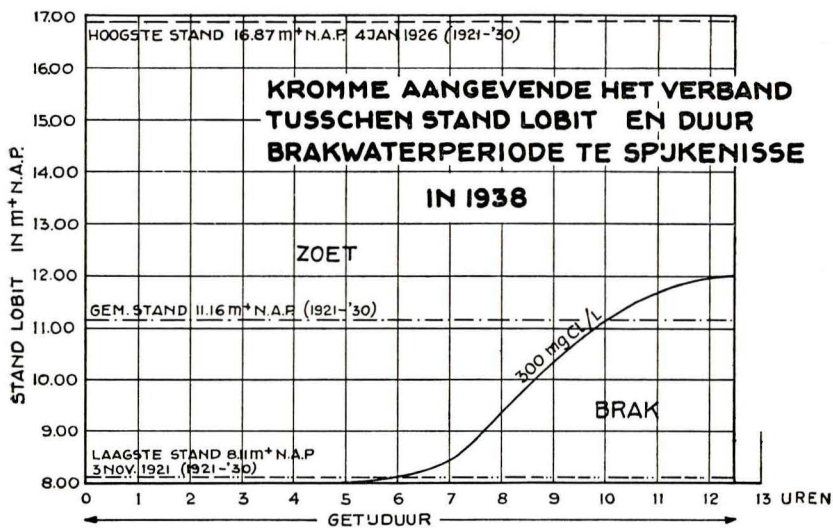


sterk het geval is voor de gemiddelde afvoeren en zeer sterk voor de lage afvoeren.

Bij den stand te Lobit van 9 m + N.A.P. kwam bij Spijkenisse in 1908 gemiddeld een chloorgehalte van 90 mg/liter voor, terwijl dit in 1938 1450 mg/l was geworden.

Bij den laagst voorgekomen stand van 8.11 m + N.A.P. zou in 1908 naar schatting 110 mg/l in het water aanwezig zijn geweest en in 1938 naar schatting gemiddeld (van LW en HW) 2000 mg/l.

Verdere onderzoekingen toonden aan dat er in 1938 bij een stand van 8.11 m + N.A.P. te Lobit (laagst bekende stand) gemiddeld nog gedurende 6 uren per getij zoet water bij de brug van Spijkenisse aanwezig was, bij den gemiddelden stand van 11.16 m + N.A.P. gemid-



Rijkswaterstaat der Benedenrivieren

Fig. 10. Kromme aangevende het verband in 1938 tusschen den stand te Lobit en het aantal zoutvrije uren bij de brug te Spijkenisse.

deld nog gedurende 10 uren terwijl bij den stand van 12 m + N.A.P. te Lobit het zoute water de brug slechts even bereikte (zie fig. 10).

Vergelijkt men deze getallen met de gegevens van 1908, die aangeven dat het zoute getij in dat jaar, uitgezonderd bij een drietal stormdagen, nimmer tot de brug is doorgedrongen, dan blijkt ook hier een sterke toeneming van den invloed der zee.

## § 12. De ligging van de zoutgrenzen in 1938

Hoewel de ligging der zg. zoutgrenzen aan sterke schommelingen onderhevig is, hebben wij in fig. 11 getracht een pendant te geven van het door Ramaer in 1908 gepubliceerde kaartje (zie fig. 2).

Op de noordelijke benedenrivieren moesten deze grenzen ten opzichte van die van 1908 zoowel bij HW-kentering als bij LW-kentering rivier-opwaarts verschoven worden geteekend, namelijk op de

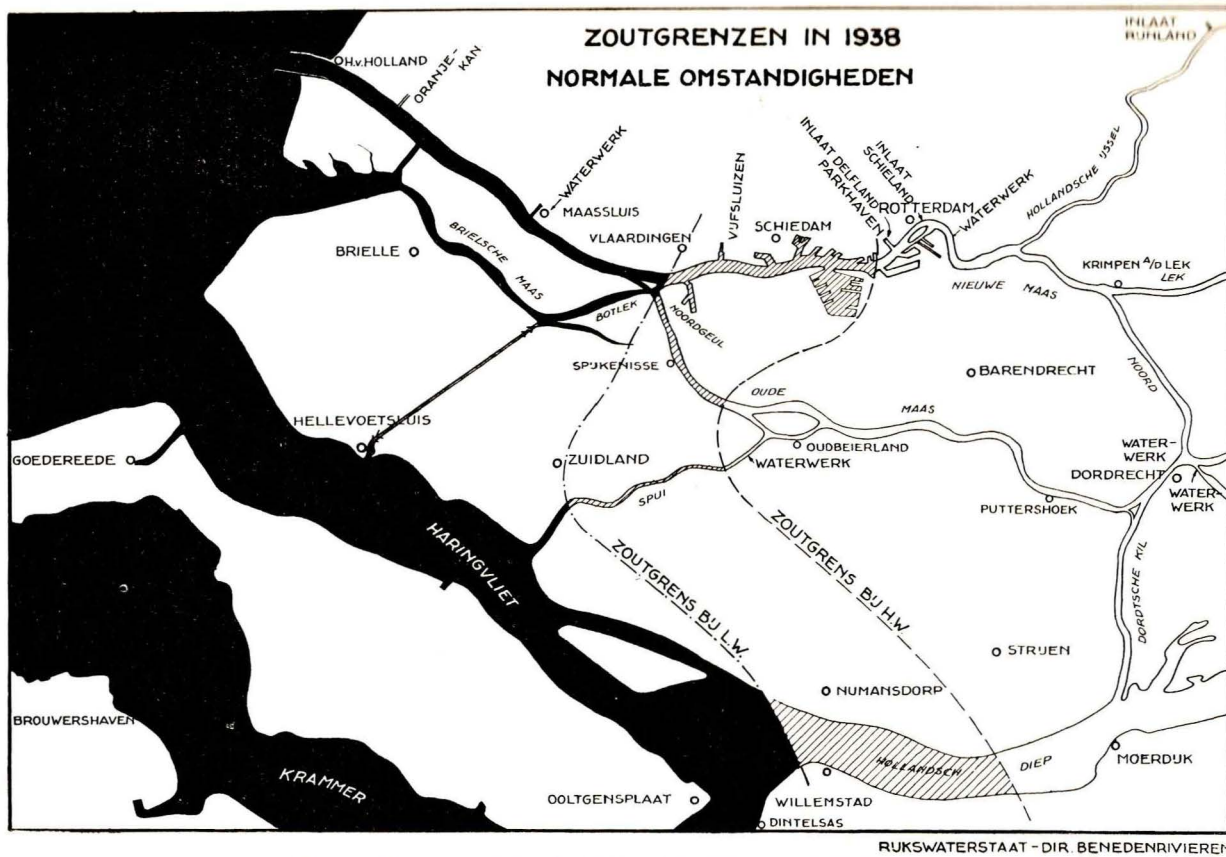


Fig. II. De zoutgrenzen in de benedenrivieren omstreeks 1938.

Nieuwe en Oude Maas beide ongeveer 7 km. Per jaar dus een gemiddelde verplaatsing van  $\pm 230$  m.

Evenals bij het kaartje van 1908 kan ook thans geen juiste definitie van deze grenzen worden gegeven; men kan echter ongeveer aannemen dat de gemiddelde chloorgrens van 300 mg/l is aangehouden.

Op het Hollandsch Diep veranderde betrekkelijk weinig in de ligging van de zoutgrens. Weliswaar zijn er slechts weinig recente en oude metingen bekend, doch voldoende om deze uitspraak te rechtvaardigen. Ook op het Spui verandert weinig.

### § 13. Factoren die het chloorgehalte der benedenrivieren beïnvloeden

De vraag of men de ligging van de zoutgrenzen op de benedenrivieren in de toekomst in gunstigen zin zal kunnen beïnvloeden voert tot de vraag: welke zijn de invloeden die van nature of door het ingrijpen van de menschen hierop werkzaam zijn?

Het mechanisme van de zoutwaterbeweging in benedenrivieren is

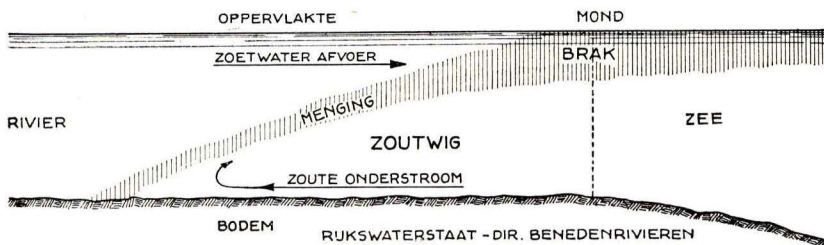


Fig. 12. Schematische voorstelling van een zoutwig in den mond van een benedenrivier. Men lette op den landwaarts gericht stroom van zout water langs den bodem en op de menging (brakwatervorming) aan de bovenzijde van de wig.

vrij ingewikkeld. Door het grooter soortelijk-gewicht wordt in normale riviermonden zonder getij en met voldoende diepte in den mond een zg. zoutwig gevormd (fig. 12). Men kan zich nu voorstellen dat de zoutwig door de eb- en vloedbeweging heen en weer trekt en krijgt dan een tamelijk goed denkbeeld van hetgeen er in hoofdzaken werkelijk gebeurt. Met den vloed wordt de wig op den Waterweg gemiddeld ongeveer 15 km in landwaartsche richting verplaatst, met de eb evenveel in zeewaartsche richting.

Er is echter een factor die de zaak veel ingewikkelder maakt en dat is de *menging* van het zoute en het zoete water, dus het vormen van brakwater. Denkt men zich weer een rivier zonder getijwerking, dan mengt zich het over de bovenzijde van de wig stroomende zoete water met het zoute, zoodat de overgang tusschen zoet en zout niet scherp, doch sterk verdoezeld is. Doordat dus zout water uit de wig in de bovenste lagen van den riviermond als brakwater tot afvoer komt, moet, wil de wig in stand blijven, een zoutwatertoevoer aan den bodem plaats vinden, in den geest zooals in fig. 12 is geschetst.

In dit principe brengt ook de eb- en vloedbeweging geen verandering. In den mond van den Waterweg overheerscht dan ook, blijkens uitgevoerde metingen, nabij den bodem de vloedstroom (zout) den ebstroom, niettegenstaande per dag door den mond gemiddeld ruim 70 miljoen m<sup>3</sup> Rijnwater wordt afgevoerd.

Bij groote rivierafvoeren heeft de wig een steil bovenvlak, bij lage rivierafvoeren een zwak hellend, zoodat zij dan langer is en met de punt verder landwaarts komt te liggen. Ook ligt in diepe rivieren de wiggpunt verder landwaarts dan in ondiepe, terwijl bij groote getijverschillen, zooals bij springtij het geval is, de wig ver landwaarts trekt. Dit zijn echter alle slechts invloeden die op zichzelf niet zeer belangrijk zijn. Een verdieping van de rivier met één meter zal de „punt” van de wig op den Waterweg weinig meer dan een km landwaarts doen gaan.

Het is duidelijk dat de *menging* van het zoute en het zoete water de belangrijkste factor is. Zonder menging zou het oppervlaktewater stroomopwaarts van een punt op 15 à 20 km van den mond gelegen (iets boven Maassluis) nimmer zout kunnen worden en zou bij LW zelfs bij Hoek van Holland het oppervlaktewater zoet moeten zijn. In plaats van iets boven Maassluis ligt de HW-zoutgrens echter bij Rotterdam en in plaats van bij Hoek van Holland ligt de LW-zoutgrens bij Vlaardingen. Deze verschillen zijn uitsluitend een gevolg van de menging, dus van de vorming van brak water.

Op den Waterweg is in verhouding tot andere benedenrivieren betrekkelijk veel gemengd (brak)water. De overgang van zeewater op zoet water is er lang en zeer geleidelijk, zooals bv. uit fig. 13 valt af te leiden. In de periode 18 September—3 October 1933 waren de lijnen van gemiddeld zoutgehalte voor gemiddeld 14 ‰ (half brak) en 2 ‰ (weinig brak) bij HW ongeveer 10 km van elkaar verwijderd, terwijl bij LW zelfs de grenzen van 2 ‰ en 1/2 ‰ op een afstand van 7 km van elkaar lagen<sup>2)</sup>. Stroomopwaarts loopen de lijnen van gelijk zoutgehalte der brakwaterzône dus hoe langer hoe verder van elkaar. De afstand tusschen volkomen zout water (zeewater) en volkomen zoet (rivier)water is op den Waterweg dikwijls meer dan 25 km.

Bij de bestrijding van het zoutbezwaar rijst natuurlijk in de eerste plaats de vraag hoe deze zeer lange brakwaterzône (Maassluis-Rotterdam) verkort zou kunnen worden of m.a.w.: hoe de menging zooveel mogelijk kan worden tegengegaan; het vak beneden Maassluis is op deze wijze niet te helpen, daar Maassluis binnen den afstand van een normalen vloedweg uit zee is gelegen.

Gaan wij na wat de waarnemingen ons omtrent deze menging leeren dan kan men de volgende algemeene regels opsommen:

1. Bij vermindering van den afvoer van het opperwater dringt het zout spoedig stroom-opwaarts, de brakwaterzône zet zich dus uit; bij groote afvoeren krimpt de brakwaterzône in. De verklaring hier-

2) 1 ‰ zoutgehalte komt overeen met 600 mg chloor per liter.

voor is dat bij kleine afvoeren de zoutwig lang is, het bovenoppervlak ervan wordt dus groot en dus is ook de menging groot. Voorts blijft het water langer dan normaal in den Waterweg met eb en vloed heen en weer trekken; er is als het ware te weinig verversching.

2. Bij langen duur van de periode gedurende welke de rivierafvoer gering is kruipt het zout gestadig stroomopwaarts. Tijdens de her-

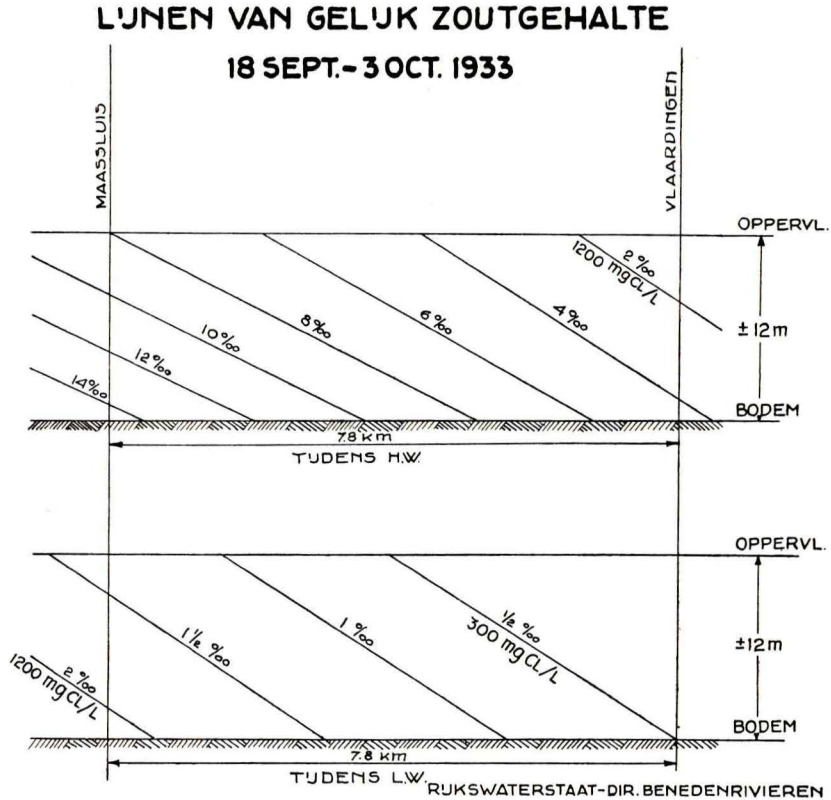


Fig. 13. Gemiddelde zoutgehalten (soortelijke gewichten) op den Waterweg tijdens H.W. en tijdens L.W. kentering in de periode 18 Sept.—3 Oct. 1933. De lijnen van gelijk chloorgehalte liggen aan het boveinde der brakwaterzone (Vlaardingen) ver uit elkaar. De algemeene helling der lijnen van gelijk zoutgehalte bedroeg 1 : 400.

haalde eb- en vloedbeweging treedt er meer menging op; er is dan voortdurend weinig verversching.

3. Bij oostelijke winden wordt het zoete of slechts weinig brakke oppervlaktewater zeewaarts geblazen en hierdoor wordt een extra onderstroom verwekt van zout water in landwaartsche richting (superpositie). De wig wordt dan dus langer, waardoor de menging in sterkere mate plaats heeft.

4. In de open havens en in de velden tusschen de kribben in het brakwatergebied blijft bij eb zout water achter dat zich tegen het einde van de eb met het dan zoete rivierwater vermengt (zie § 14).

5. Scheepvaart, vooral van de diepgaande schroefschepen, vermengt het zoute en het zoete water.

6. Rivierturbulentie ten gevolge van kribben, onderwaterkribben, scherpe bochten, e. d. helpt ook mede het water te mengen.

§ 14. Mogelijkheden om de menging (brakwater-  
vorming) tegen te gaan

Indien een benedenrivier als de Waterweg een volkomen regelmatig loop en een even regelmatig dwarsprofiel bezat — zonder kribben, kribvakken, havenkommen of zijrivieren — en er bovendien geen scheepvaart was, zou zeer veel van het zoute water, dat bij vloed in den mond naar binnen komt, bij eb weder naar buiten moeten stroomen. Niet alles, daar de wrijving over het bovenvlak van de zoutwig toch steeds menging veroorzaakt en deze wig op een rivier als de Waterweg met zijn groote diepte en geringe gemiddelde verhangen niet geweerd kan worden<sup>3)</sup>.

Voorals diepe open havens in het zout- en brakwatergebied zijn ware condensatoren van het zout. Metingen verricht in 1934 o.a. in de Petroleumhaven te Pernis, hebben aangetoond dat tijdens HW het zich op den bodem der rivier bevindende water met een hoog zoutgehalte (dus zwaar) in de haven trekt en dat dit er eerst weer uittrekt tegen het einde van de eb. De daarna opkomende vloed voert het zout dus spoedig verder stroomopwaarts. Vindt dit zoute water bij het daarop volgend HW een andere haven dan trekt het daar weder in, komt er bij LW wel uit, doch wordt met den nieuwen vloed weer verder stroomop getransporteerd. Zoo kan een zoutwaterdruppel vooral bij den bodem ver landwaarts trekken.

Fig. 14 geeft een leerzaam voorbeeld van twee langs electrischen weg verkregen registraties van chloorgehalten, respectievelijk van de Oude Maas en van de Nieuwe Maas, beide genomen ongeveer 5 km boven haar punt van samenkomst (Westgeul). De Oude Maas is een rustige rivier zonder havens en met slechts weinig scheepvaart en weinig kribvakken; de Nieuwe Maas daarentegen heeft veel havens en is bovendien veel onrustiger door de scheepvaart. Men ziet hoe de chloorgehalten van de Oude Maas (bij de brug van Spijkenisse) plotseling stijgen zoodra de vloed voldoende ver doordringt en hoe zij later bij het weer wegtrekken van dit vloedwater weer snel dalen. Men

3) In de literatuur vindt men hieromtrent weinig gegevens. Volgens mijn ervaring bestaan in het buitenland wel rivieren die aan het eind van den eb-stroom in den mond zoet oppervlaktewater hebben, doch dat zijn alleen die met weinig getijwerking, groot verhang, geringe diepte en zwakke vloedstroomen. Het zout blijft dan zeewaarts van den buitendrempel.

In rivieren met breede getijmonden en weinig oppervlatafvoer, zooals de Schelde, dringt het zout wegens de groote natuurlijke turbulentie (vele geulen, sterken golfslag en zeer geringe verversching met zoet water) bijzonder ver landwaarts.

heeft dus hier een scherpe zoutgrens die met eb en vloed heen en weer trekt. Op de Nieuwe Maas (bij Vlaardingen) is deze grens zeer verdoezeld; de veranderingen in chloorgehalten geschieden slechts geleidelijk. Geen wonder dat het brakke water verder de Nieuwe Maas op trekt dan de Oude Maas.

Een vermeerderde toevoer van zoet Rijnwater naar de Nieuwe Maas zou de lange brakwaterzône op die rivier doen inkorten. Het is algemeen bekend en wordt ook steeds door de metingen bevestigd dat

#### VOORBEELD VAN DE REGISTRATIE VAN HET CHLOORGEHALTE

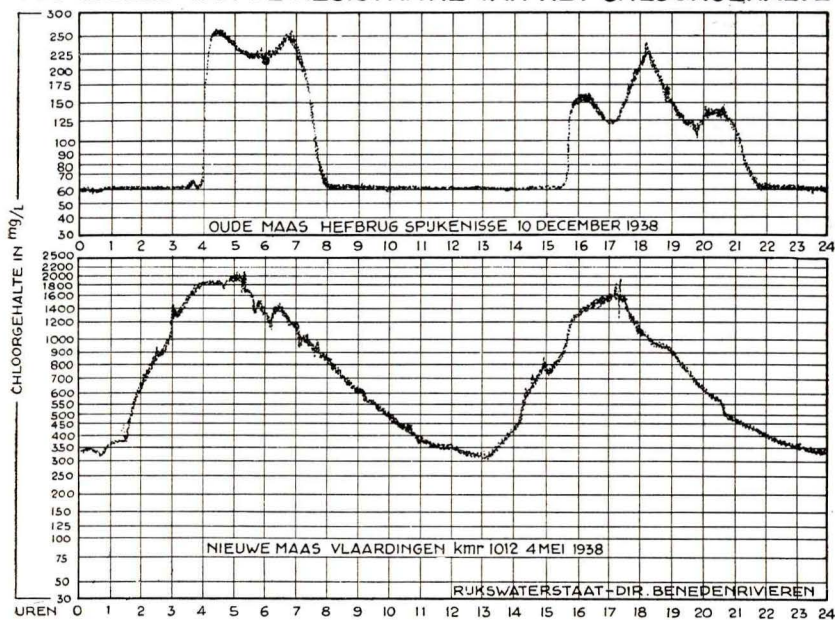


Fig. 14. Voorbeelden van registraties van chloorgehalten op een weinig gemengde benedenrivier (Oude Maas) en op een sterk gemengde benedenrivier (Nieuwe Maas). Bij de eerste is de zoutgrens scherp (brakwaterzône kort), bij de laatste wordt het water tijdens vloed slechts langzaam zouter (brakwaterzône zeer lang).

zoodra de Rijnafvoer toeneemt, de brakwatergrens onmiddellijk zee- waarts trekt. Men zie hiervoor ook fig. 15, waaruit het verband tus- schen den afvoer van den Rijn bij Arnhem en het chloorgehalte bij de Vijfsluizen en bij de Parkhaven gemakkelijk valt te constateeren. Bij een toeneming van den Rijnafvoer van  $300 \text{ m}^3/\text{sec.}$  (= 26 miljoen  $\text{m}^3$  per dag) tot  $1000 \text{ m}^3/\text{sec.}$  (= 86 miljoen  $\text{m}^3$  per dag) zakt het chloor- gehalte bij de Vijfsluizen van  $\pm 600 \text{ mg/l}$  tot ongeveer  $100 \text{ mg/l}$ .

Het stemt echter tot nadenken wanneer men uit de afvoermetingen vindt dat sedert 1908 een krachtige vermeerdering van zoetwaterafvoer op de Nieuwe Maas-Waterweg heeft plaats gehad terwijl niettegen-

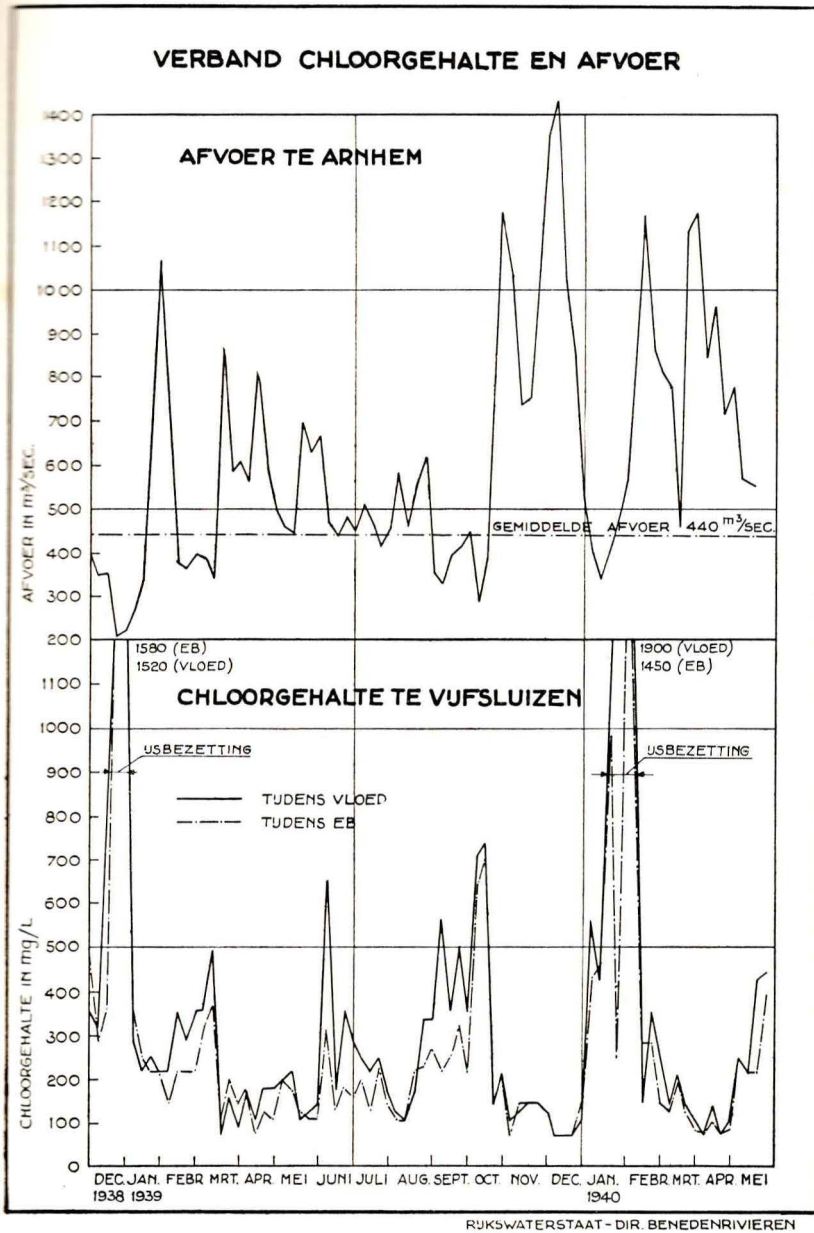


Fig. 15. Verband tusschen den afvoer van den Rijn te Arnhem en het chloorgehalte te Vijfsluizen. Zoodra de afvoer van opperwater toeneemt daalt het chloorgehalte zeer aanmerkelijk. Ijsbezetting doet het zoutgehalte sterk toenemen.



staande dat, toch de brakwaterzône zich zoover landwaarts heeft uitgebreid. In 1908 had het Scheur een opperwaterafvoer van ongeveer 28 miljoen m<sup>3</sup> per getij, thans (1938) kan deze gesteld worden op 36 miljoen dus een toeneming van 100 op 128. De opperwaterafvoer van de Oude Maas nam in deze periode toe van ongeveer 8 op 11 miljoen m<sup>3</sup> per getij dus in de verhouding 100 : 138; voor de Nieuwe Maas steeg deze afvoer van 26 op 34 miljoen m<sup>3</sup> d. i. 100 : 130. De snelheden namen op den Waterweg hierdoor in het algemeen niet of slechts weinig toe, daar de profielen in verhouding werden verruimd; op de Nieuwe Maas namen om dezelfde reden de snelheden zelfs af. De geconstateerde verzilting van den Waterweg kan dus niet op rekening van een grooteren vloedweg en ook slechts voor een betrekkelijk klein deel op die van een sterk vergrootte diepte worden gesteld, doch moet voornamelijk worden gezocht in de grootere menging. Er is sedert 1908 meer turbulentie in het water (scheepvaart) en er zijn meer havens die het zout vasthouden; in verband met de grootere hoeveelheden water die per getij thans heen en weer gevoerd worden, is de strooming ook onrustiger dan vroeger (immers hoe ruimer mond hoe meer menging — vergelijk den Scheldemond —) en deze mengingsinvloeden waren blijkens de meetresultaten belangrijk krachtiger dan de vermeerdering van den opperwaterafvoer met ongeveer 30 %. Hiermede is nog niet aangetoond dat een vermeerderde toevoer van zoet opperwater slechts weinig invloed heeft op de chloorgehalten van de benedenrivier, neen, deze is volgens fig. 15 en ook volgens de figuren 7, 8, 9 en 10 zelfs zeer belangrijk. Evenwel was de toeneming van den mengingsinvloed sedert 1908 belangrijker.

In het algemeen ziet het er dus wat betreft ons vermogen om de bestaande menging op den Waterweg tegen te gaan niet zeer rooskleurig uit. Wij zouden, hoewel dit weinig zou helpen, den loop van den Waterweg regelmatigere kunnen maken door het wegnemen van een enkele te scherpe bocht (bij Maassluis), wij zouden de Petroleumhaven en andere in het brakwatergebied liggende havens van sluizen kunnen voorzien (grootte bezwaren!) en ten slotte kunnen wij de Noord en de Beneden Merwede zoodanig verruimen, dat meer zoet water langs Rotterdam stroomt. Vooral dit laatste middel zal wel te baat moeten worden genomen, ook al in verband met de waarschijnlijkheid dat van de Nieuwe Maas meer zoet water voor de verversching van het boezemwater van Zuidholland beschikbaar zal moeten worden gesteld. Het zou zeer onaangenaam zijn indien de zoutgrens in de toekomst zoodanig stroomop zou trekken dat zij tot boven den mond van den Hollandschen IJsel kwam, daar uit deze rivier vele der laagliggende polders van Rijnland, Schieland en Krimpenerwaard in droge tijden gevoed worden of gevoed kunnen worden. Gezien de hier gegeven grafieken, die eerder op een steeds sterkere toeneming dan op een constante toeneming van het zoutgehalte duiden (fig. 7 bv.) zullen naar het schijnt krachtige maatregelen genomen moeten worden om de thans bestaande grens te handhaven. Een terugdringing van het zout zal waarschijnlijk bezwaarlijk gaan. Er zou reeds veel gewon-

nen zijn indien wij de lijnen van fig. 7, die thans een oplopende richting hebben, konden dwingen tot een horizontaal verloop.

### § 15. De zoetwaterhuishouding van Nederland

Nu wij in den loop der jaren meer besef hebben verkregen van het voor het westelijk deel van ons land lang niet denkbeeldig verziltingsgevaar, wordt het tijd dat wij ons gaan bemoeien met de vraag of voor de toekomst in tijden van groote droogte voldoende *hoeveelheden* zoet water beschikbaar zijn en hoe de beschikbare hoeveelheden Rijnwater (over de *gehalten* van het Rijnwater werd reeds in § 5 gesproken) over het zuiden, het noorden en het midden van ons land verdeeld moeten worden.

Het IJsselmeer vraagt 's zomers vele millioenen m<sup>3</sup> zoet water, Amsterdam vraagt er vele millioenen voor de doorspuiging van zijn grachten, Noordholland wenscht terecht een goede verversching van het Noordzeekanaal en van zijn boezemwaters en laagliggende poldersloten, Rijnland kan geen zout in zijn diepe polders verdragen o.a. wegens de bloemencultuur en eischt dus zijn aandeel, Delfland met zijn vele tuinderijen mag zeker ook niet te kort komen en op Voorne is de nood reeds zoo hoog gestegen dat een algemeene verarming dreigt. Daarbij komen dan nog de hoeveelheden, die in steeds toenemende mate voor de drinkwatervoorziening beschikbaar moeten worden gesteld. Men zal dus in droge tijden wellicht moeten komen tot een distributie van zoet water.

In tijden van groote droogte, zooals bv. in 1921 eerst gedurende 35 dagen en kort daarna gedurende nog 38 dagen (gelukkig in den herfst) voorkwamen, voert de Lek slechts weinig water, en dan nog van een hoog Cl-gehalte, af. Gedurende een periode van 14 dagen was toen de afvoer gemiddeld 93 m<sup>3</sup>/sec. Een gebied als Rijnland laat thans 0.132 m<sup>3</sup>/sec. per 1000 ha tijdens zeer droge tijden in en wenscht voor de naaste toekomst 0.22 m<sup>3</sup>/sec. per 1000 ha. Daar Rijnland met het Grootwaterschap Woerden 122 000 ha telt, vraagt dit Hoogheemraadschap dus 27 m<sup>3</sup>/sec., of ruim een vierde deel van den Lekafvoer bij groote droogte. Rekent men op deze basis ook Delfland, Schieland, Krimpenerwaard en het lage deel van Utrecht mede, dan moeten in het geheel ongeveer 250 000 ha van water worden voorzien en is er dus noodig  $250 \times 0.22 = 55$  m<sup>3</sup>/sec. Dit zou in droge tijden dus wel door de Lek kunnen worden geleverd, doch dan moet daarbij wel worden bedacht, dat het zout op de benedenrivieren bij een afneming van het Lekwater van 93 op 38 m<sup>3</sup>/sec. zeer snel en zeer ver stroomopwaarts zou trekken en dat dus het waterwerk van Rotterdam en de inlaatsluizen van Delfland, Schieland en Rijnland in het brakwatergebied zouden komen te liggen.

Ruw gemeten hebben wij in ons land ongeveer 1 millioen ha laagliggend land en water, dat in tijden van droogte met Rijnwater „door-geespoeld” zou moeten worden. Rekent men daarvoor weder het cijfer 0.22 m<sup>3</sup>/sec. per 1000 ha, dan is noodig  $1000 \times 0.22 = 220$  m<sup>3</sup>/sec. Hierbij komt nog de drinkwatervoorziening, waarvoor een hoeveelheid

van 1 miljoen m<sup>3</sup> per etmaal of 11 m<sup>3</sup>/sec. geschat is door de desbetreffende Commissie voor het westen des lands, zoodat omstreeks het jaar 2000 te rekenen is op een benoodigde hoeveelheid zoet water van rond 230 m<sup>3</sup>/sec.

Volgens een empirische frequentiekromme heeft men eens per eeuw kans op een geringen gemiddelden afvoer van den Rijn te Lobit gedurende 14 achtereenvolgende dagen van  $\pm 700$  m<sup>3</sup>/sec. Dit was o.a. het geval in 1921. Hoewel dit bedrag — althans indien het Rijnwater van voldoende laag Cl-gehalte is — genoeg is voor de watervoorziening van het lage deel van ons land, zoo moet toch weder in aanmerking genomen worden dat de scheepvaart ook haar eischen stelt en dat een vermindering van den afvoer in de verhouding van 700 op 470 de zoutgrens op onze benedenrivieren sprongsgewijze en zeer ver stroomopwaarts, waarschijnlijk tot voorbij Puttershoek en Krimpen, zou doen verplaatsen.

#### § 16. Mogelijkheden om aan de verzilting van ons polderland weerstand te bieden

De noodzakelijkheid, zoo niet voor onmiddellijk dan toch voor de naaste toekomst, om aan de bedreiging van het zout het hoofd te bieden, voert ons tot de volgende mogelijkheden om ons tegen het zout te verweren:

1. Wij kunnen de kustlengte gaan verkorten en bovendien de zg. zoute sluizen gaan verbeteren en zodoende dus de kwel en den lek van zout water doen afnemen. De afsluiting van de Zuiderzee verkortte ons kustlijn van ongeveer 1500 km tot ongeveer 1150 km; vroeger werd deze kustlijn ook de eeuwen door steeds verkort, terwijl nog eenige mogelijkheden bestaan om dit nuttig werk te vervolgen. Voorts heeft men bij Zuiderzeewerken een plan ontworpen om tijdens het schutten van schepen door sluizen in den afsluitdijk minder zout naar binnen te krijgen en bestaan er ook plannen om voor andere „zoute schutsluizen” het lekwater te bestrijden. Sommige schutsluizen kunnen wat dit aangaat nog belangrijk worden verbeterd.

2. Zooals de Commissie „Drinkwatervoorziening W. d. L. 1940” aanraadt, kunnen onderhandelingen worden geopend met buurstaten en dan daarbij mogelijk worden bedongen, dat in tijden van droogte het Rijn-, Maas-, Vecht- en ander water niet boven een bepaald chloor-gehalte, bv. 150 mg/l, uitkomt.

3. Het Rijnwater kunnen wij, desnoods met behulp van stuwen, zoodanig distribueeren en het misschien zelfs voor een deel in onze meren oppotten, dat wij met zuinig beheer een zwaren drogen tijd kunnen doorstaan. (Dit is een reden om niet al onze meren droog te leggen).

4. Misschien kunnen regenwaterreservoirs worden aangelegd, bv. op Schouwen en op andere plaatsen, die van zoet water verstoken zijn. (Er bevinden zich te Schouwen aan de zuidkust reeds bassins in den vorm van verlaten inlaagpolders, die mogelijk voor het doel geschikt zijn. Bij veel regen zullen sommige der slooten zoet water bevatten en dit kan dan in de reservoirs worden gepompt).

Hoewel deze mogelijkheden eenige uitkomst tot in een betrekkelijk ver verschiet in het vooruitzicht stellen, is en blijft het zoutprobleem voor ons land een vrij netelige kwestie. Onze afhankelijkheid dienaangaande van het buitenland, de daling van onzen bodem t.o.v. den zeespiegel, onze uit den bevolkingsaanwas voortvloeiende noodzakelijkheid, en ook ons verlangen om van het toch zoo vruchtbare lage land te maken wat er van te maken is, dit alles maakt dat het waarschijnlijk noodig zal zijn belangrijke stappen te doen ten einde de toekomst voorloopig veilig te stellen. Noodig zal in de eerste plaats zijn, dat in tijden van droogte aanzienlijk meer Rijnwater langs Rotterdam wordt gevoerd. Dit kan echter moeilijk anders dan door het Hollandsch Diep in zulke tijden minder zoet water te geven, hetgeen op zichzelf geen groot bezwaar schijnt, doch kostbare werken zal vorderen.

### LITERATUUR

- 1 Rapport der Commissie van advies inzake de watervoorziening van de gemeente Delft. 1 Febr. 1909.
  - 2 Nota betreffende het zoutgehalte der Nederlandsche benedenrivieren van Rijkswegen waargenomen in 1907 en 1908.
  - 3 Zuur, A. J.: Over de ontzilting van den bodem in de Wieringermeer. Diss. 1938.
  - 4 Schreven, D. A. van: De gezondheidstoestand van de aardappelplant onder den invloed van 12 elementen. Diss. 1939.
  - 5 Rapport van de Commissie „Drinkwatervoorziening Westen des Lands 1940”. (Algemeene Landsdrukkerij, 1940).
  - 6 Rapport 1940 inzake de Watervoorziening van Amsterdam.
-