

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK T.N.O.

VERSLAGEN EN MEDEDELINGEN No. 7

VERSLAG VAN DE
TECHNISCHE BIJEENKOMST

16

TNO

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK T.N.O.

VERSLAGEN EN MEDEDELINGEN NO. 7

VERSLAG VAN DE
TECHNISCHE BIJEENKOMST

16



NEDERLANDSE CENTRALE ORGANISATIE
VOOR TOEGEPAST NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK

VERSL. MEDED. COMM. HYDROL. ONDERZ. T.N.O. No. 7 - 'S-GRAVENHAGE - 1962

ERRATUM

Versl. Meded. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O. No. 7, blz. 120, tabel 5, laatste regel moet luiden:

Totaal		15 mrt - 30 okt.		95,6		85,4		— 10,2
--------	--	------------------	--	------	--	------	--	--------

COMMITTEE FOR HYDROLOGICAL RESEARCH T.N.O.

PROCEEDINGS AND INFORMATIONS NO. 7

PROCEEDING
OF THE TECHNICAL MEETING
16

WITH SUMMARIES IN ENGLISH



FUNCTIES VAN DE INLEIDERS TEN TIJDE VAN DE
TECHNISCHE BIJEENKOMST

IR. C. BIEMOND	Directeur Gemeentewaterleidingen, Amsterdam.
PROF. DR. H. P. BERLAGE	Wetenschappelijk hoofdambtenaar A aan het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, de Bilt. Buitengewoon hoogleraar aan de Rijksuniversiteit te Utrecht.
DR. L. J. L. DEIJ	Directeur afd. Klimatologie en Landbouwmeteorologie van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, de Bilt.
IR. H. VAN WIJNGAARDEN	Ingenieur 1e klasse voor de afd. Studiedienst van de Directie Bovenrivieren, Rijkswaterstaat, Arnhem.
IR. P. STELLING	Directeur-hoofdingenieur van de Provinciale Waterstaat van Groningen, Groningen.
IR. K. C. ZIJLSTRA	Hoofdingenieur bij de Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland, 's-Gravenhage.
DR. IR. C. VAN DEN BERG	Directeur van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
IR. J. H. BELTMAN	Wetenschappelijk hoofdambtenaar aan het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 's-Gravenhage.

INHOUD

Woord vooraf	7
I. De aard van het meteorologische patroon, dat lente en zomer 1959 kenmerkte, H. P. BERLAGE	10
Summary	10
1. Inleiding	11
2. De windfrequenties	13
3. Het voorkomen van blokkades	16
4. Vergelijking van de jaren 1959 en 1921	20
5. Slotbeschouwing	22
II. De uitzonderlijkheid van lente en zomer 1959 in klimatologisch-statistisch opzicht, L. J. L. DEIJ	24
Summary	24
1. Inleiding	27
2. De normale verdeling van neerslag en verdamping over Nederland	27
3. De verdeling van neerslag en verdamping in 1959 over de maanden mei tot en met september	33
4. Verdere beschouwing van het droge jaar 1959 aan de hand van gegevens voor het station de Bilt	37
5. Enkele andere droge jaren in deze eeuw, gezien aan de hand van gegevens voor het station de Bilt	39
6. Frequentiestatistieken van de verschillen $R-V_0$ en $R-0,65 V_0$ voor het station de Bilt	41
7. Samenvatting	44
Literatuur	45
III. Het afvoerregime van de Rijn en zijn takken in 1959, H. VAN WIJNGAARDEN	46
Summary	46
1. Inleiding	47
2. Waarschijnlijkheid van onderschrijding van het afvoerbeeld 1959	51
3. Verdeling van Bovenrijnafvoeren over de Rijntakken	56
4. De invloed van lage Rijnafvoeren op de scheepvaart	59
5. Wijziging van de IJsselafvoer in 1959 bij Rijnkanalisatie	64
IV. De invloed van de droogte in 1959 op kanalen en boezemwateren in Friesland, Groningen, Drente, Overijssel en Noordholland ten noorden van het Noordzee- kanaal, P. STELLING	66
Summary	66
1. Inleiding	67
2. Wateronttrekking aan het IJsselmeer	68

a. Noordholland	69
b. Friesland en Groningen	70
c. Het veenkoloniale gebied	72
d. Drente	74
e. Overijssel	75
3. De kwaliteit van het water	76
4. De waterbalans van het IJsselmeer in 1959	78
5. Slotbeschouwing	80
V. Waterinlaat en waterverversing in en door de boezems van West-Nederland in 1959, K. C. ZIJLSTRA	82
Summary	82
1. Inleiding	83
2. De noodzaak van doorspoeling en wateraanvulling op de boezems	85
3. De benodigde waterhoeveelheden	87
4. De waterbehoefte voor peilbeheersing	89
5. De waterbehoefte voor boezemverversing	92
a. Rijnland	93
b. Delfland	98
c. De Brielse Maasboezem	99
d. Het Lingegebied	100
e. Andere gebieden	103
6. Wateraanvoer en waterverdeling	103
7. Conclusies	106
VI. Enige landbouwkundige aspecten van de droogte in 1959, C. VAN DEN BERG	107
Summary	107
1. Inleiding	108
2. Opbrengst en waterverbruik	108
3. Waterverbruik en water in de grond	109
4. Waterbalansstudie met behulp van lysimetergegevens	113
5. Economische produktie in 1959 in veenweidegebieden	116
6. Gevolgen van de droogte voor zandbedrijven	119
7. Resultaten voor de Nederlandse landbouw	122
8. Conclusies	125
Literatuur	126
VII. Het droge jaar 1959 in relatie tot waterleidingbelangen en grondwaterstanden, J. H. BELTMAN	127
Summary	127
1. De waterleidingbelangen	128
2. Waterverbruik en waterproduktie	129
3. De grondwaterstanden	132

WOORD VOORAF

Het droge jaar 1959 is in verschillende opzichten een opmerkelijk jaar geweest en zal vermoedelijk in meerdere of mindere mate rekengrootheid worden bij tal van hydrologische vraagstukken. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de 16e Technische Bijeenkomst van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O., gehouden op 2 en 3 november 1960 te Noordwijk, geheel aan dit onderwerp gewijd is geweest.

Professor Berlage en Dr. Deij hebben de aandacht gevestigd op de uitzonderlijke positie van lente en zomer 1959 in klimatologisch opzicht. Ir. van Wijngaarden, Ir. Stelling en Ir. Zijlstra hebben een analyse gegeven van de invloed van de droogte op respectievelijk het afvoerregime van de Rijn, de kanalen en boezemwateren in Noord-Nederland en de waterverversing in West-Nederland. Tenslotte hebben Dr. van den Berg en Ir. Beltman de consequenties geschetst voor de landbouw- en waterleidingbelangen.

Omdat het programma van deze bijeenkomst reeds zeer uitgebreid was, kwam de nadruk bij de behandeling vooral op klimatologisch en waterstaatkundig gebied te liggen. Het aspect van de kwaliteit van het rivierwater kon slechts incidenteel aangeroerd worden. Het leek daarom nuttig op deze plaats erop te wijzen, hoezeer de opgetreden lage afvoer van de Rijn geleid heeft tot hoge concentraties van de verontreinigingen die in het water van deze rivier voorkomen.

In de figuren op blz. 9 zijn ter documentatie enige grafieken gegeven die hierop betrekking hebben. Zij geven - voor het jaar 1959 - het verloop weer van vier kenmerkende verontreinigingsindices voor het Rijnwater, nl. het chloridegehalte, het zuurstofverzadigingspercentage, het ammoniakgehalte en het kalium-permanganaatverbruik.

Het chloridegehalte, maat voor de verzouting van de rivier, steeg boven de 300 mg/l en was gedurende het gehele vierde kwartaal in de nabijheid van deze waarde.

De zuurstofverzadiging was in de tweede helft van het jaar bijna voortdurend kleiner dan 50 % en bereikte een laagste waarde van 33 %, terwijl dit cijfer voor een gezonde rivier niet beneden de 70 % behoort te dalen.

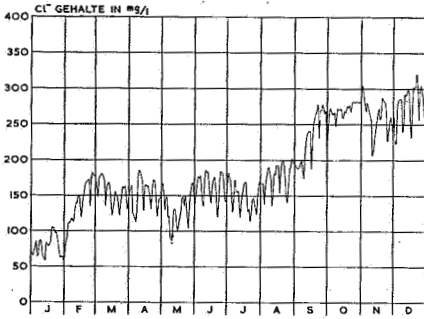
Het ammoniakgehalte was in het vierde kwartaal buitengewoon hoog en bereikte een maximum waarde van 6,2 mg/l. Dergelijk water heeft voor regeneratie tientallen milligrammen zuurstof per liter nodig en het oxydatieproces verloopt in die tijd van het jaar slechts langzaam.

Het kalium-permanganaatverbruik tenslotte bereikte in het vierde kwartaal eveneens een zeer hoge waarde, nl. 50 mg/l.

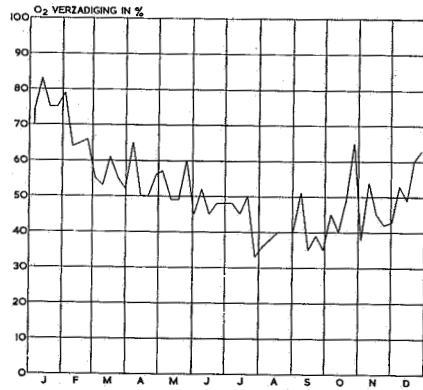
Uit de voordrachten en de daaropvolgende discussies is niet alleen gebleken dat deze toeneming van de zoutafvoer en de algemene achteruitgang van de kwaliteit van het rivierwater zorgen baren voor de toekomstige waterhuishouding, maar ook dat er toenemende moeilijkheden zijn te verwachten om te voorzien in de waterbehoefte voor de landbouw, de verversing en de peilbeheersing. Contact met de meteorologen om te komen tot een systeem van waarschuwingen op lange termijn zal hierbij voor de grote waterbeheerders van belang kunnen zijn.

Het is verheugend dat het wederom mogelijk gebleken is te komen tot een verantwoorde publikatie van de tijdens de 16e Technische Bijeenkomst gehouden voordrachten.

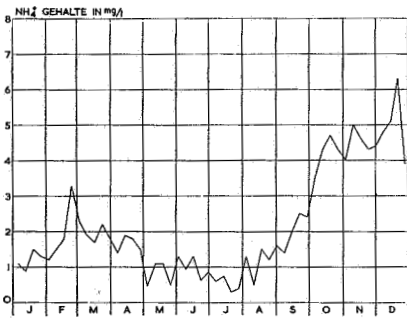
BIEMOND,
Voorzitter 16e Technische Bijeenkomst.



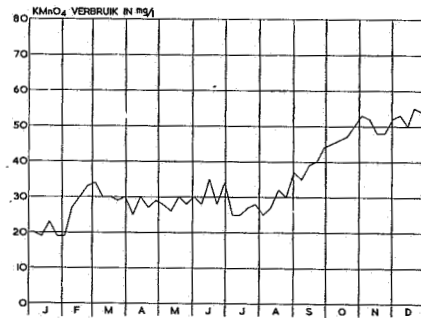
Chloridegehalte in de Lek te Vreeswijk gedurende het jaar 1959



Zuurstofverzadigingspercentage in de Lek te Vreeswijk gedurende het jaar 1959



Ammoniakgehalte in de Lek te Vreeswijk gedurende het jaar 1959



Kalium-permanganaatverbruik in de Lek te Vreeswijk gedurende het jaar 1959

I. DE AARD VAN HET METEOROLOGISCHE PATROON, DAT LENTE EN ZOMER 1959 KENMERKTE

H. P. BERLAGE

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

SUMMARY

THE NATURE OF THE METEOROLOGICAL PATTERN CHARACTERIZING SPRING AND SUMMER 1959

For different reasons the exceptional year 1959 should be studied with great care. In the Netherlands, in the course of the 20th century, the years 1904, 1907, 1911, 1921 and 1959 show great similarity of meteorological pattern, in particular through spring and summer. This fact is illustrated by table 1 containing winter, spring, summer and autumn values of precipitation (Zwanenburg - Hoofddorp) and average temperature (Zwanenburg - De Bilt) for these years. Table 1 contains the same values for 1947, a year characterized by a dry, but particularly hot summer. However, 1947 as a whole was quite dissimilar from 1959. It was introduced by the exceptionally cold winter 1946—1947 and is not considered further. The spring and summer droughts of 1904 and 1907 have also been introduced by exceptionally cold winters. The greatest resemblance remains between 1911, 1921 and 1959. This is adstructed by table 2 giving the June—August wind direction frequencies, which are analogous, but strongly deviating from normal. Yet, what distinguishes 1921 and 1959 from 1911 is the fact that autumn 1911 was very wet. The years 1921 and 1959 were characterized by the outstanding persistence of their typical pressure pattern throughout the whole year.

The pressure pattern dominating 1959 was even introduced already in autumn 1958 and stayed until spring 1960. Table 4 shows clearly the result of this persistence in the anomalies of the frequencies of wind direction, observed at De Bilt, from their normal numbers of occurrence, from September 1958 up to and including February 1960. The west circulation through Europe was blocked almost continuously, the blocking high, however, swinging from Northeast Europe to the British Islands and back, as recorded by figures 1, 2 and 3, showing the 500 mb-topography on 15 August, 5 September and 16 September 1959. In the course of 1959 in the Netherlands N, NE, E, SE and S-winds occurred with abnormally high frequency, SW, W and NW-winds with abnormally low frequency.

Figures 4, 5 and 6, showing the yearly mean absolute topography of the 500 mb-surface in the years 1959, 1958 and 1957, clearly demonstrate the exceptional positive and negative anomalies of the pattern, typifying 1959. This anomalistic behaviour of 1959 follows also from table 5, containing the surplus or deficit number of blockings in successive summers and winters, as noted in 8 circumpolar sectors between the meridians 15°E , 60°E , 105°E , 150°E , 165°W , 120°W , 75°W , 30°W , and the parallels 45° and 75°N . It gives us the strong impression that the exceptional persistence of the air pressure pattern through 1959 and even, as it appears here, through 1960, depended on the global symmetry of this pattern, a double wave in the boundary of the cold polar air cap, the narrowings of this cap occurring in the sectors 1 and 2 (later only 2) and 4 and 5 (later only 5), that is above the Northeast Atlantic Ocean and Europe on the one side, and above East Asia and the Northwest Pacific on the other side. As a matter of fact the most striking symmetry in this pattern exists relative to the most extensive continent Eurasia. In the sectors 6, 7, 8 that is above the Northeast Pacific Ocean, Alaska, Canada, the Northwest Atlantic Ocean and Greenland, blockings remained rare. Summer 1959 in North America, for instance, did not show any resemblance to summer 1959 in Europe.

Finally the very similar years 1921 and 1959 are compared in greater detail. In both years Northwest Europe was dominated by high pressure. However, in 1959 the high pressure area extended meridionally from Spitsberg to the equator with one nucleus in Scandinavia and one in Sudan, whereas in 1921 the high pressure area extended normally from the eastern United States, through the North Atlantic, between the Canary Islands and Iceland, through West and Central Europe and North Africa towards the Baikal Lake. The drought generating anticyclone of 1921 was perhaps even of greater dominancy than the one of 1959.

In a slightly more general sense, in the last one hundred years, 1859—1959, we may associate the years 1904, 1921 and 1959 in Central Europe and the years 1887, 1921 and 1959 in Great Britain. Hence we obtain the impression that we should be aware of the possibility of repetitions of years of the 1959 type in West-Europe about three times per century.

1. INLEIDING

Er is alle reden om het jaar 1959 met grote zorg te bestuderen. Het is zonder meer te rangschikken onder de zo te noemen pathologische gevallen. Duiken we in onze klimatologische statistiek, die voor wat de temperatuur

en de neerslag betreft tot 1735 teruggaat, dan ontmoeten we in deze eeuw als het meest met 1959 verwant niet het jaar 1947, zoals velen zich misschien zouden voorstellen, maar de jaren 1921, 1911, 1907 en 1904.

TABEL 1. Neerslag in mm (Zwanenburg-Hoofddorp) en temperatuur in °C (Zwanenburg-de Bilt) voor een normaal jaar en voor enige afwijkende jaren

	Neerslag				Temperatuur			
	W	L	Z	H	W	L	Z	H
1904	146	128	165	153	1,5	8,5	16,1	9,0
1907	176	167	146	138	0,9	8,3	14,3	10,3
1911	121	104	102	252	3,5	8,7	17,6	10,0
1921	168	70	111	112	3,8	9,6	16,6	9,3
1959	192	148	135	141	2,4	10,1	17,4	10,6
1947	89	137	173	191	-1,9	10,4	20,7	12,1
normaal	153	130	219	230	2,0	8,1	16,1	9,7

W = winter, dec + jan + feb
 L = lente, mrt + apr + mei
 Z = zomer, jun + jul + aug
 H = herfst, sep + okt + nov

Uit tabel 1 blijkt heel duidelijk, dat 1947 in zijn gehele verloop een wel zeer van 1959 afwijkend gedrag heeft vertoond. De winter 1946—1947 was zeer streng, die van 1958—1959 mild. De zomer en de herfst van 1947 waren enerzijds belangrijk warmer, maar anderzijds ook regenrijker dan die van 1959. Het was een jaar van hittegolven, maar waarschijnlijk ook van veel onweersbuien. Vergelijken we de gang van temperatuur en neerslag door 1904, 1907 en 1911 met die door 1959, dan valt op, dat 1904 en 1907 door een koude winter werden ingeleid en ook aanzienlijk te koud bleven, terwijl de droge zomer van 1911, volgens BAUR in Midden-Europa de droogste uit de laatste 200 jaren, door een regenrijke herfst werd gevolgd.

Waar de introductie van lente en zomer 1959 reeds in de winter ligt, valt vergelijkenderwijs de grootste aandacht op de jaren 1911 en 1921. Dit komt te meer uit, wanneer we de windverdelingen over de windstreken nagaan voor de zomermaanden juni, juli, augustus. De grote verwantschap in deze windrozen valt direct op, wanneer we deze vergelijken met de normale windroos.

TABEL 2. Frequentie windrichtingen juni-augustus voor een normaal jaar en voor de jaren 1911, 1921 en 1959

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1959	16	12	9	8	9	14	15	17
1921	17	13	5	5	6	15	19	21
1911	19	13	6	6	7	15	14	18
normaal	7	10	9	10	18	22	13	9

In de reeks zomers der dertiger jaren (1931 tot en met 1939), die in Nederland alle aan de droge kant bleven, vertoonden die van 1932, 1934 en 1935 een analoge windroos.

TABEL 3. Frequentie windrichtingen juni-augustus voor de jaren 1932, 1934 en 1935

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1932	16	9	5	9	12	14	15	20
1934	14	13	5	7	10	18	16	16
1935	14	11	7	9	12	17	15	16

2. DE WINDFREQUENTIES

Bij de studie van het jaar 1959 valt speciaal de uitzonderlijke neiging op waarmee het luchtdrukpatroon, waaraan de frequenties der opgetreden windrichtingen hun oorsprong danken, zich gehandhaafd heeft. Dr. H. TEN KATE publiceerde reeds in *Hemel en Dampkring* (58, 76, 1960) tabel 4 (blz. 14), ter numerieke bevestiging van de indruk, dat het drukpatroon, hetwelk de zomer van 1959 beheerste, zich in feite reeds in september 1958 aankondigde en met wijzigingen en onderbrekingen tot in het voorjaar 1960 bestendig bleef.

Gedurende al deze tijd is het tekort aan SW, W en NW-winden groot geweest. De normale west-circulatie over onze gewesten werd bijna doorlopend onderbroken. Europa stond gedurende de winter 1958—1959, de zomer van 1959 en de winter 1959—1960, in het teken der blokkades. Ter kenschetsing van de frequentie daarvan stelden C. J. VAN DER HAM en H. P. BERLAGE per dag het optreden vast van een afgesloten kern van hoge druk in het 500 mb-vlak, in de 8 vakken welke begrensd worden door de parallelcirkels van 45° N en 75° N en de meridianen 15° E, 60° E, 105° E, 150° E, 165° W, 120° W, 75° W, 30° W. De vakken 1 en 2 omvatten de noordoostelijke Atlantische Oceaan met Noordwest-Europa en Oost-Europa. Tabel 5 (blz. 19) bevat de resultaten dezer tellingen voor de opeenvolgende

TABEL 4. Anomalieën der windfrequenties (september 1958-februari 1960)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	stilte
september 1958	+ 1	- 3	+10	+ 6	- 1	- 5	- 5	- 2	- 1
oktober	+ 2	- 8	- 7	- 1	+ 7	- 2	+ 1	+ 8	- 1
november	+ 6	+ 6	+ 9	- 1	- 5	-13	- 6	+ 4	+ 2
december 1958	+ 2	- 2	- 7	+ 1	+ 4	+ 3	- 1	- 1	0
januari 1959	+ 4	- 4	- 6	- 4	- 3	+ 2	+ 4	+ 7	+ 1
februari	- 1	+ 7	+ 2	- 3	- 1	+ 2	- 3	- 3	0
maart	- 5	+ 1	+ 2	+ 5	+11	- 3	- 7	- 6	0
april	- 2	- 4	- 3	+ 2	+11	+ 6	- 5	- 6	0
mei	+13	+ 6	+ 8	- 2	- 7	-10	- 7	+ 1	0
juni	+ 2	+ 1	+ 3	0	- 1	+ 1	0	- 5	0
juli	+11	+ 6	+ 2	+ 2	- 3	- 8	- 8	- 2	0
augustus	+ 4	+ 1	+ 4	+ 1	- 3	- 8	- 4	+ 4	+ 1
september	+ 7	+23	+13	0	-12	-16	-11	- 4	0
oktober	- 4	- 6	+ 9	+ 7	- 1	0	- 3	- 3	- 1
november	- 1	- 4	- 3	+10	+21	- 9	-10	- 4	+ 2
december 1959	- 4	- 1	+ 3	+ 1	+10	- 5	- 7	- 6	- 1
januari 1960	+ 4	+ 6	- 1	- 4	- 4	- 3	- 2	+ 3	+ 1
februari	- 2	- 2	+ 1	+ 3	+ 5	+ 1	- 3	- 3	0
	+37	+23	+39	+23	+28	-57	-77	-18	+ 3

jaargetijden (nl. april, mei, juni, juli, augustus, september en oktober, november, december, januari, februari, maart) vanaf zomer 1959 tot en met zomer 1960.

De frequentie der blokkades lag zeer hoog in de winter 1958—1959, de zomer van 1959 en de winter 1959—1960. Het valt op, hoe het grootste gewicht verlegd werd van vak 2 naar vak 1 en omgekeerd; in feite van Noordoost-Europa naar de Britse Eilanden en weer terug.

Deze verschuivingen vonden trouwens in de loop van lente en zomer vrij regelmatig plaats. De figuren 1, 2 en 3 bevatten topografische kaartjes voor het 500 mb-niveau op de middag van 15 augustus, 5 september en 16 september 1959, met zeer uitgesproken blokkade-situaties. De „serpentine” blijft er in. Alleen zien we de kernen van hoge en lage druk van de ene ligging naar een volkomen tegengestelde ligging verhuizen. Het is dus duidelijk, dat met deze geblokkeerde situaties in het algemeen reeds een hogere frequentie van meridionale en een lagere frequentie van zonale winden in onze gewesten

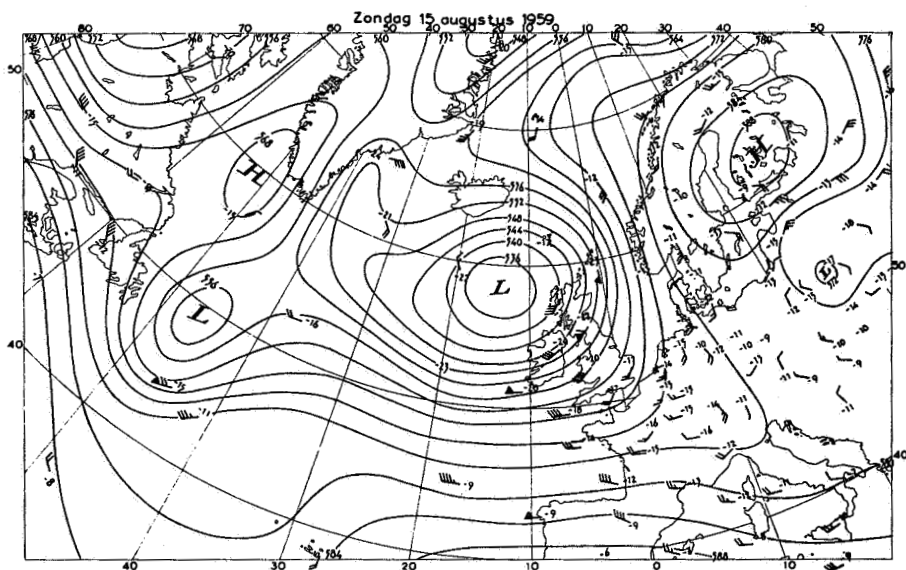


FIG. 1. Hoogtelijnen en windpatroon in het 500 mb-vlak, voor 15 augustus 1959, 12.00 G.M.T.

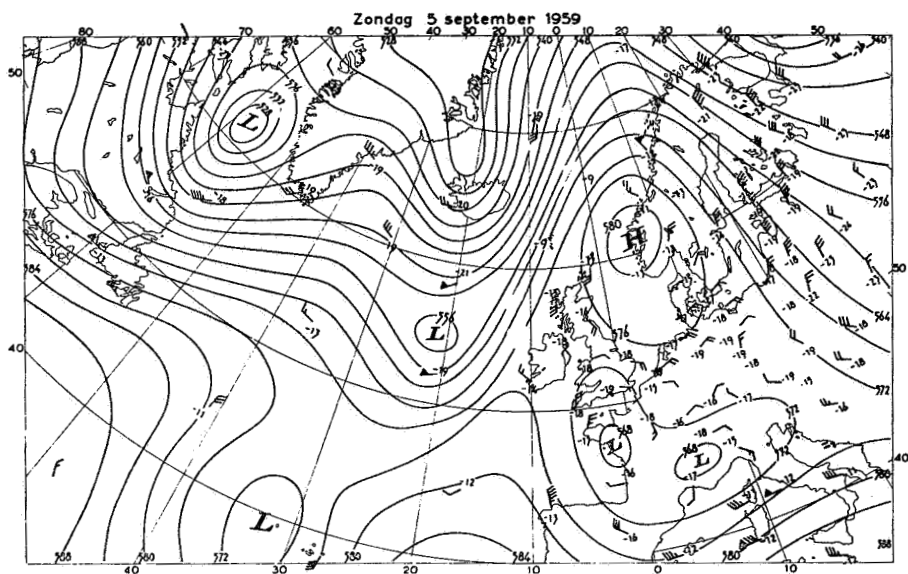


FIG. 2. Hoogtelijnen en windpatroon in het 500 mb-vlak, voor 5 september 1959, 12.00 G.M.T.

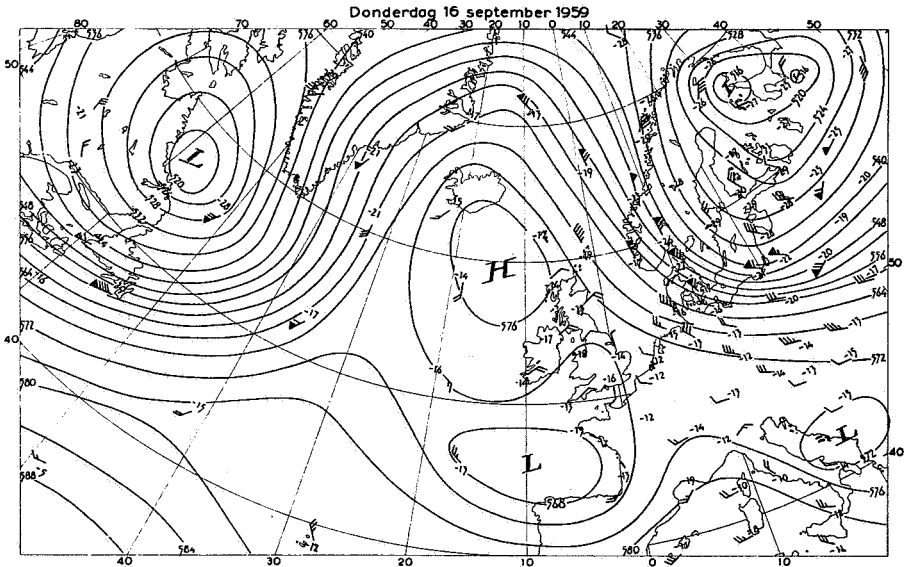


FIG. 3. Hoogtelijnen en windpatroon in het 500 mb-vlak, voor 16 september 1959, 12.00 G.M.T.

gepaard gaan. Bij het intermediaire geval, nl. met hoge druk boven de Noordzee en Zuid-Scandinavië, passen echter bij ons oostelijke winden. Zo overheersten in de loop van 1959 N, NE, E, SE en S-winden en schoten de SW, W en NW-winden schromelijk te kort.

3. HET VOORKOMEN VAN BLOKKADES

In de hardnekkigheid van blokkades in de westcirculatie schuilt het karakter van 1959. Deze hardnekkigheid van abnormaal drukpatroon is dan ook zelfs in de over het jaar gemiddelde afwijkingen van de drukverdeling nog sprekend. Figuur 4 bevat een kaart van de afwijkingen der jaargemiddelden van de absolute topografie in het 500 mb-vlak over 1959 uit de duitse publicatie „Die Groszwetterlagen Mittel Europas”. Vergelijken we daarmee de figuren 5 en 6, met dezelfde kaarten voor 1958 en 1957, dan zien we duidelijk hoe deze jaren zich normaler gedragen hebben; de jaargemiddelden der afwijkingen blijven binnen engere grenzen. Toch blijken gehele jaren wel een zeker stempel te dragen en waar dit bij 1957 en 1958 sterker op de ene zijde ligt, nl. die der krachtige westcirculatie, ligt het bij 1959 bovenmatig op de andere zijde, nl. die der geblokkeerde circulatie. Een grote rust kenmerkte reeds het najaar van 1958. In januari en februari 1959 trad hierbij de beruchte mistperiode op en toen volgden de zeer mooie lente en zomer.

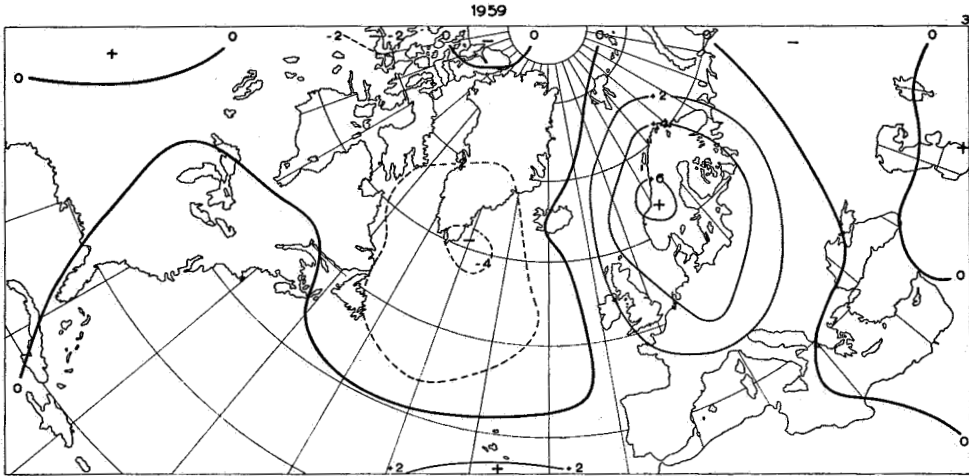


FIG. 4. Jaarafwijking van het normale hoogtepatroon in het 500 mb-vlak voor het jaar 1959

Het is nu juist de buitengewone persistentie over meer dan een jaar van het drukpatroon waardoor winden, temperatuur en neerslag beheerst worden, die de meteorologen voor de grootste puzzle stelt. Normalerweise zien we de koude luchtkap boven het noordpoolgebied zich telkenmale als een weekdier uitrekken en ronder worden en dan weer samentrekken en enkele in-

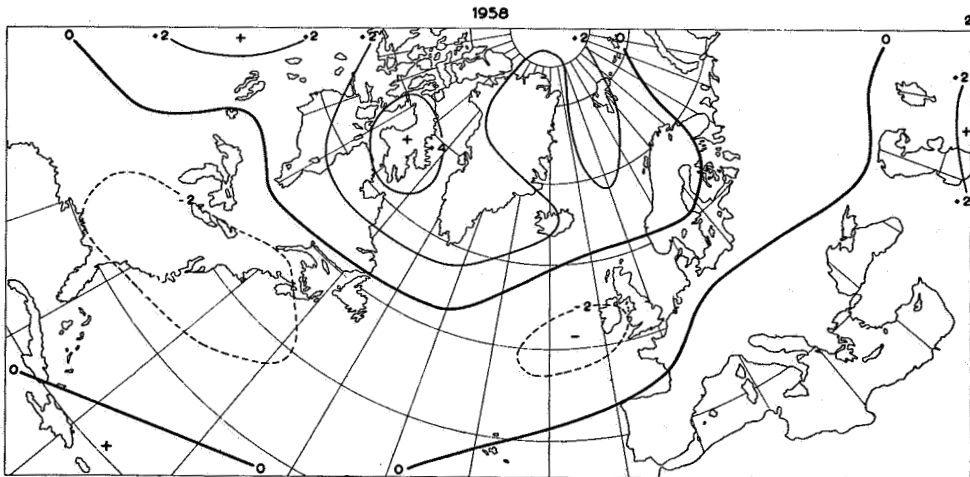


FIG. 5. Jaarafwijking van het normale hoogtepatroon in het 500 mb-vlak voor het jaar 1958

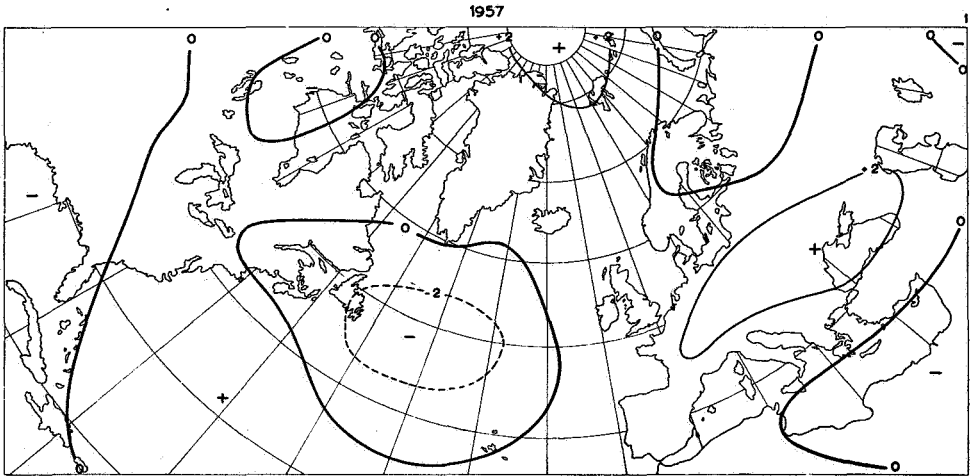


Fig. 6. Jaarafwijking van het normale hoogtepatoon in het 500 mb-vlak voor het jaar 1957

snoeringen vertonen. In de regel is het zelfs niet zo, dat de insnoeringen circumpolair gelijktijdig optreden. Soms echter is dat wel het geval en dan vertoont de serpentine twee, drie of vier golven, die kennelijk met elkaar verband houden. De afgesloten kernen van hoge druk liggen dan ruwweg 90, 120 of 180 lengtegraden van elkaar verwijderd. Maar de correlatie tussen het optreden van blokkades in de verschillende vakken is helemaal niet zo sterk gebleken als aanvankelijk wel eens gemeend werd.

Letten we in tabel 5 in het bijzonder op de aantallen blokkades, die de zomers der jaren 1948—1960 kenmerkten, en vergelijken we bij wijze van voorbeeld de droge zomer van 1955 met de droge zomer van 1959, dan zien we hoe in beide gevallen in vak 1 een overmatig groot aantal blokkades optrad. Terwijl echter in 1959 ook in de vakken 2, 4 en 5 een overmatig groot aantal blokkades optrad, bleven deze in de zomer van 1955 overal elders juist bepaald achterwege.

Het is mijn overtuiging, dat de buitengewone handhavingstendentie van het drukpatroon over het gehele jaar 1959 berust op het stand komen van een globale symmetrie in dit patroon: een dubbele golf in de serpentine met insnoeringen van de koude luchtkap boven Arctica in de vakken 1 en 2 enerzijds en 4 en 5 anderzijds, dat is boven de noordoostelijke Atlantische Oceaan en Europa enerzijds en boven Oost-Azië en de noordwestelijke Stille Oceaan anderzijds. Er blijkt een opvallende mate van symmetrie uit ten opzichte van het grote continent Eurazië. In de vakken 6, 7, 8, dat is boven

TABEL 5. Afwijkingen van de normale aantallen blokkades (zomer 1949—zomer 1960)

vak	8	1	2	3	4	5	6	7
1949 (zomer)	0	+ 5	- 8	-32	- 9	-27	- 8	-18
49-50(winter)	-20	- 1	+ 6	-12	-13	- 9	+ 5	+ 1
1950	0	+ 2	- 4	- 3	-26	-20	+28	+ 6
50—51	+10	-23	+15	+12	- 5	- 4	+ 9	- 7
1951	+ 3	-16	- 2	+14	- 4	- 4	+ 3	- 8
51—52	- 9	+ 1	-20	+ 8	- 1	- 2	+ 1	- 2
1952	+18	- 1	- 4	+16	+ 3	+ 4	-16	-13
52—53	- 5	+26	+ 1	- 5	- 3	+ 6	- 5	- 9
1953	+ 6	- 5	- 8	+23	- 1	+ 6	+25	+ 8
53—54	-19	+ 6	+28	- 3	- 8	+ 6	+ 4	- 7
1954	+ 2	- 8	+11	+ 1	+16	+25	- 2	+39
54—55	+ 3	-12	-24	- 2	+12	-10	-16	- 9
1955	-20	+35	-26	- 7	-15	-34	-42	- 3
55—56	+18	+ 8	-14	+17	- 9	-19	-11	+20
1956	- 7	- 4	- 6	+10	+ 1	- 4	- 4	+12
56—57	+ 7	-16	-13	+13	+16	- 9	+14	- 3
1957	+ 1	- 9	+18	+ 9	- 8	+30	+18	- 9
57—58	+11	+ 4	-20	-12	- 3	0	0	+ 3
1958	+ 5	-23	+ 4	-17	+11	- 2	- 4	- 6
58—59	- 5	+13	+22	0	+ 3	+ 1	- 7	+ 5
1959	- 6	+23	+20	- 9	+32	+20	- 1	-12
59—60	+ 9	- 1	+19	-16	+ 8	+35	+ 7	+ 3
1960	-16	- 2	+18	-27	+ 6	+30	-18	- 7

de noordoostelijke Stille Oceaan en Alaska, Canada en de noordwestelijke Atlantische Oceaan en Groenland, bleven de blokkades zeldzaam. Het is ook bekend, dat de zomer van 1959 in Noord-Amerika geen enkele verwantschap toonde met die in Europa.

We krijgen dus wel sterk de indruk, dat als dit patroon er eenmaal in zit het heel moeilijk weer weg te krijgen is, onafhankelijk of het winter of zomer is. Het werd in de winter 1958—1959 opgebouwd en blies pas de aftocht in de winter 1959—1960. Wanneer we ons ook even de zomer van 1949 herinneren, dan blijkt uit tabel 5, dat een vergelijking tussen 1949 en 1955 voor de hand ligt, maar dat „globaal” gezien 1959 verre de kroon spant. Tabel 5 bewijst ons, dat in de laatste 11 jaren geen met 1959 vergelijkbaar jaar is voorgekomen.

4. VERGELIJKING VAN DE JAREN 1959 EN 1921

In deze eeuw vinden we de enige redelijke verwantschap van 1959 met 1921, want ook 1921 bleef droog in de herfst, terwijl in 1911 in oktober overvloedig regen viel, hetgeen niet op eenzelfde persistentie wijst. Het lijkt mij niet uitgesloten, dat we in de 19e eeuw tot het jaar 1858 zouden moeten teruggaan om voldoende analogie te ontdekken, ware het niet dat de winter 1857—1858 tot de zeer koude en droge heeft behoord en het jaar 1858 daardoor een volstrekt andere introductie verkreeg. Ook de lente van 1858 was koud en droog.

TABEL 6. Neerslag, temperatuur en windverdeling in 1858 en 1959

	Totale neerslag (mm)				Gemiddelde temperatuur (°C)				windverdeling (juni-augustus)							
	W	L	Z	H	W	L	Z	H	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1858	68	87	165	113	1.6	7.3	17.0	10.0	15	13	9	10	9	14	15	15
1959	192	148	135	141	2.4	10.1	17.4	10.6	16	12	9	8	9	14	15	17
normaal	153	130	219	230	2.0	8.1	16.1	9.7	13	9	5	6	9	21	20	16

Voor een vergelijking van 1959 met 1921 pleit voorts nog de waarschijnlijk meer dan toevallige overeenstemming in de windrozen van herfst 1958 en van herfst 1921, die het vermoeden doet rijzen, dat er een zekere fase-verschuiving in het gedrag der jaren 1921 en 1959 heeft bestaan.

TABEL 7. Windverdeling (september—november) in 1958 en 1921

	N	NE	E	SE	S	SW	WN	NW
1958	10	7	14	13	18	14	10	14
1921	5	7	17	16	11	18	10	14
normaal	7	11	9	12	19	20	12	10

Alles bijeengenomen vertonen uit de afgelopen 110 jaren 1959 en 1921 meteorologisch gesproken in Noordwest-Europa de sterkste overeenkomst. In 1921 werd - evenals in 1959 - Noordwest-Europa door hoge druk beheerst. Maar laat ons daarbij onmiddellijk vaststellen, dat de vorm van het hogedrukgebied in beide gevallen sterk verschilde. In 1959 strekte het gebied van hoger dan normale druk zich typisch meridionaal uit van Spitsbergen zuidwaarts tot nabij de evenaar. Hierin werden twee kernen van maximaal surplus, + 2,5 mb en hoger, aangetroffen. De ene kern lag in Scandinavië, de andere in de Soedan. In 1921 strekte het gebied van hoger dan normale druk zich juist zonaal uit van de oostelijke Verenigde Staten

over de gehele Noord-Atlantische Oceaan, tussen de Canarische Eilanden en IJsland, en over West-Europa, Midden-Europa en Noord-Afrika tot aan het Baikal Meer. Scandinavië en Rusland vielen er buiten. De kern met het hoogste surplus, + 4 mb en hoger, lag bij de Britse Eilanden. De droogte-verwekkende anticycloon was dus in 1921 zelfs van belangrijk dominantere aard dan die van 1959.

Waarschijnlijk is de handhavingstendie van blokkades boven de Britse Eilanden in 1921 uitermate sterk geweest. In 1959 is blijkbaar de handhavingstendie van blokkades boven Scandinavië sterker geweest, maar traden ook meer verschuivingen op. Hoe het ook zij, de tekorten in neerslag in West- en Midden-Europa waren over het gehele jaar 1921 ongehoord groot.

TABEL 8. Neerslag in mm in 1921 voor West- en Midden-Europa

	1921	1921-1930 gem.
Valentia	1172	1458
Aberdeen	424	777
Greenwich	319	624
De Bilt	398	750
Kopenhagen	584	599
Lyon	398	828
Marseille	217	506
Nantes	409	797
Paris	278	667
Frankfurt	360	681
Berlijn	640	632
Breslau	540	635
Warzawa	402	537
Königsberg	713	776
Potsdam	565	604
Trier	382	800
Milano	427	776

Voor Zuid-Europa gold echter het omgekeerde.

TABEL 9. Neerslag in mm in 1921 voor Zuid-Europa

	1921	1921-1930 gem.
Lisboa	543	543
Madrid	426	410
Roma	913	813
Catania	760	583
Athene	524	387

Deze laatste tegenstelling is trouwens voor de hier beschouwde gevallen karakteristiek. Men herinnere zich de zware regenval en de overstromingen, die Noord-Italië en delen van Oostenrijk in 1959 hebben getroffen. In de maand september 1960 hebben we dezelfde omstandigheden weer kunnen meebelevén.

Figuur 7 vertoont het topografisch kaartje voor het 500 mb-niveau op de middag van 17 september 1960 met een klassiek voorbeeld van blokkade.

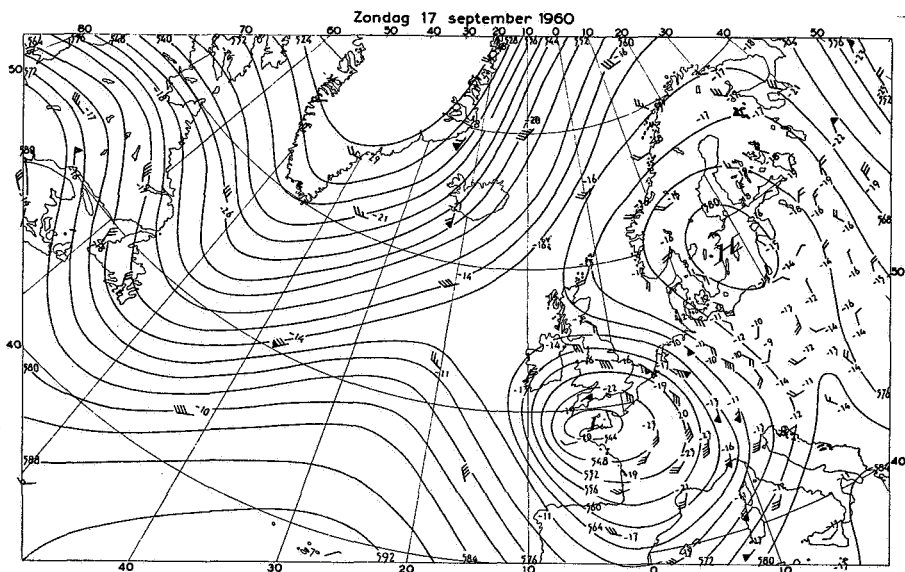


FIG. 7. Hoogtelijnen en windpatroon in het 500 mb-vlak, voor 17 september 1960, 12.00 G.M.T.

De vergelijking van 1959 met 1921 geeft mij tenslotte aanleiding te vragen naar de hydrologische en landbouwkundige gegevens die van 1921 bestaan. Misschien is daaruit toch nog waardevol materiaal te putten.

5. SLOTBESCHOUWING

Hoe staat het nu met de zeldzaamheid van de omstandigheden, die in lente en zomer 1959 hebben geheerst? Welke kansen bestaan er op een herhaling van deze omstandigheden?

Als we nagaan, om welke redenen we ongenegen waren de jaren 1858, 1904 en 1907 als verwant met 1959 te doen gelden, dan was dat - stellig niet toevallig - omdat ze door een koude winter werden ingeleid en boven-

dien een koudere lente en zomer dan 1959 meebrachten. Het is dus niet uitgesloten, dat het tekort aan neerslag tegenover verdamping in lente en zomer van 1959 tot een hogere waarde is aangegroeid, dan in alle jaren waarop we nu teruggekeken hebben.

Laat ons daartegenover de mogelijkheid op herhaling van dusdanig kritieke omstandigheden als in 1959 optraden, ook weer niet onderschatten. Uit de eeuw 1859—1959 komen in een iets algemenere zin als vergelijkbare gevallen te voorschijn 1904, 1921 en 1959, als we het van Duitsland uit bekijken, en 1887, 1921 en 1959, als we het van Engeland uit bekijken. Welnu - statistische betrouwbaarheid verre - laat ons verdacht zijn op 3 gevallen per eeuw, dat is één per generatie hydrologen, landbouwkundigen en meteorologen. Vandaar dan ook waarschijnlijk onze huidige verwondering.

II. DE UITZONDERLIJKHEID VAN LENTE EN ZOMER 1959 IN KLIMATOLOGISCH-STATISTISCH OPZICHT

L. J. L. DEIJ

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

SUMMARY

THE EXCEPTIONALITY OF SPRING AND SUMMER IN 1959 FROM THE
CLIMATOLOGICAL-STATISTICAL POINT OF VIEW

1. INTRODUCTION

In many respects the year 1959 has been a particular year as regards the behaviour of its meteorological elements. Especially the summer distinguished itself by a long duration: in fact from May until the middle of October. There was a considerable shortage of precipitation and a large surplus of heat and sunshine. Southwestern and western winds were less frequent than normal; on the contrary eastern, northeastern and northern winds dominated. Under these circumstances evaporation and evapotranspiration were also largely in excess, so that in several areas of the country agriculture suffered from drought to an increasing extent.

In table 1 mean values for the whole country (M) of a number of meteorological elements are summarised for the months May to September 1959 inclusive together with their "normal" values for the period 1921-1950 (N) and their respective differences (M-N).

2. THE AVERAGE DISTRIBUTION OF PRECIPITATION AND EVAPORATION OVER THE NETHERLANDS

Figure 1 shows the average distribution of precipitation (\bar{R}) over the country for the 30-year normal period 1921-1950, totalised for the 5 months May to September inclusive and based on about 150 precipitation stations. In the same way figure 2 shows the average distribution of the evaporation from a free water surface (\bar{V}_0), computed according to the method of PENMAN based on 12 climatological stations.

Comparing both patterns it is obvious that the second one is less fitful than the first one. This may be partly due to the small number of stations in the second case but on the other hand it seems likely that the pattern of the evaporation is less complicated because of the fact that the elements entering in the computations (temperature, percentage of sunshine duration, vapour pressure and wind velocity) are less variable over the country.

In figure 3 the pattern of the difference $\bar{R}-\bar{V}_o$ is shown. One finds the largest evaporation excesses ($\bar{R}-\bar{V}_o < -200$ mm.) in a relatively broad strip along the North Sea coast, extending over the IJssel Lake and the southwestern part of the country. The relatively smallest evaporation excesses ($\bar{R}-\bar{V}_o > -150$ mm.) are found in the middle and northeastern provinces.

As long as mean actual evaporation and evapotranspiration values for the country are lacking a more adequate measure may be found in the potential evapotranspiration. According to MAKKINK one may fix the mean potential evapotranspiration of short cut grassland at $0,65\bar{V}_o$. Figure 4 shows the average distribution of the difference $\bar{R}-0,65\bar{V}_o$ under the same conditions as before. Though the general feature of the pattern is much the same as in figure 3, one now finds a precipitation excess ($\bar{R}-0,65\bar{V}_o > 0$ mm.) in the northeastern part of the country and in the southeastern corner of Limburg. The largest evaporation excesses ($\bar{R}-0,65\bar{V}_o < -50$ mm.) are found in the north along the North Sea coast, in Zealand and in the middle part of Limburg.

3. THE SPATIAL DISTRIBUTION OF PRECIPITATION AND EVAPORATION IN 1959 DURING THE MONTHS MAY TO SEPTEMBER INCLUSIVE

In continuation figure 5 shows the distribution of R , figure 6 that of V_o , figure 7 that of the difference $R-V_o$, while figure 8 shows the difference $(R-V_o)-(\bar{R}-\bar{V}_o)=A$, in all cases summed up for the relevant 5-months period in 1959.

The last mentioned figure demonstrates an excessive dry area with $A < -325$ mm. extending over the eastern part of the province Utrecht and connected via the Upper-Betuwe with an area over the middle and north-eastern part of North-Brabant. Within this part one still finds a rather large nucleus with $A < -350$ mm. Further one finds a rather large area over Drente, where $A < -325$ mm. and with values $A < -350$ mm. in the centre; a very small area with low value of A lies in the western part of the country. The smallest deviations ($A > -200$ mm.) are found in the north. Figure 8 shows quite well the areas where agriculture suffered from drought damage.

A map of the spatial distribution of $R-0,65V_o$ has been omitted as the general pattern (apart from the mean level) scarcely differs from the pattern of $R-V_o$.

4. FURTHER REVIEW OF THE DRY YEAR 1959 BASED ON THE DATA OF THE STATION DE BILT

In table 2 monthly values of R , V_o , $0,65V_o$, $R-V_o$ and $R-0,65V_o$ for the

periods January 1958 to September 1960 inclusive are summarised, as well as monthly and annual mean values for the normal period 1921—1950.

5. OTHER DRY YEARS IN THIS CENTURY, BASED ON THE DATA OF THE STATION DE BILT

In table 3 similar data are given for the dry years 1911, 1921, 1929 and 1947. When ranging according to increasing values of the total of the negative monthly values of $N-0,65 V_0$ within the year, 1959 stands in front of the series of the dry years in this century; when ranging the values $N-V_0$ in the same manner, 1959 and 1921 go both in front.

6. FREQUENCY STATISTICS OF THE DIFFERENCES $R-V_0$ AND $R-0,65 V_0$ FOR THE STATION DE BILT

Figure 9 shows a graph of the cumulative frequency distribution in percentages of the 5 months-totals of $R-V_0$ for the 50-year period 1911—1960 on a gaussian linear scale. The mean value $\bar{R}-\bar{V}_0$ for this period is -157 mm., the standard deviation 113 mm. The greater portion of the points fits quite well to a linear curve, suggesting a normal distribution. Nevertheless application of the χ^2 -test did not affirm this. The attempts for fitting the curve to a Goodrich-distribution, a Pearson-I or a Pearson-III distribution did not give more satisfactory results.

Extrapolating the linear curve before mentioned - though this might not be strictly permitted - one estimates that a value $R-V_0 < -500$ mm., could be expected with a mean probability of 0,14% or with a mean recurrence interval of 1 in 700 years. The reliability of this result appears to be very small, lying between 1 in 100 years and 1 in 10.000 years on a 95% reliability basis. From this it appears that a 50-year period is by far much too short to base firm conclusions on it as regards extreme values of $R-V_0$.

In figure 10 similar graphs of cumulative frequencies in percentages of $R-0,65 V_0$ are shown respectively for May, May to June, . . . , May to September inclusive, based on the period 1911—1960. Table 4 contains mean values and standard deviations for these quantities.

Finally in table 5 the 10 dryest and the 10 wettest 5-months periods during 1911—1960 grouped to the 1- and 2-fold standard deviations of $R-V_0$ and $R-0,65 V_0$ are summarized.

1. INLEIDING

Het jaar 1959 is weerkundig gesproken in menig opzicht een bijzonder jaar geweest. Vooral de zomer heeft zich - alleen al door haar lange duur - van die van andere jaren onderscheiden: zij begon populair gesproken reeds in mei en eindigde eerst midden oktober. Zij vertoonde daarbij een belangrijk tekort aan regen en een aanzienlijke overmaat aan warmte en zonschijn.

In de eerste bijdrage is getoond dat dit het gevolg was van zekere afwijkingen van het patroon der algemene luchtcirculatie, dat in doorsnee gedurende deze periode over West-Europa wordt aangetroffen. Zuidwestelijke tot westelijke winden traden veel minder frequent op dan gewoonlijk. Oostelijke, noordoostelijke en noordelijke winden kwamen echter veel vaker voor. Onder de hier geschetste omstandigheden was ook de verdamping veel sterker dan normaal, zodat de landbouw in verschillende streken van het land in toenemende mate van droogteschade kreeg te lijden.

In tabel 1, ontleend aan het Maandelijks Overzicht der Weersgesteldheid van het K.N.M.I., zijn de landgemiddelden (M) van een aantal klimatologische grootheden weergegeven voor de maanden mei tot en met september 1959, alsmede hun gemiddelde waarden (N), berekend over de 30-jarige periode 1921-1950. Tevens zijn de verschillen ($M-N$) gegeven, welke een duidelijke illustratie leveren voor het afwijkende gedrag van deze zomer.

2. DE NORMALE VERDELING VAN NEERSLAG EN VERDAMPING OVER NEDERLAND

Het ligt voor de hand te vragen hoe uitzonderlijk deze vijf-maandse periode is geweest. Bij het antwoord op deze vraag zullen we onze beschouwing voornamelijk baseren op de gegevens over neerslag en verdamping.

Wat de neerslag betreft beschikt het K.N.M.I. over de dagelijkse regeningingen van een netwerk van circa 260 regenstations over ons gehele land verspreid.

Wat de verdamping betreft verkeren we in minder gelukkige omstandigheden. We beschikken niet over instrumenten die ons de dagelijkse verdamping van de bodem met inbegrip van de daarop groeiende vegetatie geven. De gehele problematiek van de evaporatie resp. evapotranspiratie blijve hier buiten beschouwing. In de waarde van de verdamping berekend volgens de methode van PENMAN vinden we echter een bruikbare vergelijkingsmaat. Zij geeft per definitie de verdamping weer van een vrij wateroppervlak bij de heersende klimatologische omstandigheden, onder de beperking dat geen warmte-uitwisseling met de watermassa plaatsvindt. Zij kan uit een reeks van klimatologische grootheden, t.w. temperatuur, zonschijnpercentage, dampspanning, windsnelheid en nog een aantal gegeven parameters zonder

TABEL 1. Overzicht van de landgemiddelden (*M*) en hun gemiddelde waarden (*N*) van een aantal klimatologische grootheden

1959		<i>T</i>	<i>T_M</i>	<i>T_m</i>	$\sum_{i=1}^n T_i$	$\sum_{i=1}^n \frac{T_i}{n}$	$\sum_{i=1}^n \frac{T_i}{n}$	<i>S</i>	<i>U</i>	<i>R</i>	<i>D</i>								<i>C</i>
											N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
mei	<i>M</i>	12,8	18,1	8,3	2	9	6	55	66	15	28	23	18	4	3	5	6	13	1
	<i>N</i>	11,9	17,1	7,6	2	4	9	44	71	51	15	17	10	6	10	15	13	12	1
	<i>M-N</i>	+0,9	+1,0	+0,7	0	+5	-3	+11	-5	-36	+13	+6	+8	-2	-7	-10	-7	+1	0
juni	<i>M</i>	15,7	21,3	10,7	7	7	6	58	62	32	15	12	9	4	7	20	19	13	1
	<i>N</i>	14,8	19,8	10,5	4	4	9	44	71	54	13	11	6	4	8	19	19	18	1
	<i>M-N</i>	+0,9	+1,5	+0,2	+3	+3	-3	+14	-9	-22	+2	+1	+3	0	-1	+1	0	-5	0
juli	<i>M</i>	18,5	24,1	13,4	12	8	6	57	65	45	20	14	8	8	8	15	13	13	1
	<i>N</i>	17,0	21,8	12,9	7	3	10	42	73	72	9	8	6	6	11	23	21	15	1
	<i>M-N</i>	+1,5	+2,3	+0,5	+5	+5	-4	+15	-8	-27	+11	+6	+2	+2	-3	-8	-8	-2	0
augustus	<i>M</i>	18,0	22,9	13,6	8	4	6	47	72	49	14	10	11	7	10	14	15	17	2
	<i>N</i>	16,8	21,4	12,7	5	3	9	43	76	75	10	9	7	6	13	22	19	13	1
	<i>M-N</i>	+1,2	+1,5	+0,9	+3	+1	-3	+4	-4	-26	+4	+1	+4	+1	-3	-8	-4	+4	+1
september	<i>M</i>	15,8	21,6	9,9	5	14	2	61	64	4	15	32	21	8	4	5	5	7	2
	<i>N</i>	14,5	18,9	10,5	2	3	9	39	79	71	8	9	8	8	16	21	16	11	2
	<i>M-N</i>	+1,3	+2,7	-0,6	+3	+11	-7	+22	-15	-67	+7	+23	+13	0	-12	-16	-11	-4	0

T	= gemiddelde etmaaltemperatuur
T_M	= gemiddelde dagelijkse maximum temperatuur
T_m	= gemiddelde dagelijkse minimum temperatuur
n $T_M > 25$	= aantal dagen met max. temperatuur boven 25°C (zomerse dagen)
n $N < 0,2$	= aantal dagen met gemiddelde bewolgingsgraad beneden 0,2 (heldere dagen)
n $N > 0,8$	= aantal dagen met gemiddelde bewolgingsgraad boven 0,8 (betrokken dagen)
S	= percentage zonneshijn
U	= gemiddelde relatieve vochtigheid in %
R	= hoeveelheid neerslag in mm
D	= procentuele frequentie van windrichtingen N, NE, E, SE, S, SW, W en NW
C	= windstilte

grote moeite worden berekend. Wijlen DR. KRAMER (1) heeft zulks gedaan voor de maanden van het jaar over de periode 1933—1953 en voor een twaalfstal stations verspreid over het land. De verkregen reeksen zijn tot de huidige dag voortgezet en van 1931 af beschikbaar, terwijl voor enkele stations - waaronder de Bilt - de reeks zelfs van 1911 af loopt.

Teneinde te kunnen aansluiten bij de gemiddelde waarde van de neerslag over de periode 1921-1950, is de berekening van de gemiddelde verdamping volgens PENMAN over dezelfde periode uitgevoerd en wel met behulp van een reductie voor de overige stations van het twaalfstal. Het is nu niet moeilijk kaartjes te ontwerpen van de normale verdeling over het land van neerslag en verdamping.

Figuur 1 geeft de normale verdeling van de neerslag \bar{R} weer, gesommeerd over de 5 maanden mei tot en met september en gebaseerd op circa 150 stations. De gebieden met een gemiddelde neerslag boven 350 mm vindt men in het midden van het land over een gebied dat zich uitstrekt over het Gooi, de Utrechtse heuvelrug, via de Gelderse vallei aansluitend op het noordwestelijk deel van de Veluwe en doorlopend tot in het zuidwestelijk deel van Overijssel. Verder vinden we een gebied dat het grootste deel van Drente bedekt met een kern in het midden-zuiden die boven 375 mm reikt. Voorts vindt men nog een klein gebied boven 350 mm tussen Haarlem en Velsen, alsmede in de zuidoostelijke punt van Limburg. Het lijkt geen twijfel dat het merendeel van deze maxima moet toegeschreven worden aan orografische invloeden. Het gebied met neerslag boven 325 mm beslaat het grootste deel van de provincie Groningen, de oostelijke helft van Friesland, Drente, Over-

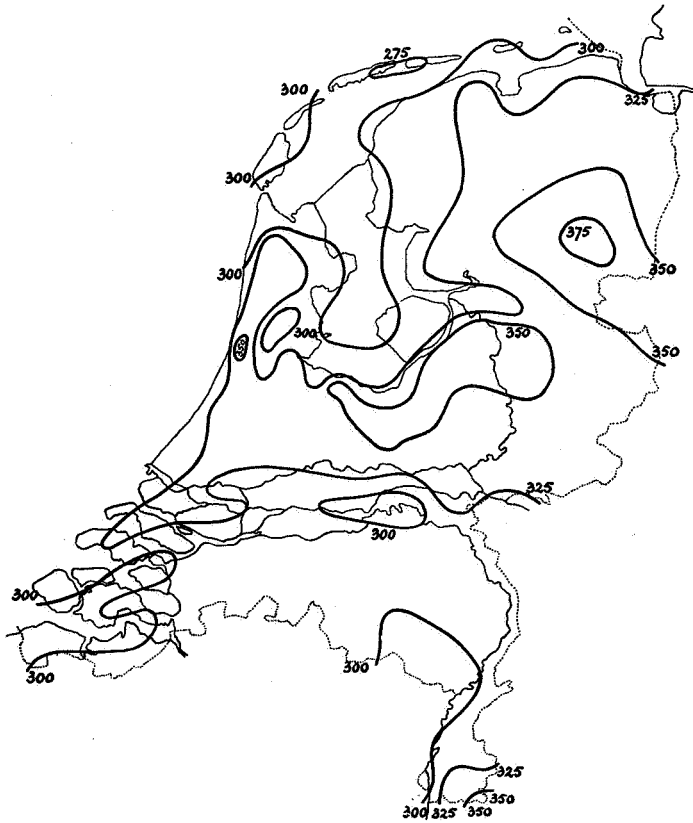


FIG. 1. Neerslag mei tot en met september, gemiddeld over 1921-1950

ijssel, Gelderland, Utrecht, het grootste deel van Zuid-Holland en het westelijke deel van Noordholland. De lijn van 300 mm omsluit in het noorden het minimum over het IJsselmeer en de Waddenzee, voorts een minimum in het grote rivierengebied op de grens van Gelderland en Noord-Brabant, een deel van Zeeland, zuidoostelijk Noord-Brabant en Midden-Limburg en een klein minimum in Noordholland ten noorden van Amsterdam.

Figuur 2 toont ons de normale verdeling van de verdamping \bar{V}_o , berekend volgens de methode van PENMAN en eveneens gesommeerd over de 5 maanden mei tot en met september. Het valt onmiddellijk op dat het patroon der isolijnen heel wat minder grillig is als dat voor de regenval. Men zal gemakkelijk geneigd zijn dit toe te schrijven aan de omstandigheid dat de gegevens slechts voor 12 stations waren berekend. Hoewel de invloed van het geringe

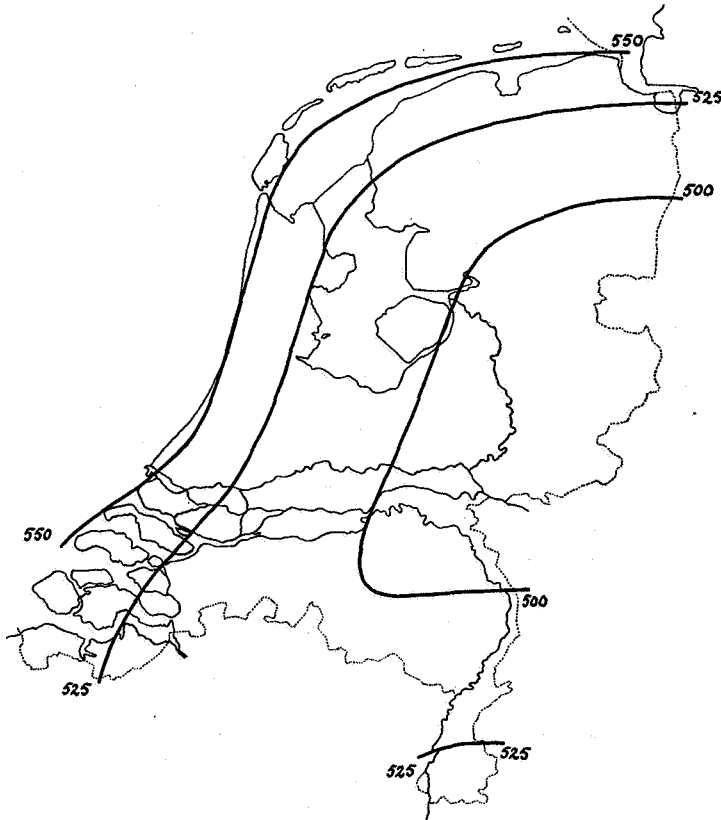


FIG. 2. Verdamping (volgens Penman) mei tot en met september, gemiddeld over 1921-1950

aantal stations op de gelijkmatigheid van het patroon misschien aanwezig is, zo lijkt het anderzijds toch zeer waarschijnlijk dat het patroon der verdamping in wezen veel gelijkmatiger is. We moeten immers voor ogen houden dat de neerslag een zeer variabel verschijnsel is, terwijl de elementen die aan de berekening volgens PENMAN bijdragen, nl. temperatuur, zonneshijnpercentage, dampspanning en windsnelheid, in hun gemiddelde verdeling over het land veel minder variabel zijn. De sterkste verdamping tot 550 mm toe vinden we langs de Noordzee-kust, de laagste verdamping onder 500 mm wordt in het midden-oostelijk deel van het land gevonden.

Het wordt nu interessant het kaartje van de verschilwaarde $\bar{R} - \bar{V}_o$ te beschouwen (fig. 3). Bij de grote gelijkmatigheid van de verdeling van de verdamping \bar{V}_o behoeft het geen verwondering te wekken, dat we in het patroon van het verschil $\bar{R} - \bar{V}_o$ sterk aan dat voor de neerslag \bar{R} worden herinnerd.

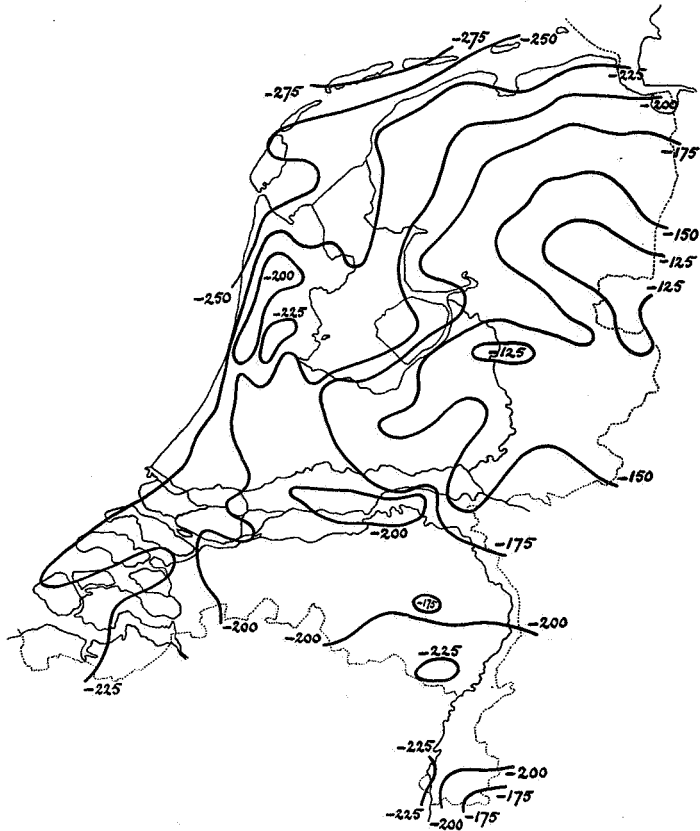


FIG. 3. Neerslag minus verdamping (volgens Penman) mei tot en met september, gemiddeld over 1921-1950

De grootste verdampingsoverschotten ($\bar{R} - \bar{V}_0 < -200$ mm) vinden we in een relatief brede strook langs de Noordzee-kust welke zich tot over het IJsselmeer uitbreidt, doch zich in de omgeving van de Haarlemmermeerpolder sterk versmalt en zich vervolgens weer verbreedt over de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden. Daarnaast blijft er nog een gebied in de omgeving van de Betuwe en een in zuidoostelijk Noord-Brabant en Midden-Limburg. De relatief kleinste verdampingsoverschotten ($\bar{R} - \bar{V}_0 > -150$ mm) worden in Drente, Overijssel en Gelderland gevonden.

Daar de verdamping \bar{V}_0 beantwoordt aan die van een open watervlak, zou men graag een meer aan de werkelijke verdamping aangepaste grootte willen gebruiken. Een waarde die ongeveer overeenkomt met de potentiële verdamping van grasland is volgens MAKKINK (2) $0,65 \bar{V}_0$. Figuur 4 geeft nu

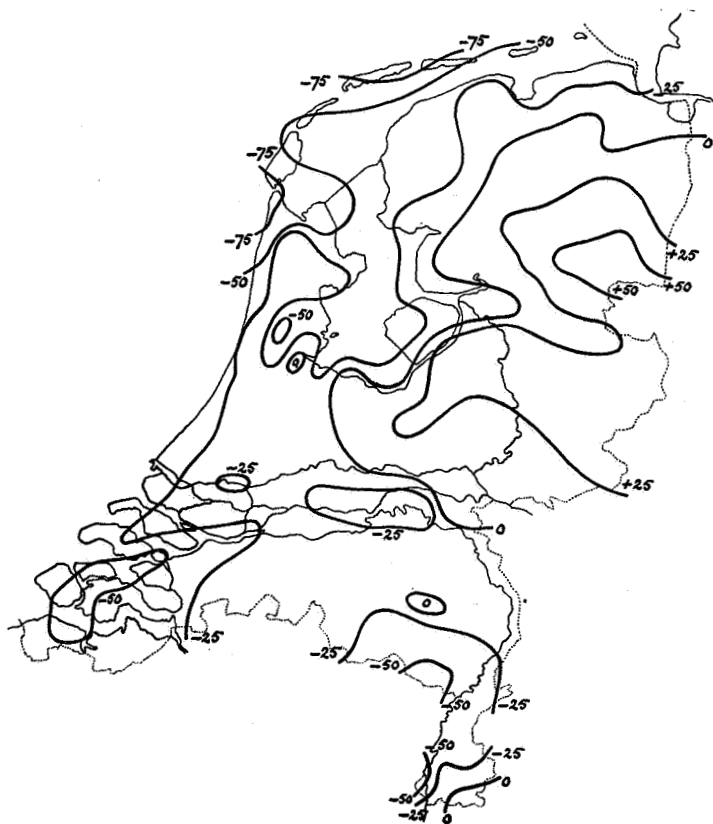


FIG. 4. Neerslag minus $0,65 \times$ verdamping (volgens Penman) mei tot en met september, gemiddeld over 1921-1950

de verdeling weer van het verschil $\bar{R} - 0,65 \bar{V}_o$. Relatief gezien is er slechts weinig verschil met figuur 3. Alleen tekent zich thans in het midden-oostelijke deel van het land en in het zuidoostelijke hoekje van Limburg een gebied met een positief neerslagoverschot af ($\bar{R} - 0,65 \bar{V}_o > 0$ mm). De sterkste verdampingsoverschotten ($\bar{R} - 0,65 \bar{V}_o < -50$ mm) worden in het noorden langs de Noordzeekust, in Zeeland en in Midden-Limburg aangetroffen.

3. DE VERDELING VAN NEERSLAG EN VERDAMPING IN 1959 OVER DE MAANDEN MEI TOT EN MET SEPTEMBER

Op dezelfde wijze als de normale verdeling van neerslag en verdamping zijn ook die voor 1959 van de 5-maandse zomerperiode in beeld gebracht.

Figuur 5 geeft het beeld van de neerslagverdeling. Afgezien van het bij-

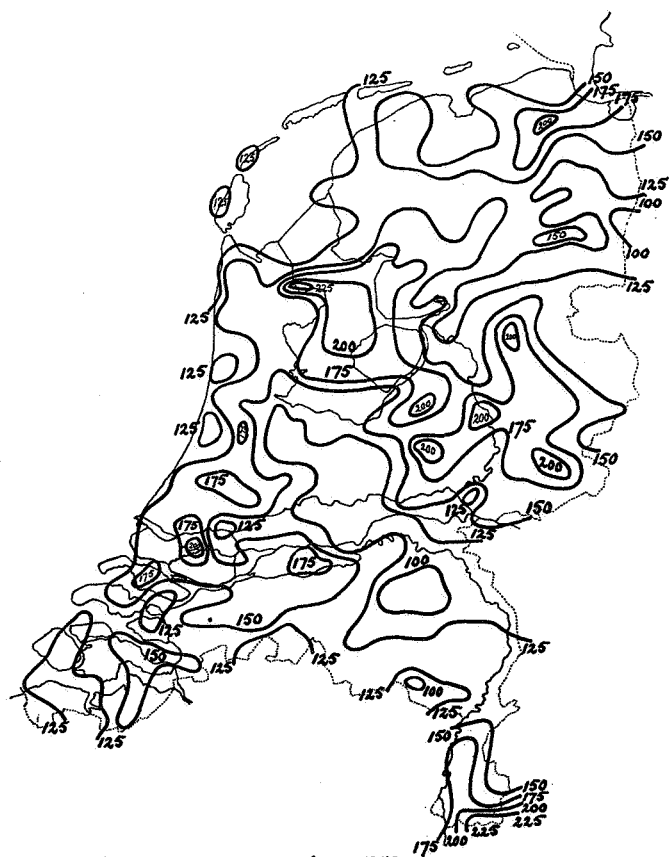


FIG. 5. Neerslag mei tot en met september 1959

zonder grillige patroon valt het op dat het algemene niveau van de neerslag over het gehele land belangrijk lager ligt dan het normale. Gebieden met de geringste neerslaghoeveelheden ($R < 125$ mm) tekenen zich af over het grootste deel van de Waddenzee, op enkele plaatsen in het kustgebied van Noorden Zuid-Holland (de waterleidinggebieden), over een deel van Zeeland, enkele gebieden langs de Brabants-Belgische grens, over het grootste deel van de provincie Utrecht, de Neder-Betuwe en het noordoostelijk deel van Noord-Brabant en het aansluitende Limburgse gebied, alsmede over een belangrijk deel van Drente met een uitloper naar de kop van Overijssel. In het oostelijk deel van Noord-Brabant bevindt zich zelfs een kern met neerslag $R < 100$ mm, evenals in een klein gebiedje aan de Drents-Duitse grens. De meeste regen ($R > 175$ mm) viel nog over een smalle strook in Groningen, over het IJsselmeer, de Veluwe, de Achterhoek, Midden-Overijssel, in Zuid-Limburg en over enkele kleine gebieden in Zuid-Holland.

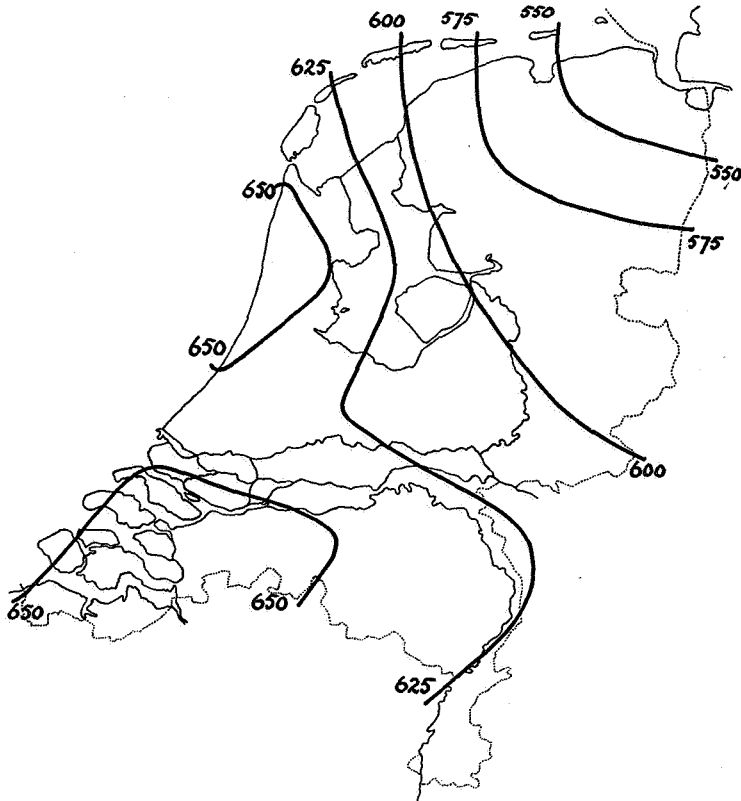


FIG. 6. Verdamping (volgens Penman) mei tot en met september 1959

Figuur 6 geeft de verdeling van de verdamping V_o weer. Alle waarden, behalve in het uiterste noordoosten van het land, liggen belangrijk boven de normale. Het patroon wijkt ook nogal af van het normale.

Figuur 7 geeft de verdeling weer van het verschil $N - V_o$. Een vergelijking met de normale verdeling (fig. 3) doet direct zien dat het algemene niveau in 1959 aanzienlijk lager ligt. Een groot gebied met een verdampingsoverschot $R - V_o < -500$ mm strekt zich uit over het grootste deel van de provincie Utrecht met een uitloper in de richting van Amsterdam. Via de Neder-Betuwe is dit gebied verbonden met vrijwel geheel Noord-Brabant, het noordelijk deel van Limburg, Zeeland en het kustgebied langs de Noordzee tot Terschelling. In het oostelijk deel van Noord-Brabant en in Zeeuws-Vlaanderen komen zelfs nog kernen voor met $R - V_o < -550$ mm. De minst droge gebieden ($R - V_o > -375$ mm) beperken zich tot smalle stroken in Groningen en Zuid-Limburg.

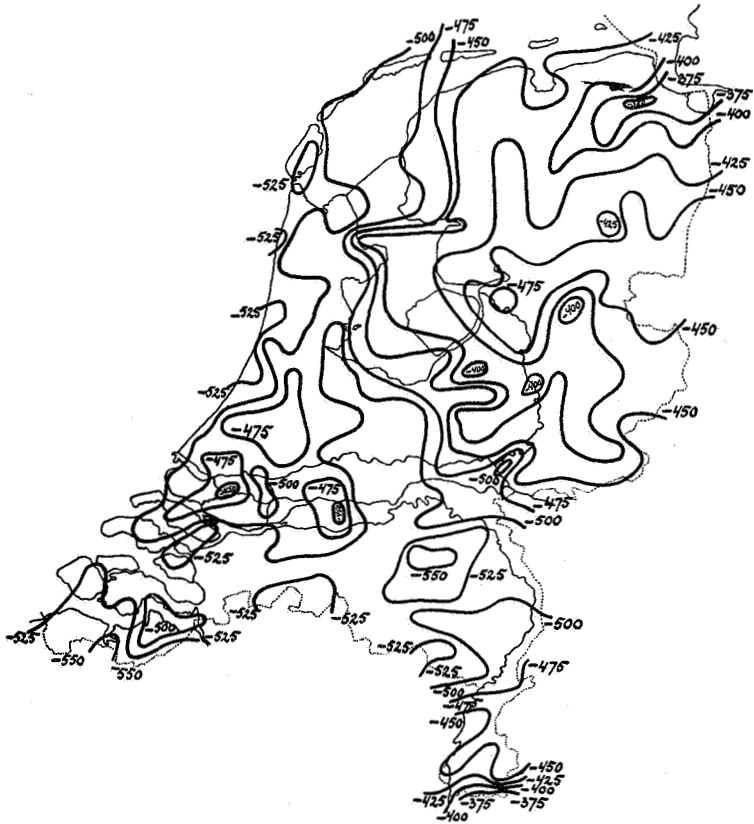


FIG. 7. Neerslag minus verdamping (volgens Penman) mei tot en met september 1959

Niet onvermeld mag blijven dat ook een kaartje voor de verdeling van $R - 0,65 V_0$ werd ontworpen. De verdeling wijkt echter - afgezien van het niveau - qua patroon niet noemenswaardig af van de verdeling van $R - V_0$, welke in figuur 7 is weergegeven.

Tenslotte is in figuur 8 de afwijking weergegeven van het beeld uit figuur 7 met dat uit figuur 3, d.w.z. de verdeling van $(R - V_0) - (\bar{R} - \bar{V}_0) = A$. We vinden nu een gebied met $A < -325$ mm dat zich in hoofdzaak over de oostelijke helft van de provincie Utrecht uitstrekt en via de Opper-Betuwe aansluit op een gebied over midden en noordoostelijk Noord-Brabant. In dit laatste gebied ligt nog een vrij grote kern met $A < -350$ mm. Verder vinden we een vrij groot gebied over Drente met eveneens $A < -325$ mm en een kern met $A < -350$ mm en nog een klein gebiedje in de omgeving van Velzen. Daar-

mede hebben we dus de gebieden aangegeven met de grootste droogteafwijkingen. De geringste afwijkingen ($A > -200$ mm) worden in het noorden van het land aangetroffen.

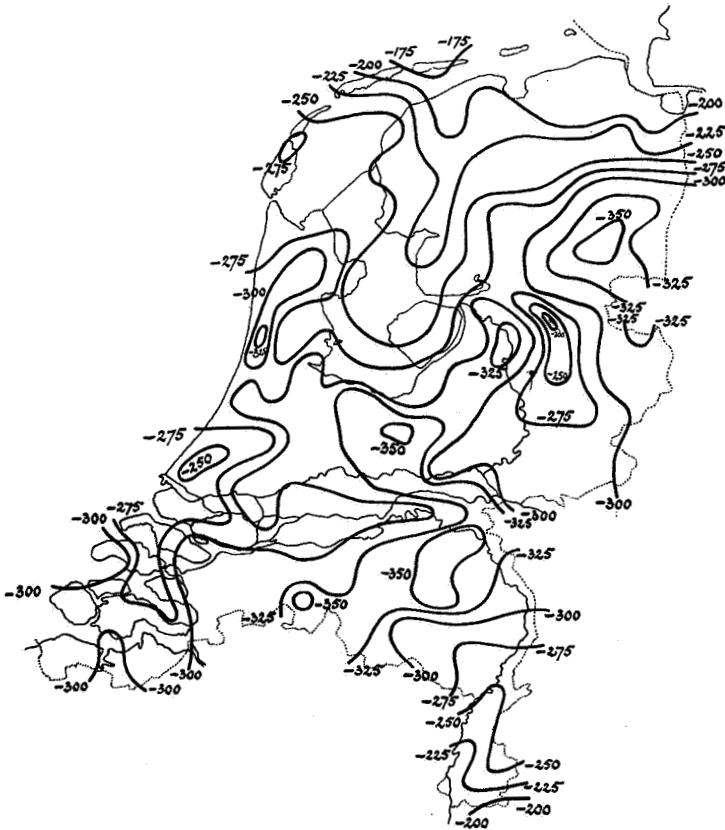


FIG. 8. Verschil van de waarde neerslag minus verdamping (volgens Penman) in 1959 met deze waarde gemiddeld over 1921-1950, voor de maanden mei tot en met september

4. VERDERE BESCHOUWING VAN HET DROGE JAAR 1959 AAN DE HAND VAN DE GEGEVENS VOOR HET STATION DE BILT

Hebben we ons in het voorgaande voornamelijk bezig gehouden met de geografische verdeling van de verschillen tussen neerslag en verdamping, thans willen we het verloop in de tijd op eenzelfde plaats, nl. de Bilt, in beschouwing nemen. In tabel 2 zijn de maandsommen van R , V_0 , $0,65 V_0$, $R - V_0$ en $R - 0,65 V_0$ voor 1959, en het voorafgaande en volgende jaar weergegeven en bovendien de normalen voor de periode 1921-1950.

TABEL 2. Overzicht van enige waarden voor 1958, 1959, 1960 en de gemiddelde periode 1921—1950

	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jaar
<i>1958</i>	+	+	—	+	+	+	+	+	+	—	—	+	
<i>R</i>	111	73	33	53	66	64	80	87	82	72	30	78	829
<i>V_o</i>	5	18	38	73	97	110	115	89	66	28	6	1	646
<i>0,65 V_o</i>	3	12	25	47	63	72	75	58	43	18	4	1	421
<i>R—V_o</i>	106	55	—5	—20	—31	—46	—35	—2	16	44	24	77	183
<i>R—0,65V_o</i>	108	61	8	6	3	—8	5	29	39	54	26	77	408
<i>1959</i>	+	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	0	
<i>R</i>	100	5	60	78	16	28	43	33	3	62	45	65	538
<i>V_o</i>	2	10	43	77	132	153	148	105	85	46	9	7	817
<i>0,65V_o</i>	1	6	28	50	86	100	96	68	55	30	5	5	530
<i>R—V_o</i>	108	—5	17	1	—116	—125	—105	—72	—82	16	36	58	—279
<i>R—0,65V_o</i>	99	—1	32	28	—70	—72	—53	—35	—52	32	40	60	8
<i>1960</i>	+	—	—	—	—	0	+	+	—				
<i>R</i>	74	47	27	30	50	58	81	140	42				
<i>V_o</i>	6	18	43	81	104	138	101	83	55				
<i>0,65V_o</i>	4	12	28	53	69	90	66	54	36				
<i>R—V_o</i>	68	29	—16	—51	—54	—80	—20	63	—13				
<i>R—0,65V_o</i>	70	35	—1	—23	—19	—32	15	76	6				
<i>1921—1950</i>													
\bar{R}	62	49	41	50	55	58	74	82	75	74	76	65	761
\bar{V}_o	4	17	42	76	108	124	120	97	61	27	9	2	687
$0,65\bar{V}_o$	3	11	27	49	70	81	78	63	40	18	6	1	447
$\bar{R}—\bar{V}_o$	58	32	—1	—26	—53	—66	—46	—15	14	47	67	63	74
$\bar{R}—0,65\bar{V}_o$	59	38	14	1	—15	—23	—4	19	35	56	70	64	314

Uit deze tabel zien we dat de neerslag in 1958 in alle maanden - behalve maart, oktober en november - boven de gemiddelde waarde over de periode 1921—1950 bleef, zoals dit eveneens met de jaarsom het geval was. In 1959 werd een zeer natte maand januari gevolgd door een zeer droge maand februari. De maanden maart en april waren weer boven normaal, doch dan volgen 5 maanden achtereen met aanzienlijke neerslagtekorten. Vooral september was bijzonder droog. In de daaropvolgende 9 maanden kwam de neerslag, behalve in januari 1960, evenmin boven de normale waarde uit.

Betrekken we ook de verdamping in de beschouwing dan zien we dat in 1958 weliswaar 6 achtereenvolgende maanden voorkomen met verdampingsoverschotten $R-V_0$, doch deze liggen bijna alle op een bovennormaal niveau. Met betrekking tot de waarde van $R-0,65 V_0$ komt slechts de maand juni met een zwak verdampingsoverschot naar voren, zodat het gehele jaar toch een aanmerkelijk neerslagoverschot vertoont. In 1959 komen in de periode mei tot en met september aanzienlijke verdampingsoverschotten voor, niet alleen als we de verschillen $R-V_0$ bekijken, maar ook in de verschillen $R-0,65 V_0$. Het jaar 1960 behoudt - behalve in augustus - nog tot en met september een vrij droog karakter.

5. ENKELE ANDERE DROGE JAREN IN DEZE EEUW, BEZIEN AAN DE HAND VAN GEGEVENS VOOR HET STATION DE BILT

Ter vergelijking geven we in tabel 3 de cijfers van neerslag en verdamping voor de jaren 1911, 1921, 1929 en 1947, die eveneens als zeer droog bekend staan (blz. 40).

Rangschikt men deze jaren naar opklimmende waarden van de jaarsom $R-V_0$ dan vindt men achtereenvolgens:

	1921	1959	1911	1929	1947
$R-V_0$:	-361	-297	-108	-73	-57
aantal neg. maanden:	9	6	6	8	7

Dezelfde volgorde vindt men bij rangschikking naar opklimmende waarden van de jaarsom $\bar{R}-0,65 V_0$:

	1921	1959	1911	1929	1947
$R-0,65 V_0$:	-100	8	164	168	227
aantal neg. maanden:	6	6	5	7	6

Ook bij deze rangschikkingen komt dus 1959 na 1921 te staan.

Kijkt men uitsluitend naar de som der negatieve maandwaarden $R-V_0$ dan vindt men de volgende rangschikking:

	1921/1959	1911	1947	1929
$R-V_0$	-505	-413	-391	-367

De jaren 1921 en 1959 liggen dus nu beide aan de kop.

Rangschikt men tenslotte naar de som der negatieve maandwaarden $R-0,65 V_0$ dan vindt men:

	1959	1921	1911	1929/1947
$R-0,65 V_0$	-283	-257	-198	-137

Thans staat 1959 aan de top van de droge jaren.

TABEL 3. Overzicht van enige waarden voor 1911, 1921, 1929 en 1947

	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jaar
<i>1911</i>													
R	29	46	52	30	24	110	18	16	44	106	90	76	641
V_0	1	17	38	76	117	123	140	121	70	31	11	4	749
$0,65V_0$	1	11	25	49	76	80	91	79	45	20	7	3	487
$R-V_0$	28	29	14	-46	-93	-13	-122	-105	-34	75	79	72	-108
$R-0,65V_0$	28	35	27	-19	-52	30	-73	-53	-1	86	83	73	164
<i>1921</i>													
R	74	11	31	29	20	44	11	30	21	25	34	58	388
V_0	9	15	47	85	116	120	138	106	68	32	8	5	749
$0,65V_0$	6	10	31	55	76	78	90	69	44	21	5	3	488
$R-V_0$	65	-4	-16	-56	-96	-76	-127	-76	-47	-7	26	43	-361
$R-0,65V_0$	68	1	0	-26	-56	-34	-79	-39	-23	4	29	55	-100
<i>1929</i>													
R	18	8	7	48	32	45	58	64	36	147	75	91	629
V_0	2	17	36	68	124	116	132	101	71	25	9	11	702
$0,65V_0$	1	11	23	44	80	75	86	66	46	16	6	7	461
$R-V_0$	16	-9	-29	-20	-92	-71	-74	-37	-35	122	66	80	-73
$R-0,65V_0$	17	-3	-16	4	-48	-30	-28	-2	-10	131	69	84	168
<i>1947</i>													
R	31	21	109	47	56	53	76	45	50	27	129	108	752
V_0	2	13	34	85	117	140	148	145	80	30	13	3	809
$0,65V_0$	1	8	22	55	76	91	96	94	52	20	8	2	525
$R-V_0$	29	8	75	-38	-61	-87	-72	-100	-30	-3	116	105	-57
$R-0,65V_0$	30	13	87	-8	-20	-38	-20	-49	-2	7	121	106	227

6. FREQUENTIESTATISTIEKEN VAN DE VERSCHILLEN $R-V_0$ EN $R-0,65 V_0$ VOOR HET STATION DE BILT

Met het voorgaande werd reeds een poging gedaan de zwaarte van de meest droge jaren uit de voorafgaande halve eeuw te peilen. Een betere indruk kan men verkrijgen door de volledige frequentieverdelingen, b.v. in cumulatieve vorm, te beschouwen.

Wanneer men de waarden der cumulatieve frequenties, afgeleid uit de 50-jarige periode 1911—1960 en omgerekend in procenten, in afhankelijkheid van de intervalgrenzen van de waarden der grootheden $R-V_0$, resp. $R-0,65 V_0$ in een grafiek brengt met gauszisch-lineaire coördinaten, blijkt dat de punten redelijk goed om een rechte lijn komen te liggen. Hiervan kan men de coördinaten vastleggen met behulp van de gemiddelde waarde en de standaarddeviatie. Het lijkt erop dat de verdelingen als normale kunnen worden beschouwd. Door toepassing van de χ^2 -toets kon dit echter niet worden bevestigd.*)

In figuur 9 is de lijn voor de cumulatieve procentuele frequentieverdeling voor de 5-maandsom van $R-V_0$ over mei tot en met september in beeld gebracht. De gemiddelde waarde $\bar{R}-\bar{V}_0$ bedraagt -157 mm (tabel 2 levert voor de periode 1921—1950 de waarde -166 mm), de standaarddeviatie bedraagt 113 mm. Indien men nu boudweg lineair naar extreme waarden extrapoleert, kan men gemakkelijk uit de grafiek aflezen dat een waarde $R-V_0$, <-500 mm, welke laatste voor 1959 gold, een onderschrijdingskans heeft van 0,14%, d.w.z. gemiddeld hoogstens 1 x per 700 jaren. Afgezien van de vraag of de extrapolatie geoorloofd is - hetgeen waarschijnlijk niet het geval is - moeten we wel bedenken dat om de frequentielijn een vrij brede marge van onzekerheid behoort, welke eveneens (op basis van 95% betrouwbaarheid) is aangegeven. Deze laat zien dat naarmate men meer met de extreme gevallen krijgt te doen, de betrouwbaarheid omtrent hun waarschijnlijk optreden geringer wordt. Bij een grens van -500 mm blijkt het herhalingsgetal van 1 x per 700 jaren te liggen tussen 1 x in ruim 100 en 1 x in bijna 10.000 jaren. Men zou over veel langere waarnemingsreeksen dan 50-jarige moeten beschikken om de marge aanmerkelijk te vernauwen.

In figuur 10 zijn de procentuele cumulatieve frequenties in beeld gebracht

* Er is getracht met andere verdelingen een betere aanpassing te verkrijgen, nl. de Goodrich-verdeling, de Pearson-I en de Pearson-III verdeling. Er werd echter geen bevredigende aanpassing gevonden. Overigens is het niet uitgesloten dat een langere dan 50-jarige waarnemingsreeks wel door een normale verdeling benaderd zou kunnen worden.

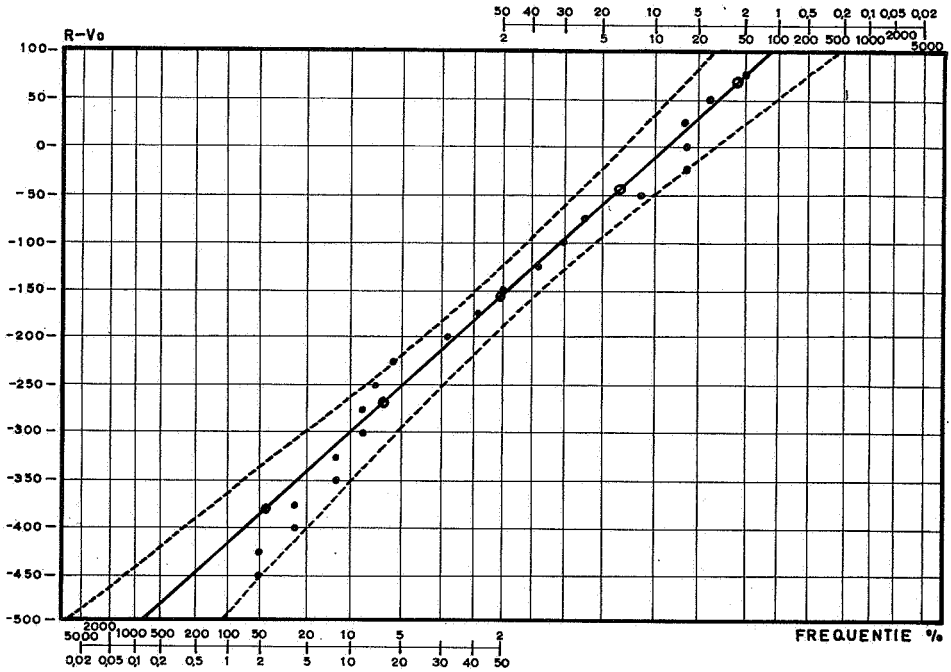


FIG. 9. Cumulatieve procentuele frequentieverdeling van $R - V_0$, mei tot en met september over de periode 1911-1960, de Bilt

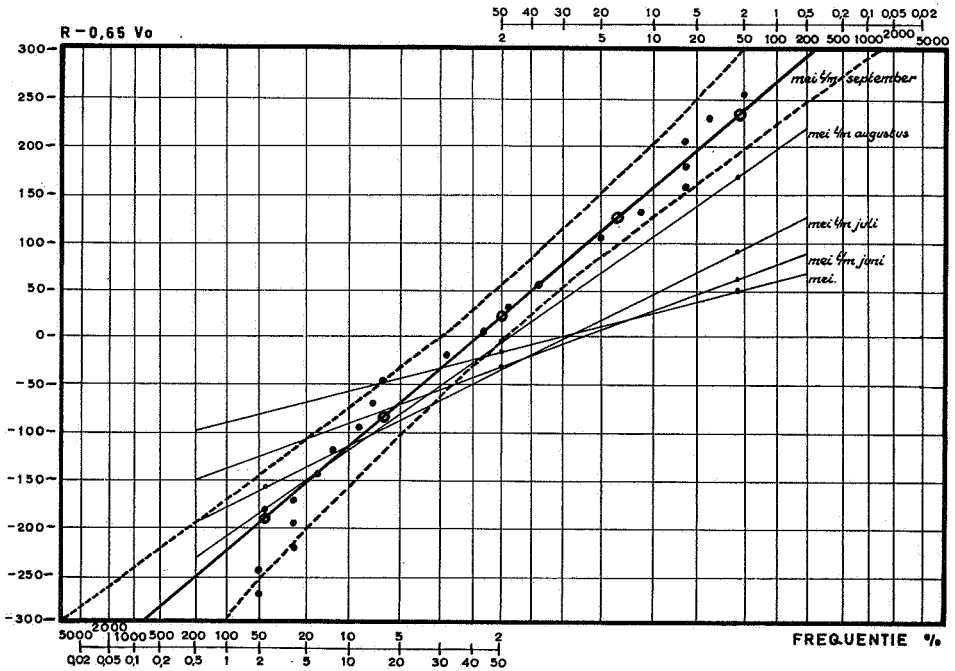


FIG. 10. Cumulatieve procentuele frequentieverdelingen van $R - 0,65 V_0$, voor mei, mei-juni, mei-juli, mei-augustus en mei-september over de periode 1911-1960, de Bilt

van de grootheid $R-0,65 V_0$ voor elk van de 5 somperioden mei, mei-juni, mei-juli, mei-augustus en mei tot en met september. Op dezelfde wijze te werk gaande als in figuur 9 met de daaraan inherente bezwaren, wordt de onderschrijdingskans op een waarde $R-0,65 V_0 < -280$ mm (d.i. ongeveer de waarde voor 1959) op 0,2% geschat of een optreden van 1 x per 500 jaren. Doch ook hier moeten we met een zeer brede marge rekening houden. Zo blijkt het herhalingsgetal te liggen tussen 1 x in gemiddeld 70 jaren en 1 x in gemiddeld 4000 jaren. De onzekerheid omtrent het optreden van extremen is dus op grond van het 50-jarige basismateriaal zeer groot. De grote zeldzaamheid van het jaar 1959 wordt evenwel genoegzaam aangetoond.

In dezelfde grafiek zijn ook procentuele cumulatieve frequenties der 4-, 3-, 2- en 1-maandsommen in beeld gebracht. De gemiddelde waarden der frequentieverdelingen kan men op de 50%-ordinaat aflezen, de standaarddeviaties uit de hellingen der lijnen. De uitkomsten zijn in tabel 4 samengevat.

TABEL 4. Gemiddelde waarden en standaarddeviaties der frequentieverdelingen voor 1-, 2-, 3-, 4-, en 5- maandsommen over de periode 1911—1960

1911—1960	$\bar{R}-\bar{V}_0$	S_{R-V_0}	$\bar{R}-0,65\bar{V}_0$	$S_{R-0,65V_0}$
mei	- 59	35	-20	33
mei t/m juni	-120	53	-38	47
mei t/m juli	-161	88	-39	60
mei t/m aug.	-168	93	-12	88
mei t/m sept.	-158	113	+19	106

Er zij nog opgemerkt, dat dezelfde cumulatieve frequentieverdelingen ook gebruikt kunnen worden om daaruit de frequenties van neerslagoverschotten, dus de overschrijdingskansen op natte zomerperioden af te lezen.

In tabel 5 zijn de 10 droogste en de 10 natste perioden mei tot en met september uit het tijdvak 1911—1960 bijeengebracht.

De bovenste 2 jaren, hetzij droog of nat, liggen (met uitzondering van $R-V_0$ nat voor 1957) in de frequentieverdeling buiten de grens bepaald door 2 x de standaarddeviatie; zij kunnen dus als „sterk beneden normaal” of „sterk boven normaal” worden beschouwd. De 4(5) volgende jaren liggen tussen 1 x en 2 x de standaarddeviatie en kunnen dus als „beneden normaal” of „boven normaal” worden opgevat.

TABEL 5. Overzicht van de 10 droogste en natste 5-maandse perioden

$R-V_0$				$R-0,65V_0$			
jaar	droog	jaar	nat	jaar	droog	jaar	nat
1959	-500	1912	+94	1959	-281	1912	+252
1921	-421	1957	+56	1921	-229	1957	+234
1911	-368	1930	+28	1911	-169	1930	+202
1947	-351	1924	-27	1947	-130	1924	+143
1929	-309	1927	-29	1929	-119	1927	+139
1949	-303	1954	-34	1949	-118	1954	+133
1933	-263	1956	-60	1933	-77	1945	+116
1934	-234	1945	-64	1955	-51	1918	+111
1955	-230	1923	-67	1934	-43	1950	+103
1941	-223	1918	-70	1919	-41	1931	+101

De overige jaren, welke binnen de standaarddeviatie liggen, kunnen als „normaal” worden aangemerkt. Afwijkingen groter dan 2 x de standaarddeviatie mogen 1 x in gemiddeld 43 jaren worden verwacht, afwijkingen groter dan 1 x de standaarddeviatie 1 x in gemiddeld ruim 6 jaren. De rangorde der droge jaren in tabel 5 stemt het meest overeen met die volgens de sommen der negatieve maandwaarden $N-0,65 V_0$, welke we eerder aangaven.

7. SAMENVATTING

In het voorgaande werden, nadat een algemeen klimatologisch beeld was gegeven van de maanden mei tot en met september van het jaar 1959, achtereenvolgens de geografische verdeling gegeven van neerslag en verdamping, berekend volgens de methode van PENMAN, gemiddeld over het tijdvak 1921—1950 en gesommeerd over de vijf genoemde maanden. Voorts werd op grond van beide laatste de geografische verdeling van het verschil tussen neerslag en verdamping in kaart gebracht.

Aan de hand van de maandcijfers voor de Bilt werd het bijzondere jaar 1959 vergeleken met het voorafgaande jaar en tevens met vier andere droge jaren, welke in de laatste 50 jaren zijn voorgekomen. Deze droge jaren werden volgens verschillende kenmerken naar hun graad van droogte gerangschikt. Er werden verschillende rangschikkingen verkregen, waarbij 1921 en 1959 om de voorrang streden.

Met behulp van frequentiestatistieken van het verschil tussen neerslag en verdamping voor de Bilt, gesommeerd over de maanden mei tot en met

september over de 50-jarige periode 1911-1960, werden schattingen gemaakt van de overschrijdingskansen op zeer droge tijdvakken. Het blijkt dat het 50-jarig basismateriaal nog te gering is om deze overschrijdingskansen op extreme gevallen met nauwkeurigheid weer te geven.

Rangschikking van 5 maandsommen mei tot en met september van $R-V_0$ en $R-0,65 V_0$ leverden zowel voor de droge als de natte jaren, voorzover zij buiten de 1 x de standaarddeviatiegrens vielen, geen verschillen op. Het jaar 1959 kwam daarbij als het droogste en het jaar 1912 als het natste naar voren.

Voorzover de statistische beschouwingen het toelaten mag 1959 klimatologisch als een zeer uitzonderlijk jaar worden beschouwd.

LITERATUUR

1. KRAMER, C. Berekening van de gemiddelde grootte van de verdamping voor verschillende delen van Nederland volgens de methode van Penman, *Med. en Verh. K.N.M.I.*, 70, 1957.
2. MAKKINK G. F. De verdamping uit vegetaties in verband met de formule van Penman, *Versl. en Med. Comm. Hydrol. Ond. T.N.O. no. 4*, 1960, pag. 90-115.

III. HET AFVOERREGIME VAN DE RIJN EN ZIJN TAKKEN IN 1959

H. VAN WIJNGAARDEN

Directie Bovenrivieren, Rijkswaterstaat

SUMMARY

THE DISCHARGE REGIME OF THE RHINE AND ITS BRANCHES IN 1959

In the Netherlands the year 1959 was characteristic, from a meteorological point of view, for its very low precipitation. The question arises how, during this dry year, the situation was with respect to the supply of water by the river Rhine on behalf of water management, water supply and navigation.

Fig. 1 gives an impression of the Rhine regime in 1959 and part of 1960. On fig. 2 a comparison is made between the discharge duration curves for the Rhine at the Netherlands-German frontier for a number of dry years. Also, a comparison is made with the picture presented by average discharge circumstances on the Rhine, based on the period 1901-1950. Generally, the year 1921 appears to have been definitely drier than 1959.

Fig. 3 presents the discharge duration curves for the six summer-months of 1959 and some other dry years, as well as those for the six summer-months of the average year 1901-1950. It is apparent that the summer months of 1947 and 1921 were markedly drier than those of 1959.

To obtain coördination with a former investigation, the following considerations have been based on discharge data of the river Nederrijn in the Netherlands.

In fig. 5 the discharge duration curves are given for the Nederrijn for the same year types as given in fig. 2 for the Rhine.

Using data on daily discharges, graphs have been plotted for different periods. From these graphs for each discharge value the probability can be read that the river discharge will remain below that value for any given duration.

Fig. 7 represents these graphs for the period 1906-1947. They enable to schematize the discharge duration curves for a year under consideration in such a way that they become curves of equal average probability, that certain discharges are not reached for certain durations.

Fig. 8 gives the schematized discharge duration curves for the years 1921, 1947 and 1959.

Comparison of the results based on the periods 1906—1947, 1906—1958 and 1906—1959 respectively leads to the following conclusions:

1. For the schematized year types the scatter of the calculated average probabilities that the discharges will not be reached, is not more than 1% for the three basic periods.
2. The calculated average probability that a drier year will occur is 13—14% for the schematized year type 1959.

After this, the probability was calculated that during a period of 50 years no year will occur, drier than the schematized year type 1959. It appears, that this probability is not more than 0.1%. This is ample proof, that the discharge year 1959 must not be regarded as extreme.

An important aspect of the occurrence of low Rhine discharges is their hindrance to navigation. In fig. 11 an outline is given of the least navigable depths that occurred on the Rhine branches in 1959. As a comparison the least navigable depths are given that have to be taken into account in the average year type 1901—1950.

In fig. 13 an outline is given of the navigation from and to Germany during the period 1950 to 1959 inclusive. From the graphs it is apparent, that the degree of loading of loaded vessels was 10—15% smaller in 1959 than during the preceding years.

From fig. 14 and 15 it is clear that the degree of loading in 1959 showed a stronger decrease for vessels of larger tonnage.

Finally it was calculated that for the year 1959 the total IJssel discharge could have been enlarged by about 65% at most if the future canalization of the Nederrijn should have been effectuated at that time. Also the hindrance to navigation on Nederrijn and IJssel would have been removed to a large degree.

1. INLEIDING

Bij het analyseren van de wijze waarop de waterhuishouding en de watervoorziening van ons land hinder hebben ondervonden van de gedurende een groot deel van 1959 opgetreden droogte, komt vanzelfsprekend de vraag naar voren hoe het gedurende deze periode gesteld was met de aanvoer van vers water via de Rijn. Zoals bekend vormt de Rijn, naast de neerslag, één van de belangrijkste leveranciers van water ten behoeve van landbouw, tuinbouw, veeteelt, drinkwatervoorziening en industrie.

Figuur 1 geeft een eerste indruk van het regime van de Rijn in 1959 en een gedeelte van 1960. In deze tekening is het gedurende 1959 opgetreden waterstandsverloop te Lobith aangegeven. Ter orientering zijn in deze grafiek tevens de waterstanden getekend welke behoren bij de gemiddelde maandafvoeren, berekend over de periode 1911—1958. Hieruit blijkt, dat de Rijnafvoer gemiddeld per maand, vanaf februari 1959 tot augustus 1960, onafgebroken beneden het maandgemiddelde geldend voor de periode 1911—1958 was gelegen.

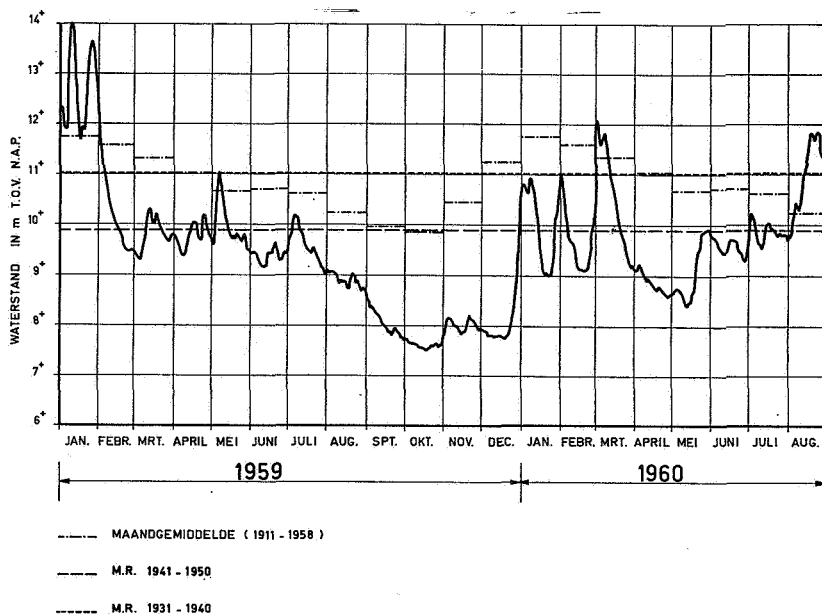


FIG. 1. Waterstandsverloop van de Rijn te Lobith (januari 1959-augustus 1960)

Voorts zijn nog de M.R.standen te Lobith gebaseerd op de periode 1931—1940, alsmede die over het tijdvak 1941—1950 in figuur 1 aangegeven. Onder de M.R. stand wordt verstaan het gemiddelde van de opgetreden waterstanden ter plaatse, gerekend over de zomerhalfjaren in de aangegeven periode.

Dat de M.R. stand gebaseerd op de periode 1931—1940 zo sterk afwijkt van die geldend voor de periode 1941—1950, vindt zijn oorzaak in de omstandigheid dat in het tijdvak 1941—1950 een tweetal zeer droge jaren zijn voorgekomen, nl. de jaren 1947 en 1949. Deze jaren hebben het gemiddelde sterk gedrukt. Bij vergelijking met het M.R. berekend voor alle tienjarige perioden vanaf 1871 kan worden geconstateerd, dat het M.R. 1941—1950 te

Lobith ongeveer 1 m lager ligt dan het M.R. geldend voor de overige tienjarige perioden. De in 1959 en 1960 opgetreden waterstanden te Lobith blijken vanaf februari 1959 tot begin augustus 1960, met uitzondering van een tweetal weken in maart 1960, beneden M.R. 1931—1940 te zijn gelegen.

Uit figuur 1 kan de conclusie worden getrokken, dat de Rijnafvoer gedurende lange tijd achtereen in 1959 en 1960 beneden het gemiddelde is geweest.

In aansluiting hierop rijst de vraag of het regime van de Rijn in 1959 een extreem karakter heeft gedragen dan wel of een dergelijk afvoerbeeld tot de regelmatig optredende verschijnselen moet worden gerekend.

Teneinde hierin enig inzicht te verkrijgen zijn in figuur 2 de afvoerdurlijnen van de Bovenrijn, geldend voor een aantal droge jaren, onderling vergeleken, terwijl tevens een vergelijking is getroffen met het gemiddelde afvoerbeeld van de Rijn gebaseerd op de periode 1901—1950. Als droge jaren zijn - behalve 1959 - de jaren 1947 en 1921 gekozen. In het bijzonder het jaar 1921 heeft over het geheel genomen zeer lage Bovenrijnafvoeren te zien gegeven.

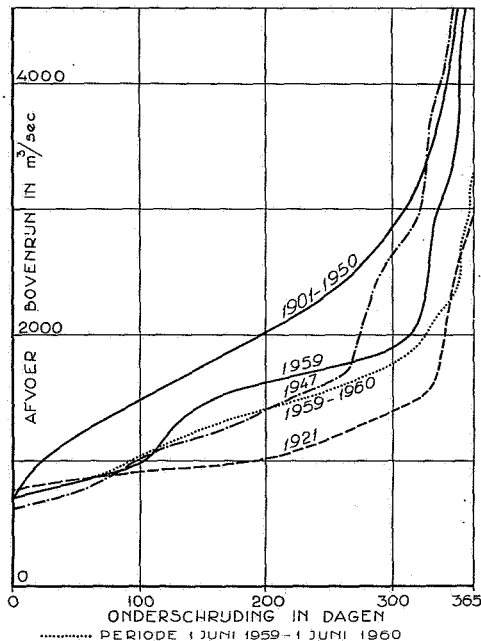


FIG. 2. Afvoerdurlijnen van de Bovenrijn voor diverse jaren

Globaal gezien kan worden gesteld, dat de afvoerbeelden van de Bovenrijn in 1947 en 1959 elkaar niet veel ontlopen, terwijl 1921 uitgesproken droger is geweest. Behalve het kalenderjaar 1959 is tevens in figuur 2 de afvoerduurlijn van de Bovenrijn getekend over het tijdvak van 1 juni 1959 tot 1 juni 1960. In de periode van februari 1959 tot augustus 1960 was dit het éénjarig tijdvak, hetwelk over het geheel genomen de laagste afvoeren te zien heeft gegeven.

Er is een duidelijk onderscheid tussen de afvoerduurlijn 1959 en de afvoerduurlijn 1959—1960, speciaal voor wat betreft het voorkomen van Bovenrijnafvoeren groter dan ca. 1000 m³/sec.

Waar met het oog op de belangen van waterhuishouding en watervoorziening in het bijzonder de afvoer van de Rijn gedurende het zomerhalfjaar de aandacht vraagt, zijn in figuur 3 de afvoerduurlijnen van de Bovenrijn voor de zomerhalfjaren 1959, 1947 en 1921 onderling vergeleken. Ter oriëntering is in deze grafiek tevens de afvoerduurlijn over het zomerhalfjaar van het gemiddelde jaar 1901—1950 aangegeven. Geconcludeerd kan worden dat, over het zomerhalfjaar gerekend, het jaar 1947 een duidelijk droger karakter heeft gehad dan 1959; de afvoerbeelden over het zomerhalfjaar 1921 en

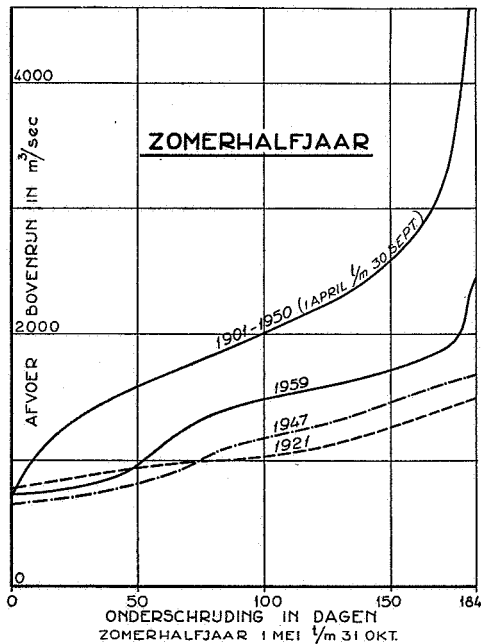


FIG. 3. Afvoerduurlijnen van de Bovenrijn voor diverse zomerhalfjaren

dat van 1947 verschillen onderling aanmerkelijk minder dan gerekend over het gehele jaar het geval was.

In figuur 4 zijn de afvoergegevens uit de figuren 2 en 3 in een afwijkende vorm nogmaals onderling vergeleken. Inplaats van afvoerduurlijnen bevat deze figuur de frequentielijnen van de Bovenrijnafvoeren over de eerdergenoemde jaren en zomerhalfjaren.

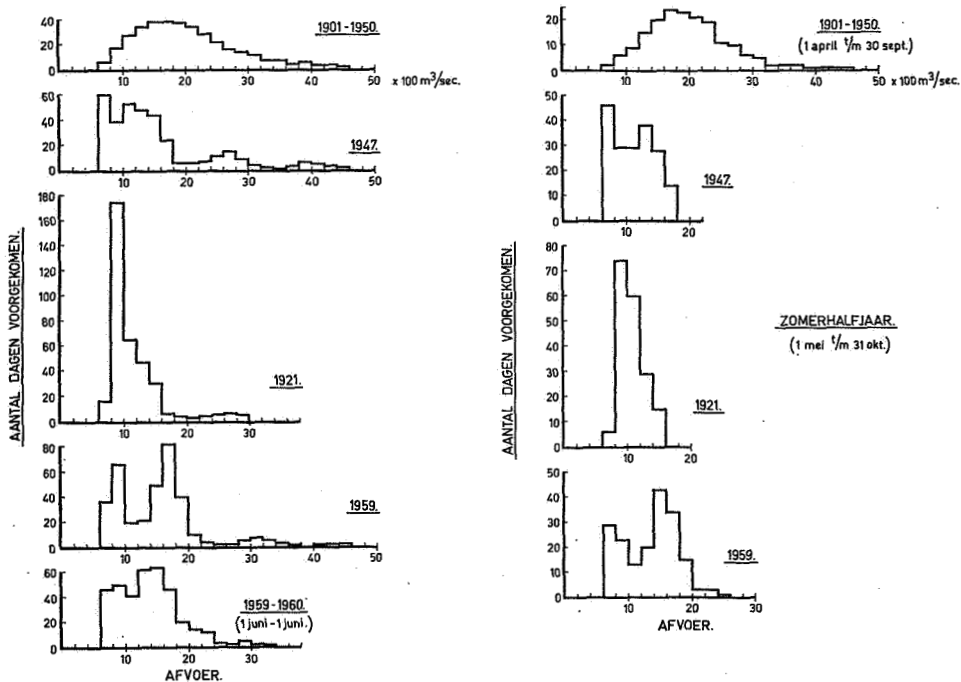


FIG. 4. Frequentielijnen van de Bovenrijn voor diverse jaren en zomerhalfjaren

2. WAARSCHIJNLIJKHEID VAN ONDERSCHRIJDING VAN HET AFVOERBEELD 1959

Het voorgaande leidde ertoe, dat enig inzicht werd verkregen in het karakter van het afvoerbeeld gedurende het jaar 1959. Het is echter gewenst hierover op meer exacte wijze een uitspraak te kunnen doen. De vraag rijst of het mogelijk is de waarschijnlijkheid van gemiddelde onderschrijding van het afvoerbeeld 1959 te bepalen, alsmede de kans te berekenen dat het afvoerjaar 1959 het maatgevende droge jaar is over een bepaalde periode, b.v. van 50 jaar. Naar aanleiding van het optreden van het droge jaar 1947 werden in *de Ingenieur* 42, 1949 door Ir. L. HUISMAN en Ir. K. VAN TIL de resultaten van een desbetreffend onderzoek gepubliceerd.

Bij de hier volgende beschouwingen is aangesloten op de in genoemd artikel ontwikkelde gedachtengang. In het artikel van HUISMAN en VAN TIL werd uitgegaan van de waterstanden te Arnhem, opgetreden gedurende de periode 1906—1947. Met behulp van afvoerkrommen voor de Nederrijn geldend voor vijfjarige perioden, konden de bij deze waterstanden behorende afvoeren worden bepaald. Deze afvoergegevens werden vervolgens statistisch verwerkt. De uitgevoerde berekeningen hadden, zoals vermeld, betrekking op de waterstanden te Arnhem en op Nederrijnafvoeren. Teneinde op de reeds verrichte onderzoekingen te kunnen aansluiten, zijn de thans te bespreken berekeningen eveneens voor de Nederrijn uitgevoerd.

In figuur 5 zijn voor de Nederrijn de afvoerduurlijnen weergegeven voor dezelfde jaartypen als zulks in figuur 2 voor de Bovenrijn het geval was. Het algemeen verloop van deze afvoerduurlijnen voor Bovenrijn en Nederrijn komt geheel met elkaar overeen.

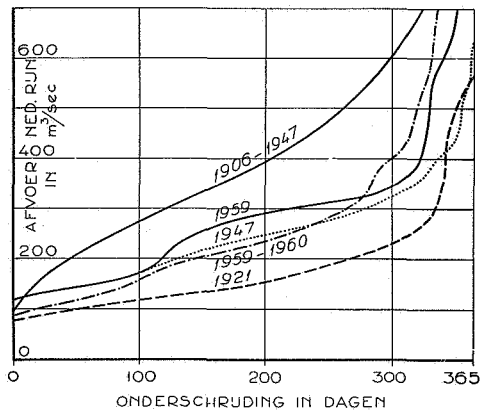


FIG. 5. Afvoerduurlijnen van de Nederrijn voor diverse jaren

In figuur 6 is achtereenvolgens voor Nederrijnafvoeren van 100, 150, 200, 250, 300, 400 en 500 m³/sec voor elk jaar gelegen tussen 1906 en 1960 het aantal dagen aangegeven dat deze afvoer niet werd bereikt. Dit blokdiagram geeft een uitbreiding met de waarnemingen over 12 jaren, aan de overeenkomstige figuur uit het eerder genoemde artikel in *de Ingenieur*.

Op grond van deze gegevens werd destijds op basis van de periode 1906-1947 een grafiek samengesteld, waarin per afvoer kan worden afgelezen welke frequentie een onderschrijding van zekere duur van de desbetreffende afvoer zal hebben (fig. 7.) In deze figuur kunnen nu vervolgens voor de te beschouwen jaren de bij de aangegeven afvoer opgetreden aantallen onderschrijdingsdagen worden uitgezet. Indien nu door de aldus gevonden punten

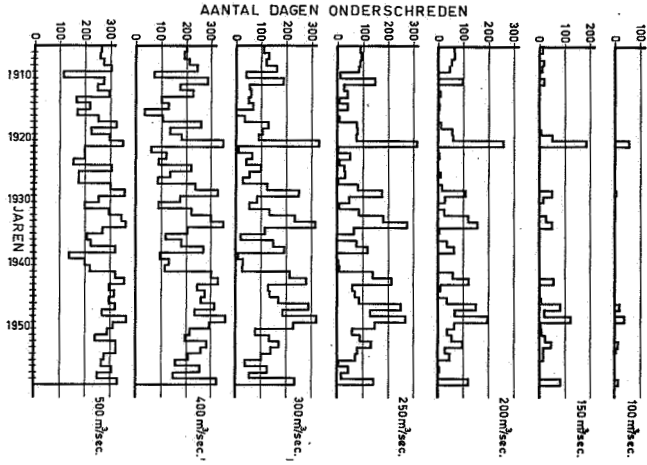


FIG. 6. Onderschrijding in dagen van een aantal afvoeren van de Nederrijn (1906-1960)

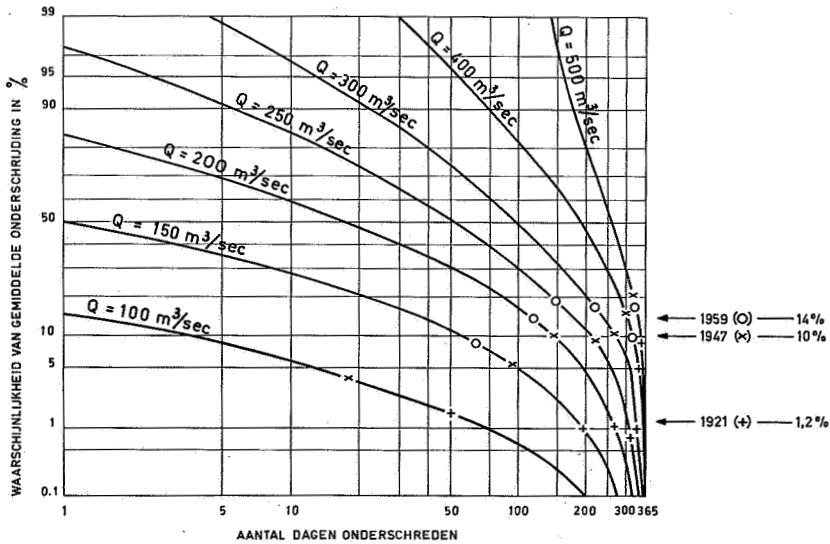


FIG. 7. Frequentie van overschrijding van afvoeren van de Nederrijn (periode 1906 tot en met 1947)

een horizontale lijn wordt getrokken welke zo goed mogelijk bij deze punten aansluit, kan men stellen het desbetreffende jaar aldus min of meer geschematiseerd te hebben weergegeven. Op het snijpunt met de ordinaat van de eerdergenoemde horizontale lijn wordt de gemiddelde frequentie van onderschrijding van het geschematiseerde jaartype afgelezen.

In figuur 7 zijn op deze wijze de aantallen dagen dat afvoeren van 100, 150 enz. m³/sec werden onderschreden in de jaren 1921, 1947 en 1959 aangegeven, waarna vervolgens de gemiddelde frequentie van onderschrijding van deze jaren geschematiseerd werd vastgesteld op resp. 1,2%, 10% en 14%.

In figuur 8 zijn de afvoerduurlijnen voor de jaartypen, welke op deze wijze werden geschematiseerd, aangegeven.

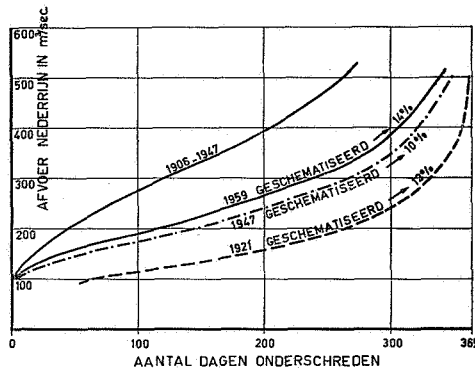


FIG. 8. Afvoerduurlijnen van de Nederrijn met verschillende waarschijnlijkheid van gemiddelde onderschrijding (periode 1906 tot en met 1947)

Vervolgens is nagegaan, in welke mate de beschreven resultaten wijziging ondergaan, indien in plaats van de afvoergegevens over de periode 1906 tot en met 1947 wordt uitgegaan van die over het tijdvak 1906 tot en met 1958, resp. 1906 tot en met 1959. Dit is gedaan om te onderzoeken in hoeverre mag worden verwacht dat, uitgaande van het als uitgangspunt gekozen tijdvak, betrouwbare resultaten kunnen worden verkregen.

Indien de oorspronkelijk in beschouwing genomen periode van 1906 tot en met 1947 voor het beoogde doel te kort zou zijn geweest, dan zou dit zich zeer waarschijnlijk manifesteren, indien een twaalf jaar langere periode als uitgangspunt werd gekozen. Een aanwijzing omtrent de betrouwbaarheid voor het gestelde doel van de in beschouwing genomen periode kan voorts worden verkregen door de frequenties van onderschrijding van bepaalde jaartypen zowel te berekenen met als zonder opname van een jaar met enigermate extre-

me afvoerstandigheden. Dit is de reden waarom in het ene geval het jaar 1959 niet, en in het andere geval wel in de reeks jaren, welke als uitgangspunt dienden voor de vaststelling van de frequenties van onderschrijding van de verschillende jaartypen, is opgenomen.

De berekende resultaten zijn in tabel 1 samengevat.

TABEL 1. Berekende gemiddelde frequentie van onderschrijding, gebaseerd op drie verschillende perioden

Geschematiseerde jaartypen	1906—1947	1906—1958	1906—1959
1959	14%	13%	14%
1947	10%	9%	10%
1921	1,2%	2%	2%

De in de tabel verzamelde resultaten geven aanleiding tot de volgende opmerkingen:

- 1e. De spreiding in de berekende gemiddelde frequenties van onderschrijding voor de geschematiseerde jaartypen blijkt voor de drie verschillende als uitgangspunt gekozen perioden niet meer dan 1% te bedragen. Mede gelet op de omstandigheid, dat het schematiseren van een bepaald jaar op zichzelf reeds aanleiding kan geven tot een zekere spreiding in het resultaat, kan worden geconstateerd dat de in beschouwing genomen tijdvakken voldoende lang blijken te zijn om betrouwbare uitkomsten te waarborgen.
- 2e. De berekende gemiddelde frequentie van onderschrijding van het geschematiseerde jaartype 1959 blijkt 13 à 14% te bedragen, d.w.z. er moet op worden gerekend, dat over langere perioden beschouwd één maal per zeven à acht jaar een jaar met lagere afvoeren zal optreden dan 1959 te zien gaf.

Op soortgelijke wijze als in het eerdergenoemde artikel van HUISMAN en VAN TIL is uiteengezet, is vervolgens uitgerekend welke kans er bestaat dat het geschematiseerde afvoer-jaartype 1959 in een 50-jarige periode niet zal worden onderschreden. Hetzelfde vond tevens plaats voor de geschematiseerde afvoerjaren 1947 en 1921. Ook deze berekeningen werden gebaseerd zowel op de afvoeren opgetreden in de periode 1906—1947, alsmede op die in de perioden 1906—1958 en 1906—1959.

In tabel 2 zijn de uitkomsten van deze berekeningen samengevat.

TABEL 2. Kans op 0 maal onderschrijding in een 50-jarige periode, uitgaande van de opgetreden afvoeren in drie verschillende perioden

Geschematiseerde jaartypen	1906—1947	1906—1958	1906—1959
1959	0,05%	0,10%	0,05%
1947	0,51%	0,91%	0,51%
1921	56,20%	37,60%	37,60%

Duidelijk blijkt ook uit bovenstaande tabel dat het afvoerjaar 1959 zeker niet tot de extreme behoort, zulks in tegenstelling met het afvoerjaar 1921.

3. VERDELING VAN BOVENRIJNAFVOEREN OVER DE RIJNTAKKEN

Voor de watervoorziening van het noorden en westen van het land zijn, zoals bekend, vooral de afvoeren van Nederrijn en IJssel van groot belang. De omvang van de afvoeren van deze Rijntakken hangt direct samen met de grootte van de Bovenrijnafvoer. De wijze waarop een bepaalde Bovenrijnafvoer over Waal, Pannerdens Kanaal, Nederrijn en IJssel wordt verdeeld, wordt overigens bepaald door de vormgeving van de splitsingspunten, alsmede door de bodemligging van het rivierbed nabij de splitsingen. De bodemhoogte in het zomerbed blijkt volgens de regelmatig verrichte peilingen te fluctueren. Deze fluctuaties zullen allereerst samenhangen met het afvoeregime, zoals zich dit gedurende de voorafgaande weken of maanden heeft gemanifesteerd. Daarnaast kan de uitvoering van rivierwerken in de omgeving van de splitsingspunten tot wijziging in de hoogteligging van het rivierbed op één of meer Rijntakken aanleiding geven. Als gevolg hiervan moet worden verwacht, dat bij eenzelfde Bovenrijnafvoer niet steeds dezelfde afvoeren op de Rijntakken zullen behoren. De afvoerverdeling zal afhankelijk zijn van de onderlinge verhouding in hoogteligging van het zomerbed op de verschillende Rijntakken.

Teneinde altijd een volledig overzicht te hebben omtrent de wijze waarop de Bovenrijnafvoer over de verschillende Rijntakken wordt verdeeld, worden voortdurend afvoermetingen uitgevoerd. De resultaten van deze afvoermetingen, gedurende een aantal jaren verricht, worden regelmatig tot afvoerkrommen verwerkt. Door vergelijking van de afvoerverdeling volgens afvoerkrommen geldend voor verschillende tijdvakken, kan worden nagegaan of de afvoer op een Rijntak de neiging vertoont toe- of af te nemen. Indien zulks het geval is, kan getracht worden de oorzaak van een dergelijke afvoerwijziging op te sporen en maatregelen aan te geven welke een verdere wijziging moeten tegengaan.

Het is interessant na te gaan of de verdeling van lage en gemiddelde Bovenrijnafvoeren over de Rijntakken in de loop van de laatste tien jaren nog wijzigingen van enige betekenis vertoont. In figuur 9 is voor een drietal Bovenrijnafvoeren in procenten de verdeling over de Rijntakken aangegeven volgens de afvoerkrommen 1948—1951, 1953—1956 en 1959.

Voor de Bovenrijnafvoer behorende bij middelbare rivierstand (2200 m³/sec), alsmede voor de lagere Bovenrijnafvoer van 1600 m³/sec kan worden geconstateerd dat het Pannerdens Kanaal ruim 1% meer is gaan trekken. Deze geringe afvoertoeename blijkt ongeveer in gelijke mate over Nederrijn en IJssel te worden verdeeld. Voor de O.L.R.-afvoer ter grootte van 984 m³/sec (op de definitie van het O.L.R. zal hierna nog worden ingegaan) kan worden gesteld, dat de fluctuatie in de afvoer van het Pannerdens Kanaal over de periode 1950—1960 gemiddeld niet meer dan 1% bedroeg. De Nederrijn trok in 1959 circa 1% meer, de IJssel 1/2% minder dan volgens de afvoerkromme 1948—1951.

Resumerend kan worden gesteld, dat bij de lagere Bovenrijnafvoeren in 1959 de tendentie valt waar te nemen tot een geringe toeneming van het aandeel van de Nederrijn. Deze toeneming bedraagt echter niet meer dan 1%.

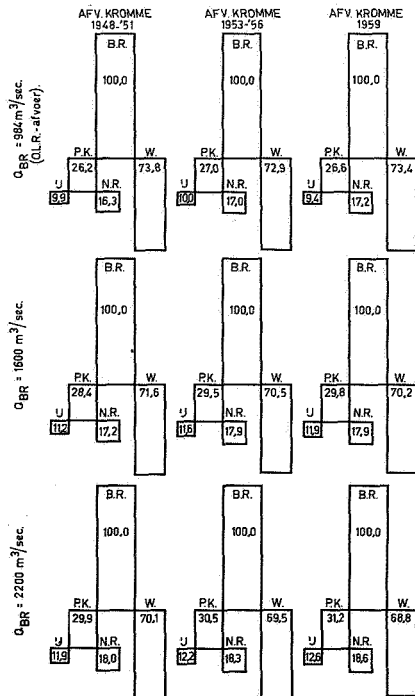


FIG. 9. Afvoeroverdeling over de Rijntakken in % van de Bovenrijnafvoer

Een indicatie omtrent het afvoerregime van de Bovenrijn, speciaal voor wat betreft het voorkomen van lage afvoeren, kan nog worden verkregen door voor een aantal jaren met elkaar te vergelijken gedurende hoeveel dagen de O.L.R.-afvoer in het betreffende jaar werd onderschreden. De O.L.R.-afvoer van de Bovenrijn is volgens definitie die afvoer, welke gedurende gemiddeld 20 ijsvrije dagen per jaar niet werd bereikt, gerekend over de periode 1906—1930. De aldus gedefinieerde Bovenrijnafvoer bedraagt 984 m³/sec.

In figuur 10 is per jaar het aantal dagen weergegeven dat de O.L.R.-afvoer te Lobith werd onderschreden. Uit deze figuur blijkt dat het regime van de Rijn in 1959 voor wat betreft het voorkomen van de allerlaagste afvoeren gunstiger was dan 1949, echter iets ongunstiger dan 1947. Over het geheel genomen was, zoals reeds eerder werd aangetoond, 1959 gunstiger dan 1947.

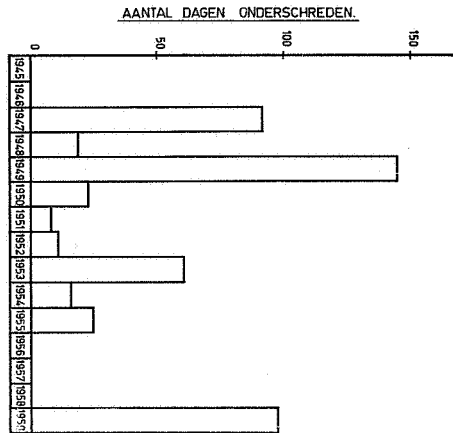


FIG. 10. Onderschrijding van de O.L.R.-afvoer te Lobith (1945-1959)

Bij de genoemde O.L.R.-afvoer van de Bovenrijn behoren afvoeren en waterstanden op Waal, Nederrijn en IJssel overeenkomstig de geldende afvoerkrommen en betrekkinglijnen voor waterstanden. De O.L.R.-standen voor de verschillende peilschaalstations langs de Nederlandse Rijntakken zijn voor het laatst officieel vastgesteld in 1952. Ze zijn gebaseerd op betrekkinglijnen en afvoerkrommen over de periode 1949—1951. Als gevolg van wijzigingen in afvoerverdeling over de Rijntakken, alsmede tengevolge van de uitvoering van rivierwerken, kunnen de O.L.R.-standen langs de Rijntakken en de daarbij behorende afvoeren zich wijzigen. De O.L.R.-afvoer van de Bovenrijn blijft echter volgens definitie onveranderd: 984 m³/sec.

4. DE INVLOED VAN LAGE RIJNAFVOEREN OP DE SCHEEPVAART

Een belangrijk aspect van het voorkomen van lage Rijnafvoeren wordt gevormd door de hinder welke de scheepvaart hiervan ondervindt. De toe te laten diepgang voor de scheepvaart op de Rijntakken hangt direct samen met de minst gepeilde vaarwaterdiepten en deze zijn op hun beurt o.m. weer afhankelijk van de grootte van de rivierafvoeren.

In figuur 11 wordt een overzicht gegeven van de in 1959 opgetreder minste vaarwaterdiepten op de Rijntakken. Ter vergelijking is tevens aangegeven, met welke minste vaarwaterdiepten moet worden gerekend voor het afvoerregime van de Rijn, behorende bij het gemiddelde jaar 1901—1950. De bij de betreffende afvoeren behorende minste vaarwaterdiepten zijn vastgesteld aan de hand van de waarnemingen gedaan over de periode 1955 tot en met 1959. Uit figuur 11 blijkt, dat de minste vaarwaterdiepten op Waal Nederrijn en IJssel in 1959 aanmerkelijk beneden het gemiddelde bleven.

De minste vaarwaterdiepten behorende bij een bepaalde onderschrijdingsfrequentie blijken voor wat betreft de Waal in 1959 over een groot gedeelte van het jaar ca. 1 m lager te liggen dan de overeenkomstige waarden behorende bij het afvoerregime van het gemiddelde jaar 1901—1950. Voor Nederrijn en IJssel bedraagt deze achteruitgang in minste vaarwaterdiepte over een groot gedeelte van 1959 bij vergelijking met het gemiddelde jaar 1901—1950 gemiddeld ca. 0,5 m. Bij hetgeen in het voorgaande inzake de minste vaarwaterdiepte op de Rijntakken in 1959 is gesteld, moet worden bedacht dat deze niet alleen samenhangt met de afvoer op de betreffende Rijntak, maar eveneens afhankelijk is van de meer of minder sterke mate waarin de maatgevende ondiepten in de rivier zich gedurende de voorafgaande jaren hebben kunnen ontwikkelen. Indien in een periode van lage rivierafvoeren of in een daaraan voorafgaand tijdvak op een Rijntak de maatgevende ondiepten juist zijn verwijderd, zal dit tot gevolg hebben dat de ene tak een sterkere achteruitgang vertoont in minste vaarwaterdiepte - als gevolg van een laagwaterregime - dan de andere.

Enig inzicht in de scheepvaarthinder welke gedurende 1959 van de lagere Rijnafvoeren werd ondervonden, levert ook figuur 12. In deze figuur is voor de jaren 1947 tot en met 1959 het aantal dagen aangegeven dat er op de Rijntakken beperkingen t.a.v. de toe te laten diepgang voor de scheepvaart werden bekend gemaakt.

Voor de Waal is het aantal dagen weergegeven waarop de minste vaarwaterdiepte $\leq 4,00$ m, voor Nederrijn en IJssel het aantal dagen dat de minste vaarwaterdiepte $\leq 2,70$ m was. Afzonderlijk is in de blokdiagrammen van

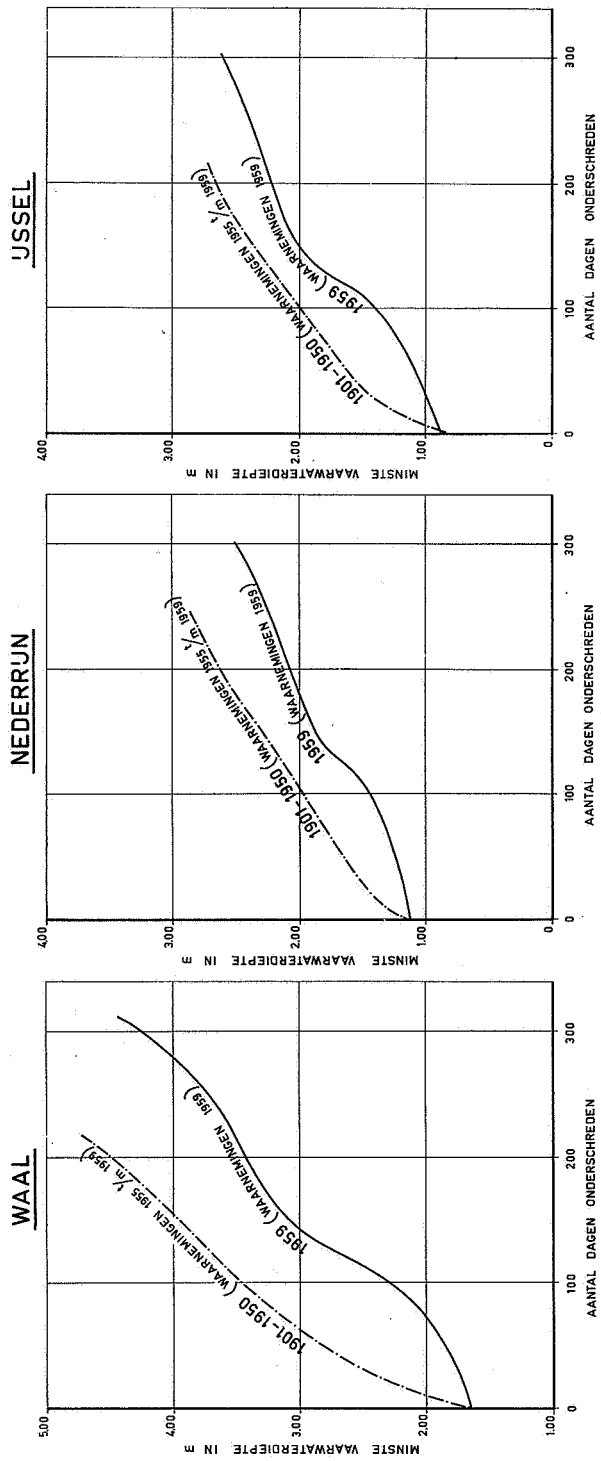


Fig. 11. Scheepvaartbeperking op de Rijntakken, in het gemiddelde jaar (1901-1950) en 1959

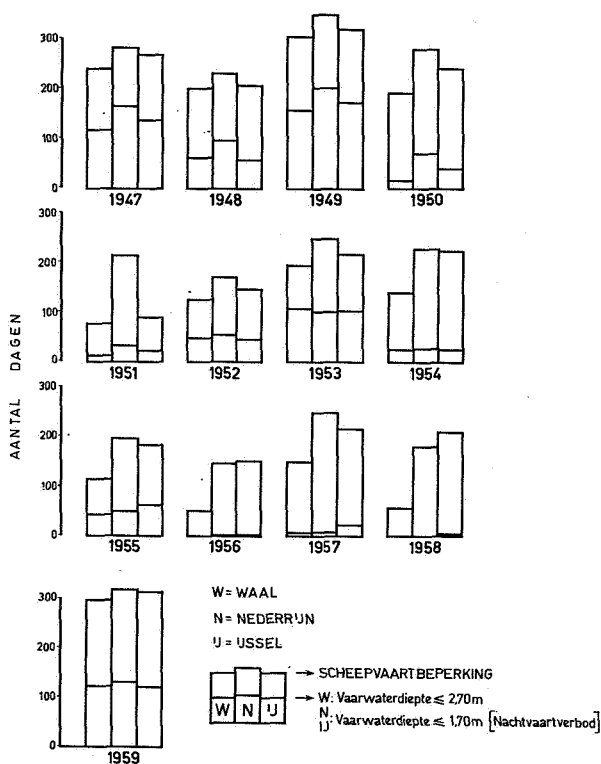


FIG. 12. Aantal dagen scheepvaartbeperking op de Rijntakken (1947-1959)

figuur 12 het aantal dagen aangeduid waarop in 1959 de minste vaarwaterdiepte op de Waal $\leq 2,70$ m was en op Nederrijn en IJssel $\leq 1,70$ m. Op Nederrijn en IJssel wordt bij minste vaarwaterdiepten $\leq 1,70$ m een nachtvaartverbod ingesteld, op de Waal kan zulks geschieden bij minste vaarwaterdiepten $\leq 2,70$ m.

Naast beperkingen in diepgang ondervindt de scheepvaart bij lage rivierafvoeren ook hinder doordat de beschikbare vaargeul smaller is. Op bepaalde riviergedeelten, zoals in scherpe, minder overzichtelijke bochten, kan de versmalling van de beschikbare vaargeul aanleiding geven tot verdere beperkingen aan de scheepvaart, zoals b.v. het instellen van een inhaalverbod. Ook zullen beperkingen aan de vaarsnelheid worden gesteld.

In figuur 13 wordt een overzicht gegeven van de scheepvaart van en naar Duitsland op de Bovenrijn te Lobith, gerekend over de periode 1950 tot en met 1959. Achtereenvolgens is het verloop van het totaal aantal schepen,

van het aantal beladen schepen en van de ladingsgraad van de beladen schepen weergegeven. Onder de ladingsgraad wordt verstaan de verhouding tussen het gewicht van de lading en het laadvermogen van de betreffende schepen. Uit de grafieken kan worden afgelezen dat de ladingsgraad van de beladen schepen van Duitsland naar Nederland varend in 1959 ca. 10% kleiner was dan normaal, terwijl voor de scheepvaart naar Duitsland een afname van ca. 15% kon worden geconstateerd.

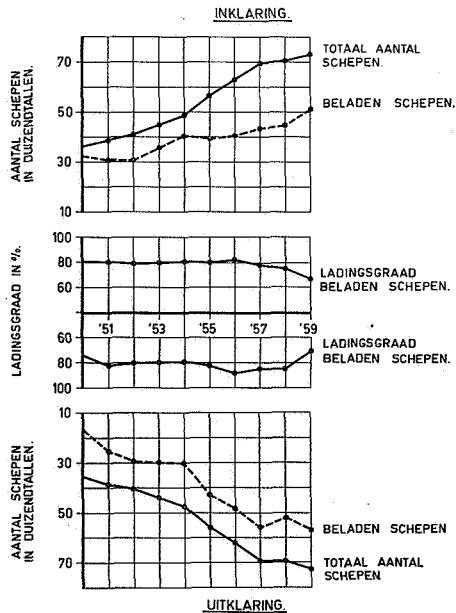
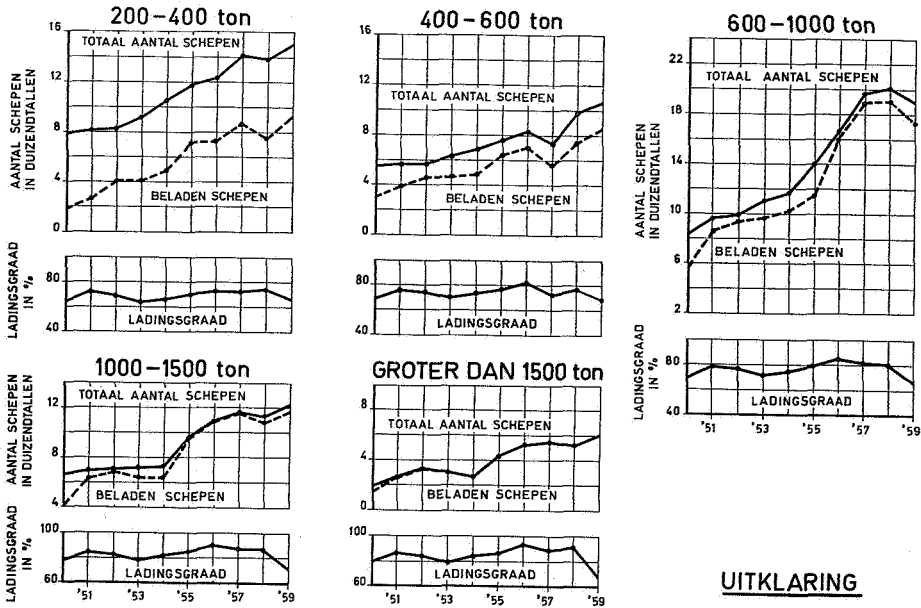


FIG. 13. Inklaring en uitklaring van schepen te Lobith (1950-1959)

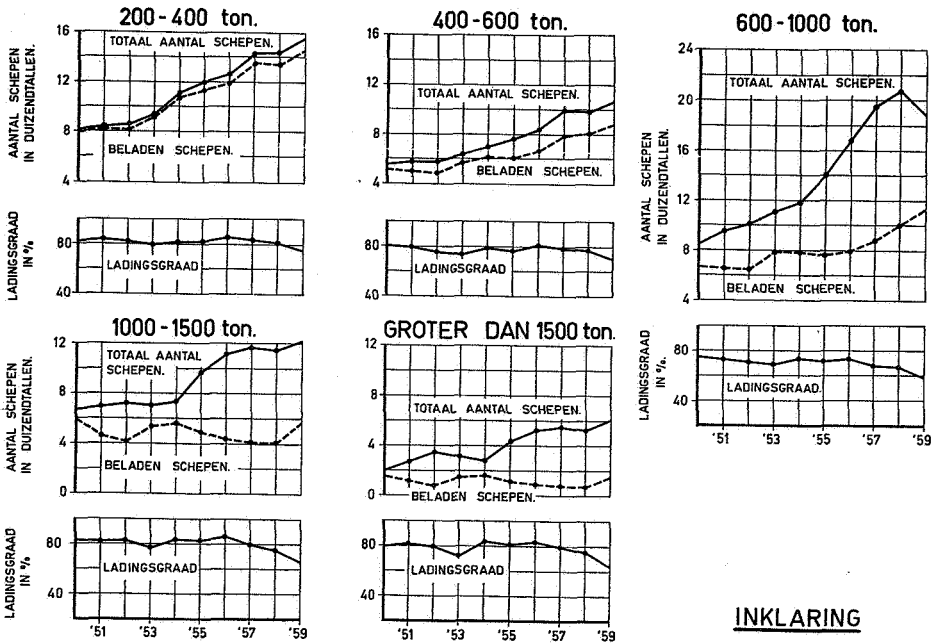
Hierbij moet worden bedacht, dat de in figuur 13 aangegeven percentages jaargemiddelden betreffen. Over het tweede halfjaar van 1959 liggen de cijfers nog aanmerkelijk ongunstiger, omdat gedurende dat tijdvak de afvoeren het laagst waren. Voorts moet bij beschouwing van de voor 1959 berekende ladingsgraad in acht worden genomen dat deze het gemiddelde weergeeft van alle tonnageklassen tezamen.

De figuren 14 en 15 geven voor verschillende tonnageklassen het verloop van het totaal aantal schepen, het aantal beladen schepen en de ladingsgraad, eveneens voor de periode 1950 tot en met 1959. In figuur 14 zijn deze gegevens verzameld voor de Rijnscheepvaart naar Duitsland, in figuur 15 voor de Rijnscheepvaart van Duitsland naar Nederland. Uit de betreffende grafieken is tabel 3 afgeleid.



UITKLARING

Fig. 14. Overzicht van de scheepvaart stroomopwaarts te Lobith (1950-1959)



INKLARING

Fig. 15. Overzicht van de scheepvaart stroomafwaarts te Lobith (1950-1959)

TABEL 3. Afname in % van de ladingsgraad voor 1959 bij vergelijking met 1958

Tonnage klasse	Uitklaring	Inklaring
200— 400 ton	7	6
400— 600 ton	7	7
600—1000 ton	14	8
1000—1500 ton	16	9
> 1500 ton	24	12

Dat voor de grotere schepen de ladingsgraad bij uitklaring in 1959 sterker teruggelopen is dan bij inklaring vindt ten dele zijn verklaring in de omstandigheid, dat de ladingsgraad voor uitklaring onder normale omstandigheden voor deze categorie schepen hoger ligt dan voor inklaring. Voorts blijkt uit bovenstaande cijfers dat - zoals verwacht mag worden - de afname van de ladingsgraad in 1959, vergeleken met de voorafgaande jaren, groter is voor hogere tonnageklassen.

5. WIJZIGING VAN DE IJSSELAFVOER IN 1959 BIJ RIJNKANALISATIE

Tot slot is het interessant na te gaan in welke mate de afvoer van de IJssel wijziging zou hebben ondergaan, indien in 1959 de Rijnkanalisatie in bedrijf was geweest. Bij deze beschouwing dient ervan te worden uitgegaan dat een zodanig stuwprogramma wordt gevolgd, dat bij de lagere Bovenrijnafvoeren zoveel mogelijk water langs de IJssel tot afvoer komt, zonder dat daarbij de afvoer van het Pannerdens Kanaal als gevolg van te sterke terugstuwing wordt verminderd. Voorts wordt er steeds voor zorggedragen dat de Nederrijn voldoende water ontvangt, met het oog op bestrijding van de vervuiling en gelet op de waterbehoeften van de op Nederrijn en Lek aangewezen gebieden.

In het hiervolgende is verondersteld dat het z.g. stuwprogramma 350 wordt gevolgd. Bij een dergelijk stuwprogramma stelt men zich voor als volgt te handelen: bij lagere afvoeren wordt met de bovenste stuw in de Nederrijn tot een zodanig peil gestuwd, dat het water van het Pannerdens Kanaal grotendeels door de IJssel wordt afgevoerd, met uitzondering van een minimum hoeveelheid welke langs de Nederrijn moet afstromen. Bij toenemende Bovenrijnafvoeren blijft de minimum afvoer van de Nederrijn gehandhaafd tot het ogenblik waarop de IJsselafvoer 350 m³/sec bedraagt. Bij verder stijgende Bovenrijnafvoer wordt nu ervoor gezorgd dat de IJsselafvoer 350 m³/sec blijft, door geleidelijk de bovenstroomse stuw in de Nederrijn te trekken

waardoor het aandeel van de Nederrijn toeneemt. Deze handelwijze wordt voortgezet totdat de stuw geheel geopend is. Vanaf dat moment stelt zich de natuurlijke afvoerverdeling over de Rijntakken in.

Op deze gedachtengang voortbouwend werd voor het gemiddeld jaar gebaseerd op de afvoergegevens van de Bovenrijn over de periode 1901—1950 berekend, dat de IJsselafvoer als gevolg van Rijnkanalisatie over het gehele jaar gesommeerd maximaal met 38% zou kunnen toenemen, nl. van $8,2 \times 10^9 \text{ m}^3$ tot $11,3 \times 10^9 \text{ m}^3$. Voor het jaar 1959 werd gevonden dat de totale IJsselafvoer door middel van Rijnkanalisatie maximaal met 64% zou kunnen worden vergroot, nl. van $5,9 \times 10^9 \text{ m}^3$ tot $9,7 \times 10^9 \text{ m}^3$.

De consequenties van het in bedrijfstellen van Rijnkanalisatie voor de scheepvaart in een droog jaar blijken uit de volgende cijfers. In 1959 waren er op de Nederrijn gedurende 320 dagen scheepvaartbeperkingen van kracht; gedurende 129 dagen werd er een nachtvaarverbod afgekondigd. Met Rijnkanalisatie zou geen beperking voor de scheepvaart hebben gegolden. Op de IJssel kwam op 313 dagen scheepvaartbeperking voor en 122 dagen nachtvaarverbod. Bij het volgen van een stuwprogramma 350 zou op de IJssel het aantal dagen met scheepvaartbeperking op 116 zijn teruggebracht, terwijl er in het geheel geen nachtvaarverbod zou zijn afgekondigd.

IV. DE INVLOED VAN DE DROOGTE IN 1959 OP KANALEN EN
BOEZEMWATEREN IN FRIESLAND, GRONINGEN, DRENTE,
OVERIJSSSEL EN NOORDHOLLAND TEN NOORDEN
VAN HET NOORDZEEKANAAL

P. STELLING

Provinciale Waterstaat Groningen

SUMMARY

EFFECT OF THE 1959 DROUGHT ON CANALS AND CATCH-WATER BASINS IN
FRIESLAND, GRONINGEN, DRENTE, OVERIJSSSEL AND NORTH HOLLAND
NORTH OF THE NORTH SEA CANAL

The above-mentioned areas depend on Lake IJssel and the river IJssel for the meeting of water shortages in canals and catch-water basins. In the Netherlands it is customary and desirable that for these generally stagnant waters a definite level is fixed in accordance with the interests of agriculture and navigation.

The level of ship canals is of course kept as high as possible. Formerly it was tried in rainy spells to keep the water of catch-water basins on normal levels. To-day it is also tried to keep the level of these drainage canals in times of drought as high as possible because this is of great importance to agriculture.

For this purpose fresh water is supplied from Lake IJssel and the river IJssel, which obtain their water from the Rhine. It is expected that the water requirement will increase because in dry spells more and more land is sprinkled and the level of ditches is kept as high as possible. Besides, much water is needed to sluice the salinated canals.

In spring the level of Lake IJssel is raised by 20 cm. to have some reserve during the dry summer months. In 1959 this quantity was, however, only $\frac{1}{5}$ of the supply from the river IJssel plus the rainfall on the lake plus the water pumped from the polders in Lake IJssel during the summer months. In the dry summer of 1959 nearly half of the total quantity of available water evaporated.

In this summer were also let in and pumped up:

<i>by the provinces Friesland, Groningen, Drente and Overijssel</i>	$549 \times 10^6 \text{ m}^3$
<i>by North Holland north of the North Sea Canal</i>	$231 \times 10^6 \text{ m}^3$
<i>by the Lake IJssel polders</i>	$111 \times 10^6 \text{ m}^3$
<i>while the North Sea Canal was sluiced to ward off salination</i>	$198 \times 10^6 \text{ m}^3$

In the summer of 1959 from 3 to 6 times as much water was withdrawn from Lake IJssel as in normal years.

In Friesland the water can be let in through sluices because the catch-water basins in that province have a somewhat lower level than Lake IJssel has. Also in North Holland water is let in through sluices, though there is little difference in level.

One third of the water supplied to Friesland is let in through a sluice in western Groningen, where the level is 30 cm. lower. Two thirds of the water supplied to Friesland is used to maintain the level of the extensive catch-water basin, for letting water into polders and for sluicing the catch-water basin of Friesland. From West Groningen the water is pumped up in 9 degrees into the canals in the east and south-east of the province up to a level of 10 m above sea-level in the extreme south-east. These canals also feed the canals in the north of Drente. Further Drente receives water from Lake IJssel through the Meppelerdiep. Also this water is pumped up by degrees up to 17.70 m above sea-level.

In Overijssel some areas were fed by the pumping stations of the Twente canals. This has helped to prevent the drying up of agricultural land.

In this extremely dry year it appeared that the capacity of the feeding systems was too small to feed the canals and, besides, to supply water for agriculture.

In the future more water will have to be supplied in dry summers for agricultural land. Computations will have to show to what extent this supply will be remunerative for higher soils because the pumping up of water by several degrees is very expensive.

At any rate, considerably more water will have to be withdrawn from Lake IJssel. For this purpose the Lower Rhine, an arm of the Rhine, is being canalized. This canalization will make it possible in dry spells to lead most of the water of the Lower Rhine through the river IJssel, which can only be done if after the damming of the sea-arms in the south-west the river water can be discharged through the river-arm Nieuwe Waterweg along Rotterdam.

Thus the water supply in the north of the country is linked up with the damming of the sea-arms in the south-west.

1. INLEIDING

Voor de kanalen en boezemwateren zijn als regel peilen vastgesteld die de betekenis hebben van na te streven waterstanden. Soms gelden in winter en zomer enigszins verschillende peilen. Ook voor de poldergebieden en bij de

van stuwen voorziene beken zijn meestal na te streven peilen vastgesteld. Bij de bepaling van deze kanaal- en boezempeilen spelen zowel de waterbeheersing als de scheepvaartbelangen een rol.

Hoe het ook zij, als de peilen met zorg zijn vastgesteld zal men ernaar streven de waterstanden zo goed mogelijk in de hand te houden. Welke marges toelaatbaar zijn hangt geheel van omstandigheden af; niet alleen van de grondgesteldheid en de aard van de bodemcultuur, maar ook van de periode in het jaar. Waterstandsverlagingen of -verhogingen die in het groeiseizoen of tijdens de oogst funest kunnen zijn, geven in de herfst en de winter soms weinig hinder.

Meer en meer wordt men er in landbouwkringen van overtuigd dat - ook in niet zeer droge jaren - de boezemwaterstanden niet te laag mogen worden. Dientengevolge wordt de wens tot inlaten en eventueel oppompen van water in droge perioden steeds sterker. Het aantal beregeningsinstallaties neemt sterk toe. Hoewel men in sommige hooggelegen kleigrondgebieden niet bang is voor zout water, behalve voor beregening, betekent het verlangen naar water toch in het algemeen dat zoet water moet worden ingelaten en eventueel opgepompt.

Voor wateraanvulling bestaat in het gebied van het IJsselmeer de gelegenheid, die dan ook meer en meer is en wordt benut. Naast het water nodig voor het op peil houden, is tevens in de kanalen en boezemwateren zoet water nodig voor ontzilting en in sommige gevallen voor het schoonspoelen of voor industriële doeleinden.

2. WATERONTTREKKING AAN HET IJSSELMEER

Aan het IJsselmeer worden grote hoeveelheden water onttrokken, uiteraard het meest in droge perioden. In de maanden mei tot en met november 1959 bedroeg de onttrekking voor Friesland en Groningen tezamen 576 miljoen m³ tegenover ca. 200 miljoen m³ in een normaal jaar.

Hiervan bedroeg de doorvoer naar Groningen in 1959 137 miljoen m³, dat is 6 x de normale hoeveelheid. Drente onttrok 70 miljoen m³ tegenover 14 à 20 miljoen in normale jaren. Noordholland ten noorden van het Noordzeekanaal verbruikte 253 miljoen m³ tegenover 100 miljoen in normale jaren.

In figuur 1 is de loop van het water aangegeven, waarbij de inlaatsluizen en de voedingsgemalen afzonderlijk zijn aangeduid. De toevoer tot het IJsselmeer vindt plaats door de IJssel en van hoge gronden en polders, afwaterend op het IJsselmeer.

Onttrokken wordt door: het Noordzeekanaal, Amsterdam (voor verversing en op peil houden der stadsgrachten), het hoogheemraadschap der Uitwate-

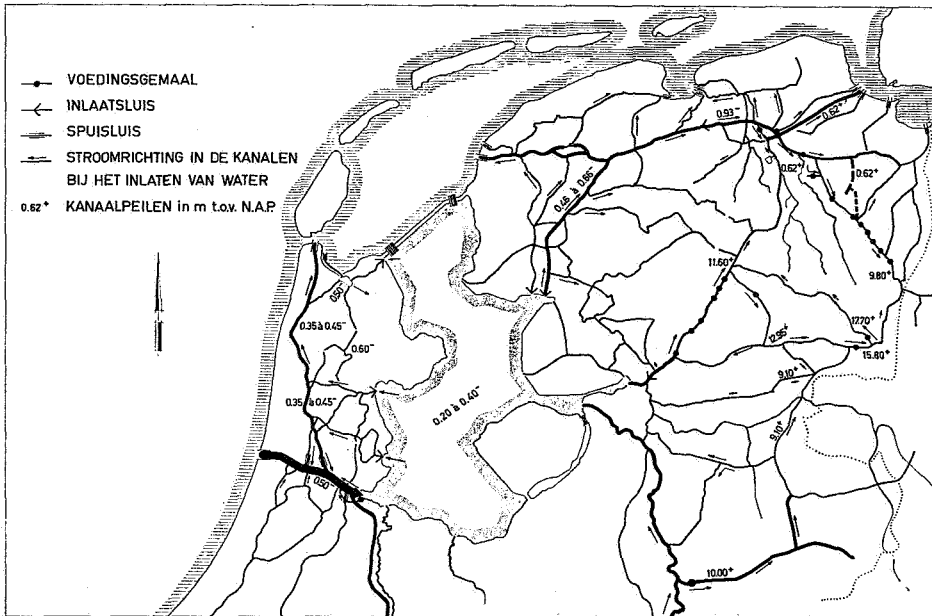


FIG. 1. Wijze van doorstroming van het ingelaten en opgepompte water

rende Sluizen van Kennemerland en Westfriesland (Schermerboezem) en verschillende poldergebieden in Noordholland, Friesland en Groningen, Drente en de IJsselmeerpolders.

Als de toevoer bij Westervoort in acht wordt genomen moet ook de onttrekking aan de IJssel zelf bij Eefde (Twentekanaal) worden meegerekend.

a. Noordholland

Voor het Noordzeekanaal wordt ingelaten bij de Oranjesluizen, aangevuld vanuit Amsterdam, Rijnland, Schermerboezem en eventueel het Amsterdam-Rijnkanaal en geloosd te IJmuiden. Voor Amsterdam wordt het gemaal bij Zeeburg gebruikt, dat ter verversing voortdurend water onder het Amsterdam-Rijnkanaal doorvoert door de stadsgrachten, vanwaar het water op het Noordzeekanaal wordt geloosd.

Schermerboezem laat in bij Monnikendam en bij Lutje Schardam, voert het water door de gehele boezem heen en loost bij Den Helder en in geringe mate via de Van Ewijksluis en de boezem van het Amstelmeer bij Oostoever. Tevens is voor Schermerboezem van grote betekenis de lozing via de Zaan en de Nauernasche vaart op het Noordzeekanaal, hoewel het beschikbare verval ternauwernood toereikend is, zodat als gevolg daarvan ongetwijfeld brak Noordzeekanaalwater in de onderlagen is toegestroomd.

Teneinde de vervuiling en verzilting van de Zaan tegen te gaan heeft de Schermerboezem in 1959 in Zaandam en Nauerna 5 x zoveel gespuid als in 1958 en in Den Helder daarentegen wat minder. De vervuiling van de Zaan en het zoutgehalte waren dan ook in 1959 belangrijk minder dan in 1958. Op het Noordhollandskanaal was tot op vele kilometers ten zuiden van Den Helder het zoutgehalte daarentegen in 1959 veel hoger dan in 1958.

Langs het noordelijk deel van het IJsselmeer liggen in Noordholland de rechtstreeks op het IJsselmeer afwaterende gebieden tussen Hoorn en Wieringen, te weten de Wieringermeer, de Vier Noorder Koggen en de polders in Drechteland. Deze laten rechtstreeks IJsselmeerwater in of betrekken water van een aangrenzende boezem. Doorspuiing vindt niet plaats, evenmin als in het laaggelegen Waterland dat voor lozing en wateronttrekking op het IJsselmeer en op aangrenzende boezemgebieden is aangewezen.

Tussen bovengenoemde afwateringsgebieden en het gebied van Schermerboezem ligt de boezem van het Amstelmeer, de Verenigde Raaksmats- en Niorperkogge-boezem en de Schagerkogge-boezem. De eerstgenoemde ligt iets onder het peil van Schermerboezem en staat daarmee meestal in open verbinding. De beide laatste liggen op een iets lager peil en malen uit op de eerstgenoemde. Doorspuiing vindt echter niet plaats.

Het inlaten van IJsselmeerwater in Noordholland en het spuien op zee en op het Noordzeekanaal heeft in 1959 geen grotere moeilijkheden opgeleverd dan in vorige jaren. Dankzij de $2\frac{1}{2}$ x grotere hoeveelheden was de toestand van het boezemwater niettegenstaande de droogte iets gunstiger dan in vorige jaren.

Merkwaardig zijn de kleine waterverschillen die voor de waterverversing van Noordholland ter beschikking staan: het peil van het IJsselmeer bedraagt in het voorjaar 0,20 m — N.A.P. en kan gedurende een droge zomer dalen tot 0,35 m à 0,40 m — N.A.P.; het peil van Schermerboezem is 0,35 à 0,45 m — N.A.P., het peil van het Noordzeekanaal is 0,50 m — N.A.P. doch meestal 0,40 à 0,45 m — N.A.P. en het peil van de Amstelmeerboezem is 0,50 m — N.A.P.

Deze geringe peilverschillen en de te beperkte profielen van enkele kanaalvakken verhinderen een meer afdoende verversing en ontzilting van de Noordhollandse boezemwateren.

b. Friesland en Groningen

Friesland en Groningen onttrekken IJsselmeerwater bij Lemmer en Taczijl. Bij Lemmer hebben de beide provincies gezamenlijk een inlaatsluis met een capaciteit van 50 m³/sec. Het water wordt geheel Friesland doorgevoerd en wordt benut voor het op peil houden van de boezemwateren in Friesland

en in westelijk Groningen, voor de ontziltling en voor de watervoorziening van polders in Friesland. Dit gewest vormt, met uitzondering van enkele randgebieden, één groot boezemgebied. Het beheer van de z.g. Friese boezem berust bij de provincie. In totaal is in 1959 ca. 27% van de hoeveelheid IJsselmeerwater door de uitwateringssluizen te Harlingen, Roptazijl, Dokkumer Nieuwe Zijlen en de Friese sluis bij Zoutkamp geloosd ter ontziltling van de kanalen en boezemwateren en is ca. 22% doorgelaten naar Groningen, waar het water door een inlaatsluis te Grijpskerk met een capaciteit van $17 \text{ m}^3/\text{sec}$ wordt ingelaten in Westerkwartier.

In Groningen wordt een deel van het bij Grijpskerk doorgelaten water benut om het Reitdiep, het Boterdiep, het Damsterdiep en aansluitende kanalen door te spuien, hoewel dat met de kanalen en watergangen in het noorden van Noord-Groningen slechts ten dele gelukt.

Een groot deel van het uit Friesland ingelaten water (in 1959 75%) wordt door 2 gemalen met een gezamenlijke capaciteit van $14 \text{ m}^3/\text{sec}$ $1\frac{1}{2} \text{ m}$ hoog opgepompt op de Eemskanaalboezem. Een deel van dit water wordt benut om het Eemskanaal zodanig door te spoelen dat de zouttong het kruispunt van het Eemskanaal met het Van Starckenborghkanaal-Winschoterdiep niet

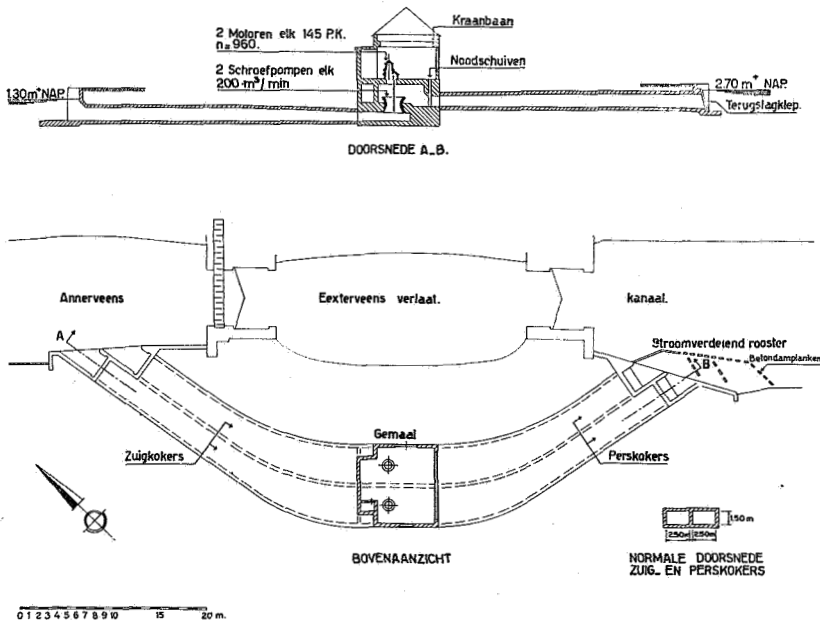


Fig. 2. Voedingsgemaal Eexterveens Verlaat

bereikt. Dit gelukt - niettegenstaande de drukke vaart door de nieuwe sluisen - zeer goed, dankzij flinke schuiven die onder in de deuren van de nieuwe grote sluis zijn geplaatst. Vanuit het Winschoterdiep wordt het water, als de Hunze praktisch geen afvoer heeft, de Hunze opgevoerd naar het Zuidlaardermeer en vandaar wordt het opgepompt op het Kioldiep en verder langs 7 sluisen van het Eexterveenskanaal en het Stadskanaal tot het zuidoosten van de provincie nabij Ter Apel (9,80 m + N.A.P.).

Figuur 2 geeft een beeld van één der voedingsgemalen.

c. Het veenkoloniale gebied

Vanuit het Stadskanaal worden alle Gronings-Drentse kanalen in het veenkoloniale gebied gevoed, behalve de Westerwoldse kanalen. Hoewel de capaciteit van dit provinciale kanaalvoedingssysteem ruim voldoende is om verdamping, schutverlies en normale kwel te bestrijden (nl. 45 mm per etmaal op de wateroppervlakte), kon in 1959 tengevolge van de grote kwel en de vele clandestiene onttrekkingen het peil niet geheel aangehouden worden. In september speelde ook de wateronttrekking door de aardappelmeelfabrieken, van welke het normale voedingssysteem ontoereikend was, een rol.

De watertoevoer uit de Duitse Ems via de links Emsische kanalen, die in de normale jaren voor Drente en Groningen nog wel betekenis heeft, viel in dit droge jaar uit, evenals de voeding der Overijsselse kanalen door de Dinkel en de Vecht.

De watervoorziening is niet los te zien van de vervuiling. Zo moet de voeding door het Van Starckenborghkanaal soms ter voorkoming van vervuiling enkele dagen per week onderbroken worden om het afvalwater van de industrie aan het Hoendiep via het Rietdiep weg te werken, waarvoor uiteraard ook een deel van het voedingswater moet worden gebruikt. Aan deze wan-toestand komt een einde als de persleiding voor industrieel afvalwater naar de Wadden klaar komt.

In figuur 3 is het plan voor de persleidingen voor industrieel afvalwater aangegeven. De kosten van deze leidingnetten zijn geraamd op *f* 37 miljoen gulden, de exploitatiekosten op *f* 600.000 per jaar. Het equivalent aan vervuilend vermogen van de vele landbouwindustrieën in dit gebied is te stellen op 15 miljoen inwoners!

Het kwelverlies in de veenkoloniale kanalen, dat in het afgelopen jaar clandestien nog vergroot is, is in 1959 aan de landbouw ten goede gekomen. In hoeverre dit van grote betekenis is geweest, heb ik niet kunnen nagaan.

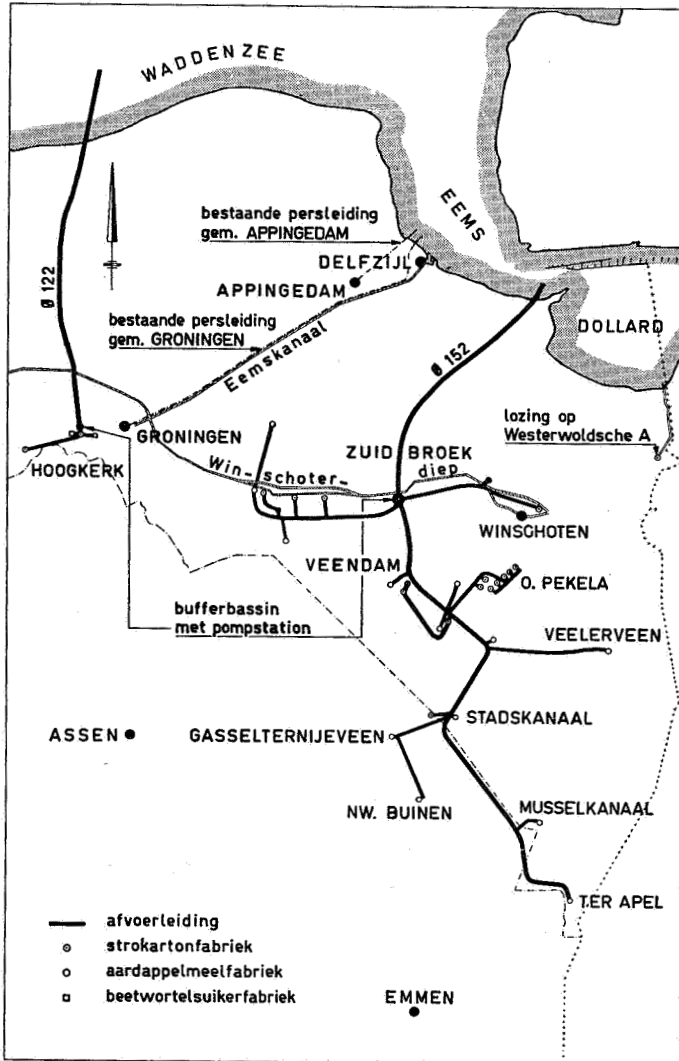


FIG. 3. Plan voor de buisleidingen (met diameter in cm) van industrieel afvalwater in Groningen

Er is in het veenkoloniale gebied geen oogstdepressie geweest, doch dit kan wel ten dele aan de bodemstructuur hebben gelegen. De Provinciale Waterstaat van Groningen is er in 1959 slechts met moeite in geslaagd, dankzij extra hulpinstallaties te voorkomen dat het water in de bovenste panden van het Stadskanaal meer dan 30 à 35 cm onder peil kwam (praktisch de grens waarbij de aardappelmeelindustrie nog aan de gang kan blijven), terwijl het

in een normale zomer zonder extra maatregelen steeds gelukt de kanalen volledig op peil te houden. Merkwaardig was de grote clandestiene onttekening in september, dus buiten het eigenlijke groeiseizoen. Het was moeilijk de boeren te overtuigen dat ze daarmee de campagne van hun eigen aardappelmeelfabrieken in gevaar brachten.

d. Drente

In Drente bestond reeds lang het voedingsstelsel van de Rijkswaterstaat op de sluizen van de Drentsche Hoofdvaart vanuit het Meppelerdiep en dus, na 1933, vanuit het IJsselmeer. Het water werd trapsgewijs opgepompt tot het verdeelpand bij Smilde, 11,60 m + N.A.P. Dit systeem is in 1952 en 1953 versterkt en aangevuld met gemalen bij de Beilersluis (Linthorst Homankanaal), de Ericasluis (Verlengde Hoogeveense Vaart) en de Oranjesluis (Oranjekanaal) waardoor het water zelfs tot 17,70 m + N.A.P. wordt opgepompt en waardoor water aan het gehele Drentse kanalenet kan worden toegevoerd. Dit systeem waarvan de onderste gemalen 5,6 m³/sec kunnen opmalen en dat slechts de voeding der belangrijkste Drentse kanalen beoogde, is in 1959 gebruikt voor een groter gebied dan waarvoor het bedoeld was. Hierdoor zijn de Rijkswaterstaat en de Provinciale Waterstaat van Drente erin geslaagd in het algemeen grotere verlagingen dan 30 cm in het Drentse kanalenstelsel tegen te gaan en zelfs af en toe water te verstrekken aan de Dedemsvaart, die bijna een meter onder peil was, en aan de bovenste panden van het Stadskanaal.

Dit bemalingssysteem is mede ten gevolge van de infiltratie en de aansluiting van beregeningsinstallaties van waarde gebleken voor de landbouw, al heeft het uiteraard de hoger gelegen Drentse gronden niet voor grote droogteschade kunnen behoeden. Van de ruim 70 miljoen m³ die bij Meppel werden opgepompt (vanaf mei) werd ruim 1 miljoen m³ via Coevorden toegevoerd aan de Dedemsvaart en ruim 1 miljoen m³ via Emmercompascuum aan het Stadskanaal.

De praktijk met de kanaalvoeding in de Gronings-Drentse veenkoloniale en zandgebieden heeft wel geleerd, dat de voedingsstelsels een belangrijk grotere capaciteit zouden moeten hebben om aan beperkte verlangens van de landbouw tegemoet te komen. Er zijn daartoe wel mogelijkheden, waarbij m.i. ook nieuwe en verbeterde scheepvaartkanalen moeten worden ingeschakeld om de verhangen en stroomsnelheden in de bestaande kanalen niet te groot te maken.

Ik denk hierbij aan de Hoogeveensevaart en de Dedemsvaart waarvoor de diensten van de Provinciale Waterstaat in Drente en Overijssel verbeterings-

plannen gereed hebben, aan het bij de Provinciale Waterstaat van Groningen in uitvoering zijnde zijkanaal naar Veendam-Wildervank en aan een ge-projecteerd afwaterings-, voedings- en scheepvaartkanaal van Veendam naar het Stadskanaal.

Dat een versterking der bemaling en de financiering daarvan zorgvuldig overwogen moeten worden, blijkt wel hieruit dat de exploitatiekosten in 1959 voor de Drentse gemalen *f* 240.000 hebben bedragen (tegenover *f* 80.000 à *f* 100.000 in een normaal jaar) en voor Groningse gemalen *f* 210.000 (tegenover *f* 35.000 in een normaal jaar).

Een moeilijkheid bij het verstrekken van water voor de landbouw zijn ook de grote kostenverschillen. De toevoer van 100 m³ IJsselmeerwater aan de Electraboezem kost slechts 1,5 cent; aan het Eemskanaal, Winschoterdiep (westelijk deel) 12 cent en aan het Stadskanaal bij Ter Apel *f* 2,10.

e. Overijssel

In Overijssel is het voedingsstelsel van de Twentekanalen in 1959 zoveel mogelijk gebruikt om ook de andere kanalen van water te voorzien. Vanaf april tot het einde van het jaar hebben de beken, welke anders mede bij de voeding betrokken zijn, geen water meer geleverd. Het water wordt door de voedingsgemalen opgepompt op de verschillende panden die resp. op 10 m +, 16 m + en 25 + N.A.P. liggen.

Het gemaal op de sluis te Eefde heeft een capaciteit van 4,5 m³/sec. In totaal werd in 1959 (d.w.z. vanaf april) opgepompt 66 miljoen m³, waarvan ruim 40 miljoen m³ als schutwater werd verbruikt, terwijl van de overblijvende 26 miljoen m³ 14 miljoen m³ werden benut voor voeding der kanalen Almelo-Coevorden, Zwolle-Vroomshoop, Deventer-Lemelerveld, benevens de Dedemsvaart welk laatste kanaal 5,7 miljoen m³ ontving.

Niettegenstaande het voedingsstelsel van de Twentekanalen nagenoeg dag en nacht in bedrijf werd gehouden, was het niet mogelijk dit veel uitgebreider kanalenstelsel voldoende van water te voorzien. De Twentekanalen en de M.O.K.-kanalen kwamen niet meer dan 20 cm onder peil. Op de Dedemsvaart daarentegen kwamen in juni en juli waterstandsverlagingen van 90 cm voor, welke na voeding vanuit de Twentekanalen en vanuit Drente terugliepen, doch in september en oktober weer nagenoeg even ernstig waren. Dientengevolge kon op een enkele uitzondering na geen vergunning worden verleend tot onttrekking van water ten behoeve van land- en tuinbouw. Er is dan ook in dit gebied veel schade geleden, al was deze hier niet zo groot als op de hoge gronden ten zuiden van de Vecht en in grote delen van Twente.

3. DE KWALITEIT VAN HET WATER

In figuur 4 zijn bijzonderheden voor de hoeveelheden ingelaten en opgepompt water aangegeven en wel van 1 mei tot 1 oktober 1959, een kortere periode dus als waarvoor hierboven enkele cijfers zijn vermeld.

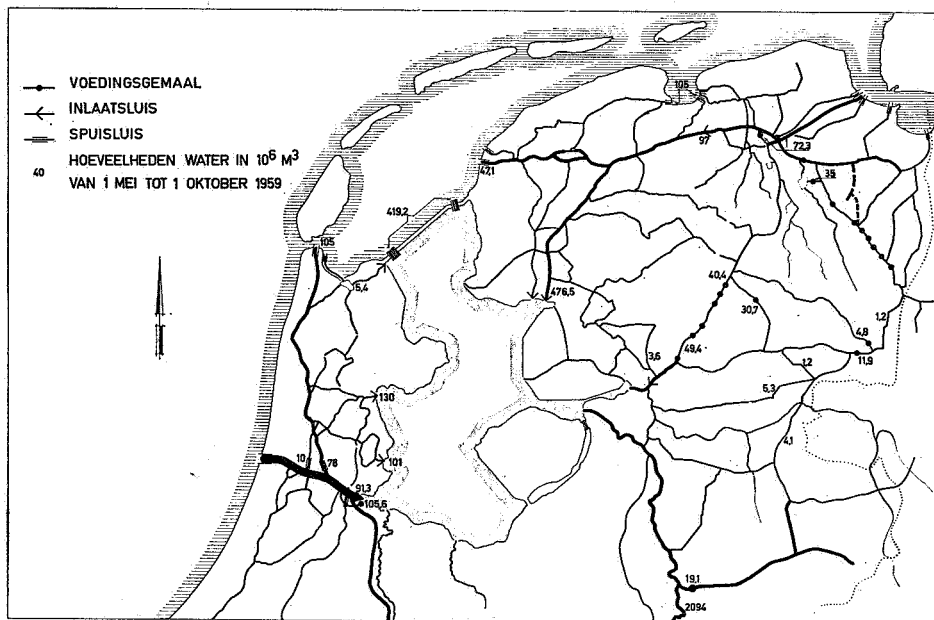


FIG. 4. Hoeveelheden ingelaten en opgepompt water in de periode 1 mei-1 oktober 1959

Opvallend zijn overal in de noordelijke provincies de hoge Cl-gehalten in de kanalen nabij de uitwateringssluizen en tot kilometers binnenwaarts. De normale uitwateringssluizen met hun door waterdruk zich openende en sluitende puntdeuren zijn, zoals wel bekend is, ernstige verziltingsbronnen.

In de figuren 5 en 6 zijn enkele bijzonderheden over de verzilting aangegeven. De aanduidingen die slechts globaal zijn, betreffen uitsluitend de verziltingstoestand der boezemwateren. Behoudens in de omgeving der sluisen is de toestand der boezemwateren in Friesland gunstig, dankzij de sterke doorspuiing. De indijking van de Lauwerszee zal de verzilting in het noordoosten van Friesland en in het noordwesten van Groningen verminderen en dientengevolge - naar ik verwacht - ook de hoeveelheid water die voor doorspuiing nodig is.

In de zomer van 1959 is het door het Fries-Groningse kanaal aangevoerde water door het beurtelings sluiten van verschillende slapersluizen in Gronin-

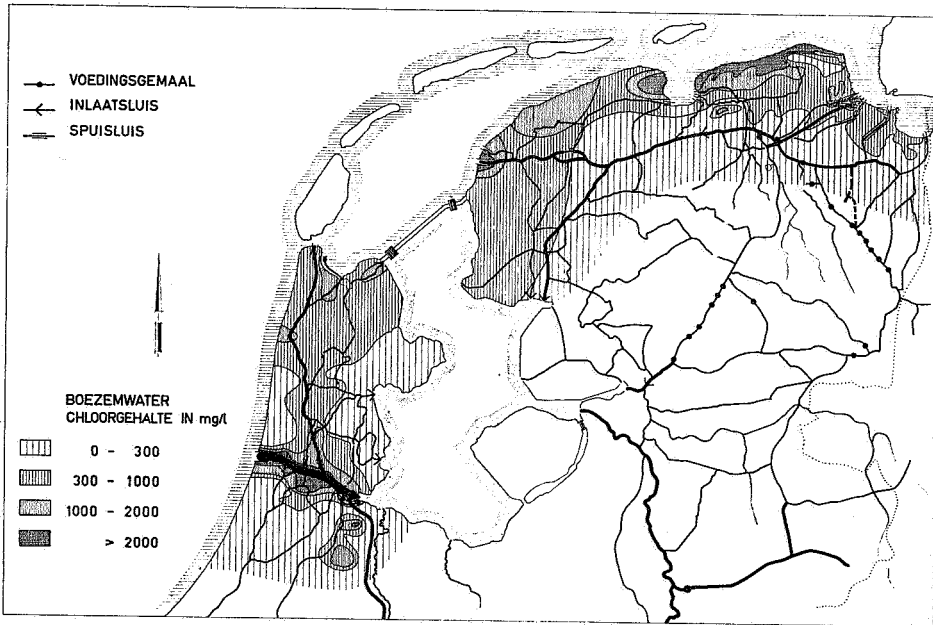


FIG. 5. Beeld van de verzilting in juli 1958

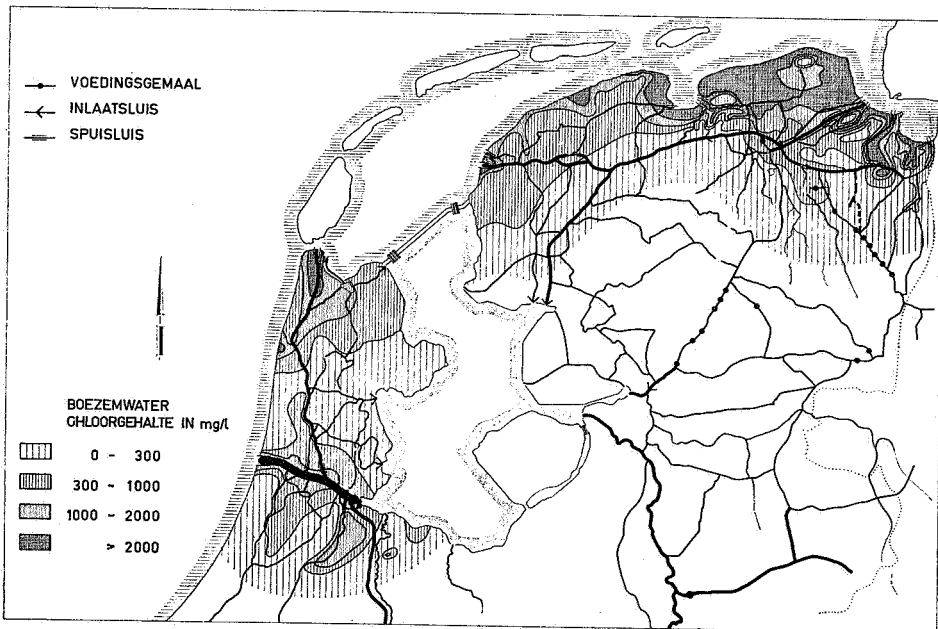


FIG. 6. Beeld van de verzilting in juli 1959

gen langs verschillende wateren naar de Lauwerszee gevoerd, waardoor de - in de voorzomer optredende - ernstige verziltingen in de noordwestelijke boezemkanalen sterk verminderden. Om de gedachte te bepalen bedroeg deze vermindering (gemeten op resp. 27 juni en 13 juli 1959):

van 3400 mg Cl/l tot 180 te Wierumerschouw (Reitdiep)

van 4600 mg Cl/l tot 210 te Garnwerd (Reitdiep)

van 8700 mg Cl/l tot 2500 te Roodehaan (Reitdiep).

Het zoute kwelwater dat uit de noordelijke kustpolders naar de boezemkanalen toestroomde bleef uiteraard een belangrijke bron van verzilting. Wil men deze opheffen, dan zal wijziging van het afwateringssysteem nodig zijn. Eenzelfde verschijnsel deed zich voor in het noordoosten van Groningen, waar af en toe het Damsterdiep werd schoongespoeld nadat het eerst zo laag mogelijk was afgestroomd, zodat de noordelijke watergangen half leeg kwamen.

De enige duidelijk schadelijke en zeer ernstige verzilting in Groningen heeft zich voorgedaan in het Oldambt waar in het Termunterzijldiep Cl-gehalten van 8 à 10.000 mg voorkwamen, en zelfs nog 6000 à 8000 ten zuiden van het Winschoterdiep. Ontzilting zal hier eerst mogelijk zijn nadat aan de vervuiling van het Winschoterdiep een einde is gekomen door het maken van de geprojecteerde afvoerpersleidingen voor industrieel afvalwater. Eerst dan kunnen het Termunterzijldiep en de andere boezemkanalen van Oldambt met water uit het Winschoterdiep, hetwelk niet verzilt is, worden ververst.

4. DE WATERBALANS VAN HET IJSSELMEER IN 1959

In aansluiting op de bijdrage van Ir. C. H. DE JONG (Verslagen en Mededelingen no. 6 van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O., 1961) zij over de waterbalans van het IJsselmeer het volgende vermeld.

In 1959 was de IJsselafvoer gering: in april 1959 17 à 18 miljoen m³ per etmaal om na eind mei geleidelijk te zakken tot 13 miljoen m³ per etmaal. In de maanden mei tot en met september was de toevoer te Westervoort $\frac{2}{3}$ van de normale toevoer, terwijl de toevoer van de hoge gronden en het polderland slechts $\frac{1}{10}$ van de normale hoeveelheid bedroeg en de verdamping 15% groter was dan normaal. Door een peilverhoging in het vroege voorjaar van 15 cm op het 2440 km² grote meer is een voorraad verkregen van 370.000.000 m³, welke hoeveelheid betrekkelijk gering is, nl. $17\frac{1}{2}\%$ van de - in 1959 toch niet zo geringe - IJsselafvoer tussen 1 mei en 1 oktober van 2.100.000.000 m³. Ten opzichte van de maandelijkse waterbalans is deze bufferhoeveelheid echter van het grootste belang.

In de periode van 1 mei tot 1 oktober is 294 miljoen m³ mèer onttrokken en verdampt dan toegevoerd, zodat de voorraad van 370 miljoen m³ nog niet geheel verbruikt was. Een verkorte waterbalans van de IJssel en het IJsselmeer van 1 mei tot 1 oktober 1959 volgt in tabel 1.

TABEL 1. Waterbalans IJssel en IJsselmeer (1 mei—1 oktober 1959)
Waterbezwaar in 10⁶ m³

IJssel bij Westervoort		Neerslag IJsselmeer	IJsselmeerpolders	Overige toevoer	Totaal		
2094		373	193	135	2795		
Wateronttrekking in 10 ⁶ m ³							
Verdamping	Friesland Groningen Drente Overijssel	Schermerboezem	IJsselmeerpolders en Amstelmeerboezem	Noordzeekanaal + Zeeburg	Overige onttrekking	Gespuid	Totaal
1485	549	231	111	198	96	419	3089

Opvallend is het hoge cijfer van de verdamping vergeleken met de toevoer door de IJssel + de neerslag op het IJsselmeer, nl. ruwweg 60%. Opperflakkig gezien lijkt het dan ook gunstig om het IJsselmeer flink te verkleinen, hetgeen dan ook in de toekomst gebeurt: nl. van 2440 km² tot 1200 km².

Dat er spoedig een grens komt aan de toelaatbare mate van verkleining van het meer blijkt wel als we de waterbalans opmaken voor de ongunstigste maand, i.c. september 1959, waarbij bedacht moet worden dat slechts een deel van de buffervoorraad in één maand mag worden verbruikt.

TABEL 2. Waterbalans IJssel en IJsselmeer (september 1959)
Waterbezwaar in 10⁶ m³

IJssel bij Westervoort		Neerslag IJsselmeer	IJsselmeerpolders	Overige toevoer	Totaal		
228		5	39	7	279		
Wateronttrekking in 10 ⁶ m ³							
Verdamping	Friesland Groningen Drente Overijssel	Schermerboezem	IJsselmeerpolders en Amstelmeerboezem	Noordzeekanaal + Zeeburg	Overige onttrekking	Gespuid	Totaal
234	164	42	34	26	14	20	534

Er was dus in deze éne maand een tekort van 534 miljoen m³ minus 279 miljoen m³ of 255 miljoen m³, hetgeen ongeveer neerkomt op een schijf water op het huidige IJsselmeer van ruim 10 cm. Dit tekort in één maand van 255 miljoen m³ moet men dus zien tegenover de voorraad van 370 miljoen m³.

Zou onder overigens gelijke omstandigheden het IJsselmeer reeds nu zijn uiteindelijke grootte van 1200 km² hebben gehad, waardoor de verdamping tot de helft zou zijn gereduceerd maar waarbij het waterbezwaar der IJsselmeerpolders doch ook de onttrekking door deze polders groter zou zijn geweest, dan kom ik ruwweg berekend op een tekort over deze maand van 136 miljoen m³, hetgeen neerkomt op een schijf water van ruim 11 cm op het verkleinde meer tegenover ruim 10 cm thans.

De verkleining van de oppervlakte moet dus gecompenseerd worden door een grotere opzet om geen achteruitgang t.a.v. de watervoorziening te krijgen. Een belangrijke vergroting van de IJsselafvoer, mogelijk door de kanalisatie van de Nederrijn en van de opzet van het IJsselmeer, zal in de toekomst m.i. bovendien noodzakelijk zijn omdat ook de onttrekkingen ongetwijfeld sterk zullen toenemen.

5. SLOTBESCHOUWING

Tot veler verrassing is de watervoorziening uit het IJsselmeer in 1959 niet vastgelopen, mede dankzij het wijs beleid van de Dienst der Zuiderzeewerken en de Rijkswaterstaat, die al vroegtijdig de doorstroming van het Noordzeekanaal hebben beperkt. Dit kanaal is een grote slokop: het waterverbruik voor een normale doorspuiing, die slechts tengevolge heeft dat het van zout brak wordt, is even groot als dat van Friesland en Groningen tezamen. Toch is met het oog op de verzilting van Noordholland ten noorden van het kanaal en van Amstelland, welks boezemkanaal - het Amsterdam-Rijnkanaal - normaal in open verbinding staat met het Noordzeekanaal, eigenlijk niet toelaatbaar om het Noordzeekanaal te laten verzilten, zodat andere maatregelen zijn te treffen.

Het waterverbruik der gebieden rondom het IJsselmeer zal stellig toenemen; men heeft zich nu zo goed en zo kwaad als het ging gered, maar de watervoorziening was uitermate krap.

In hoeverre in de toekomst overal water zal worden aangevoerd voor beregening en infiltratie is m.i. thans nog niet te voorzien, maar het zullen zeker wel belangrijke hoeveelheden worden. Voor Groningen hebben we er wel eens zeer voorlopig naar gerekend dat - mits economisch verantwoord - de aan te voeren hoeveelheid maximaal zou moeten worden opgevoerd van 17 m³/sec tot 50 m³/sec en zo is het elders natuurlijk ook.

Het is dan ook te verwachten dat de veel grotere hoeveelheden Rijnwater die, na het gereedkomen der stuwen in Nederrijn en Lek en van de werken in Haringvliet en Volkerak, aan de IJssel zijn toegedacht wel dringend nodig zullen zijn, terwijl het op den duur nodig zal zijn de verspilling tot het uiterste

te beperken. Er zullen dus schuiven moeten komen in plaats van puntdeuren in de uitwateringssluizen, met een zodanig afgesteld mechanisme dat geen zoute onderstroom optreedt, alsmede middelen om het zoute schutwater af te voeren, vermoedelijk door wegmalen, althans bij de grootste zoutbron: de Noordersluis te IJmuiden.

Het spuien door de uitwateringssluizen in de Afsluitdijk vindt immers ook niet plaats door de automatisch openende en sluitende puntdeuren, maar hiertoe worden de schuiven gebruikt, die eerst bij 10 cm verval worden geopend en reeds weer gesloten worden als de buitenwaterstand tot 10 cm beneden de binnenwaterstand is gestegen.

Op het grote, alles overheersende belang van een voldoende laag Cl-gehalte van het Rijnwater behoef ik hier niet te wijzen. Het internationale overleg zal hier tot ingrijpende maatregelen moeten leiden.

Tenslotte zal op den duur een wetgeving, waardoor de waterverdeling van het beschikbare oppervlaktewater in grote trekken in handen wordt gegeven van de centrale overheid, wellicht niet kunnen worden gemist, hoewel ook in onderling overleg veel geregeld kan worden.

V. WATERINLAAT EN WATERVERVERSING IN EN DOOR DE BOEZEMS VAN WEST-NEDERLAND IN 1959

K. C. ZIJLSTRA

Provinciale Waterstaat Zuid-Holland

SUMMARY

THE SUPPLY AND REFRESHMENT OF WATER IN THE WESTERN PART OF THE NETHERLANDS IN 1959

Practically the whole surface of the western part of the Netherlands lies below sea-level. It consists of a big number of polders, each with its own water level and means of intake and drainage of water.

Soil conditions and land use require an accurate control of the water level. As large lakes - such as for instance the „IJsselmeer” - are not available, this area has only a few possibilities for storage of water during wet periods.

In winter, when precipitation exceeds evaporation, the excess of water from the polders has to be drained off to the sea or to the big rivers. In spring and during the summer, when evaporation exceeds precipitation, water must be let in from the rivers into the canals and ditches.

In consequence of the low level the intake of water can be attained generally without pumping.

In dry periods the western part of the Netherlands depends fully on the quantity and quality of the water in the river Rhine.

The transport and distribution of this water are effectuated by a number of big shipping canals crossing this polder area. These canals are part of larger and more complicated canal-systems, in each of which a practically constant water level is maintained. Most of these levels lie between the water level in the river and that of the polder. Agriculture, horticulture and cattle breeding are highly developed here. Consequently this area needs in dry periods big quantities of fresh water.

The western part of the Netherlands also is very densely populated and intensively industrialised. Sewage and fluid waste may cause water pollution on exposed places in these systems. A regular supply of water for refreshment is therefore necessary.

Along the coast and in the lower course of the great rivers the water is salt or brackish. By the shipping-locks, this water penetrates the freshwater canals, making the water less suitable for horticultural and many other purposes.

To get rid of this salt water, a countercurrent is necessary, which demands big quantities of fresh water. A certain refreshment of these canal-systems is attained by this way. Several pumping-plants established in the first place for the removal of superfluous water during wet periods, are therefore in use during dry periods too.

The maximum water demand in 1959 by Rijnland and Delfland, which occurred during the week of June 20 to 27, came close to the results of a calculation of the maximum demand in very dry periods, based on a known evaporation, actual use of the soil and necessary refreshment.

Fortunately on the spot of the most vital water-inlet of Rijnland and Delfland at Gouda, the quantities of water required from the river Rhine during the period of maximum demand could still be obtained without limitation, though in behalf of the desired maintenance of waterlevel and refreshment, the intake of water had to be continued until the middle of October, and in some cases, until December.

Below Rotterdam and Spijkenisse however, inlet of fresh water from the rivers was not possible during spring, summer and autumn of 1959. By the decrease of the supply of the Rhine during the summer and autumn and in consequence of the resulting deterioration of the water quality, the chloride-ion content of the water in Delfland, rose to more than 300 mg/l, being the critical limit for horticultural use.

The content of oxygen fell below 3 mg/l.

1. INLEIDING

Het deel van West-Nederland waarvan de zoetwaterinlaat en de zoetwaterlevering voor diverse doeleinden geschiedt door middel van boezems, wordt begrensd in het noorden door het Noordzeekanaal en het IJsselmeer en vervolgens door de hoge gronden van het Gooi, de Utrechtse heuvelrug, de Nederrijn, Pannerdens Kanaal, Waal, Merwede, Nieuwe Merwede, het Hollands Diep en het Haringvliet.

Binnen deze begrenzing ligt een gebied dat ten aanzien van de watervoorziening aangewezen is op de afvoer van de Rijn. In tegenstelling tot de inlaatgebieden rond het IJsselmeer, is er voor het hierboven genoemde gebied geen mogelijkheid tot het aanleggen van een zoetwatervoorraad van betekenis. De volgende beschouwingen zijn dientengevolge veel meer toegespitst op de perioden met de grootste waterbehoefte welke in droge jaren kunnen

optreden. Binnen het beschouwde gebied liggen grote boezemgebieden, waarvan een aantal met betrekking tot de watervoorziening in 1959 belangrijke gegevens oplevert.

Waterstaatkundig kan het gebied worden ingedeeld in enkele grote en specifieke boezemgebieden, zoals Rijnland, Delfland, Amstelland, Schieland, Woerden, het Lingegebied en een aantal andere gebieden die met één aardrijkskundige naam worden aangeduid, zoals Krimpenerwaard, Lopikerwaard, Alblasserwaard, maar die veelal niet via een centrale boezem van water worden voorzien. Deze laatste gebieden vallen uiteen in kleinere boezemgebieden, zoals b.v. de Alblasserwaard in Overwaard en Nederwaard, en in een aantal waterstaatkundige polders met elk hun eigen waterlozing op en waterinlaat uit het buitenwater. Voor de waterbehoefte in droge tijden maakt deze omstandigheid echter niet veel uit.

Een verschil met de gebieden waar de watervoorziening wel geschiedt door middel van een stelsel van boezemwateren is, dat in dit laatste geval in de regel een boezembeheerder optreedt, een bestuurlijk orgaan met een bepaalde taak inzake het boezembeheer ten dienste van de waterinlaat en watervoorziening van de binnen het boezemgebied gelegen polders.

Behalve zekere bevoegdheden heeft een dergelijk waterschap een technische dienst die metingen doet en gegevens vastlegt waaraan onze inzichten inzake de watervoorziening in droge tijden voor grotere gebieden kunnen worden getoetst. Ook bij het samenstellen van deze bijdrage is gebruik gemaakt van de in ruime mate door de technische diensten van diverse waterschappen beschikbaar gestelde gegevens.

De waterstaatkundige indeling is te vinden op de overzichtskaart (zie achterin).

Behalve door de grote rivieren wordt het beschouwde gebied doorsneden door belangrijke scheepvaartwegen welke met de boezems op één peil liggen. Zo ligt de binnenscheepvaartweg Gouda-Amsterdam grotendeels gemeen met Rijnlands boezem. Het Amsterdam-Rijnkanaal ligt op één peil o.a. met de boezem van Amstelland, met het Noordzeekanaal en met het Binnen-IJ voor Amsterdam. Deze scheepvaartwegen en andere boezemkanalen in het westen van Nederland vervullen tevens belangrijke functies bij de aan- en afvoer van water. Het peil in deze boezemwateren is lager dan N.A.P. (Amsterdam-Rijnkanaal, Amstelland-Noordzeekanaal ca. 0,40 m - N.A.P.; Rijnland 0,60 m - N.A.P.; Delfland 0,40 m - N.A.P.; Schieland 1,05 m - N.A.P.), zodat aanvoer vanuit de rivier als regel zonder pompen mogelijk is.

Langs de boezemwateren bevinden zich veelal gronden welke daarop rechtstreeks afwateren of daaruit rechtstreeks van water worden voorzien.

de boezemlanden. Daartussen echter wordt het grootste deel van het gebied ingenomen door een groot aantal afzonderlijke polders, elk met een eigen waterpeil, lager dan dat van de boezem.

2. DE NOODZAAK VAN DOORSPOELING EN WATERAANVULLING OP DE BOEZEMS

In het westen wordt het gebied begrensd door de Noordzee, waarvan het zoute water via de benedenrivieren en de sluizen in de westelijke boezemwateren kan doordringen. Bij dalende rivierafvoer dringt het zoute water oostwaarts op en doet de benedenrivieren ter plaatse van de benedenste inlaatpunten naar de boezems verzilten. Als grens waarbij van verzilting wordt gesproken, wordt in de regel aangehouden het chloridegehalte van 300 mg/l.

Het eerst gebeurt dit met de inlaten van Delfland (bij een Bovenrijnafvoer van 2000 m³/sec) en van de Brielse Maas bij Spijkenisse (bij een Bovenrijnafvoer van 1400 m³/sec). Bij verdere daling van de afvoer komt de inlaat van Schieland in Rotterdam aan de beurt en van een aantal polders op IJsselmonde en in de Hoekse Waard. Vervolgens komt de drinkwatervoorziening van Rotterdam in moeilijkheden en wordt de watertoevoer naar Rijnland, welk waterschap via de open Hollandse IJssel bij Gouda water naar de boezem inlaat, door dit van zee uit binnendringende zoute water bedreigd. Dit laatste is echter pas het geval bij rivierafvoeren welke zo laag zijn dat het chloridegehalte in het rivierwater zelf reeds tot ca. 300 mg/l is opgelopen (zie figuur 1).

In het noorden wordt het Noordzeekanaal verzilt door grote hoeveelheden zout die bij het schutten te IJmuiden naar binnen komen. Via de sluizen van Rijnland te Spaarndam en Halfweg dringt vanuit het Noordzeekanaal zout water in Rijnlands boezem binnen.

Een andere zoutbron voor de polders in het westen wordt gevormd door de zoute kwel welke door de diepe droogmakerijen op de boezems wordt uitgeslagen en het zoute grondwater dat door kunstmatige wellen en putten voor koelwater en dergelijke doeleinden aan de oppervlakte wordt gebracht.

Ter bestrijding van binnendringend zout water door het schutten en tengevolge van het lekken van de sluizen, zijn voortdurend grote hoeveelheden zoet water nodig.

Verder is doorspoeling van de boezems nodig om verhoging tegen te gaan van het chloridegehalte, als gevolg van het zoute water dat door de polders of op andere wijze op de boezems wordt gebracht. Ook de verhoging van de zoutconcentratie door de verdamping wordt bij doorspoeling verminderd. Doorspoeling is verder nodig om de gevolgen van vervuiling van de boezem tegen te gaan.

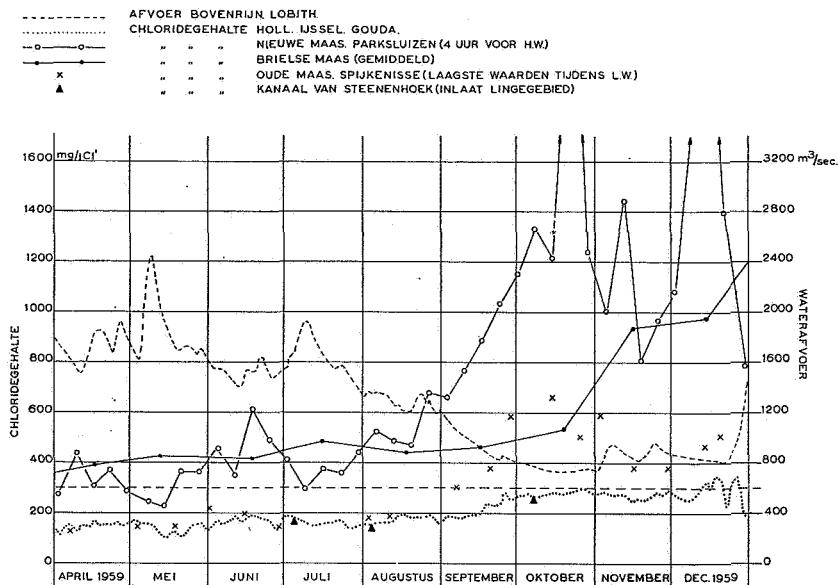


FIG. 1. Waterafvoer van de Bovenrijn en enige chloridegehalten in de periode april-december 1959

Een ander deel van het voor de boezem benodigde water is nodig voor aanvulling van het water dat door verdamping van het vrije wateroppervlak verdwijnt en voor aanvulling van het water onttrokken voor besproeiing van grasland, van land- en tuinbouwgewassen, voor waterinlaat naar de polders enz.

Het waterverlies van de boezems moet worden aangevuld, omdat het boezempeil binnen nauwe grenzen moet worden gehandhaafd. Dit is niet alleen nodig uit een oogpunt van de scheepvaart, maar ook wegens de hoogteligging van houten funderingen, de stabiliteit van de boezemkaden en om grondwaterstands dalingen in de boezemlanden en daardoor droogteschade aan de daarop geteelde gewassen te voorkomen. Om dezelfde reden is peilhandhaving in de polders nodig. Deze laten in warme perioden dan ook voortdurend water uit de boezem in.

Een goede toestand in de polders is echter alleen bereikbaar, indien uit de boezem water van goede kwaliteit kan worden ingelaten. Zelfs al wordt aan deze voorwaarde voldaan, dan nog is het vaak zeer moeilijk in polders met brakke kwel overal een bevredigende toestand te krijgen. In deze bijdrage kan daarop echter niet verder worden ingegaan.

3. DE BENODIGDE WATERHOEVEELHEDEN

Het is duidelijk dat de wateraanvulling van de boezems bij voorkeur moet geschieden met water met een zo laag mogelijk chloridegehalte. Het gebied dat in deze bijdrage wordt behandeld, is op het water van de Rijn aange-
wezen.

De grote hoeveelheden water welke in droge tijden moeten worden inge-
laten, kunnen worden onderscheiden in:

- a. de waterbehoefte voor peilbeheersing (compensatie van de verdamping, aanvulling van de aan de boezemwateren onttrokken hoeveelheden);
- b. de waterbehoefte voor boezemverversing (waaronder begrepen de hoe-
veelheden nodig voor de bestrijding van het bij de sluizen binnengedron-
gen zout).

De voor peilbeheersing vereiste waterhoeveelheden zijn in sterke mate af-
hankelijk van de verdamping en wisselen gedurende het zomerhalfjaar vrij
sterk. De grootste behoefte treedt in de regel op in de maanden juni, juli en
augustus.

Het verloop over 1959 kan het beste worden getoetst aan de gegevens be-
treffende de waterinlaat naar Rijnland. Dit waterschap beschikt over uitge-
breide en vermoedelijk ook de meest nauwkeurige gegevens daaromtrent. In
de inlaatcijfers voor Rijnland gedurende 1959 is tevens de waterinlaat naar
Delfland begrepen. In de droge periode wordt Delfland nl. geheel via Rijn-
land van zoet water voorzien.

Nagegaan is hoe in Rijnland de uit de open Hollandse IJssel te Gouda en
(via de Enkele-Wiericke) uit de gekanaliseerde Hollandse IJssel betrokken
hoeveelheden water zijn gebruikt voor peilhandhaving en voor boezemver-
versing. Figuur 2 geeft het verloop aan van de dagelijkse waterhoeveelheid
welke ten behoeve van Rijnland en Delfland nodig is geweest in de maanden
april tot en met december 1959. Ter vergelijking is tevens weergegeven hoe
groot de hoeveelheden voor ditzelfde gebied waren in de droge jaren 1947
en 1949.

De waterinlaat voor Rijnland zelf en gesplitst in de behoefte voor peil-
handhaving en verversing, is weergegeven in tabel 1 in miljoenen m³ per dag,
berekend als gemiddelde gedurende een maand.

Uit de in tabel 1 gegeven cijfers blijkt, dat de grootste waterbehoefte voor
peilbeheersing is opgetreden in juni; na half oktober nam deze behoefte
snel af.

Ook de waterbehoefte voor boezemverversing is zeer groot, deze duurt

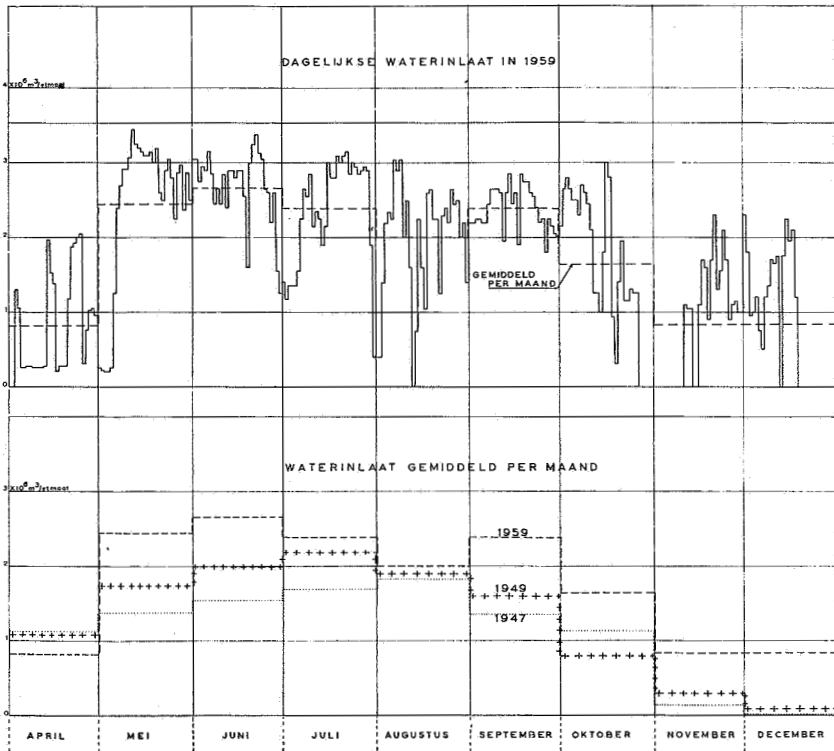


Fig. 2 Waterinlaat naar Rijnland en Delfland in de periode april-december 1959

echter - zoals tabel 1 laat zien - veel langer. In de maanden juni en december is deze behoefte groter dan in de daartussen gelegen maanden. Het cijfer voor mei is zo hoog, omdat in die maand tussen 10 en 19 mei de boezem bijzonder krachtig is doorgespoeld in verband met de opgetreden visvergiftiging.

In tabel 1 zijn volledigheidshalve tevens de extra hoeveelheden vermeld, welke door Rijnland zijn ingelaten ten behoeve van Delfland. Deze hoeveelheden zijn mede ten goede gekomen aan de verversing van het zuidelijk gedeelte van de boezem van Rijnland. Bij Leidschendam wordt door Delfland door middel van een gemaal met een capaciteit van $9 \text{ m}^3/\text{min}$. dit zoete water in de boezem van Delfland ($0,40 \text{ m}$ - N.A.P.) gepompt; het peil in de boezem van Delfland is namelijk $0,20 \text{ m}$ hoger dan dat in Rijnland ($0,60 \text{ m}$ - N.A.P.).

De cijfers van tabel 1 geven slechts een beeld omtrent het verloop van de waterbehoefte in de zomer en het najaar van 1959 en over de verhouding tussen de hoeveelheden nodig voor peilhandhaving en voor verversing.

TABEL 1. Dagelijkse waterinlaat naar Rijnland in 1959 in miljoenen m³

gemiddeld per dag in	voor peil- handhaving	voor boezem- verversing	voor doorvoer naar Delfland	totaal
januari	—	0,05	—	0,05
februari	—	0,36	—	0,36
maart	—	0,88	—	0,88
april	—	0,52	0,23	0,82
mei	0,86	1,21	0,27	2,34
juni	1,01	1,04	0,60	2,65
juli	1,08	0,74	0,57	2,39
augustus	0,70	0,79	0,51	2,00
september	0,89	0,75	0,73	2,37
oktober	0,51	0,69	0,43	1,63
november	—	0,84	—	0,84
december	—	0,84	—	0,84

Een beter inzicht omtrent de absolute waarde van de gegeven cijfers, waardoor deze tevens van waarde kunnen zijn voor andere boezemgebieden, kan slechts na een analyse van deze hoeveelheden worden verkregen.

4. DE WATERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEERSING

Een werkcmité, ingesteld in 1950 door de hoofden van de Provinciale Waterstaatsdiensten van Noordholland, Utrecht en Zuid-Holland heeft van het gebied tussen het Noordzeekanaal en de grote rivieren een studie daaronder gemaakt. In het in 1957 uitgebrachte rapport „De waterbehoefte in Midden-West-Nederland in zeer droge perioden” wordt een raming gemaakt van de benodigde hoeveelheid water, gesplitst in de waterbehoefte voor peilbeheersing ten behoeve van de watervoorziening van de gewassen en de waterhoeveelheden voor de boezemverversing, nodig voor de bestrijding van de verontreiniging en de verzilting. De hoeveelheden welke nodig zijn ten behoeve van de drinkwatervoorziening waren gering in vergelijking tot de hiervoor genoemde hoeveelheden. Deze zijn dan ook niet in rekening gebracht. Evenmin is rekening gehouden met het water dat voor industriële doeleinden werd onttrokken. Een deel van dat water zal trouwens weer naar de boezemwateren afvloeien. Ook is geen rekening gehouden met toevoer van water dat ten behoeve van drinkwatervoorziening of industrie onttrokken is aan het grondwater.

Het werkcmité is niet uitgegaan van de extreme waterbehoefte, die zich gedurende één of enkele dagen voordoet. Gerekend is met zeer droge perioden

van 7 of meer achtereenvolgende dagen, voorafgegaan door een periode waarin weinig regen is gevallen, zodat de watervoorraad in de bodem reeds in de voorafgaande periode zeer klein is geworden. Dergelijke perioden kwamen naar voren in de jaren 1911, 1921, 1929, 1934, 1941, 1944, 1947, 1949 en 1959 (gemiddeld dus 1 x per 5 à 6 jaar).

Om tot een berekening van de behoefte aan suppletiewater te komen is in de eerste plaats de verdamping nagegaan van de vrije wateroppervlakken; verder is, rekening houdende met de structuur en de doorlatendheid van de bodem en met de hoogteligging van het maaiveld, een klassificatielijst opgesteld (zie tabel 2).

TABEL 2. Klassificatie van de behoefte aan suppletiewater voor Midden-West-Nederland in zeer droge perioden en voor de tegenwoordige toestand

No.	Omschrijving	max. behoefte in mm per dag ¹⁾
1	Boezem- en polderplassen, grotere wateren	8
2	Kleine watergangen, waaronder sloten	6
3	Tuinbouw	
	a. volle grond	4
	b. kassen	7
	c. bloembollen	4
	d. fruitteelt (boomgaarden)	2-3
4	Zandgronden	
	a. intensief	
	1. gras	2-4
	2. akkerbouw	2
	b. niet intensief ²⁾	1-2
5	Veengronden	
	a. gras	1-3
	b. akkerbouw	1-2
6	Kleigronden	
	a. gras	0-1
	b. akkerbouw	0-1
7	Komkleigronden	
	a. gras	0-1
	b. akkerbouw	0-1
8	Duingronden, hoge gronden, stedelijke gebieden	0

¹⁾ Over perioden van 7 à 10 dagen

²⁾ O.a. buitens, bossen, parken

In deze klassificatielijst is een indeling naar gebruiksvorm gecombineerd met een indeling naar grondsoorten. De indeling is - zoals in het rapport ook wordt gezegd - vrij grof, zodat binnen de grenzen van elke groep nog vrij grote variaties in de waterbehoefte kunnen voorkomen.

Niettemin is gebleken dat de waterbehoefte voor Rijnland, berekend aan de hand van de klassificatielijst en met gebruikmaking o.a. van de gegevens

van de bodemkaarten, redelijk overeenstemt met de door Rijnland bepaalde hoeveelheid suppletiewater in zeer droge perioden van gelijke tijdsduur.

Het grootste waterverbruik in Rijnland is tot dusver gemeten in de periode van 6 t/m 14 juli 1941. In deze periode bedroeg de ingelaten hoeveelheid suppletiewater gemiddeld ruim 2.200.000 m³ per dag. De met behulp van de classificatielijst voor Rijnland voor de huidige toestand berekende waterbehoefte voor peilhandhaving bedraagt 2.050.000 m³ per dag (zie tabel 3).

TABEL 3. Waterbehoefte voor Rijnland voor peilbeheersing in zeer droge perioden

No.	Omschrijving	mm/ dag	oppervl. in ha	m ³ per dag
1	Boezem- en polderplassen, grote wateren	8	5.300	424.000
2	Kleine wateren, waaronder sloten	6	4.800	288.000
3a	Tuinbouw; volle grond	4	3.700	148.000
3b	kassen	7	500	35.000
3c	bloembollen	4	3.600	144.000
3d	boomgaarden	—	—	—
4a1	Zandgronden; intensief (gras)	2 ¹ / ₂	5.300	132.000
4a2	intensief (akkerbouw)	2	1.000	20.000
4b	niet intensief	1	3.300	33.000
5a	Veengronden; gras	2 ¹ / ₂	17.100	2.000
5b	akkerbouw	2	100	428.000
6a	Kleigronden; gras	1 ¹ / ₂	19.600	294.000
6b	akkerbouw	1 ¹ / ₂	19.500	98.000
7a	Komkleigronden; gras	1 ¹ / ₂	400	2.000
7b	akkerbouw	—	—	—
8	Duingronden, hoge gronden, steden	—	22.000	—
		1,9	106.200	2.048.000

1) Van de totale waterbehoefte voor peilbeheersing in Rijnland is dus rond 1/3 gedeelte nodig om de verdamping van het vrije wateroppervlak te compenseren.

In 1959 viel de maximale behoefte ongeveer tussen 20 en 27 juni; deze bedroeg circa 1.700.000 m³ per dag. In deze periode is echter ook nog wat regen gevallen. Dit regenwater komt rechtstreeks aan de boezemwateren en boezemlanden ten goede, zodat de hoeveelheid van 1.700.000 m³ voor de waterbehoefte voor peilbeheersing naar schatting nog met 200.000 m³ [(20.000 ha boezemoppervl. + oppervl. boezemlanden) x 6,7 mm : 7 dagen] kan wor-

den vermeerderd. Aangenomen kan worden dat de waterinlaat vanuit de boezem naar de polders door de gevallen neerslag hoegenaamd niet is beïnvloed. De polders welke inlieten zijn daar in de gegeven omstandigheden waarschijnlijk rustig mee doorgedaan. De waterbehoefte voor peilbeheersing in droge perioden zou op grond van de gegevens voor 1959 derhalve gesteld kunnen worden op circa 1.900.000 m³ per dag.

Dat de berekende waterbehoefte ongeveer klopt met de gemeten hoeveelheid voor peilhandhaving, zegt omtrent de juistheid van de in de classificatielijst opgenomen cijfers nog niets en in feite zouden de voor Rijnland gevonden cijfers voor de waterbehoefte in droge tijden ook alleen maar gebruikt mogen worden voor extrapolaties in gebieden buiten Rijnland, indien de verhouding tussen de oppervlakken der diverse bodemtypen en gebruiksvormen dezelfde zou zijn als in Rijnland zelf.

Toch meende het werkcomité dat de cijfers voldoende betrouwbaar leken om - uitgaande van de classificatielijst - ook de waterbehoefte van de overige delen van Midden-West-Nederland te mogen berekenen. We zullen aanstonds zien waartoe dit leidt.

5. DE WATERBEHOEFTE VOOR BOEZEMVERVERSING

Ook voor de hoeveelheden water nodig voor verversing van de boezem geeft het werkcomité cijfers.

Verversing is nodig om binnengedrongen zout water weg te spoelen, het zoute uitslagwater van polders te verdunnen en om de gevolgen te beperken van vervuiling door afvalwaterlozingen, waardoor voornamelijk een aanslag op het zuurstofgehalte in het water wordt gedaan. In het dichtbevolkte westen van Nederland spelen deze drie factoren alle een rol. Meer naar het oosten, in het Lingegebied b.v., speelt de verzilting nog geen rol (of het moest die van het rivierwater zelf zijn) en heeft men ook de vervuiling (behoudens die door enkele van oudsher bestaande lozingen) buiten de deur weten te houden. De behoefte aan doorspoelwater voor de boezems zal dus van geval tot geval verschillen.

Daar waar ter plaatse van de sluizen naar het buitenwater zout water naar de boezem wordt geschut, zijn regelmatig spuingen nodig om te ver door-dringen van het zout te voorkomen.

De praktijk (bij Rijnland o.a.) heeft geleerd dat de hoeveelheid doorspoel-water, nodig om binnendringend zout of brak water te verhinderen te ver in het boezemgebied door te dringen, in de regel groot genoeg is om tevens een redelijke verversing van de boezem te bereiken. Het is wel de vraag of

dit ook in de toekomst het geval zal zijn. De steeds slechter wordende kwaliteit van het rivierwater is een slecht teken.

In droge perioden, die in de regel met warme perioden van het jaar zullen samenvallen, zal de zuurstofbehoefte van het boezemwater het grootst zijn; de verversing zou dan in feite ook maximaal moeten zijn. De rivierafvoeren zullen in dergelijke perioden in de regel nog niet minimaal zijn; de laagste afvoeren vallen immers in het najaar, wanneer de behoefte aan suppletiewater al aanmerkelijk minder is. Inlaat vanuit de rivier zal dan ook in het algemeen in de groeiperiode wel mogelijk zijn.

Naar zich evenwel laat aanzien, zal in deze perioden met maximale waterbehoefte het beroep dat alom op het water van de Rijn wordt gedaan zo groot zijn, dat ook onder die omstandigheden zuinigheid met het gebruik van water voor verversing van de boezems nodig zal zijn. Gemeend wordt dat onder die omstandigheden - het gaat om perioden van 7 à 10 dagen - de hoeveelheid doorspoelwater verminderd mag worden, omdat na de periode met maximale behoefte de boezemverversing krachtiger kan worden doorgevoerd, waardoor de achteruitgang van de kwaliteit kan worden opgeheven.

Ter beperking van de hoeveelheden benodigd spoelwater blijft een voortdurende strijd tegen de oorzaken van verontreiniging en tegen onnodige zoutbronnen geboden. Het slechter worden van de kwaliteit van het Rijnwater, speciaal met betrekking tot het chloridegehalte en zuurstofgehalte, versterkt de noodzaak hiervan.

a. Rijnland

Van de boezemgebieden in het westen lopen Rijnland, Delfland, Amsteland, de Brielse Maas (o.a. ook via het kanaal door Voorne) en in mindere mate Schieland gevaar voor het binnendringen van zout water van buiten af.

Voor het gebied van Rijnland is vrij nauwkeurig bekend welke hoeveelheid verversingswater nodig is. Boven de hoeveelheid welke voor peilbeheersing wordt ingelaten, moet in Rijnland ruim 1.200.000 m³ per dag extra worden ingelaten en volgens een bepaald schema beurtelings bij Katwijk, Spaarndam en Halfweg worden geloosd.

In droge perioden, die circa 10 dagen duren, kan deze hoeveelheid worden teruggebracht tot een uiterste minimum van 500.000 m³ per dag, mits in perioden met geringere behoefte voor peilbeheersing, krachtiger wordt verversd.

De totale waterbehoefte van Rijnland in droge perioden en in de huidige situatie zou zodoende op ruim 2.500.000 m³ per dag gesteld moeten worden.

Voor 1959 vinden we voor Rijnland, voor de periode van 7 dagen met de grootste behoefte, de cijfers vermeld in tabel 4.

TABEL 4. Maximale waterbehoefte voor Rijnland in zeer droge perioden en in 1959 in miljoenen m³ per dag

periode	voor peil- handhaving	voor boezem- verversing	voor doorvoer naar Delfland	totaal
raming voor zeer droge perioden van 7 à 10 dagen	2,05	0,50	0,50	3,05
gemiddeld juni 1959	1,01	1,04	0,60	2,65
max. week in juni 1959	1,7 ¹⁾	0,5	0,8	3,0

¹⁾ Vermeerderd met de regen in deze week ca. 1.900.000 m³/dag

Ter vergelijking zijn tevens opgenomen de cijfers welke door het werkcmité voor de watervoorziening Midden-West-Nederland zijn berekend voor zeer droge perioden.

Het effect van de boezemverversing ter bestrijding van het binnendringen van zout is voor de lozing van Rijnland te Katwijk, Spaarndam en Halfweg, weergegeven in respectievelijk de figuren 3a, 3b en 3c.

Het langzaam oplopen van het chloridegehalte in monsterpunt 104, de Wijde A gelegen in het centrum van Rijnland, moet in hoofdzaak worden toegeschreven aan het hoger worden van het chloridegehalte van de Rijn tengevolge van de dalende afvoer.

Deze invloed gaat ook door gedurende het najaar; het chloridegehalte van het boezemwater loopt dan echter mede op als gevolg van het zoute uitslagwater van de in Rijnland gelegen diepe droogmakerijen waarvan de hoeveelheid in het najaar toeneemt. Teneinde een te sterke stijging van het chloridegehalte van het boezemwater in het najaar te vermijden, is de boezemverversing het gehele verdere jaar 1959 krachtig voortgezet. De waterbehoefte van de polders liep na half oktober sterk terug.

Het effect van de doorspoeling met betrekking tot het zuurstofgehalte is weergegeven in figuur 4, waarin zijn uitgezet het verloop van het zuurstofgehalte van het te Gouda ingelaten water, van het water te Leidschendam dat naar Delfland gaat en dat van het water in de Wijde A. Uit deze grafiek blijkt dat het zuurstofgehalte te Gouda in het najaar van 1959 meermalen de bedenkelijk lage waarde heeft bereikt van 2 mg/l.

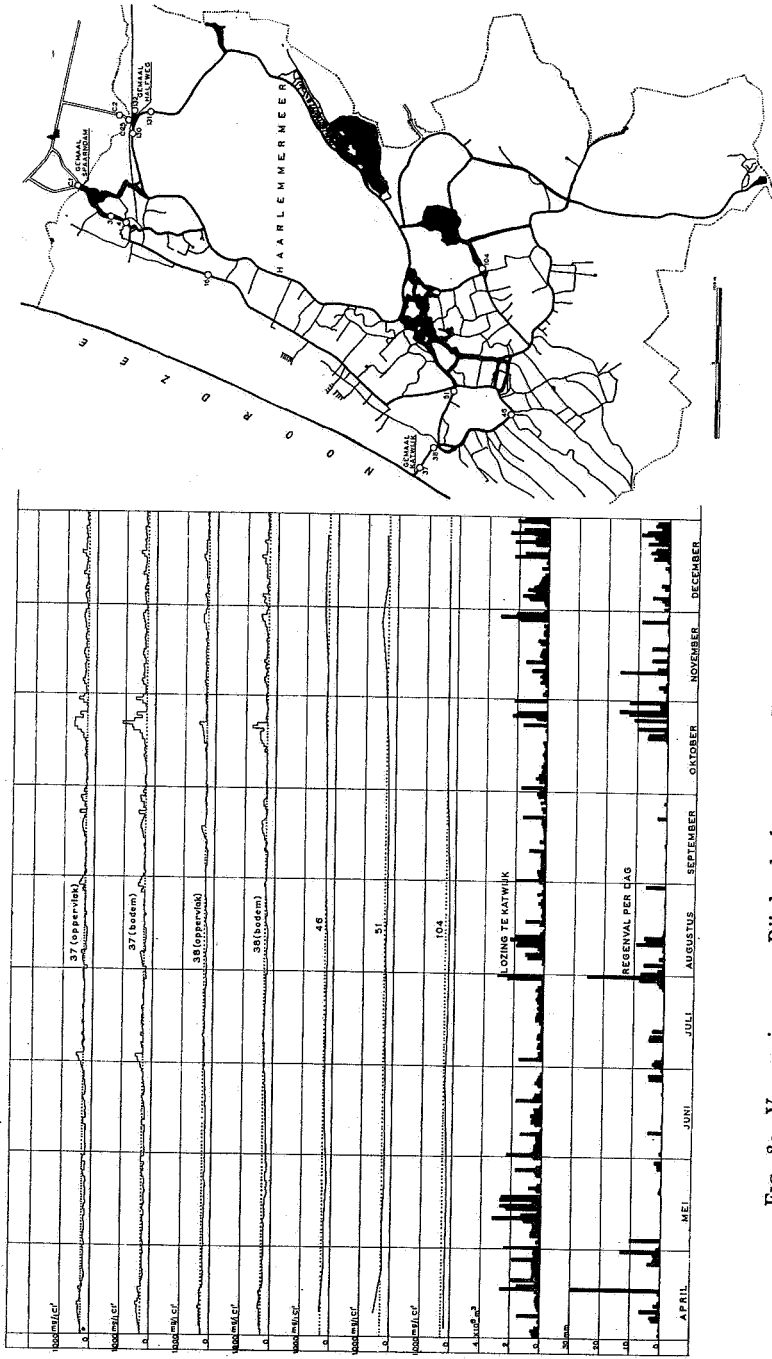


Fig. 3a. Verversing van Rijnlands boezem te Katwijk in de periode april-december 1959

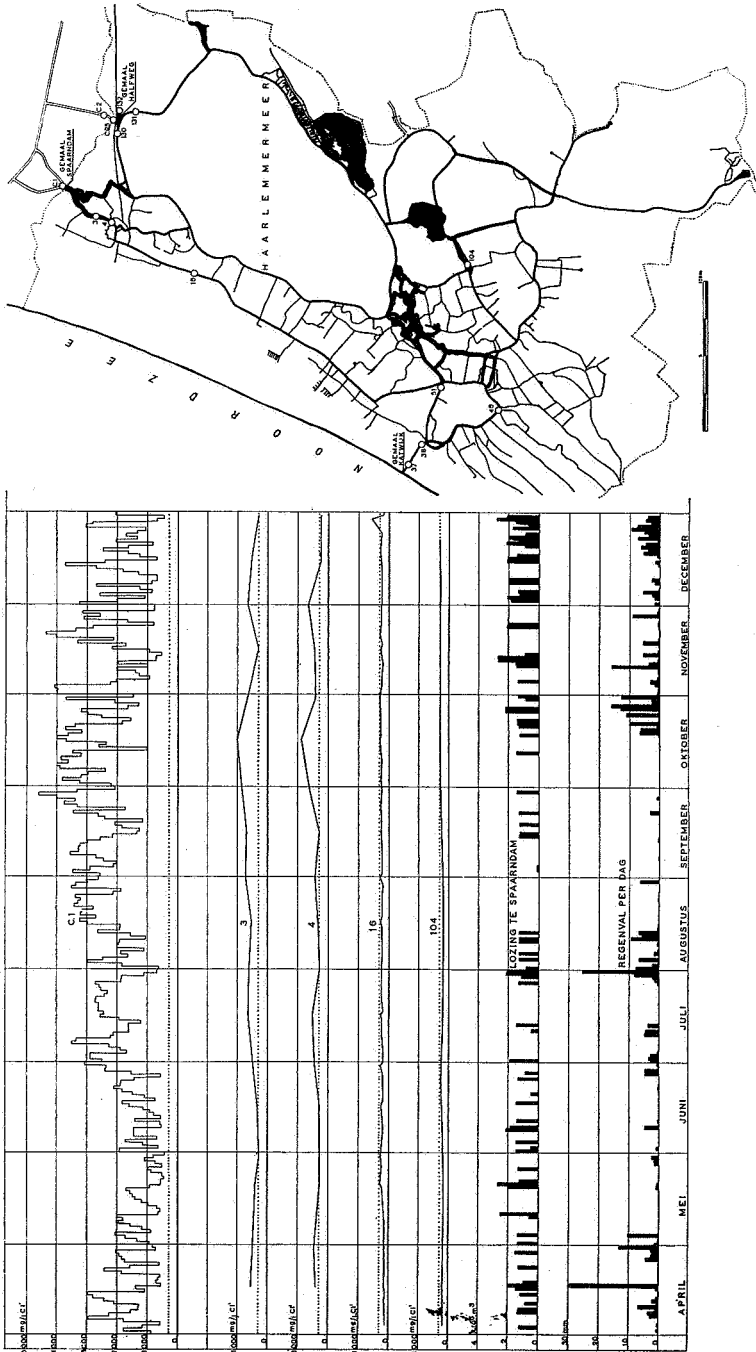


Fig. 3b. Verversing van Rijnlands boezem te Spaarndam in de periode april-december 1959

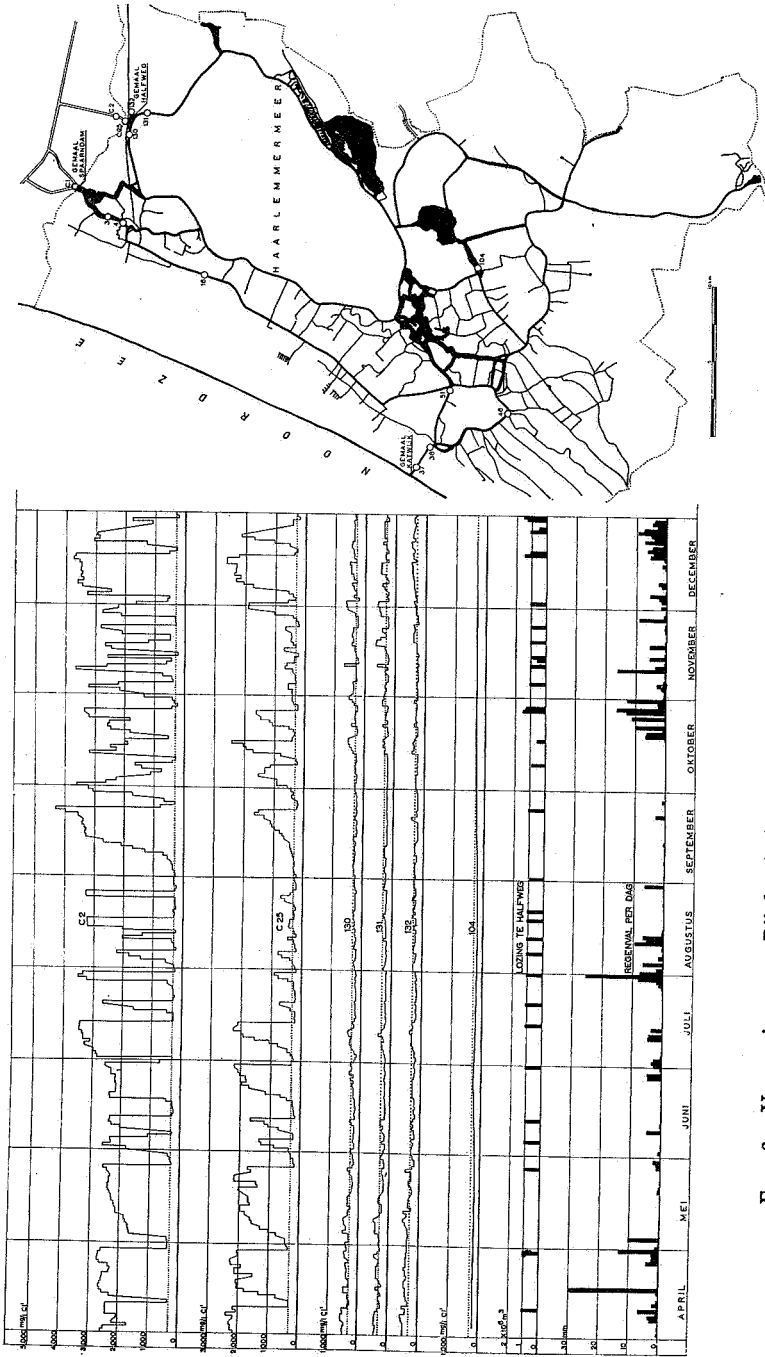


FIG. 3c. Verversing van Rijnlands boezem te Halfweg in de periode april-december 1959

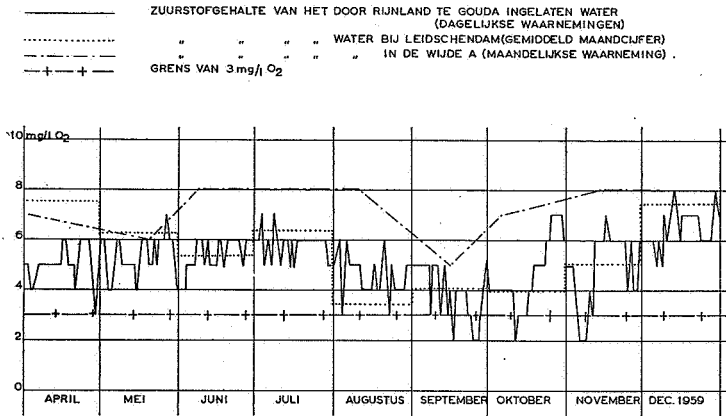


FIG. 4. Overzicht van enige zuurstofgehalten in de periode april-december 1959

Het zuurstofgehalte van de Wijde A ligt steeds enkele milligrammen hoger dan dat te Gouda, hetgeen wijst op zelfreiniging bij het doorstromen van de boezem. Bij Leidschendam is geen verbetering t.o.v. Gouda merkbaar, hetgeen ook geen wonder is omdat in 1959 op de Vliet tussen Leiden en Leidschendam nog uit verschillende gemeentelijke kernen ongezuiverd rioolwater op de boezem werd geloosd.

b. Delfland

Een veel minder gunstig beeld dan Rijnland levert de boezem van Delfland in 1959 op. Dit verschil komt goed naar voren in de kaartbijlagen, aangevende de toestand in de boezemwateren in een deel van West-Nederland, met betrekking tot het chloridegehalte en het zuurstofgehalte, resp. in het voorjaar en in het najaar van 1959 (zie achterin).

Hierbij moet worden bedacht, dat de zuurstofbepalingen alle overdag zijn verricht. Gedurende de nacht, wanneer de activiteit van algen is uitgeschakeld, zullen de zuurstofgehalten lager geweest moeten zijn. Anaërobe toestanden zullen vooral in Delfland op verscheidene plaatsen zijn voorgekomen.

Uit tabel 5 blijkt, dat in 1959 gedurende de periode met maximale waterbehoefte de door het werkc comité Midden-West-Nederland voor Delfland geraamde hoeveelheid voor peilbeheersing nog niet geheel is bereikt. Wel was dit het geval met de hoeveelheid voor doorspoeling.

Niettegenstaande de verversing van deze boezem, welke gedurende het gehele verdere jaar 1959 werd voortgezet, is de kwaliteit van het boezemwater duidelijk verslechterd. In het najaar heeft het chloridegehalte in

TABEL 5. Maximale waterbehoefte voor Delfland in zeer droge perioden en in 1959 in miljoenen m³ per dag

periode	voor peil- handhaving	voor boezem- verversing	totaal	via Rijnland	via Park- sluizen
raming voor zeer droge perioden van 7 à 10 dagen	0,67	0,31	0,98	0,5	0,48
gemiddeld juni 1959	0,3	0,3	0,6	0,6	—
max. week in juni 1959	0,5 ¹⁾	0,3	0,8	0,8	—

¹⁾ Vermeerderd met de regen in deze week ca. 530.000 m³/dag

grote delen van de boezem de voor tuinbouw kritieke grens van 300 mg/l overschreden, terwijl het zuurstofgehalte op veel plaatsen in de boezem lager is geweest dan 3 mg/l, hetwelk als benedenste kritieke grens voor de visstand wordt beschouwd. Uit de situatie in het najaar 1959 blijkt dat de intensiteit der doorspoeling in Delfland in feite onvoldoende is geweest. Een grotere intensiteit was in de gegeven situatie evenwel niet mogelijk.

c. De Brielse Maasboezem

Wat er met het chloridegehalte van een boezem gebeurt, wanneer het buitenwater ter plaatse van het inlaatpunt gaat verzilten, leert het verloop van het chloridegehalte in de Brielse Maas in 1959 (zie figuur 1). Deze boezem, welke in de zomermaanden bij voorkeur op een peil van N.A.P. wordt gehandhaafd, onttrekt bij Spijkenisse water aan de Oude Maas. Uiteraard kan dit alleen gebeuren bij standen op de Oude Maas boven N.A.P. en bij een zoutgehalte dat voldoende laag is. Bij vloed dringt evenwel het zeewater de benedenmond van de Oude Maas binnen, waardoor de perioden waarin geschikt zoet water kan worden ingelaten bij dalende afvoer steeds korter worden en tenslotte de zoetwaterinlaat geheel niet meer mogelijk is (zie figuur 5). In 1959 is het al vanaf maart niet meer gelukt voldoende zoet water in de Brielse Maas te krijgen. Door zout schutwater en ook wellicht door enige inlaat, nodig in verband met de peilhandhaving, is de boezem tegen eind 1959 vrij ernstig verzilt geweest (zie figuur 1). De periode met maximale waterbehoefte van de uit deze boezem inlatende tuinbouwgebieden op Voorne was toen echter reeds voorbij.

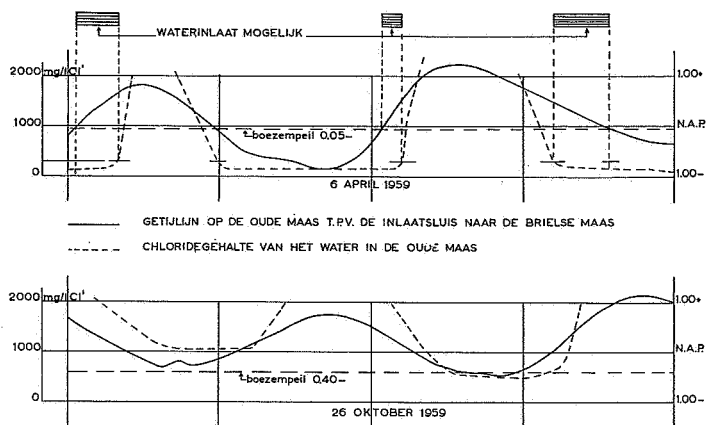


FIG. 5. Mogelijkheid van zoetwaterinlaat naar de Brielse Maas op 6 april en 26 oktober 1959

d. Het Lingegebied

Een heel wat gunstiger beeld vertoont het gebied van het waterschap de Linge. Een verziltingsprobleem doet zich hier nog niet voor. In het gebied van dit waterschap is gedurende het hele jaar 1959 veel water ingelaten. Over de tijdsduur waarin is ingelaten geeft figuur 6 een indruk. Aanvankelijk is ingelaten met natuurlijk verval vanuit de rivier, namelijk bij Doornenburg uit het Pannerdens Kanaal en bij Hardinxveld uit de Merwede. Door dalende rivierafvoer was de inlaat bij Doornenburg al spoedig niet meer mogelijk. De watervoorziening in het Boven-Lingegebied is daarna verder overgenomen door een tweetal gemalen welke het water uit de Nederrijn respectievelijk het Amsterdam-Rijnkanaal oppompen naar de Linge. Uit de bedrijfsuren van deze gemalen en uit de geschatte inlaathoeveelheden te Doornenburg is een zeer globaal cijfer af te leiden voor de waterbehoefte van het Lingegebied tot ongeveer Geldermalsen.

Geschat is dat voor circa 25.000 ha een hoeveelheid van 1,2 à 1,5 mm per etmaal nodig is geweest. Een deel van dit water zal echter door infiltratie in hogere en doorlatende stroomruggen weer zijn teruggeloeid naar de laag in hun beddingen gelegen Nederrijn en Waal.

Ook bij dit waterschap legt men zich erop toe de gegevens omtrent waterinlaat en watergebruik meer en meer in cijfers vast te leggen. Niet alleen is dit nodig omdat het verbruik door verdere intensivering in de landbouw, verdere toepassing van beregeningsinstallaties enz. regelmatig toeneemt, maar ook is dit nodig om o.a. meer inzicht te verkrijgen in de gevolgen voor de

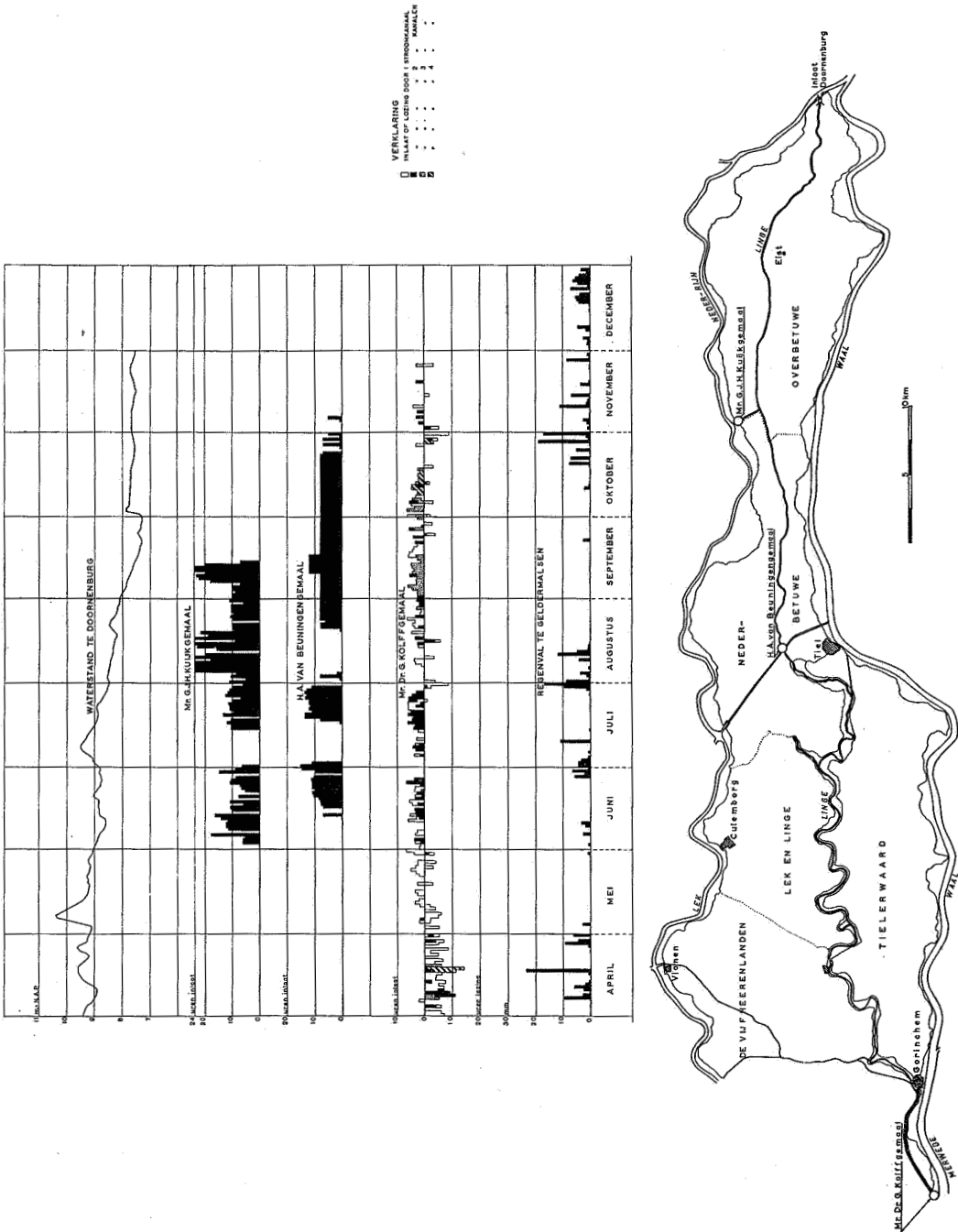


FIG. 6. Waterinlaat in de Linge-boezem in de periode april-december 1959

waterhuishouding van het Lingegebied door de uitvoering van de Rijnkanalisatie en van het Deltaplan, waardoor o.a. de kwel en waterinlaat uit de rivieren en de lozings- en inlaatmogelijkheden te Hardinxveld zullen veranderen.

De watervoorziening van het Lingegebied benedenstrooms van Geldermalsen geschiedt momenteel via het Kanaal van Steenenhoek door waterinlaat bij hoogwater vanuit de Merwede. Op grond van de beschikbare inlaatcapaciteit van de sluzen naar het kanaal van Steenenhoek, werd de totale hoeveelheid inlaatwater voor dit benedenstroomse deel van het Lingegebied in droge perioden als in 1959 voorgekomen zeer ruw geschat op circa 2 mm per etmaal, over een gebied van ca. 30.000 hectare.

De totale suppletie voor het gehele Lingegebied zou daarmee voor de tegenwoordige toestand op ongeveer 1.000.000 m³ per etmaal komen, overeenkomende met ca. 1,7 mm per etmaal voor een gebied van rond 55.000 hectare.

Zoals figuur 6 laat zien is de waterinlaat naar het Lingegebied tot ver in het najaar voortgezet; dit is dus vrijwel geheel nodig geweest ter aanvulling van de grondwatervoorraad, ter compensatie van de verdamping en voor het gebruik door de gewassen.

De invloed van het chloridegehalte van het rivierwater tekent zich tegen het einde van de inlaatperiode duidelijk af in figuur 7, die als het ware een lengteprofiel van het chloridegehalte in de Linge geeft en waarop duidelijk is te zien van welke punten uit de waterinlaat heeft plaatsgehad.

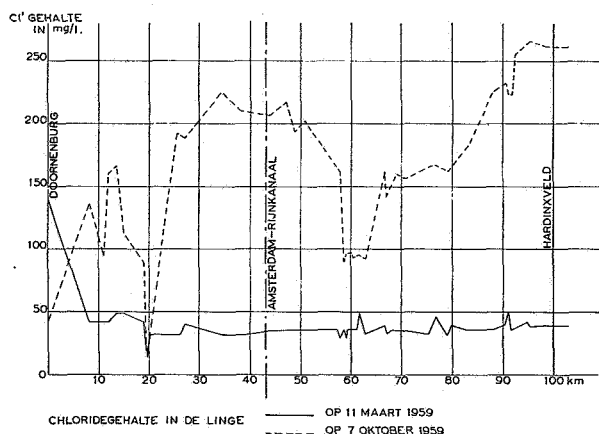


FIG. 7. Chloridegehalte in de Linge op 11 maart en 7 oktober 1959

e. *Andere gebieden*

Omtrent de grootte van het waterverbruik in 1959 van andere delen van het beschouwde gebied zijn maar enkele incidentele gegevens uit rechtstreekse metingen verkregen.

Zo is door de Provinciale Waterstaat in Utrecht de waterinlaat gemeten naar het waterschap Westbroek. Het waterverbruik van dit ca. 800 ha grote gebied werd bepaald op 6,25 mm per dag. Aangezien deze meting is verricht gedurende de laatste week van juni, mag worden aangenomen dat dit cijfer wel ongeveer de maximale waterbehoefte aangeeft, welke in 1959 in dat gebied is opgetreden. Het betreft hier een gebied met veel open water en mogelijk ook een zeker infiltratieverlies naar de op circa 3 km afstand gelegen Bethunepolder, zodat dit hoge cijfer wel verklaarbaar is. Het door de Provinciale Waterstaat in Utrecht gemeten cijfer wijst er in elk geval op, dat in een dergelijk waterrijk gebied in perioden met grote verdamping veel water nodig is.

6. WATERAANVOER EN WATERVERDELING

Rekent men de waterbehoefte voor Midden-West-Nederland ten noorden van Nederrijn en Lek-Nieuwe Maas-Rotterdamse Waterweg uit volgens de classificatielijst, en wordt rekening gehouden met de voor elk gebied in de periode met maximale behoefte sterk gereduceerde hoeveelheid doorspoelwater, dan zou in 1959 gedurende de periode met de grootste waterbehoefte in totaal voor dit gebied circa 8.200.000 m³ per dag aan de Nederrijn, Lek-Nieuwe Maas moeten zijn onttrokken. Deze hoeveelheid komt overeen met 95 m³/sec; waarvan nodig voor peilbeheersing 76 m³/sec en nodig voor boezemverversing 19 m³/sec.

Om deze hoeveelheid over de diverse boezemgebieden te verdelen zou het stelsel van scheepvaartwegen, kanalen en boezemwateren ten volle moeten zijn ingeschakeld, waarbij voor elk der belangrijkste takken kan worden aangegeven, hoeveel water daar door zou moeten stromen tijdens de periode met maximale waterbehoefte. Het hiervoor door het werkcomité Midden-West-Nederland opgestelde schema is gegeven in figuur 8.

Het is niet de bedoeling in te gaan op de maatregelen welke nodig zouden zijn om de in dit schema aangegeven wijze van aanvoer te verwezenlijken. Volstaan moge worden met de opmerking dat daarvoor geen bijzonder ingrijpende voorzieningen vereist zouden zijn. Het schema doet in het kader van deze bijdrage slechts dienst ter vergelijking van de in de huidige toestand

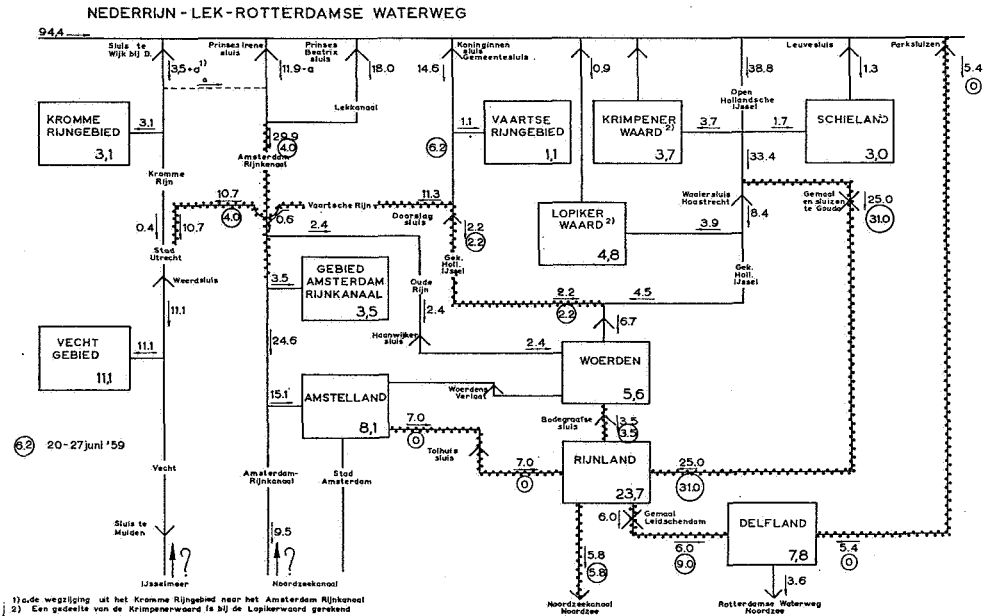


FIG. 8. Schema van de wijze van watervoorziening in de verschillende gebieden van Mid-den-West-Nederland (hoeveelheden in m^3/sec , gemiddeld over een etmaal)

theoretisch nodig geachte hoeveelheid water, welke langs de diverse takken van dit schema vervoerd zou moeten worden, met de werkelijke hoeveelheden welke in 1959 gedurende de periode met maximale waterbehoefte over de diverse takken zijn vervoerd.

Omdat in 1959 maar op enkele plaatsen in dit schema werd gemeten, is deze vergelijking zeer onvolledig gebleven. Het resultaat is eveneens in figuur 8 aangegeven en wel met de omringde cijfers. Uit het schema blijkt onder meer dat de wateraanvoer naar Rijnland via het Groot-Waterschap van Woerden ongeveer overeenkomstig de verwachtingen daaromtrent heeft gefunctioneerd, terwijl de hoofdinlaat via Gouda meer heeft gedaan. Van deze waterinlaat via Gouda is namelijk maximaal gebruik gemaakt om Delfland voldoende te kunnen helpen. Waterinlaat naar Delfland via de Parksluizen was immers wegens het hoge zoutgehalte op de Nieuwe Maas niet mogelijk. De gewenste waterinlaat aldaar van $5,4 m^3/sec$ zou onder omstandigheden zoals zich in juni 1959 voordeden in de toekomst wel mogelijk zijn, indien na de afsluiting van Haringvliet en Volkerak meer oppervlaktewater via de Rotterdamse Waterweg naar zee kan worden afgevoerd.

De waterinlaat naar Midden-West-Nederland uit de Lek via het Amsterdam-Rijnkanaal is echter, zoals in figuur 8 kan worden afgelezen, in de droge periode van 1959 een heel stuk beneden de hoeveelheid gebleven welke volgens de berekeningen voor het van dit kanaal afhankelijke inlaatgebied, nodig zou moeten zijn geweest.

Zijn de ramingen en verstrekte gegevens ten naaste bij goed, dan moeten er in dat gebied dus watertekorten zijn opgetreden, of een deel van het voor de aanvulling voor peilhandhaving benodigde water moet via de Noordzeekanaalboezem of uit het IJsselmeer naar dat gebied zijn gevoerd.

Er zijn aanwijzingen dat beide verschijnselen zich hebben voorgedaan.

Bekend is dat in het poldergebied ten oosten van de Vecht watertekorten zijn opgetreden, waardoor de peilhandhaving in het gedrang is gekomen. Hierin is ten dele voorzien door inlaat uit het IJsselmeer via de stenen beer in de Slotgracht te Muiden.

Anderzijds wijst het verloop van het chloridegehalte in het Amsterdam-Rijnkanaal te Zeeburg en Diemen erop, dat gedurende de laatste week van juni water vanuit het Noordzeekanaal naar het zuidoosten is doorgedrongen. Ook in de maanden daarna moet dit in toenemende mate het geval zijn geweest.

Een waterbalans voor het gehele gebied van de Noordzeekanaalboezem en van het daarmee in open verbinding staande Amsterdam-Rijnkanaal zou nader moeten uitwijzen, op welke wijze de grote hoeveelheden water worden aangevuld welke door verdamping e.d. in deze droge perioden stellig verdwijnen in de met het Amsterdam-Rijnkanaal in open verbinding staande waterrijke poldergebieden.

Zeker is wel dat in 1959 deze aanvulling maar ten dele uit de Lek via het Amsterdam-Rijnkanaal en via de Vaartse Rijn en de Utrechtse stadsgrachten heeft plaatsgehad.

Indien uit een waterbalans voor dit in waterstaatkundig opzicht gecompliceerde gebied, met enige nauwkeurigheid de waterbehoefte in droge perioden zou kunnen worden berekend, dan zou dat cijfer met de door het werkomité Midden-West-Nederland berekende waterbehoefte voor peilhandhaving moeten worden vergeleken. Meer metingen, dan die welke in 1959 zijn gedaan, zullen daartoe echter nodig zijn.

De mogelijkheid van een grotere wateraanvoer vanuit de Lek via de sluizen te Wijk bij Duurstede en Vreeswijk is echter zeker aanwezig. Een grotere doorstroming is in het bijzonder met oog op de toestand van de boezem van Amstelland ook gewenst.

7. CONCLUSIES

De conclusies welke uit de studie inzake de waterinlaat en waterverversing in en door boezems van West-Nederland voor het jaar 1959 kunnen worden getrokken, kunnen mijns inziens als volgt worden samengevat.

1. Gedurende de maanden april tot en met juli, de maanden dus waarin de waterbehoefte ten behoeve van de groei van de landbouwgewassen het grootst is, kon door de boezems in het westen over het algemeen voldoende water van goede kwaliteit worden aangevoerd. Een uitzondering moet worden gemaakt voor de waterinlaat naar de Brielse Maasboezem.
2. De voor bepaalde delen van het westen bij het tegenwoordige bodemgebruik voor zeer droge perioden berekende maximale waterbehoefte voor peilbeheersing en doorspoeling is in de week van 20 t/m 26 juni 1959 dicht benaderd.
3. De waterbehoefte voor peilbeheersing en doorspoeling in 1959 is ook na de periode met de maximale behoefte gedurende het groeiseizoen groot gebleven. Aanvulling voor peilbeheersing bleek nodig tot tenminste half oktober. In het westen, waar de boezems met zout water en met verontreinigd water worden belast, is de doorspoeling tot het einde van het jaar krachtig voortgezet.
4. Als gevolg van de dalende rivierafvoer en het slechter worden van de kwaliteit van het ingelaten water, is in het najaar van 1959 in Delflands boezem met betrekking tot het chloridegehalte en het zuurstofgehalte een kritieke situatie opgetreden.
5. In perioden met grote waterbehoefte voor de boezems in het westen is peilhandhaving onder alle omstandigheden een noodzakelijk uitgangspunt; met handhaving van de kwaliteit zijn grote economische belangen (tuinbouw) gediend.
6. De hieruit voor de boezemgebieden voortvloeiende grote waterbehoefte in droge jaren kan geheel worden aangevoerd door de diverse kanalen, mits voldoende rivierwater van aanvaardbare kwaliteit kan worden ingelaten.
7. Aanvulling via de Noordzeekanaalboezem en het IJsselmeer, zoals in 1959 waarschijnlijk heeft plaatsgehad, dient daarbij zoveel mogelijk te worden vermeden.

VI. ENIGE LANDBOUWKUNDIGE ASPECTEN VAN DE DROOGTE IN 1959

C. VAN DEN BERG

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding

SUMMARY

SOME AGRICULTURAL ASPECTS OF THE DROUGHT IN 1959

After a discussion of the different terms of a water balance, including evapotranspiration and capillary flow, a comparison between the year 1959 and a more normal year (1957) has been made with the aid of lysimeter data. In a peat soil, where a groundwater level had been maintained at 65 cm. below soil surface, approximately the same amount of water had been used in 1959 as in 1957, whereas the potential evapotranspiration was some 150 mm. higher in 1959 (table 2). About 100 mm. more water from the soil had been used in 1959, whereas 65 mm. more water had been delivered by capillary flow. A more detailed picture is given in fig. 3 and fig. 4.

These results were used to compare the economic results in a peaty area in the western part of the Netherlands in these years. Thanks to sub-irrigation systems (maintaining constant water levels in a narrow-spaced system of ditches) a fairly constant groundwater level could be maintained during summer. The net amount of irrigation water amounted to 162 mm. in the summer season (table 3).

Grass production in 1959 was at the same level as in normal years (table 4) and the economic results in 1959 were at least the same as the normal average.

In sandy areas the groundwater level in 1959 was too low to contribute to evapotranspiration (fig. 6). Grass production in the summer of 1959 was considerably below normal (table 5). For several crops on arable land actual evapotranspiration in 1959 was only 50% of potential evapotranspiration (fig. 7). In the driest part of the country, yield depressions of approximately 35% per farm occurred with the normal cropping pattern of arable land (table 8). Income on mixed farms on sandy soils went down with 35 to 40% in 1959 as compared with 1958.

The drought hardly had an unfavourable effect on clay land. There yields in 1959 were even above normal, particularly for grain crops and pulses.

The total yield depression of crops on arable land in the Netherlands in 1959 has been estimated as being 12%. Milk production was even higher than in 1958, but this result could only be achieved by considerably increased imports of fodder.

Calculated against constant costs and prices, the economic result of Dutch agriculture was estimated to be 240 million guilders lower than in 1958. This sum is relatively small due to the favourable effect of supplemental irrigation. At least one billion (10^9) m³ river water has been used in the summer of 1959, mainly by means of sub-irrigation in grassland areas.

1. INLEIDING

Een volledig beeld van de invloed van de droogte in 1959 op de landbouw zou niet alleen een groot aantal fysische metingen, maar ook vergaande economische beschouwingen vereisen. De grote variabiliteit in gronden, gewassen, produktenprijzen, boeren en zelfs in meteorologische omstandigheden in ons land maken het vrijwel onmogelijk volledigheid in het te schetsen beeld te bereiken.

In het volgende wordt eerst de betekenis van het waterverbruik voor de opbrengst van landbouwgewassen nagegaan en vervolgens de waterhuishouding van de grond geschetst. Deze inleidende gegevens worden vervolgens kwantitatief getoetst aan lysimeterresultaten. Uit de overdracht van deze resultaten op een veengraslandgebied en een droog zandgebied volgt de mogelijkheid enkele economische gevolgen van de droogte te waarderen. Tenslotte wordt aan de hand van statistische gegevens een poging gedaan om de droogteschade voor de Nederlandse akker- en weidebouw te taxeren.

2. OPBRENGST EN WATERVERBRUIK

De betekenis van de berekening van de potentiële verdamping moet gezocht worden in de samenhang tussen hoeveelheid verdampt water en opbrengst. Van deze samenhang zijn verschillende voorbeelden bekend (zie de samenvatting van VISSER, 1958) en vooral de evenredigheid, door WIND gevonden bij de drogestofproduktie van grasland, is opmerkelijk.

Nu is de verdamping in sterke mate afhankelijk van 2 omstandigheden en wel:

- a. de weersomstandigheden,
- b. de vochtleverantie van de grond.

Wanneer we eerst de meteorologische invloeden nagaan en daarbij veronderstellen dat een ruime toevoer van water uit de grond mogelijk is, dan blijkt dat de grootte van de verdamping geheel verklaard kan worden door de zonnestraling, de relatieve vochtigheid van de lucht en de wind. Hogere waarden voor deze factoren leiden tot sterkere verdamping en gezien de

relatie tussen verdamping en opbrengst kan men zeggen, dat een droog en zonnig jaar kan leiden tot topproducties. Het is in Nederland zo, dat de straling meestal de beperkende factor voor het bereiken van de hoogste produktie is (BIERHUIZEN, 1960).

Hierbij werd even verondersteld dat geen moeilijkheden optraden met wattertoevoer uit de grond, maar deze omstandigheid zal juist in een droog en zonnig jaar uiteraard niet vaak voorkomen, omdat dan ook de grond uitdroogt. Bij het optreden van tekorten in de vochtaanvoer gaat de plant een grotere rol spelen: de huidmondjes worden gesloten (om de waterafgifte te beperken), waardoor de oplopende CO₂-concentratie in het gewas een storende invloed op de produktie gaat uitoefenen. Zowel waterverbruik als opbrengst loopt dus terug.

3. WATERVERBRUIK EN WATER IN DE GROND

Met behulp van de reeds eerder genoemde meteorologische grootheden kan men de maximaal mogelijke verdamping berekenen. Deze verdamping wordt potentiële evapotranspiratie (E_p) genoemd en het is voor de produktie dus gunstig als de werkelijke verdamping (E_a) de potentiële zo dicht mogelijk benadert.

Het water, nodig voor de werkelijke verdamping van een gewas over een zekere periode, zal afkomstig zijn van:

- a. Neerslag — drainage ($N-D$)
 - b. Vochtonttrekking aan het profiel (ΔV)
 - c. Capillaire levering uit grondwater (C_p)
- zodat

$$E_a = (N-D) + \Delta V_g + C_p$$

In een relatief droge periode zal men voor $N-D$ zonder meer de neerslag kunnen nemen, omdat dan geen drainage plaatsvindt. We zullen daarom alleen nagaan hoe de vochtonttrekking en de capillaire levering deze waterbalans beïnvloeden.

Voor de vochtverhoudingen in het profiel is het nuttig uit te gaan van de moderne beschouwingen, die vochtonttrekking, capillariteitsverschijnselen en grondwaterbeweging samenbrengt. Het eenvoudigst kan dit gebeuren door uit te gaan van een evenwichtstoestand, waarbij capillairen boven het grondwater tot een zeker niveau gevuld zijn en grondwater en capillair water in rust verkeren.

De hoogte, waartoe een bepaald capillair op dat moment gevuld is, kan omschreven worden met de eenvoudige formule:

$$h = \frac{\sigma}{r}$$

waarin tot uiting komt, dat de hoogte van vulling boven het grondwater (h) samenhangt met de oppervlaktespanning van water (σ) en omgekeerd evenredig is met de straal (r) van de capillair. Daaruit volgt het bekende verschijnsel, dat de capillairen tot groter hoogte gevuld zijn naarmate ze nauwer zijn.

In zuiver zand zal men veelal poriën en dus ook capillairen van ongeveer gelijke afmeting aantreffen, zodat daar vele capillairen tot gelijk niveau gevuld zullen zijn. In kleigronden, humushoudende zandgronden enz. is de variatie in doorsnede van capillairen en dus in vullingsniveau echter veel groter.

Men mag nu zeggen, dat de vrije energie die water op een zeker niveau boven het grondwater ten opzichte van dat grondwater heeft, tevens de energie voorstelt waarmede water op dat niveau aan de grond gebonden is. Deze energie kan men op verschillende manieren uitdrukken. Gewoonlijk wordt hiervoor gekozen atmosfeer, cm waterkolom of de logaritme van de cm waterkolom, de pF. Op een afstand van 1 meter boven het grondwater is de pF dus 2, omdat de energie gelijk is aan de druk van 100 cm waterkolom; op 10 m hoogte is de pF 3, als de evenwichtstoestand bereikt is. De bindingsenergie of kortweg pF wordt ook genoemd: zuigspanning, vochtspanning of vochtpotentiala. Meestal wordt daar hetzelfde mee bedoeld.

Stellen we dat een gewas in het voorjaar met deze evenwichtstoestand te maken heeft, dan zal een pF 2 heersen in de bouwvoor, indien de grondwaterstand 1 m diep ligt. Het blijkt nu, dat het voor planten gunstig is als ze water met deze vochtpotentiala kunnen onttrekken. De kracht daarvoor ontleent de plant aan de osmotische druk van zijn wortelcellen, die in dit geval maar iets boven 0,1 atmosfeer behoeft te zijn om het water met weinig energie-aanwending binnen de plant te brengen.

Wanneer de grond nu door vochtopname van de plant uitdroogt, zodat de vulling van de capillairen afneemt, is het nog overblijvende water sterker aan de grond gebonden (de vochtspanning of pF stijgt) en moet de plant meer energie aanwenden om water op te nemen. Dit gaat ten koste van de produktie, zoals o.a. onderzoek van BIERHUIZEN (1958) aantoonde. Aangezien onder zulke omstandigheden ook de verdamping terugloopt, is daarmee de relatie produktie-verdamping-pF aangeduid.

Er komt tenslotte een punt, waarbij de plant in het geheel geen water meer kan opnemen. Dit is het geval wanneer de vochtspanning boven 15 atm.

(pF 4,2) stijgt, aangezien de meeste cultuurplanten boven een druk van 15 atmosfeer geen water in hoeveelheden van betekenis meer kunnen opnemen.

Als we nu verder het punt pF 2 aannemen als grens waarbij de maximale hoeveelheid water nog aan de grond gebonden is (terwijl het zwakker gebonden water is uitgezakt), dan geeft het pF-traject 2—4,2 het voor de plant interessante traject van de vochtspanning aan. De hoeveelheden water, die bij deze spanningen behoren, kunnen in het laboratorium bepaald worden: ze zijn uiteraard zeer verschillend voor uiteenlopende gronden (fig. 1).

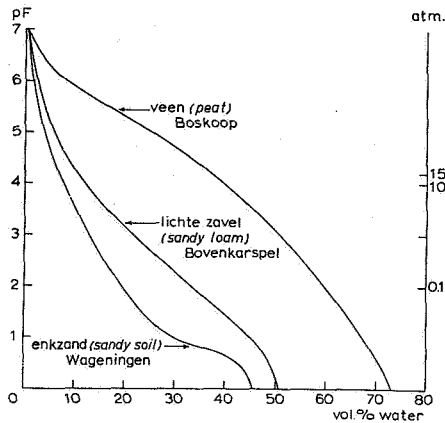


FIG. 1. pF-curven voor veen, lichte zavel en enkzand

Als deze pF-krommen voor verschillende profiellagen bekend zijn en tevens de bewortelingsdiepte van een gewas, kan een schatting gegeven worden van de hoeveelheden water, die dat gewas maximaal aan het profiel zal kunnen onttrekken.

Intussen wordt de vochtbalans in werkelijkheid gecompliceerder, doordat het onttrekken van water aan het profiel een afwijking van de evenwichtstoestand betekent en waterstroming gaat optreden om deze afwijking te compenseren. Het moderne onderzoek heeft ook dit gedeelte van de waterhuishouding langzamerhand meer voor berekening vatbaar gemaakt, al blijven hierbij nog moeilijkheden bestaan.

De vochtonttrekking op een niveau van b.v. 100 cm boven het grondwater doet de vochtpotentiala van pF 2 (bij evenwicht) oplopen tot b.v. pF 3. Het potentiaalverschil, dat aldus ontstaat, is de drijvende kracht voor een capillaire stroming (evenals het verschil in waterniveau tussen sloot en grondwater de drijvende kracht is voor een grondwaterstroming). De grootte van de stro-

ming zal toenemen met toenemend potentiaalverschil, met andere woorden met de stijging van de pF ter plaatse. De weerstand die de stroming zal afremmen, hangt samen met de „capillaire doorlatendheid” van de grond (evenals de doorlatendheid in de ondergrond de stroming van grondwater beïnvloedt). Het zal duidelijk zijn, dat deze capillaire doorlatendheid weer samenhangt met de mate waarin de capillairen gevuld zijn, dus ook weer met de pF.

Deze ingewikkelde samenhang maakt de berekening van het capillair transport aanzienlijk moeilijker dan de wateraf- en aanvoer bij het grondwater. Voor een bepaald eenvoudig verband gaf WESSELING (1957) een uitgewerkt voorbeeld. Uit dit voorbeeld volgen de onderstaande cijfers voor het maximaal transport vanuit het grondwater (tabel 1).

TABEL 1. Capillaire opstijging volgens Wesseling (1957)

Afstand tot grondwater	Uitdroging tot pF	Max. capillaire opstijging in mm waterschijf
25 cm	3	10
40 cm	3	4
45 cm	3	3
55 cm	3	2
75 cm	3	1
105 cm	3	0,5

De grootte van deze capillaire stroming zal tenslotte bepalen of een voor de plant gunstige pF, een optimale verdamping en een optimale productie bereikt kan worden. Capillaire opstijging zal daling van het grondwater veroorzaken. Indien we uitgaan van een gelijk niveau van grond- en sloot- of kanaalwater zal een verlaging van het grondwater een stroming van water uit de sloot naar de grond veroorzaken, waarvan de grootte volgens de bekende wetten o.a. samenhangt met verschil in drukhoogte en doorlatendheid.

Alle bovengenoemde processen zullen in een droge periode een doorgaande stroming van water vanuit de sloot naar de atmosfeer tot gevolg hebben. De evenwichtsverstoring, die de stroming van het water veroorzaakt, begint bij de verdamping en de enige herstelpoging, die in Nederland op grote schaal wordt toegepast, is het bijvullen van de sloot. De vraag is nu of dat voldoende is om in de tussenschakels grote evenwichtsstoringsen te voorkomen. Indien dat het geval is, zal de verdamping afnemen en de productie dalen.

4 WATERBALANSSTUDIE MET BEHULP VAN LYSIMETERGEGEVENS

De weegbare lysimeter te Wageningen biedt een gelegenheid de verschillende processen en hun samenhang stap voor stap te volgen. In figuur 2 is dit gedaan voor een lysimeter, gevuld met veengrond en begroeid met gras, voor de periode 1 april—31 oktober 1959. Hierin vinden we regenval, drainage, vochtonttrekking, capillaire opstijging, potentiële en werkelijke verdamping in daggcijfers, die over 10-daagse perioden werden gemiddeld. Figuur 3 geeft de sommatie van deze gegevens, die zijn samengesteld door Ir. P. E. RIJTEMA.

In deze lysimeter wordt getracht een grondwaterstand te handhaven op een niveau van ongeveer 50 cm. In werkelijkheid is de grondwaterstand in de zomer gemiddeld ongeveer 65 cm onder maaiveld geweest. Deze waterstand is gehandhaafd door regelmatige wateraanvulling van de lysimeter. Door wegingen van de lysimeter konden de vochtveranderingen in het profiel worden vastgesteld. Uit de gegevens blijkt het volgende:

1. De werkelijke verdamping van het grasgewas is tot eind mei gelijk geweest aan de berekende potentiële verdamping.
2. Om de verdamping op het potentiële niveau mogelijk te maken, is in de eerste plaats veel water aan het profiel onttrokken; in de loop van mei zelfs tot ruim 2,5 mm per dag gedurende 10 dagen. Na deze onttrekking

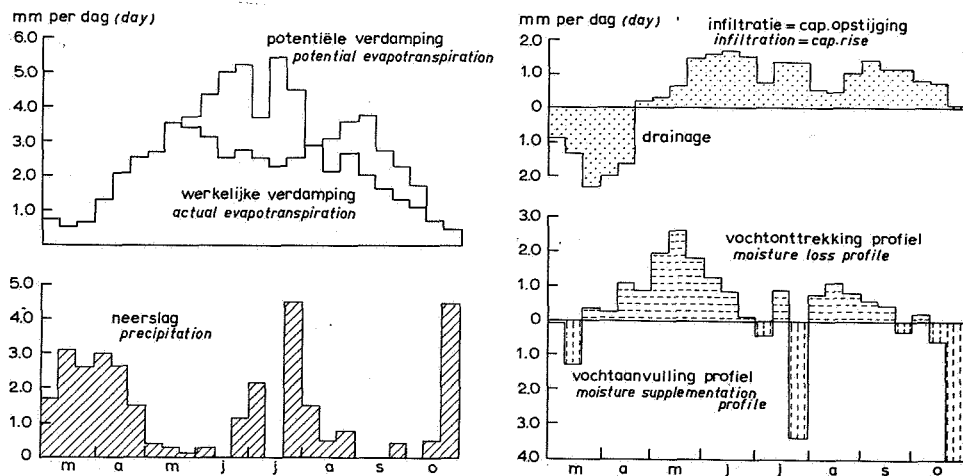


FIG. 2. Lysimeter 1959. Daggemiddelden (over 10-daagse perioden) voor potentiële en werkelijke verdamping, neerslag, drainage of capillaire opstijging, en vochtveranderingen in een veenprofiel

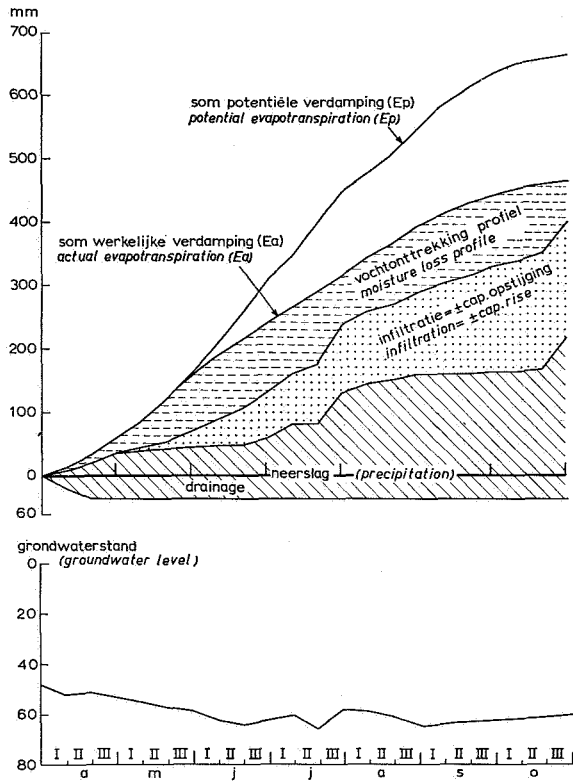


FIG. 3. Sommatie over het seizoen van de gegevens in figuur 2 (veenprofiel, lysimeter 1959) en verloop grondwaterstand

is de capillaire opstijging belangrijk geworden en nog in het laatst van mei opgelopen tot ca. 1,5 mm per dag.

3. Na mei is het aandeel van de vochtlevering van het profiel teruggelopen, terwijl de capillaire opstijging (berekend uit de aanvullingshoeveelheid van het grondwater) zich bewoog tussen 1 en 1,5 mm per dag.
4. De hoeveelheid ter beschikking komend water uit capillair transport en neerslag is onvoldoende geweest om de verdamping maximaal te doen zijn. De werkelijke verdamping bleef in de maanden juni en juli aanzienlijk onder de potentiële verdamping.
5. Na een flinke neerslag in de laatste decade van juli kon de werkelijke verdamping weer gelijk worden aan de potentiële (deze laatste was relatief laag in verband met de lagere straling). Het bevochtigde profiel (er zakte

zelfs een flinke hoeveelheid water uit) kon in augustus weer een vocht-hoeveelheid van ca. 1 mm per dag leveren. Tezamen met neerslag en capillaire opstijging bleek dit echter niet voldoende om de werkelijke verdamping op het niveau van de potentiële te houden (augustus-september).

6. Pas in oktober werd de werkelijke verdamping weer gelijk aan de (lage) potentiële verdamping.
7. De maximaal opgetreden capillaire levering komt merkwaardig dicht bij de eerder gegeven cijfers van WESSELING (tussen 1 en 2 mm per dag bij een grondwaterstand van ca. 65 cm).

In figuur 3 is het verloop van de verdamping en het aandeel van neerslag, capillaire opstijging en vochtlevering van de grond in de totale waterlevering gesommeerd weergegeven. Het is nu vooral interessant deze gegevens te vergelijken met een meer „normaal” jaar zoals 1957 (fig. 4). Naast elkaar geplaatst zijn de waterbalansen over de periode 1 april—30 september als volgt (tabel 2).

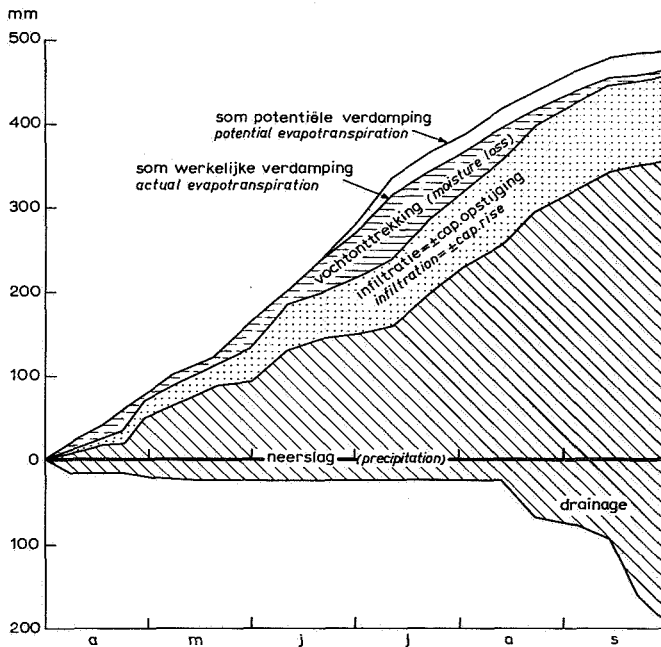


FIG. 4. Lysimetergegevens 1957 (veen; april-september)

TABEL 2. Waterbalansen lysimeter 1957 en 1959

	1957	1959
Neerslag - drainage	354 mm	158 mm
Vochtvermindering profiel	8 mm	112 mm
Capillaire aanvoer	<u>100 mm</u>	<u>165 mm</u>
Werkelijke verdamping	462 mm	435 mm
Potentiële verdamping	486 mm	634 mm

Uit deze vergelijking volgt dat de werkelijke verdamping in de periode 1 april—30 september in beide jaren weinig verschilde, maar dat daarentegen het verschil in potentiële verdamping groot was (± 150 mm). Ook het verschil in de wijze, waarop het water voor de werkelijke verdamping ter beschikking kwam, is opvallend.

Omdat de werkelijke verdamping in beide jaren bijna gelijk was, zou men mogen verwachten, dat ook de produktie van gras niet sterk verschilde, gezien de samenhang tussen verdamping en produktie. Om dat na te gaan, zal nu vervolgens ingegaan worden op gegevens, die in 1959 en andere jaren verkregen zijn in een typisch veenweidegebied.

5. ECONOMISCHE PRODUCTIE IN 1959 IN VEENWEIDEGEBIEDEN

In het Utrechts-Zuidhollands veengebied zijn cijfers verzameld over het grondwaterstandsverloop en de opbrengsten van grasland. Het gemiddeld verloop van de grondwaterstanden in een 4-tal buizen is weergegeven in

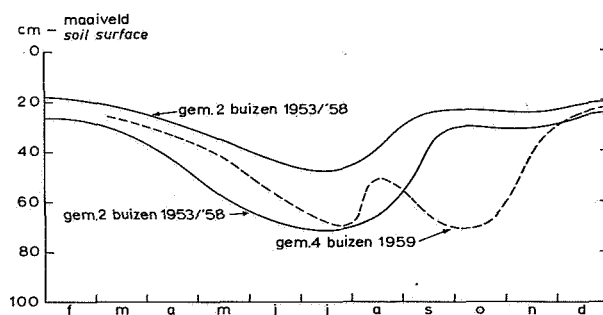


FIG. 5. Gemiddeld verloop van grondwaterstanden in een veengebied van Zuid-Holland van februari tot en met december 1959 in vergelijking met 1953-1958

figuur 5. Daaruit blijkt dat de grondwaterstand zich vanaf half juni tot eind oktober 1959 meestal heeft bewogen tussen 60 en 70 cm onder maaiveld. Daar de gemiddelde grondwaterstand over deze periode vrijwel overeenkomt met die in de hierboven beschreven lysimeter, volgt hieruit onmiddellijk dat de omstandigheden van de lysimeter in Wageningen in 1959 vergelijkbaar zijn met die van het veenweidegebied. De resultaten, verkregen met de lysimeter in Wageningen, zijn dus - globaal genomen - overdraagbaar op het veengebied. We zullen daarvan gebruik maken door te stellen, dat de vochtonttrekking aan het profiel in het veengebied gelijk is geweest aan die van de grond in de lysimeter. Voor de capillaire aanvoer zouden we hetzelfde kunnen doen, maar het lijkt juist daarvoor een onafhankelijk verkregen cijfer te nemen. Dit cijfer vinden we door uit te gaan van de ingelaten waterhoeveelheid van het hoogheemraadschap Rijnland. De neerslag in het gebied is uiteraard bekend. We krijgen dan de volgende waterbalansen voor het veengebied en de lysimeter te Wageningen, ditmaal over de periode 1 april—31 oktober 1959 (tabel 3).

TABEL 3. Waterbalansen veengebied (Rijnland en lysimeter Wageningen, periode 1 april—31 oktober 1959)

a. Veengebied

Neerslag	290 mm
Vochtonttrekking grond (vlg. lysimeter)	64 mm
Capillaire opstijging (inlaat - lozing Rijnland)	<u>162 mm</u>
Werkelijke verdamping	516 mm
Potentiële verdamping	720 mm

b. Lysimeter

Neerslag - drainage	217 mm
Vochtonttrekking grond	64 mm
Capillaire opstijging	<u>181 mm</u>
Werkelijke verdamping	462 mm
Potentiële verdamping	660 mm

Zowel de potentiële als de werkelijke verdamping zijn in het veengebied ca. 10% hoger geweest. Hoe de opbrengsten op deze vochttoestanden gereageerd hebben, wordt gedemonstreerd door de cijfers in tabel 4.

TABEL 4. Vergelijking grasopbrengsten Zuidhollands veengebied (gegevens Ir. Th. A. de Boer, Proefstation voor de Akker- en Weidebouw, Wageningen)

	Groeiperiode	Opbrengst in kg gem. 1950-58	droge stof/are 1959	Vershil
1e snede	15 mrt - 5 mei	22,4	30,7	+8,3
2e snede	6 mei - 10 juni	25,4	27,6	+2,2
3e snede	11 juni - 15 juli	16,7	14,3	-2,4
4e snede	16 juli - 20 aug.	18,4	17,6	-0,8
5e snede	21 aug. - 30 okt.	20,8 ¹⁾	15,5	-5,3
Totaal	15 mrt - 30 okt.	103,7	105,7	+2,0

¹⁾ alleen 1957 en 1958

Uit deze gegevens blijkt dat de totale drogestofproductie in 1959 zeker niet lager is geweest dan gemiddeld in 1950—1958, dankzij de uitzonderlijk hoge produktie in het voorjaar van 1959. In principe wordt hier bevestigd hoe de produktie afhankelijk is van de werkelijke verdamping; men mag wel aannemen dat in de gemiddeld regenachtige jaren 1950—1958 de werkelijke verdamping ongeveer hetzelfde niveau bereikte als in 1959. Voor het jaar 1957 werd dat met de lysimetergegevens al eerder aangetoond.

Hoe heeft nu de praktijk gereageerd op de omstandigheden in 1959 en wat is het economisch resultaat daarvan geweest?

Aangemoedigd door de overmatige grasgroei in het begin van het jaar hebben de boeren in dit gebied hun veestapel iets uitgebreid, gemiddeld met ca. 3%. In de nazomer was geen gras meer voorhanden om als kuilgras geconserveerd te worden, zodat de hoeveelheid wintervoer toch maar bescheiden leek en gemiddeld 200 kg veevoer per ha extra is aangekocht, vergeleken met vroegere jaren. De hogere aankoop zal trouwens ook wel verband hebben gehouden met de goede prijs voor de wintermelk.

De kwaliteit van het gewonnen hooi was echter zo goed, dat dit extra aangekochte veevoer een voornamelijk in de winter vallende produktiestijging per melkkoe heeft veroorzaakt van ca. 7½%.

Economisch kan men nu de volgende vergelijking maken tussen 1958 en 1959:

Toename melkproduktie (door uitbreiding veestapel en produktiestijging per koe)	<i>per ha</i>	<i>waarde</i>
	± 700 l	f 200
Verhoogde kosten veevoer	± 200 kg	f 100
Saldo per ha		f 100

Deze berekening is slechts schematisch; in werkelijkheid is dit saldo niet als extra bedrijfswinst tot uiting gekomen, omdat de prijsverhoudingen van melk (hoger), veevoer (hoger) en varkens (lager) in 1959 vrij sterk verschilden van 1958.

Ongunstig is het jaar 1959 voor de bedrijven in deze streek overigens niet geweest.

6. GEVOLGEN VAN DE DROOGTE VOOR ZANDBEDRIJVEN

Richten we nu onze aandacht op een geheel andere grond met een ander bedrijfstype, het gemengde zandbedrijf dat ca. 10 ha groot is, en wel in het bijzonder op de streek Oost-Brabant/Noord-Limburg. Figuur 6 geeft een algemeen beeld van de grondwaterstanden van een niet al te sterk ontwaterd profiel. Een nauwkeurige waterbalans kan bij gebrek aan gegevens helaas niet samengesteld worden. Wel zijn grasproducties bekend. Ze zijn weergegeven in tabel 5. Naar het schijnt, valt ook hier de oogstdepressie over het gehele jaar nog mee, maar het is wel zeker dat men in de praktijk maar ten dele heeft kunnen profiteren van de betere grasgroei in het voorjaar. Vooral in de zomer is de grasopbrengst veel lager dan normaal.

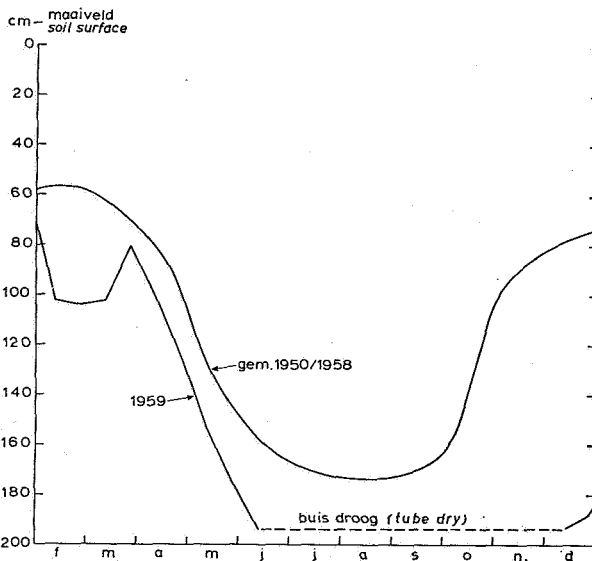


FIG. 6. Algemeen beeld van grondwaterstanden van een niet te sterk ontwaterd zandgrond-profiel (Hilvarenbeek)

TABEL 5. Grasproduktie zandgronden Noord-Brabant (gegevens Ir. Th. A. de Boer, Proefstation voor de Akker- en Weidebouw, Wageningen)

	Groeiperiode	Opbrengst in kg droge stof/are		Verschil
		gem. 1950-58	1959	
1e snede	15 mrt - 5 mei	17,2	31,4	+14,2
2e snede	6 mei - 10 juni	26,0	22,0	- 4,0
3e snede	11 juni - 15 juli	16,7	9,3	- 7,4
4e snede	16 juli - 20 aug.	16,0	13,8	- 2,2
5e snede	21 aug. - 30 okt.	19,7 ¹⁾	8,9	-10,8
Totaal	15 mrt - 30 okt.	103,7 98,6	105,7 88,4	2,0 -17,2

¹⁾ alleen 1957 en 1958

Uit de statistische gegevens over de melkproduktie komt naar voren, dat het aantal melkkoeien en de produktie per melkkoe in 1959 en 1958 ongeveer aan elkaar gelijk waren. Deze stabiliteit in melkproduktie is in dit geval echter alleen bereikt door aankoop van ongeveer 400 kg krachtvoer per ha grasland. Met nog enige vermeerdering van de aankoop van ruwvoer kunnen de extra uitgaven op ca. f 200 per ha grasland becijferd worden, terwijl op deze bedrijven gemiddeld 5 ha grasland voorkomt, ongeveer de helft van de totale bedrijfsoppervlakte.

Maar er is meer: het bouwland, dat in het algemeen op de hoger gelegen zandgronden voorkomt, heeft zeer grote oogstdepressies te zien gegeven. Nauwkeurige gegevens over een hoge zandgrond in Wageningen geven een (misschien enigszins extreem) voorbeeld van de waterhuishoudkundige verhoudingen in hooggelegen zandgronden. De werkelijke verdamping van het gewas haver is hier samengesteld uit de som van neerslag en vochtonttrekking van het profiel. Capillaire opstijging is in dit geval te verwaarlozen; ook op de meeste bouwland-zandgronden zal deze bijdrage niet groot zijn. Tabel 6 en figuur 7 verduidelijken de situatie.

TABEL 6. Verdamping haver. Proefterrein Renkum (hoge zandgrond). Groeiperiode 1 april — 20 juli 1959

Neerslag	87 mm
Vochtonttrekking profiel	104 mm
Capillaire opstijging	<u>0 mm</u>
Werkelijke verdamping	191 mm
Potentiële verdamping	380 mm

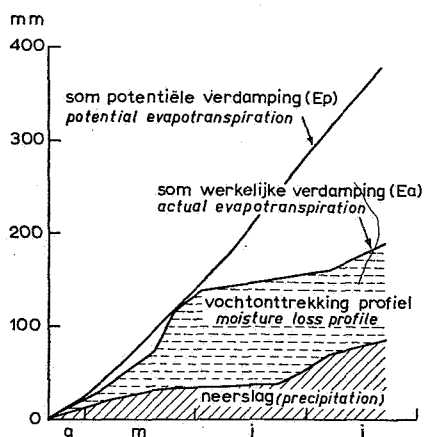


FIG. 7. Gesommeerde verdamping, vochtonttrekking en neerslag op zandgrond met haver (Wageningen, 1959)

Hoewel het verschil tussen potentiële en werkelijke verdamping ook hier ca. 190 mm is (dezelfde grootte-orde als voor het grasland op veen werd gevonden), heeft dat verschil uiteraard een veel ongunstiger effect op het gewas, dat in totaal maar ongeveer 380 mm nodig gehad zou hebben. Het met berekening bereikte effect is in dit opzicht veelzeggend (tabel 7).

TABEL 7. Opbrengsten haverproefveld op zandgrond, Wageningen

Jaar	Opbrengst in kg/ha (korrel)
normaal	2650
1959 onberegend	1360
1995 beregend (200 mm)	4330

Ten opzichte van een normaal jaar bereikte het onberegende gewas maar een productie van ruim 50%.

Een nadere samenvatting van alle gewassen in het gebruikelijke bouwplan leert, dat de gemiddelde oogstdepressie van het akkerbouwgedeelte van een zandbedrijf in Brabant en Limburg (± 5 ha) ruim 34% heeft bedragen (tabel 8).

Gerekend naar waarde van de productie kan men zeker een nadeel van f 300 per ha becijferen ten opzichte van 1958 als men uitgaat van constante prijzen. Vat men de gegevens over gras- en bouwland samen, dan kan het nadeel van 1959 ten opzichte van 1958 berekend worden op ca. f 2500 per bedrijf van 10 ha; een aanzienlijke depressie voor een bedrijf, waarvan het

TABEL 8. Opbrengstverschil 1959 ten opzichte van 1958. Akkerbouw Oost-Brabant/Noord-Limburg

Gewas	Opbrengstverschil 1959 t.o.v. 1958 in %	Aandeel gewas in bouwplan in %	Aandeel oogstverschil bedrijf in %
Rogge	—13	39,5	— 5,1
Zomergerst	—35	2,5	— 0,9
Haver	—43	28	—12,0
Menggraan	—40	11	— 4,4
Cons. aardappelen	—60	10	— 6,0
Suikerbieten	—60	3	— 1,8
Voederbieten	—70	6	— 4,2
	Oogstverschil per bedrijf		—34,4

normale (arbeids-)inkomen ca. *f* 6000 à *f* 7000 bedraagt. Ook hier klopt het berekende depressiecijfer niet met de werkelijkheid. Behalve prijsverschillen voor melk, veevoer en granen, die tussen 1958 en 1959 bestonden, spelen ook de inkomsten uit varkens- en kippenstapel een grote rol op de zandbedrijven. Door de ongunstige prijsverhoudingen bij laatstbedoelde inkomstenbronnen was het verschil tussen 1958 en 1959 in werkelijkheid groter dan de becijferde *f* 2500 per ha.

7. RESULTATEN VOOR DE NEDERLANDSE LANDBOUW

Het beeld dat hier gegeven is van twee belangrijke bedrijfstypen, die tevens op twee verschillende grondsoorten zijn gelegen, is in het geheel niet toereikend om de situatie in de Nederlandse land- en tuinbouw in 1959 weer te geven. De geschetste resultaten vormen ook niet de uitersten in de variatie van bedrijfsuitkomsten. Het zou nuttig geweest zijn eveneens een analyse te geven van het akkerbouwbedrijf op kleigronden, maar de gegevens daarvoor waren minder volledig. Zonder twijfel zou daaruit naar voren gekomen zijn, dat op deze bedrijven de totale produktie in 1959 was achtergebleven. Dankzij de grote vochtvoorraad in het profiel en enige capillaire aanvoer van water is de depressie hier echter veel geringer geweest dan op de zandbedrijven of heeft het gewas (vooral tarwe) zelfs gunstig op de droogte gereageerd. Betere produktenprijzen hebben tenslotte in 1959 een hoger bedrijfssaldo doen ontstaan dan in 1958.

Uit opgaven, verzameld door het Ministerie van Landbouw en Visserij, kan een beeld verkregen worden van de gebieden die een vermoedelijke oogstdepressie hebben gehad van meer dan 35%. De gegevens zijn afkomstig van eigen opgaven van de boeren, maar zijn wel zo goed mogelijk gecontroleerd (figuur 8). Wat hier opvalt is, dat de zwaarst getroffen gebieden ongeveer

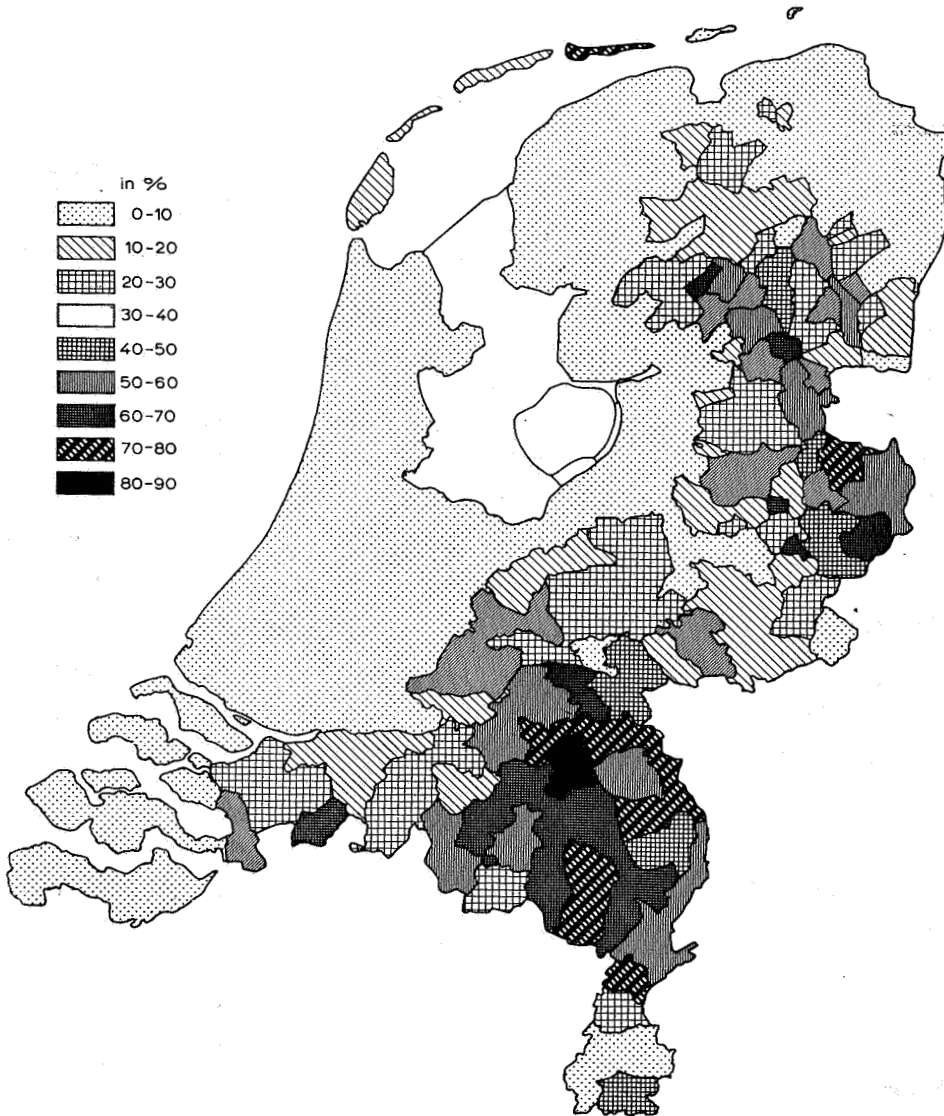


Fig. 8. Percentage van de oppervlakte met een oogstderiving in 1959 van meer dan 35% ten opzichte van 1958 per bedrijf (gemiddeld per landbouwgebied)

TABEL 9. Opbrengstverschillen 1959 ten opzichte van 1958, akkerbouw Nederland (gegevens Ir. L. de Rijke)

	Opbrengstverschil (ha) 1959 t.o.v. 1958 in %	Beteelde oppervlakte (ha) 1959	Oppervlakte in % van totaal	Aandeel oogstverschil in %
<i>Granen</i>				
Tarwe	+13	120.000	14	+1,8
Rogge	- 9	144.000	17	-0,3
Gerst	- 4	72.000	8	-1,5
Haver	-21	126.000	14	-2,9
Mengsels granen	-34	43.000	5	-1,7
<i>Peulvruchten</i>				
Veldbonen	+20	1.800	0,2	0
Groene erwten	+15	24.000	3	+0,5
Schokkers	0	9.000	1	0
Kapucijners	+29	1.300	0,2	0
Stambonen	-54	3.700	0,4	-0,2
<i>Oliehoudende vezelgewassen</i>				
Koolzaad	+47	2.600	0,6	+0,1
Blauwmaanzaad	-21	5.400	0,3	-0,1
Karwijzaad	+38	2.600	0,3	+0,1
Vlas	- 8	15.000	2	-0,2
<i>Knol- en wortelgewassen</i>				
Cons. en voederaardappelen	-25	98.000	11	-2,8
Fabrieksaardappelen	+ 8	38.000	4	+0,3
Suikerbieten	-22	93.000	11	-2,4
Voederbieten	-53	42.000	5	-2,7
		841.000	97	-12,0
<i>Diversen</i>		32.000		
		873.400		

overeenstemmen met de streken waar de afwijking, die het in 1959 berekende verschil $E_p - N$ te zien geeft van het langjarig gemiddelde verschil $E_p - N$, maximaal is. Waar deze afwijking groter is dan ca. 300 mm (zie figuur 8 in de bijdrage van Dr. L. J. L. DEY) zijn de meeste opgaven van grote oogstdepressies binnengekomen. De gebieden met gronden, waar relatief grote capillaire aanvoer of grote vochtinhoud van het profiel voorkomen, vallen hier uiteraard buiten.

De totale economische betekenis van de droogte voor de Nederlandse akker- en weidebouw is daarom zo moeilijk te vatten, omdat de situatie bestaat, dat oogstdepressies in de landbouw - mits voorkomend in een flink deel van West-Europa - tenslotte vaak economisch gunstig zijn als gevolg van hogere produktenprijzen in droge jaren.

Vat men nog eens het totale effect van de droogte samen in de verschillen ten opzichte van 1958, dan blijkt het volgende:

De akkerbouwproduktie was in 1959 in totaal 12% lager (zie tabel 9), terwijl de totale melkproduktie ca. 3% hoger was. Deze melkproduktie moet echter samen worden beschouwd met de aankoop van gemiddeld 250 à 300 kg geïmporteerd veevoer per ha, dat wil zeggen in totaal ca. 350.000 ton.

Tegen constante prijzen berekend en uitgaande van constante kosten zouden de economische verschillen ruwweg neerkomen op:

Akkerbouwproduktie		—f 150 miljoen
Melkproduktie	+f 46 miljoen	
Verhoogde veevoeraankoop	—f 136 miljoen	
		—f 90 miljoen
	Totaal	—f 240 miljoen

8. CONCLUSIES

Het hierboven becijferde bedrag van f 240 miljoen zou men kunnen opvatten als een ruw berekend schadebedrag voor de Nederlandse landbouw als gevolg van de droogte. Nu is dit bedrag gebaseerd op het verschil in fysische produktie tussen 1958 en 1959, terwijl constante prijzen zijn verondersteld. Het laatste is als uitgangspunt onjuist, omdat in het droge jaar 1959 voor vele produkten betere opbrengstprijzen konden worden gemaakt dan in

1958, terwijl in de akkerbouwsector de produktiekosten in 1959 lager waren. Het netto-resultaat voor de Nederlandse landbouw als geheel zal dan ook in 1959 weinig verschil tonen met voorgaande jaren.

Let men op regionale verschillen, dan wordt de situatie anders. Zoals werd becijferd, zullen de resultaten in veengebieden in 1959 ongeveer gelijk zijn geweest aan die in 1958. In kleigebieden zijn betere resultaten behaald in 1959, maar in zandgebieden zijn de uitkomsten aanzienlijk achtergebleven als gevolg van de droogte. Dit accentueert nog eens de wenselijkheid van een betere waterregeling in de zandstreken.

Dat overigens - globaal genomen - de resultaten van de Nederlandse landbouw onder de extreme omstandigheden van 1959 zo weinig nadeel hebben opgeleverd is mede te danken aan het voortreffelijk werkende systeem van waterinlaat, dat in zo grote omvang in Nederland wordt toegepast. Vooral de graslandgebieden hebben profijt gehad van deze wateraanvoer, die in 1959 zeker meer dan een miljard m³ water heeft bedragen.

Men kan echter het eerder genoemde bedrag van f 240 miljoen zeker wel opvatten als gederfd inkomen en daarbij valt aan te tekenen, dat dit dan met het jaar 1958 is vergeleken.

De potentiële mogelijkheden waren echter in 1959 veel groter dan in 1958, omdat de potentiële verdamping in 1959 zoveel hoger is geweest dan in 1958. De afstand tussen bereikte en mogelijke produktie was daardoor veel groter dan het verschil in produktie tussen de jaren 1958 en 1959.

LITERATUUR

1. BIERHUIZEN, J. F. Verdamping en wateropname door de plant. Mededeling I.C.W. 2, 1958.
2. ——— De relatie tussen temperatuur en licht, en de opbrengst van tuinbouwgewassen in kassen. *Med. Dir. Tuinb.* 23, pag. 822-831, 1960.
3. RIJKE, L. DE De Nederlandse landbouw in 1959. *Landbouwvoorlichting* 17, 1960.
4. VISSER, W. C. Grondwaterpeilregeling of kunstmatige beregening. Mededeling I.C.W. 9, 1958.
5. WESSELING, J. Enige aspecten van de waterbeheersing in landbouwgronden. *Verslagen Landbouwk. Ond.* 63.5, 1957.

VIII. HET DROGE JAAR 1959 IN RELATIE TOT WATERLEIDING- BELANGEN EN GRONDWATERSTANDEN

J. H. BELTMAN

Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening

SUMMARY

THE DRY YEAR 1959 IN RELATION TO WATERWORKS AND GROUNDWATER LEVELS

From a hydrological point of view only one waterworks (Zeeuwisch-Vlaanderen) had a shortage of groundwater in 1959, owing to its unfavourable geohydrological situation; the distribution, however, could be kept going. Difficulties with other waterworks arose from the insufficiency of their technical means (of either production, purification or distribution of groundwater) to meet the higher demands in 1959. These difficulties were not general nor disastrous. About 64% of the waterworks had no difficulties at all. The others could meet the demands by a request or a regulation not to sprinkle gardens or to use water for scrubbing. In some cases the pressure in the distribution system was sometimes too low.

Waterworks distributing surface water had technical difficulties arising from the deterioration of the quality of the river water and the insufficiency of the means for purification.

Figures 1, 2 and 3 give an idea about the increase (or decrease) of the yearly consumption in 1958 and 1959 with regard to 1957, the month(s) with a maximum monthly production and those with a maximum daily consumption in 1957, 1958 and 1959.

The total water consumption in the Netherlands increased in 1959 to 505 million m³, or 11% more than in 1958. The average yearly increase during recent years was about 4%. In the larger towns the increase was less than in the country.

The relation between the dry year 1959 and the groundwater levels is demonstrated for 6 observation tubes (length 3 m) in different parts of the Netherlands (fig. 4, 5 and 6).

1. DE WATERLEIDINGBELANGEN

Wat betreft de relatie van het min of meer uitzonderlijke jaar 1959 tot de waterleidingbelangen kan ik, mij beperkend tot een zuiver hydrologisch standpunt, zeer kort zijn. Slechts één waterleidingbedrijf, de N.V. Waterleidingmaatschappij Zeeuwsch-Vlaanderen, heeft tengevolge van de droogte te kampen gehad met een tekort aan grondstof.

De watervoerende zandlagen, waaraan dit bedrijf bij Clinge en St. Jansteen het grondwater onttrekt, vormen slechts een smalle strook langs de Nederlands-Belgische grens. De dikte van dit watervoerende pakket dat rust op oligocene kleien, bedraagt slechts ca. 10 à 15 m. Het zet zich in zuidelijke richting op Belgisch grondgebied voort. De voeding vindt plaats vanuit hogere gebieden in België. Bovendien vindt op de waterwinplaats voor een belangrijk deel infiltratie plaats met uit België afkomstig oppervlaktewater. De capaciteit van de winplaats wordt voorts beperkt doordat zij, behalve naar het zuiden toe, omgeven is door brak of zout grondwater. Een te grote onttrekking zou een horizontale verplaatsing van de grens zout—zoetwater in de richting van de winplaats ten gevolge hebben.

Als gevolg van de droogte in 1959 verminderde de aanvoer van oppervlaktewater uit België, zodat op den duur vrijwel geen infiltratiewater meer beschikbaar was; de reeds beperkte capaciteit van de winplaats liep dientengevolge aanmerkelijk terug, terwijl de wateronttrekking - zoals vrijwel overal elders in Nederland - boven het gemiddelde steeg. Het behoeft geen betoog dat de waterleiding langs andere wegen de distributie van drinkwater heeft gaande gehouden.

Voorzover mij bekend, is de genoemde waterleiding de enige wier moeilijkheden in het droge jaar 1959 een gevolg waren van hydrologische omstandigheden, nl. een tekort aan grondstof. Bij alle overige waterleidingen lagen de moeilijkheden - voorzover deze zich althans voordeden - in het zuiver technische vlak. D.w.z. dat de technische middelen voor de winning - en eventueel ook voor de zuivering en de distributie - van het grondwater ontoereikend waren om te kunnen voldoen aan de grotere behoefte in 1959 ten opzichte van die in andere jaren.

De gerezen moeilijkheden waren overigens niet algemeen en voorts allerm minst van desastreuze aard. Uit een door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening gehouden enquête is gebleken dat van 95 bedrijven er 61 (64%) zonder enige moeilijkheden aan de vraag hebben kunnen voldoen.

De overige bedrijven konden aan de vraag naar drink- en industriewater blijven voldoen, hetzij door een verzoek aan de verbruikers geen water voor sproeien en schrobben te gebruiken en overigens zo zuinig mogelijk met water

te zijn, hetzij door het invoeren van een sproei- en schrobverbod gedurende een kortere of langere periode.

Een aantal bedrijven nam geen maatregelen, waardoor niet steeds voldoende druk in de leidingen kon worden gehandhaafd.

Enkele waterleidingbedrijven zijn geheel of gedeeltelijk aangewezen op oppervlaktewater. Tengevolge van de verminderde waterafvoer van de Rijn verslechterde de kwaliteit van het water in deze rivier aanmerkelijk, zodat b.v. in het voorzieningsgebied van de gemeentewaterleiding Rotterdam - dat zijn water geheel onttrekt aan de Nieuwe Maas - klachten werden vernomen over de kwaliteit van het drinkwater. Het voorzieningsgebied omvat o.m. de gemeenten Schiedam, Vlaardingen en Delft en de eilanden Rozenburg en Voorne-Putte, met uitzondering van Brielle. De moeilijkheden lagen ook hier in het technische vlak. Het treffen van afdoende voorzieningen was nl. niet wel mogelijk, omdat de ongunstige samenstelling van het water zich voordeed in de periode waarin de capaciteit van de zuiveringsinstallatie tengevolge van de grote toeneming van het gebruik in feite te gering was.

Van de gemeentelijke waterleidingbedrijven van 's-Gravenhage en Amsterdam en het Provinciaal waterleidingbedrijf van Noordholland, die resp. water uit de Lek en het Amsterdam-Rijnkanaal in hun wingebieden in de duinen infiltreren, werden vrijwel geen klachten vernomen. Deze bedrijven beschikken nl. in de ondergrond van de duinen over voldoende watervoorraden om de infiltratie van oppervlaktewater gedurende geruime tijd te kunnen verminderen of tijdelijk geheel te staken, indien de kwaliteit van het infiltratiewater daartoe aanleiding geeft. Bovendien wordt tijdens de infiltratieperiode de kwaliteit van het oppervlaktewater aanzienlijk verbeterd.

2. WATERVERBRUIK EN WATERPRODUKTIE

Teneinde enig idee te verkrijgen over het extra verbruik van water in 1959 werd uit de gegevens, verkregen bij de reeds genoemde enquête, van 88 bedrijven het jaarverbruik per aansluiting berekend voor de jaren 1957, 1958 en 1959, alsmede de procentuele toe- of afname van dit verbruik in 1958 en 1959 ten opzichte van 1957. Deze percentages werden in figuur 1 uitgezet tegen de overeenkomstige aantallen bedrijven met gelijk percentage.

Uit de grafiek blijkt, dat in 1958 49 bedrijven een geringer jaarverbruik per aansluiting hadden dan in 1957, 11 bedrijven een gelijk verbruik en 28 bedrijven een groter verbruik. Voor 1959 daarentegen hadden 21 bedrijven een geringer jaarverbruik per aansluiting, 2 bedrijven een gelijk verbruik en 65 bedrijven een groter verbruik.

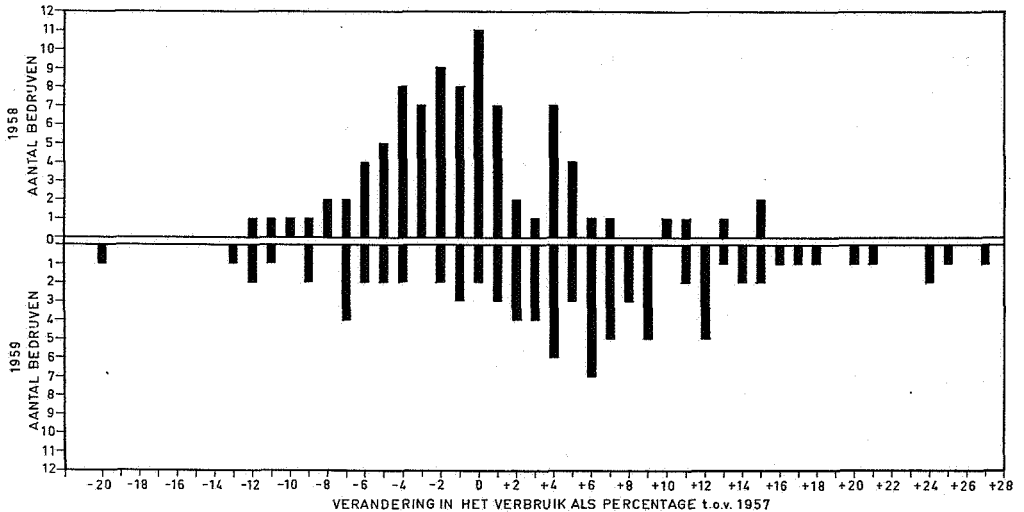


FIG. 1. Procentuele veranderingen van het jaarverbruik per aansluiting voor de jaren 1958 en 1959 ten opzichte van 1957 voor 88 waterleidingbedrijven

Opgemerkt dient te worden dat de grootte der percentages weinig zegt, omdat in het aantal aansluitingen ook de industrieën zijn begrepen. De grootte van het industriële verbruik en de verhouding tussen dit verbruik tot het huishoudelijk verbruik is uiteraard medebepalend voor het genoemde percentage, dat dus niet uitsluitend een gevolg is van meerdere of mindere droogte.

Voorts kan het verbruik per aansluiting worden beïnvloed door invoering of uitbreiding van bemetering. De gehouden enquête was niet geëigend om dergelijke factoren in rekening te brengen.

Het totale verbruik steeg in 1959 tot 505 miljoen m³, d.i. ongeveer 11% meer dan in 1958 (de normale toename per jaar bedraagt ca. 4%). In de grote steden was de toename geringer dan op het platteland. De gemeentewaterleidingen met een capaciteit groter dan 10 miljoen m³/jaar, tesamen ruim 30% van het totale verbruik leverend, toonden een toename van 6%; de streekwaterleidingen met een capaciteit van meer dan 5 miljoen m³/jaar, tesamen meer dan 25% van het totale verbruik leverend, toonden een toename van 18%*.

Figuur 2 geeft de verdeling van de maximale maandproductie van 136 pompstations over de maanden der jaren 1957, 1958 en 1959. Hieruit blijkt dat in 1957 en 1959 voor het merendeel der pompstations de maximale maandproductie viel in juni en juli.

* Gegevens ontleend aan een mededeling van Ir. L. HUISMAN in *Journal Inst. Water Eng.* 14, 7, 1960, p. 526

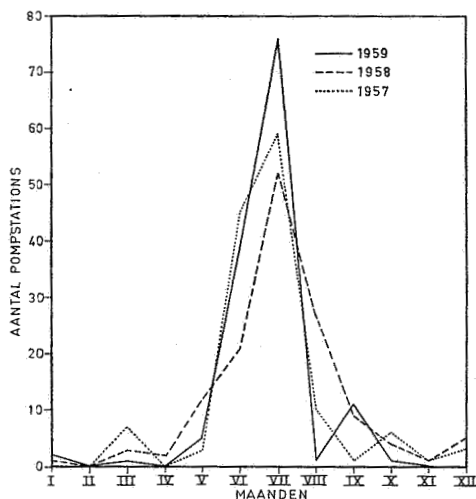


FIG. 2. Verdeling van de maximale maandproductie van 136 pompstations over de maanden der jaren 1957, 1958 en 1959

In 1958 was de spreiding iets groter, doordat voor een vrij groot aantal bedrijven de maximale maandproductie in augustus viel. Dat enkele bedrijven een maximale maandproductie hebben in december, vindt zijn oorzaak in het op stal staan van vee.

Wat de maximale dagproductie betreft (zie figuur 3), deze viel in 1958 vrijwel bij alle pompstations in de maand juni, in 1957 en 1959 in de maanden juni en juli.

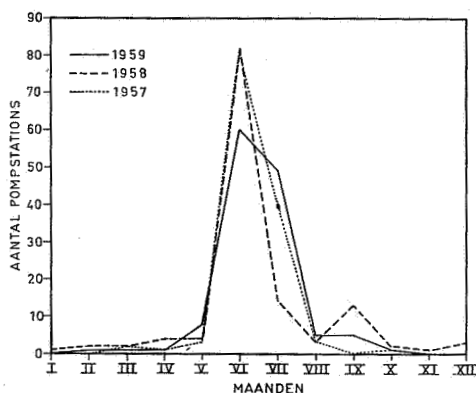


FIG. 3. Verdeling van de maximale dagproductie van 136 pompstations over de maanden der jaren 1957, 1958 en 1959

3. DE GRONDWATERSTANDEN

Wat betreft de relatie tussen het droge jaar 1959 en de grondwaterstanden kan het volgende worden opgemerkt. De totale hoeveelheid neerslag, in normale jaren ongeveer 760 mm, was in 1959 ca 25% lager. Desondanks zal, tengevolge van de hoge temperaturen en het grote aantal uren zonneshijn, de evapotranspiratie belangrijk zijn geweest. De nuttige neerslag zal derhalve aanmerkelijk geringer zijn geweest dan in normale jaren, hetgeen uiteraard ook in de grondwaterstanden tot uitdrukking kwam. Met enkele voorbeelden moge dit worden aangetoond.

Met behulp van de gegevens van het Archief van Grondwaterstanden T.N.O. werden daartoe de tijd-stijghoogtelijnen getekend voor een aantal landbouwbuizen in verschillende delen van Nederland, voor de laatste 10 jaar. De lengte der landbouwbuizen bedraagt 3 meter.

a. Hellendoorn (fig. 4)

De grondwaterstand schommelt normaal tussen ca. 10 en 120 cm — m.v. De invloed van de droogte in 1959 komt duidelijk tot uiting. Terwijl in voorgaande jaren de laagste grondwaterstanden voorkwamen omstreeks juli en de hoogste in december of januari, is de hoogste grondwaterstand in januari 1959 reeds iets lager dan in voorgaande jaren - ca. 10 à 20 cm - terwijl de laagste grondwaterstand werd bereikt in oktober 1959. Deze was ca. 50 cm lager dan normaal. In februari 1960 bereikte de grondwaterstand niet de normale hoogste grondwaterstand van december, doch bleef hier ca. 50 cm

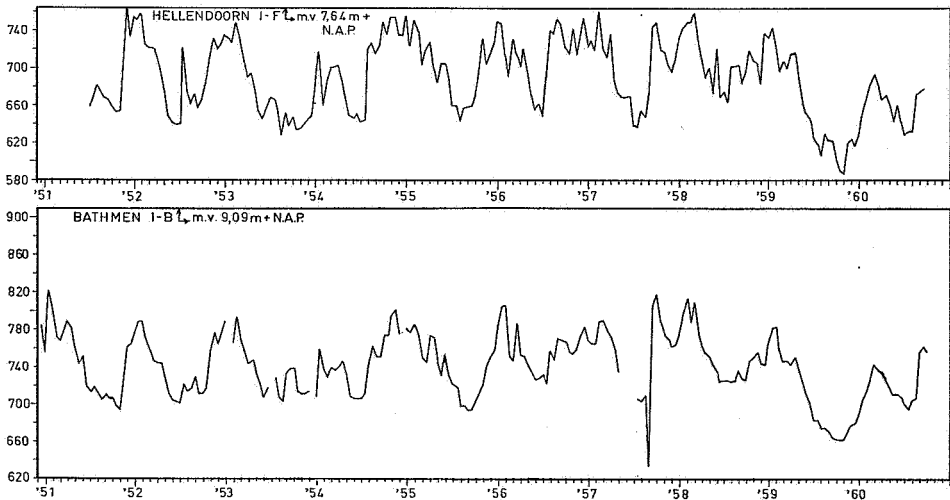


FIG. 4. Verloop van de grondwaterstanden te Hellendoorn en Bathmen

beneden. De laagste stand in 1960 - slechts weinig lager dan de normale stand - werd waargenomen in eind juni.

b. Bathmen (fig. 4)

De grondwaterstand schommelt normaal tussen ca. 90 en 210 cm — m.v. Het verloop van de grondwaterstand komt overeen met die te Hellendoorn. De extreem lage stand op 28 augustus 1957 berust zeer waarschijnlijk op een foutieve aflezing; de stand was vermoedelijk 1 meter hoger. De laagste grondwaterstand, waargenomen in oktober 1959, ligt ca. 40 cm lager dan normaal.

c. Helden (fig. 5)

De grondwaterstand schommelt normaal tussen ca. 100 en 240 cm — m.v. In 1959 werd de laagste stand waargenomen in eind september; deze was ca. 20 à 40 cm lager dan in de jaren 1956—1958, doch even laag als in de jaren 1953—1955.

d. Zuidlaren (fig. 5)

De normale grondwaterstand schommelt tussen 70 en 160 cm — m.v. In 1959 werden de laagste grondwaterstanden waargenomen in september en oktober. Zij waren ca. 40 cm lager dan normaal. De hoogste stand, in februari 1960, ligt iets beneden de hoogste standen in de voorgaande jaren. De laagste stand in juni 1960 is vrijwel gelijk of zelfs iets hoger dan in voorgaande jaren.

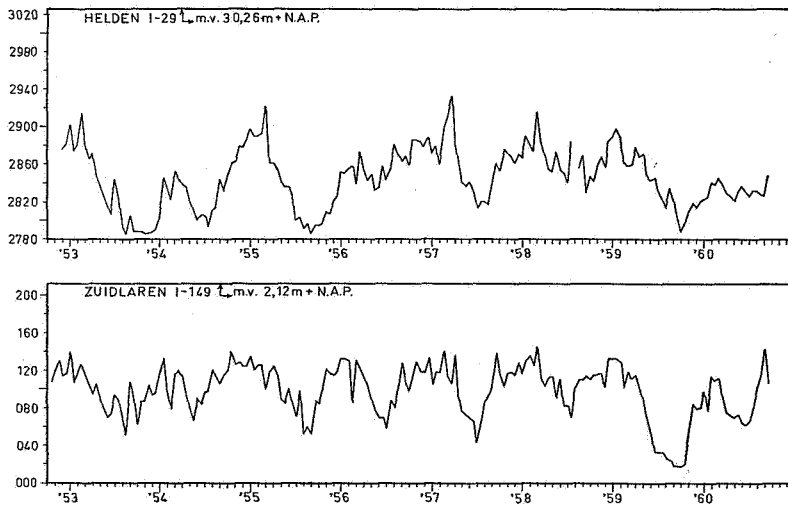


FIG. 5. Verloop van de grondwaterstanden te Helden en Zuidlaren

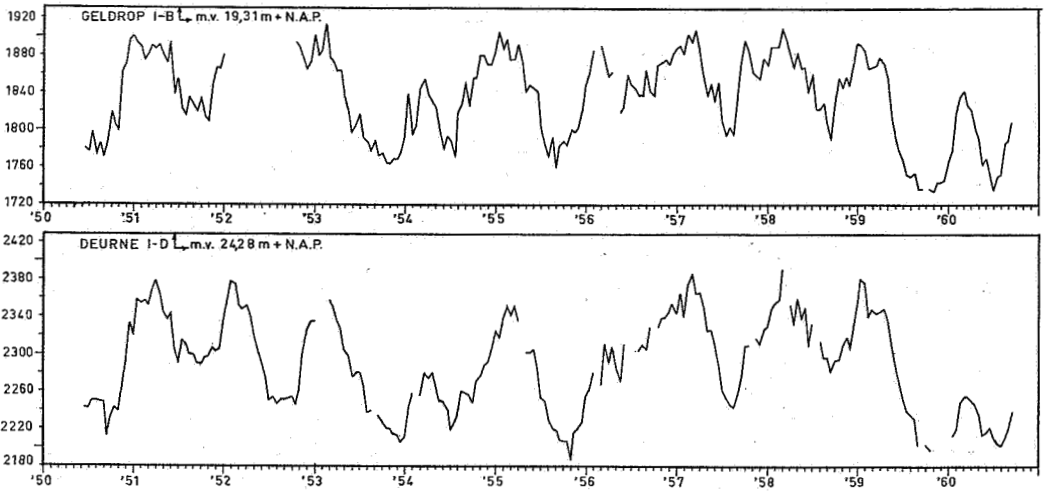


FIG. 6. Verloop van de grondwaterstanden te Geldrop en Deurne

e. Geldrop (fig. 6)

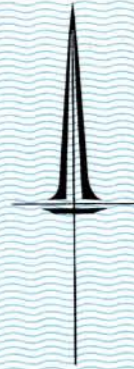
De normale grondwaterstand schommelt tussen 30 en 170 cm — m.v. Het verloop komt overeen met dat te Hellendoorn en Bathmen. De laagste grondwaterstand in 1959, waargenomen in oktober, is ongeveer 30 cm lager dan normaal. De hoogste stand in december 1960 ligt ca. 50 cm beneden de normale hoogste stand. De laagste stand in juni 1960 komt overeen met die in oktober 1959.

f. Deurne (fig. 6)

De normale grondwaterstand schommelt tussen ca. 50 en 210 cm — m.v. De laagste stand in 1959, waargenomen in oktober, ligt ca. 60 cm beneden de laagste stand van 1958 en ca. 40 cm beneden die van 1957. In 1954 en 1955 werden eveneens zeer lage grondwaterstanden waargenomen, overeenkomende met die van 1959. De hoogste stand van februari 1960 is aanzienlijk lager dan de normale hoogste standen, nl. ca. 120 cm.

Samenvattend blijkt, dat de laagste grondwaterstanden in 1959 in de maand oktober werden waargenomen en dat deze gemiddeld ca. 50 cm lager waren dan normaal. Voorts traden de hoogste standen op in februari 1960 i.p.v. in december 1959 of januari 1960; zij waren in het algemeen lager dan in normale jaren.

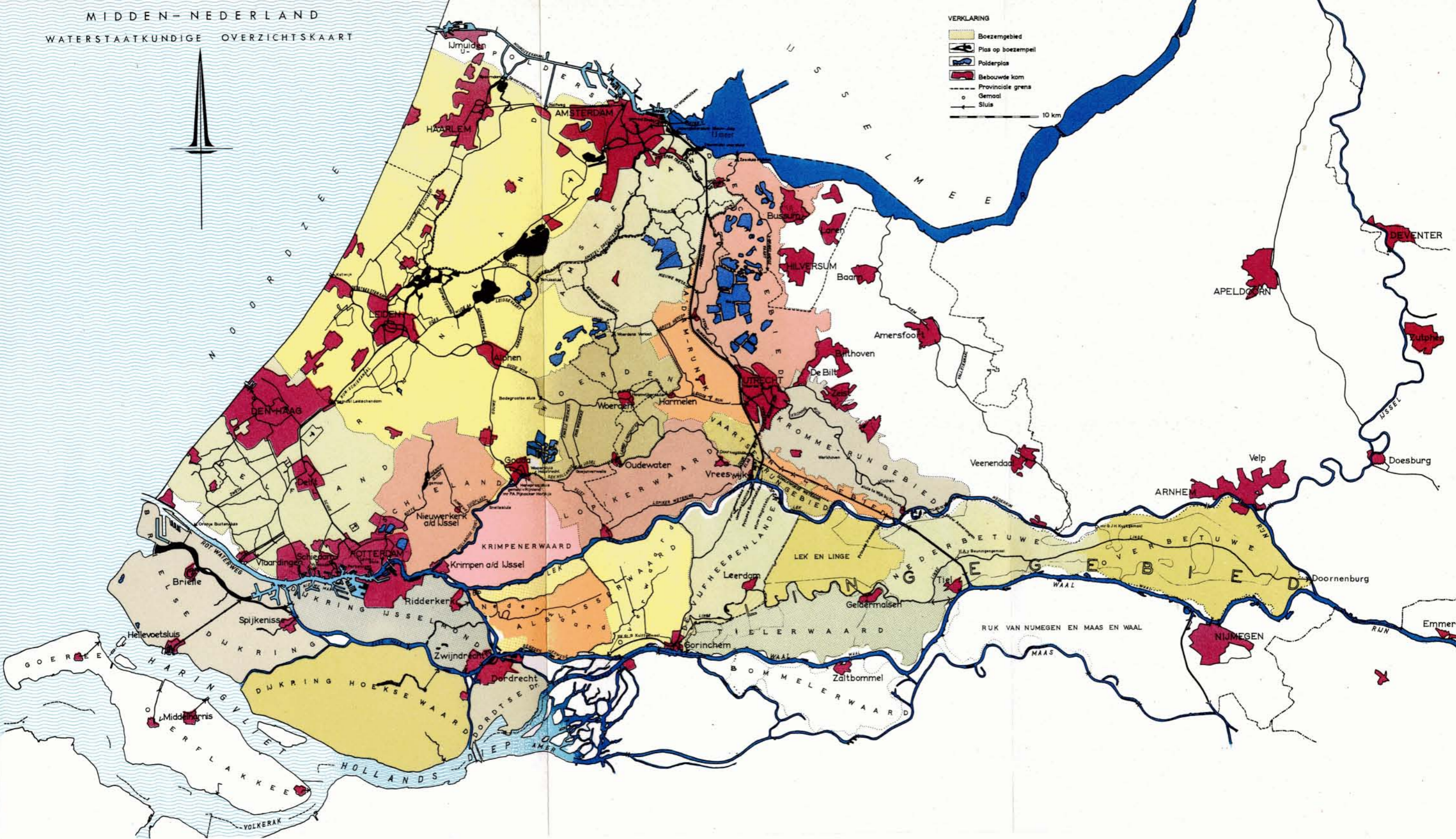
MIDDEN-NEDERLAND
WATERSTAATKUNDIGE OVERZICHTSKAART



VERKLARING

- Boezemgebied
- Plas op boezempel
- Polderplas
- Bebouwde kom
- Provinciale grens
- Gemaal
- Sluis

10 km

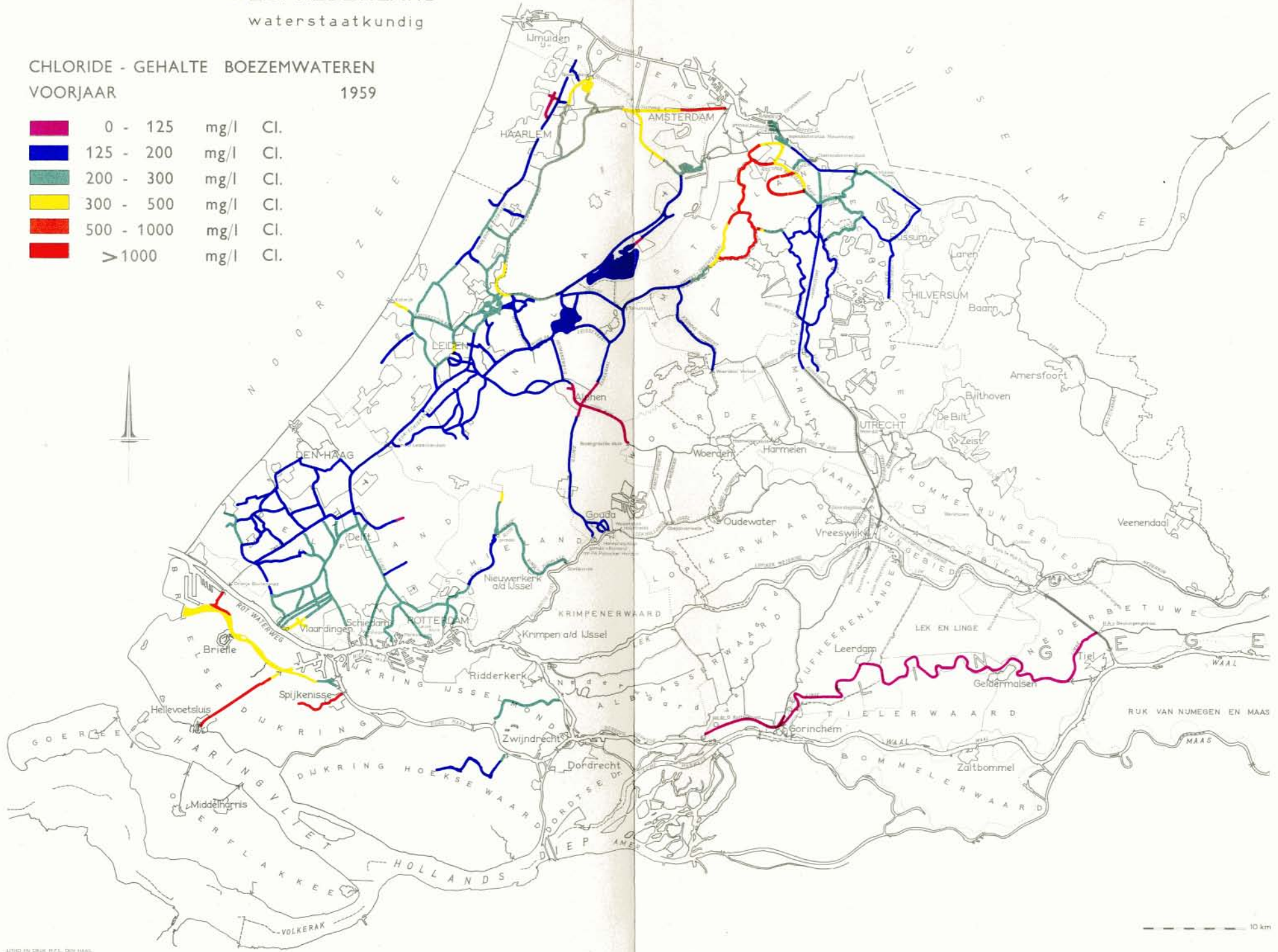


WEST-NEDERLAND

waterstaatkundig

CHLORIDE - GEHALTE BOEZEMWATEREN
VOORJAAR 1959

	0 - 125	mg/l	Cl.
	125 - 200	mg/l	Cl.
	200 - 300	mg/l	Cl.
	300 - 500	mg/l	Cl.
	500 - 1000	mg/l	Cl.
	> 1000	mg/l	Cl.



10 km

WEST-NEDERLAND

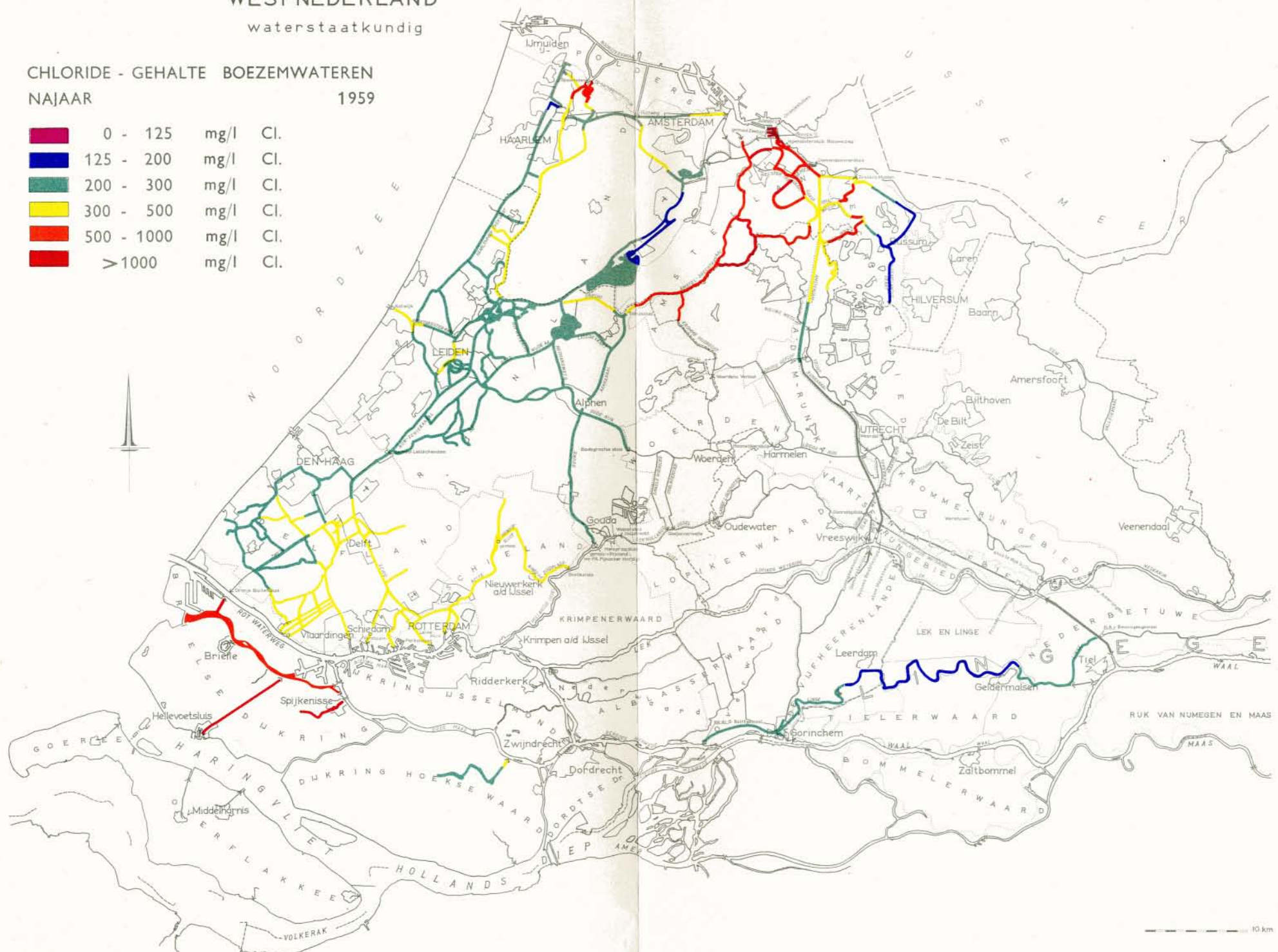
waterstaatkundig

CHLORIDE - GEHALTE BOEZEMWATEREN

NAJAAR

1959

	0 - 125	mg/l	Cl.
	125 - 200	mg/l	Cl.
	200 - 300	mg/l	Cl.
	300 - 500	mg/l	Cl.
	500 - 1000	mg/l	Cl.
	> 1000	mg/l	Cl.

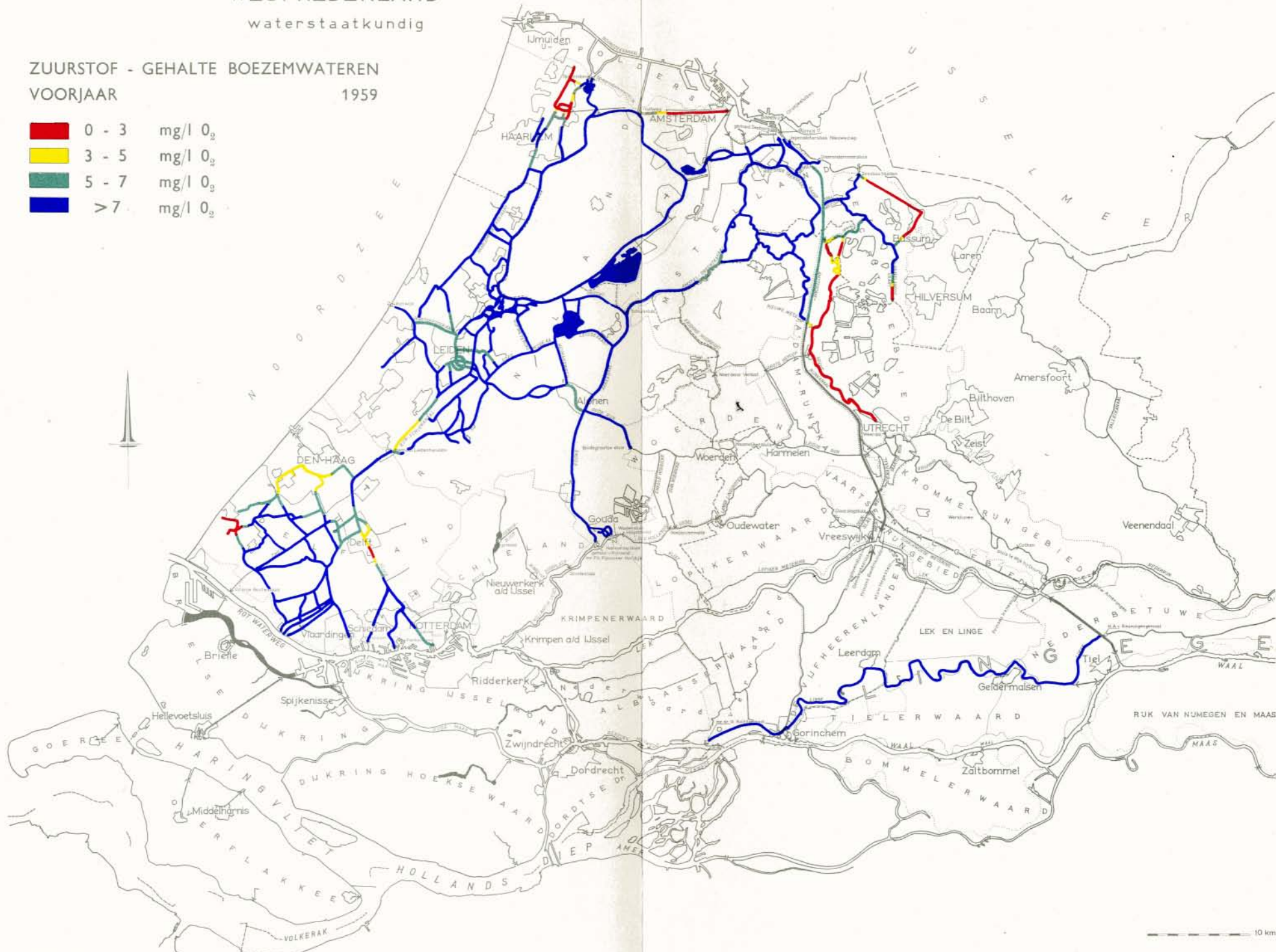
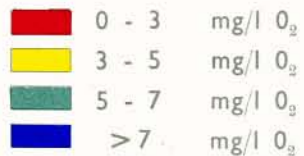


10 km

WEST-NEDERLAND

waterstaatkundig

ZUURSTOF - GEHALTE BOEZEMWATEREN
VOORJAAR 1959



WEST-NEDERLAND

waterstaatkundig

ZUURSTOF - GEHALTE BOEZEMWATEREN
NAJAAR 1959

